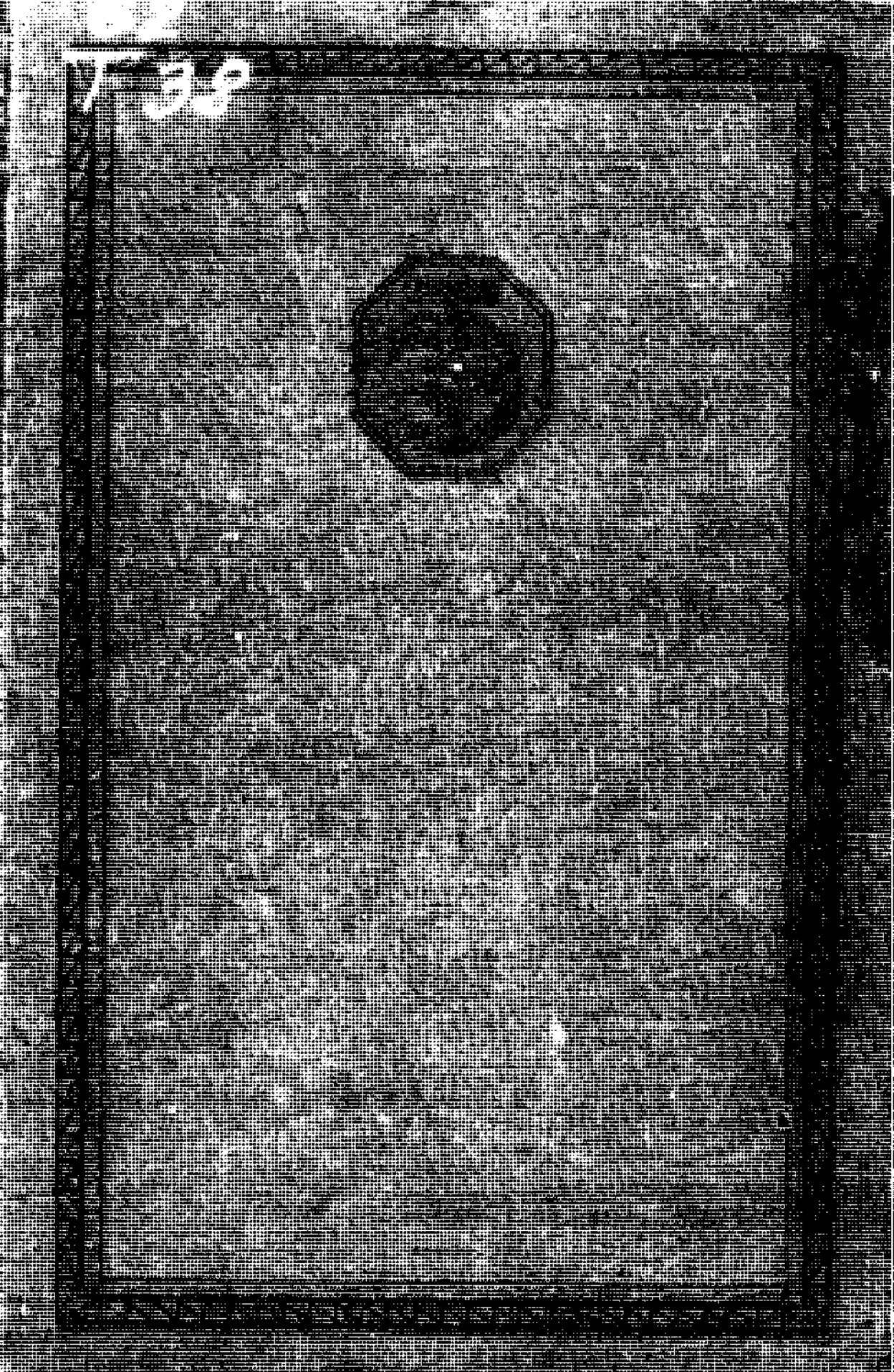


ДЕП

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

ЭССЕН А. М.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Л. К. МАРТЕНС

300783

ТОМ СЕДЬМОЙ

ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО
ЖИДКИЙ ВОЗДУХ

Рэспубліканская навукова-тэхнічная бібліятэка

Атрымана 9 дар ад

Гуртовцева А.Л.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

МОСКВА ◇ ОГИЗ РСФСР ◇ 1931

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

Редакционная работа по VII тому ТЭ закончена 20 июня 1929 г.

В апреле 1931 г. выпущен дополнительный тираж
в количестве 15 000 экз.

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

16-я типография УПП ОГИЗ'а. Москва, Трехпрудный пер., 9.
Главлит А 72203. Гиз 18. Дополнительный тираж 15 000 экз.

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

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

Зам. Гл. Редактора—проф. **М. Б. Вольфсон.** | Зав. Пр.-Изд. Сект.—**Л. И. Строгин.**

Пом. Гл. Редактора—инж. **Б. Э. Ширинк.** | Ученый Секретарь—**Н. П. Равицкий.**

НАУЧНЫЕ СОТРУДНИКИ

Кандидат химии **Ельцина Н. М.**; инж. **Знаменский А. А.**; **Мельников И. И.**; инж. **Мушенко И. Н.**; **Равицкий Н. П.**; инж. **Ширинк Б. Э.**; инж. **Фрязиновский И. А.**; инж. **Эрвальд К. А.**; Зав. библиографией: инж. **Таубман С. И.**

Технические редакторы: **Карабанов К. В.**, **Никаноров В. М.**

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР

Зав. Пр.-Изд. Сект.: **Строгин Л. И.**; Зам. Зав. Пр.-Изд. Сект.: **Крейндель А. Д.**, **Маркус В. А.**; Зав. Иллюстр. Отд.: **Тавастшерна В. Я.**; Зав. Худ.-Технич. Отд.: **Медведев П. П.**; Зав. Технической Редакцией при типографии: **Татиев Д. П.**; Технические редакторы: **Апостолов Н. Н.**, **Малкин А. Д.**, **Праведников Н. С.**; Пом. Технич. Редактора: **Бернштейн Т. И.**, **Кондзеровский Г. В.**; Зав. Корректорской: **Чернов Е. А.**; Зам. Зав. Корректорской: **Ошер А. Н.**

СОКРАЩЕНИЯ И СИМВОЛИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Метрические меры.

км километры (1 000 *м*).
м метры.
дм дециметры (0,1 *м*).
см сантиметры (0,01 *м*).
мм миллиметры (0 001 *м*).
μ микроны (0.001 *мм*).
mμ миллимикроны (0.001 *μ*).
μμ микромикрон (0,000001 *μ*).
км² квадратные километры.
га гектары (квадратные гектометры).
а ары (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*).
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 тонномеры.
кгм килограммометры.
т/м² тонны на кв. метр.
кг/см² килограммы на кв. сантиметр.
м/сек метры в секунду.
п. м погонные метры.
рег.т регистровые тонны.

II. Математич. обозначения.

° градус.
′ минута, фут.
″ секунда, дюйм.
‴ терция, линия.
> больше (< меньше).
≥ 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 » косинус.
th гиперболический тангенс.
∅ диаметр.
e основание натуральных логарифмов.
lg логарифм десятичный.
ln » натуральный.
lim предел.
Const постоянная величина.
∑ сумма.
∫ 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 » малая.
HP лошадиная сила.
lm люмен.
lx люкс.
m мюрг.

б) Величины.

$t°$ температура обыкновен.
$T°$ » абсолютная.
$t°_{кип.}$ температура кипения.
$t°_{пл.}$ » плавления.
$t°_{заст.}$ » застывания.
$t°_{отв.}$ » отвердевания.
$t°_{крит.}$ » критическая.
atm атмосфера техническая.
Atm » барометрич.
I сила тока.
Q электрич. заряд, количество электричества.
E электродвижущая сила.
V,U напряжение, потенциал.
A работа.
W энергия.
N мощность.
T период колебания.
f, ν частота.
ω угловая скорость, угловая частота.
Ω боковая частота.
λ длина волны.
φ сдвиг фазы.
L самоиндукция.
C емкость.
R сопротивление активное (ваттное).
ε диэлектрич. постоянная.
μ магнитн. проницаемость.
ϱ удельное сопротивление.
σ удельная проводимость.
δ декремент затухания.
Φ магнитный поток.
H_{Br} твердость по Бринелю.
$A_{c_1}, A_{c_2}, A_{c_3}$ / $A_{r_1}, A_{r_2}, A_{r_3}$ критич. точки железа. 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 водородн. показатель.

IV. Основные сокращения.

фт.—футы.
дм.—дюймы.
кц.—килоцикл.
ц.—цикл.
св.—свеча.
об/м.—обороты в минуту.
п-вс.—пудоверсты.
п-фт.—пудофуты.
фт/ск.—футы в секунду.
чв-д.—человекодни.
чв-ч.—человекочасы.
долл., $—доллары.
мар.—марки.
фн. ст., £—фунты стерлингов.
фр.—франки.
шилл.—шиллинги.
млн.—миллионы.
млрд.—миллиарды.
ч.—часы.
м., мин.—минуты.
ск.—секунды.
°Bé—градусы Бомэ.
°Э.—градусы Энглера.
Градусы температ. шкал:
°K—Кельвина.
°C, °Ц.—Цельсия (100°-й).
°P.—Реомюра.
°Ф.—Фаренгейта.
$t°$—температура по 100°-ной шкале (C).
$t°$ P.—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.—железная дорога.
з.-европ.—западно-европейский.
з-д—завод.
изд.—издание.
ин-т—институт.
Jg.—Jahrgang.
кпд—коэфициент полезного действия.
к-рый—который.
к-та—кислота.
Lfg—Lieferung.
м—мета (хим.).
м. б.—может быть.
м. г.—минувшего года.
меш (mesh)—число отверстий в ситах на лин. дюйм.
мн-к—многоугольник.
мол. в.—молекулярный вес.
нек-рый—некоторый.
о—орто (хим.).
об-во—общество.
о-в—остров.
п—пара (хим.).
p.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).
пром-сть—промышленность.
проф.—профессор.
SK—зегеровские конуса.
С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.
с.-з., ю.-в.—северо-западный, юго-восточный.
стр.—страницы.
т., тт.—том, томы.
t.—tome, tomes.
T.—Teil, Teile.
тв.—твердость.
т-во—товарищество.
темп-ра—температура.
т. н.—так называемый.
тр-к—треугольник.
уд.—удельный.
уд. в.—удельный вес.
ур-ие—уравнение.
У. П.—Урочное Положение.
u. ff.—und folgende.
ф-ия—функция.
ф-ка—фабрика.
ф-ла—формула.
H.—Heft, Hefte.
хим.сост.—химический состав.
ц. т.—центр тяжести.
Ztg—Zeitung.
Ztrbl.—Zentralblatt.
Ztschr.—Zeitschrift.
ш.—широта.
эдс—электродвижущая сила.
эфф.—эффективный.
Ан. П.—английский патент.
Ам. П.—американский »
Г. П.—германский »
Р. П.—русский »
Сов. П.—советский »
Ф. П.—французский »
B.—Berlin.
Brschw.—Braunschweig.
L.—London.
Lpz.—Leipzig.
Mch.—München.
N. Y.—New York.
P.—Paris.
Stg.—Stuttgart.
W.—Wien.
Wsh.—Washington.
Л.—Ленинград.
М.—Москва.
П.—Петроград.
СПБ—Петербург.

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

«АзНХ»—Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.
БМЭ—Большая медицинская энциклопедия, Москва.
БСЭ—Большая советская энциклопедия, Москва.
«ВВ»—Военный вестник, Москва.
«ВВФ»—Вестник воздушного флота, Москва.
«ВИ»—Вестник инженеров, Москва.
«ВС»—Вестник стандартизации, Москва.
«ВТ»—Вопросы труда, Москва.
«ГЖ»—Горный журнал, Москва.
«ГТ»—Гигиена труда, Москва.
«Ж»—Журнал Русского физико-химического об-ва, Ленинград.
«ЖРМО»—Журнал Русского металлургического об-ва, Ленинград.
«ЖХП»—Журнал химической промышленности, Москва.
«ИТИ»—Известия Теплотехнического института им. Ф. Дзержинского, Москва.
«ИТПТ»—Известия текстильной промышленности и торговли, 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.
Спр. ТЭ—Справочник физических, химических и технологических величин, Москва.
«СТ»—Санитарная техника, Москва.
«СХ»—Социалистическое хозяйство, Москва.
«ТД»—Торфяное дело, Москва.
«ТиТбН»—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.
ТЭ—Техническая энциклопедия, Москва.
«УФН»—Успехи физических наук, Москва.
«ХД»—Хлопковое дело, Москва.
«AAZ» — Allgemeine Automobil - Zeitung, Wien.
«A. Ch.»—Annales de Chimie et de Physique, Paris.
AEG—Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.
AGFA—Aktien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation, Berlin.
«Am. Soc.»—Journal of the American Chemical Society, Easton, Pa.
«Ann. d. Phys.»—Annalen der Physik, Lpz.
«Ann. Min.»—Annales des Mines, Paris.

«B»—Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin.
BAMAG—Berlin-Anhaltische Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, Dessau.
BASF—Badische Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen a/R.
BEAMA—The British Electrical and Allied Manufacturers Association, London.
«B. u. E.»—Beton und Eisen, Berlin.
Bayer—Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co., Köln a/R.
«Ch. Ind.»—Chemische Industrie, Berlin.
«Ch.-Ztg»—Chemiker-Zeitung, Cöthen.
«Ch. Ztrbl.»—Chemisches Zentralblatt, Berlin.
«CR»—Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, Paris.
DIN—Deutsche Industrie-Normen.
«Dingl.»—Dinglers polytechnisches Journal, Berlin.
«EChZ»—Elektrochemische Zeitschrift, Berlin.
«EMA»—Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Berlin.
«EuM»—Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien.
«ETZ»—Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.
«GC»—Génie Civil, Paris.
Handb. Ing.—Handbuch der Ingenieurwissenschaften, herausgegeben von L. Willmann, Th. Landsberg, E. Sonne, in 5 Teilen, 1910—25, Leipzig.
«I. Eng. Chem.»—Industrial and Engineering Chemistry, Easton, Pa.
I. G. Farben—Interessengemeinschaft Farben-Industrie A.-G., Leverkusen b. Köln a/R.
«JAIEE»—Journal of the American Institute of Electrical Engineers, New York.
«J. Ch. I.»—Journal of the Society of Chemical Industry, London.
«Lieb. Ann.»—Liebigs Annalen der Chemie, Berlin.
«Mitt. Forsch.» — Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin.
«MuM»—Wochenschrift für die gesamte Müllerei und Mühlenbau-Industrie, München.
NDI—Normenausschuss der deutschen Industrie.
«PeKa»—Fachblatt für Parfümerie und Kosmetik, München.
«RGÉ»—Revue Générale de l'Électricité, Paris.
«Soc.»—Journal of the Chemical Society, London.
«St. u. E.»—Stahl und Eisen, Düsseldorf.
Ullm. Enz.—Enzyklopädie der technischen Chemie, herausgegeben von F. Ullmann, Wien—Berlin, 1 Auflage, 1915—23, 2 Auflage erscheint ab 1928.
«WeTeZ»—Westdeutsche Textil-Zeitung, Elberfeld.
«Z. ang. Ch.»—Zeitschrift für angewandte Chemie, Berlin.
«Z. d. VDI»—Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin.
«ZFM»—Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, München.

В седьмом томе Т. Э. помещены 794 иллюстрации в тексте, 5 вкладок к статьям: «Дражное дело»—1, «Дуралюмин»—1, «Железнодорожное строительство»—2 (в красках), «Железные руды»—1, «Железо»—1 и 1 вклейка в тексте (в красках) к статье «Дополнительные цвета».

В шестом томе ТЭ раздел «Техника безопасности» в ст. «Деревообделочные станки» написан П. Новиковым, за исключением начала и первых 10 строк главы «Пилы».

Д

ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО, получение различных сортов чугуна из железных руд в особых печах, называемых доменными печами, домнами. Три фактора влинли на развитие Д. п.: 1) постепенное усовершенствован е устройства доменных печей, 2) улучшение всех приемов и способов доменной плавки и 3) теоретич. разработка всех физич. и химич. процессов, совершающихся в доменной печи,—доменного процесса.

I. Доменная печь.

Доменная печь—шахтная печь для выплавки различных сортов чугуна; в ней рабочее пространство вытянуто в высоту; перемешанные топливо и обрабатываемые материалы опускаются навстречу подымающимся газам. Исходные материалы доменной плавки—руду, флюс и топливо—загружают в верхнюю часть печи, называемую к о л о ш н и к о м; воздух, необходимый для горения топлива, подается в нижнюю цилиндрическ. часть, называемую г о р н о м, через охлаждаемые водой коробки—ф у р м ы. Сгоревшее у фурм топливо образует горячие газы, к-рые, поднимаясь снизу вверх, с одной стороны нагревают до расплавления опускающиеся сверху вниз материалы, с другой—восстанавливают часть железа из руды; газы уходят через колошник печи. Остальная часть железа руды и другие элементы восстанавливаются твердым углеродом топлива и образуют с углеродом, поглощаемым железом, чугун. Чугун и шлак, получающийся от сплавления пустой породы руды, флюса и золы топлива, стекают в нижнюю часть горна печи, образуя два слоя: нижний—чугун и верхний—шлак; и тот и другой выпускаются через особые отверстия—л е т к и. Выше горна находится коническая расширяющаяся вверх часть печи—з а п л е ч и к и, а далее коническая суживающаяся кверху часть—ш а х т а, имеющая часто внизу цилиндрич. форму. Самое широкое место рабочего пространства печи на границе заплечиков и шахты называется р а с п а р о м.

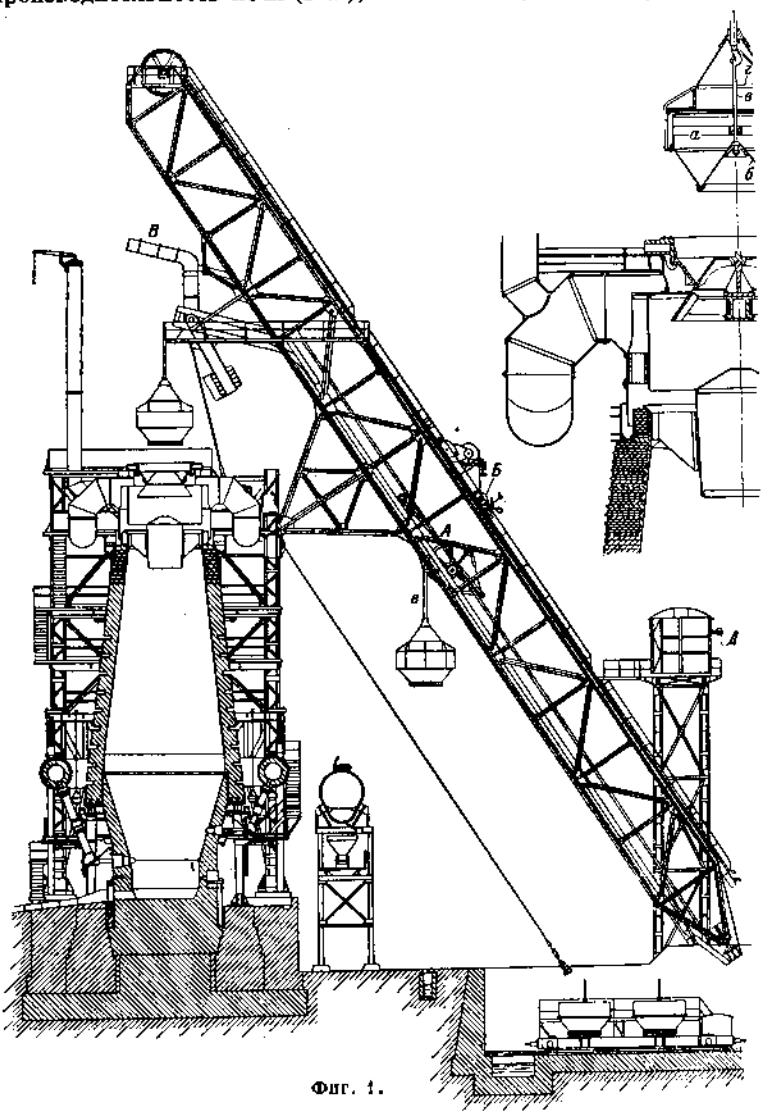
Конструкция отдельных частей печи и ее вспомогательных устройств преследует две цели: создать правильное распределение материалов и газов по поперечному сечению печи и всемерно уменьшить обязательные и вынужденные остановки в работе печи. Для этого печь должна иметь рациональный профиль (т. е. внутреннее очертание в вертикального сечения печи по ее оси) и возможно простые, а главное надежные и выносливые в работе, отдельные части самой печи и вспомогательных устройств. Величина первоначальных затрат играет в данном случае совершенно подчиненную роль.

Р а з м е р ы к о к с о в ы х и д р е в е с н о у г о л ь н ы х п е ч е й. В настоящее время доменные печи работают гл. обр. на коксе и лишь отчасти на древесном уг е (из коксовых печей получается 99% всей мировой добычи чугуна, из древесноугольных—только ок. 1%). Различие между коксовыми и древесноугольными печами заключается гл. обр. в их величине. Коксовые печи при горючем—коксе—более прочном (сопротивление раздавливанию равно 100÷180 *кг см*^{2}) и менее растирающемся и размельчающемся при движении шихты в печи, чем древесный уголь (сопротивление раздавливанию равно 30÷40 *кг см*^{2} поперек волокон при хорошем выжиге и 5÷8 *кг см*^{2} при плохом выжиге), имеют полезную высоту бо́льшую, чем древесноугольные; так, при лучшем дургамском (Англия) и коннельсвильском (Америка) коксе полезная высота печей (расстояние от уровня материалов на колошнике до низа выпускного для чугуна отверстия) 25÷27 *м*; при лучшем коксе Донбасса—23÷25 *м*, а при слабом—20÷23 *м*; при лучшем сметничном древесном угле—18 *м*, при обыкновенном—15 *м*. Суточная производительность больших древесноугольных печей равна всего 50÷100 *т*, коксовых же 300÷600 и даже 1 000 *т*.

П р о ф и л ь п е ч и. Основными величинами являются в ы с о т а печи и д и а м е т р ы р а с п а р а и г о р н а. Отношение высоты печи к диаметру распара ее изменяется в пределах $3^1/_2$÷$4^1/_2$ для коксовых печей и $4^1/_2$÷5 для древесноугольных; проплавка трудно восстановимых руд и получение горячих кремнистых чугунов требуют более узкого и высокого распара, при рудах легко восстановимых и чугунах холодных малокремнистых распар делается ниже и шире. Крутые стенки заплечиков (уклон 80÷82%) и широкий горн (в коксовых печах диам. горна 6÷7,5 *м*, в древесноугольных—2,5÷2,8 *м*) при малом отношении диам. распара и горна (1,2—1,1) являются характерной

особенностью профиля новейших печей. Полезный объем печи, обусловливаемый главным образом высотой и диаметром распара, определяется в 600—700 $м^3$ для средних и 800—950 $м^3$ для самых больших коксовых печей; для древесноугольных печей соответственные объемы 100 и 200 $м^3$. Отношение чисел, выражающих объем (в $м^3$) я суточную производительность печи (в $т$), зависит: от качества проплавляемых руд, гл. обр. содержания в них железа, от сорта чугуна, а также от умения вести плавку. Величина эта колеблется от 1,5 до 3,0 для древесноугольных печей и от 1,2 до 2,5 для коксовых. Числа эти увеличиваются с увеличением трудновосстановимости руды, с уменьшением содержания железа в ней и с увеличением количества кремния и получаемом чугуне и уменьшаются при обратных условиях. По последним данным заграничной практики, при употреблении хорошего кокса, тщательно сортированных и только кусковых или агломерированных (спечевных) руд, на больших печах можно достигнуть ~ 1 $м^3$ объема на 1 $т$ суточной производительности печи.

Конструкция печи. В настоящее время в доменном строительстве имеются 2 определенных и обособленных течения— американское и немецкое,—которые разнятся в вопросах не только конструкции самих печей, но также конструкций вспомогательных устройств и их оборудования. В других странах строят печи по нем. или америк. образцам, которые сделались стандартными. «Немецкая» печь (фиг. 1) отличается от «американской» (фиг. 2) тяжеловесностью и сложностью устройства; характерным для нее является: крепление кладки шахты обручами; колонны, идущие снизу до самого колошника; загрузка круглыми бадьями с опускающимся днищем при помощи громадного и тяжелого слабо наклонного моста. Отличительные особенности американских печей: шахта в сплошном клепаном кожухе, загрузка опрокидывающимися бадьями или «скипами» при легком круто наклонном мосте и рациональное крепление и охлаждение горна печи. В конечном счете те и другие достигают одинаковых экономич. и техн. результатов работы, однако немецкие печи при своих сложных конструкциях должны обслуживаться высококвалифициров. рабочими, а американские (при выносливости конструкций) могут обслуживаться малоквалифицирован. персоналом.



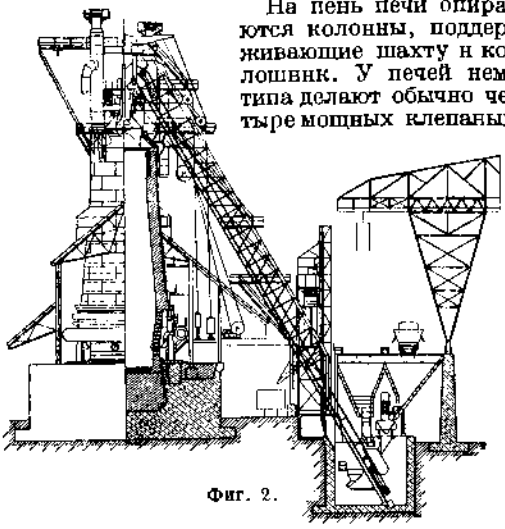
Фиг. 1.

Основание и фундамент. Основание печи, или так наз. пень ее, представляет собою массив из бетонной или кирпичной кладки на цементном растворе. В виду нередких случаев растрескивания основания от повторных нагревов и охлаждений и распирания его скопляющимся ниже лещади (пода горна) печи чугуном необходимо устанавливать кругом пня железный клепаный кожух или заделывать в бетон скрепляющую арматуру.

Рабочую площадку вокруг горна печи делают шир. 4÷5 $м$ и располагают непосредственно на пне или частью на нем, частью же на балках и сводиках. Уровень рабочей площадки, следовательно и высота пня над уровнем заводск. ж.-д. пути, определяется

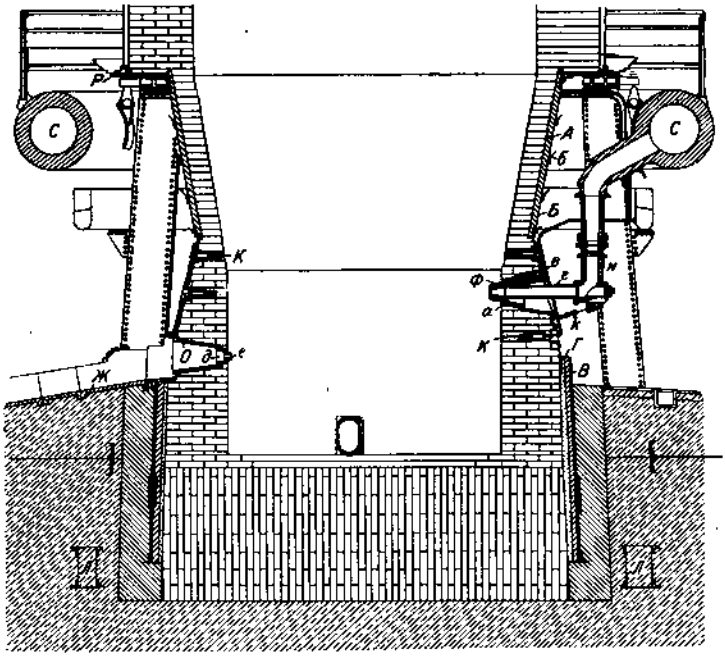
тем, что под желоба для чугуна и шлака должны подходить ковши для них и паровоз; обычно высота пня над рельсами пути 6÷7 *м*.

На пень печи опираются колонны, поддерживающие шахту и колошник. У печей нем. типа делают обычно четыре мощных клепаных



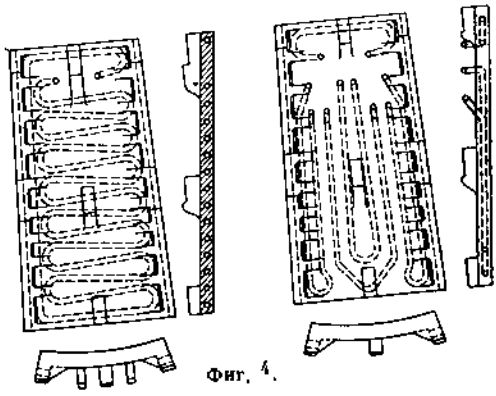
Фиг. 2.

колонны, на к-рые опирается все колошниковое устройство и наклонный мост (фиг. 1); шахта печи часто опирается через особые подкосы и кронштейны на них же или на несколько отдельно стоящих колонн. У американских печей имеются только колонны, подпирающие шахту печи (фиг. 2 и 3), причем все колошниковое устройство и мост



Фиг. 3.

опираются обычно на кожух шахты. Число таких колонн 6—10—12, кратное числа фурм (для более удобного расположения фурм). Американцы делают колонны большею частью литыми чугунными; в СССР предпочитают клепаные железные. Весьма важно достаточное углубление колонн в основание печи: пята колонн д. б. на 2—2,5 *м* ниже лещади. Под колоннами часто ставят мощное, литое (реже—клепаное) кольцо, служащее опорою колонн и креплением кладки фундамента (фиг. 3, *Л*). Передача давления шахты на колонны производится посредством опорного кольца, к-рое у печей, не имеющих кожуха, делается в виде мощной клепаной кольцевой балки, у печей с шахтой в кожухе—в виде трех толстых горизонтальных листов (фиг. 3, *Р*), прочно склепанных кольцевым уголком с кожухом шахты, нижние листы



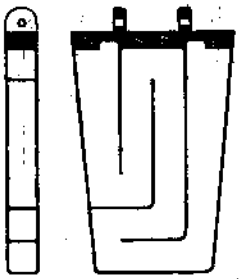
Фиг. 4.

которого в этом случае работают на изгиб, образуя с горизонтальными листами балку.

Горн печи является самой важной ее частью. В нижнем горне, так называемом металлоприемнике, собирается большое количество жидкого металла, который своей тяжестью, усиленной давлением газов, давит на стенки горна. Таким обр. конструкция горна с одной стороны должна обладать большой механическ прочностью и плотностью, с другой—высшей сопротивляемостью разъедающему действию чугуна и шлака. Все усилия конструкторов направляются к тому, чтобы избежать возможности побега чугуна из печи. Многочисленные употреблявшиеся ранее конструкции горна в настоящее время почти оставлены, и наиболее признанным и распространенным является устройство, показанное на фиг. 3, или его видоизменение. Стенки горна из кирпича нормальных размеров, выкладываются внизу, на уровне летки, общей толщиной 1 000 ÷ 1 200 *мм*, вверху, на уровне фурм, 500÷700 *мм*. Лещадь выкладывается вертикальными рядами кирпича на толщину 2÷3,5 *м*. Для коксовых печей идет *шамотный кирпич* (см.) 1 сорта, для древесноугольных—лучший *динас* (см.). В Германии для выкладки горна нек-рые з-ды пред-

почитают употреблять не шамотный, а углеродистый кирпич, считая, что это гарантирует от разъедания стенок и от побегов чугуна.

В области металлоприемника кладка стянута очень сильной клепаной броней *В* (см. фиг. 3) из 28 — 32-*мм* железа. Для охлаждения огнеупорной кладки, а главное для предохранения от разъедания чугуном брони (если он так или иначе разъест кладку или по швам и трещинам кирпича достигнет до брони) служит ряд холодильных плит *Г*, которые поставлены между броней и кладкой, причем к броне они прислоняются вплотную, а от кладки отделены зазором в 100 — 150 *мм*, заполняемым хромистым железняком или коксовой мелочью с гудроном.



Фиг. 5.

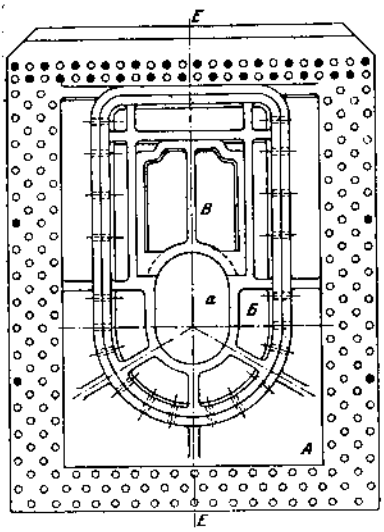
Прослоек этот предохраняет броню от разрыва вследствие расширения кладки от нагревания. Холодильники представляют собою вертикальные чугунные плиты толщиной 120 *мм*, шир. 300—350 *мм* и дл. 3,5—4,0 *м* с железными залитыми внутри трубками, по которым проходит вода. В Америке вместо описанного устройства делают часто броню из стальных литых плит с фланцами, скрепляемыми болтами, или из чугуна с залитыми внутри трубками (фиг. 4). Иногда в Америке делают броню из очень толстых (200—250 *мм*) чугунных плит (без трубок), стянутых сильными бандажами и обильно поливаемых снаружи водой. В упрощенных конструкциях, вполне применимых для древесноугольных печей, где лещадь и стены горна мало разъедаются чугуном и размеры горна значительно меньше, делают только клепаную броню и обильно поливают ее водою.

В верхней части горна, где имеется высокая *t*°, значительное давление газов и где протекают из более верхних горизонтов шлак и чугун, стены охлаждают вставленными в них горизонтально холодильниками, имеющими клиновидную форму (фиг. 3, *К*); их обычно ставят в 3—4 ряда. Холодильники представляют собою литые бронзовые закрытые коробки (фиг. 5) с перегородками внутри служащими для направления струи воды, и с отверстиями для чистки. В Германии весьма распространены холодильники открытые в виде охлаждаемых водою коробок без передней стенки. Кладка стенок верхнего горна стягивается или клепаной броней из листового железа, или стальной броней, литой с фланцами, или же просто обручами из полосового железа.

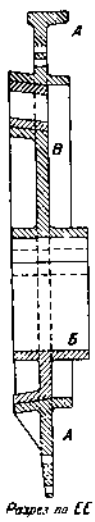
Рациональная конструкция чугунной и шлаковой леток и фурмового прибора имеет очень важное значение для работы у печи. Устройство крепления и охлаждения чугунной летки видно на фиг. 6. Оно состоит из трех стальных литых рам *А*, *Б* и *В*; первая наглухо склепана с броней горна, две другие скрепляются с ней фланцами, и их можно вынимать. За рамами помещаются холодильники *К*, *Л*, *М* и *Н* (фиг. 7) в виде чугунных плит с залитыми внутри трубками диам. 30 — 40 *мм*; из них холодильник *М*, окружающий леточное отверстие *а*, наиболее подвержен порче; холодильник *Н* приходится вынимать в случае необходимости пробурить леточн. отверстие выше нормального уровня (см. ниже Доменная плавка). Холодильники эти легко вынимаются после удаления соответствующих рам.

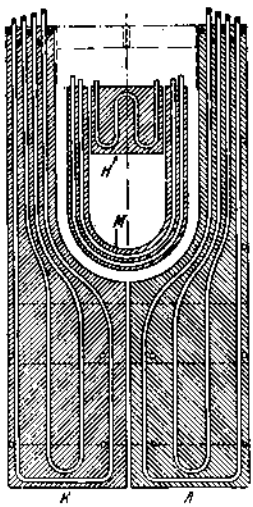
Устройство шлаковой летки (или фурмы, как ее иногда называют) видно на фиг. 3. Фурма *е*, представляющая собою кольцеобразную, с двойными стенками, литую бронзовую коробку, входит в такую же, но соответственно бо́льших размеров амбразуру *д*, которая в свою очередь вставлена в амбразуру *О*; последняя представляет собою чугунную слегка конич. формы отливку с залитой внутри спиральной железной трубкой. Фурма и амбразура *д* также охлаждаются водой. Выходящее в печь отверстие фурмы *е* имеет диам. 50 *мм* и заткнуто железной на стержне пробкой, вынимаемой при выпуске шлака. *Ж*—чугунное корыто; шлак стекает по корыту или в специальные котлы, в к-рых и отвозится на свалку, или в яму с водой, где он гранулируется. Иногда устраивают (чаще—в Германии) две шлаковые летки.

Устройство воздушной фурмы и всего фурменного прибора (стандартное на заводах Украины) показано на фиг. 3. Здесь *Ф*—фурма чаще всего кованая красной меди, но



Фиг. 6.





Фиг. 7.

м. б. и литая бронзовая или даже кованая железная; *а*—амбразура литая бронзовая, *в*—амбразура литая чугунная с залитой внутри спиральной трубкой; все они подобны амбразурам в шлаковой летке, но бо́льших

размеров. Через фурму *Ф* проходит в печь воздух, а амбразуры *а* и *в* служат холодильниками для окружающей фурму кладки горна. К фурме воздух подводится соплом *з* в виде слегка конич. чугунной трубы. Рукав *н*—чугунный с футеровкой, состоящий из нескольких сочленений, служит для подвода воздуха к соплу из кольцевой воздушной трубы *С*. Все неподвижные соединения отдельных частей прибора делаются на простых заточках, все могущие менять свое положение—на шаровых; плотность соединений достигается пружинной стяжкой *к*. Продолжительность смены фурмы при этом устройстве—до 5—7 мин., бронзовой амбразуры—до 10—12 мин., в то время как при менее удобном устройстве фурм, применявшемся ранее, это требовало более часа времени. Принятые размеры фурмового устройства у разных печей видны из табл. 1.

Табл. 1.—Характеристика фурмового устройства.

Наименование размеров	Большие коксовые печи	Малые коксовые печи	Большие древесно-угольные печи
Диаметр глаза фурм в *мм*	180—200	150—160	100—120
Число фурм в печи . . .	12—16	10—12	6—8
Расстояние до лещади в *м*	2,0—2,75	1,6—2,0	1,2—1,6
Расстояние до шлаковой летки в *м*	1,0—1,2	0,8—1,0	0,3—0,5
Диаметр (внутренний) кольцевой воздушной трубы в *м*	0,9—1,2	0,6—0,8	0,4—0,6

Немецкие доменщики делают иногда добавочные фурмы, проводя их в заплечики, как показано на фиг. 1. Фурмы эти работают временами, при расстройстве хода печи. Кольцевая воздушная труба делается клепаною из листового железа и имеет внутри футеровку из огнеупорного кирпича в два ряда, толщиной по 120—125 *мм* каждый; наружный ряд м. б. сделан и из изоляционного кирпича. Труба подвешивается (в Америке) к колоннам (см. фиг. 3); иногда (в Германии) ее опирают на кронштейны, связанные с колоннами; последний способ хуже первого.

Заплечики в современных доменных печах делаются двух типов: толстостенные (фиг. 2), охлаждаемые заложенными в толщу кирпича холодильниками, и тонкостенные, заключенные в клепаный из листового железа кожух, охлаждаемый поливанием снаружи водой. В первом случае толщина стенок делается в 2 — 2½ кирпича (600÷700 *мм*), и кладка снаружи стягивается железными кольцами, между к-рыми и закладываются в несколько рядов, в расстоянии 500÷400 *мм* один от другого, бронзовые холодильники, подобные холодильникам верхнего горна. Тонкостенные заплечики (фиг. 3) делаются толщиною в один полуторный кирпич, т. е. в 340—350 *мм* и стянуты кожухом *Б* из листов толщиною 20—25 *мм*. Кожух полива тся водой из брызгал от кольцевой трубы, подводимой к углу, образуемому кожухом *Б* и листами *Р*. козырьки *б*, не прилегающие плотно к кожуху, устроены для того, чтобы вода не разбрызгивалась в стороны. На той же фиг. 3 показан другой способ охлаждения заплечиков — при помощи чугунных плит *А*, аналогичных по устройству с описанными выше плитами *Г*. Применением этих плит стремятся избежать свободного стекания воды по кожуху, что создает всегда некоторую сырость и грязь у печи, а главное—не допустить попадания этой воды за кожух при расстройстве швов кожуха, что наблюдалось на некоторых печах Украины.

Шахта. Кладка шахты доменной печи внизу делается толщиною 900 ÷ 1 000 *мм*, вверху 600÷800 *мм*; в настоящее время для кладки стен употребляют кирпич двух размеров: нормальный—250 × 125 × 65 *мм* и полуторный—375 × 150 × 65 *мм*, причем часть кирпичей делают прямыми, часть—клинчатыми и, комбинируя те и другие, получают при выкладке круги разного диам. Снизу до ⅓—½ высоты употребляют кирпич первого сорта, далее—второго, на коксовых печах—шамотный на древесноугольных—кварцево-глинистый.

Наружное крепление кладки шахты бывает, как уже упомянуто выше, двух родов: сплошной клепаный кожух из листов толщиной от 12 до 30 *мм*, смотря по месту, величине печи, конструкции колошника и пр., или обручи из полосового железа шириной 125—200 *мм*, толщиной 20—30 *мм*, стянутые кольцами, клиньями или другими стяжными соединениями. Между кожухом и кладкой оставляется зазор в 150—200 *мм*, заполняемый расшебенкой из кирпича или другим подходящим материалом, позволяющим расширяться кладке, не передавая давления на кожух. Кожух позволяет укреплять на печи все колошниковое устройство, производить более быстро выкладку шахты при ремонте печи и предохраняет кладку от разрушений при взрывах и сильных осадках шихты в печи. Кольца считаются более дешевым способом крепления и позволяют увеличивать размеры печи при перекладке ее во время ремонта.

Кладка шахты вверху страдает от ударов материалов, поступающих в печь; внизу—от действия жара и истирания более твердыми частями спускающейся шихты. Существует несколько конструкций предохранения верха кладки от износа; наиболее простая и распространенная показана на фиг. 1 и 2. Это—чугунные массивные кольца, в несколько рядов заложенные между верхними рядами кладки и образующие по внутренней поверхности шахты почти сплошную броню. При других конструкциях кладка шахты не доходит до колошника, а заменяется вверху сплошным литым стальным охлаждаемым панцырем или рядом отдельных плит, приболченных к кожуху шахты.

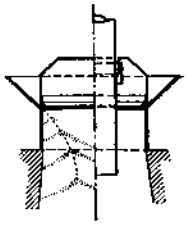
Продолжительность кампании печи чаще всего обусловливается состоянием стенок шахты, причем разгорает главн обр. ее низ; при сильном разгаре низа получается опасность обрушения вышележащих частей кладки, сильно меняется профиль печи, что влечет в свою очередь расстройство хода печи и неэкономичную работу ее. Для предохранения низа шахты от разгара шахту снабжают несколькими рядами холодильников, вставленных в толщу кладки, как показано на

фиг. 1 и 2. Холодильники делают литые бронзовые, вставляемые в чугунные амбразуры, или открытые. Те и другие сходны с холодильниками для верхнего горна, но бо́льших размеров; в СССР иногда применяют чугунные холодильники в виде плит с залитой внутри трубкой, без амбразур, ставя плиты за кожухом и выводя через отверстия в нем только трубки. Такие холодильники дешевы и не нарушают целости кожуха, но их нельзя сменять во время работы печи. Некоторые конструкторы считают холодильники в шахте излишними, другие, стремясь сохранить профиль печи при разгаре, делают низ шахты (цилиндрич. распар) тонкостенным в кожухе, поливаемом водой, подобно описанным выше тонкостенным заплечикам. Недостатками этой конструкции является несколько бо́льшая потеря теплоты и возможность проникания воды за кожух при расстройстве швов его.

Стремление создать неизменяемый профиль печи привело к постройке «тонкостенной шахты Бургерса», которая вся состоит из рядов сболченных литых чугунных плит; с внутренней стороны плиты имеют ребра, между которыми выкладывается один ряд кирпича (на ребро); наружная поверхность шахты охлаждается поливанием водой. На вновь строящихся печах эта конструкция теперь нигде не применяется. В СССР на Макеевском заводе она оправдала себя при производстве ферромангана.

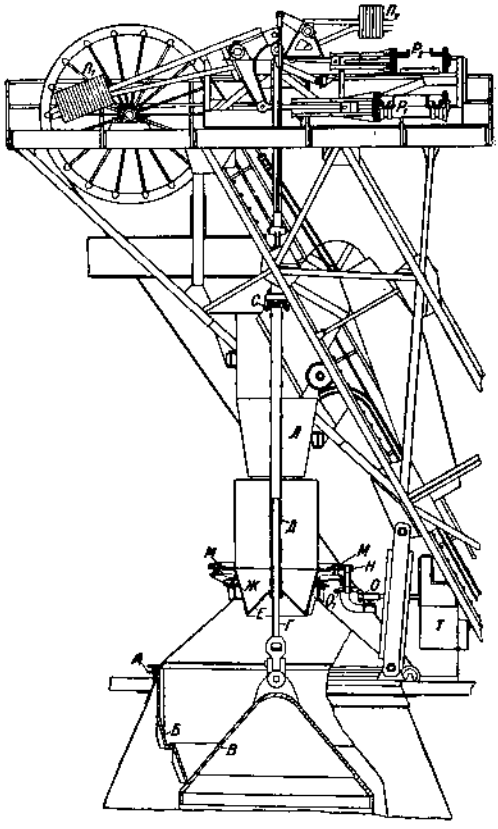
Газоотводы. Из-под засыпного аппарата, в верхней части колошника, газы удаляются через так наз. газоотводы. На больших печах обычно делают четыре газоотвода, на малых—два; площадь сечения газоотводов желательно иметь возможно бо́льшую, чтобы газы, уходя из печи с малой скоростью, возможно меньше уносили с собою из печи руды в виде пыли. Практически сечение каждого газоотвода достигает 1,0, редко 1,5 $м^2$. Газоотвод представляет собою клепаную из листового железа трубу диаметром от 0,6 (древесноугольные печи) до 1,25 *м* (коксовые печи), иногда футерованную внутри. На америк. печах обычно их направляют сперва вверх и только на нек-рой высоте отводят патрубок вниз к газоочистителям, как видно на фиг. 2. В Германии же делают газоотводы, как показано на фиг. 1, направляя их сразу вниз, что влечет за собой бо́льший унос пыли из печи. На газоотводах в возможно близком расстоянии к выходу их из печи ставят так называемые газоотводные клапаны, отделяющие печь во время ее остановки от общего газопровода цеха. Кроме того на газоотводе д. б. труба, отводящая во время стоянки печи газ из-под колошника в атмосферу и во время работы прикрытая особым клапаном.

Распределительный аппарат. Колошник доменной печи сверху закрыт аппаратом, с одной стороны не дающим газам уходить в атмосферу, с другой—служащим для распределения по определенному принципу материалов на колошнике печи. Наиболее распространенными и основными аппаратами являются два: «воронка и конус Парри» и «колокол Лангена». В первом аппарате неподвижная воронка прикрывается опускающимся конусом (фиг. 9); материал, падая с конуса и образуя угол естественного откоса, располагается таким обр., что большее количество крупных кусков его ложится в середине печи, а к периферии—больше мелочи. Во втором аппарате неподвижная воронка закрывается сверху подвимающимся колоколом, и материал, ссыпаясь с воронки, располагается, как это показано на фиг. 8, образуя гребни мелочи на разном расстоянии от центра печи. Существует множество видоизменений и усложнений этих аппаратов.



Фиг. 8.

Чтобы не терять газ во время засыпки материала в печь на всех современных печах устраивают второй затвор: при аппарате Парри—в виде второго малого конуса, при других—в виде крышки, прикрывающей аппарат сверху. Все доменные печи Америки и большинство печей Западн. Европы и Украины имеют аппарат Парри, и только на древесноугольных печах разных районов и на



Фиг. 9.

нек-рых немецких коксовых печах остаются еще аппараты других систем. На фиг. 9 виден засыпной аппарат, снабженный двойным конусом Парри. Основное кольцо *А* соединено с клепаным кожухом колошника печи; на нем покоится состоящая из двух частей воронка *Б*, прикрытая снизу большим конусом *В*, который шарнирно подвешен к

стержню *Г*.; стержень этот связан системой рычагов с противовесом $П_1$, уравновешивающим собственный вес конуса, и паровым или воздушным цилиндром $Р_1$, который сообщает конусу движение при его открывании и закрывании. Малый конус *Е*, прикрывающий воронку *Ж*, жестко насажен на полую штангу *Д*, к-рая связана при помощи тяг и системы рычагов с противовесом $П_2$ и цилиндром $Р_2$. Иногда маневрируют конусами и с помощью особых балансиров, движущихся от цилиндров расположенных внизу, как показано на фиг. 2. Конусы и воронки делаются обычно стальные литые, толщиной 50—55 *мм* (большие) и 35—45 *мм* (малые). Для правильности засыпки должна существовать определенная зависимость между диаметрами колошника и большого конуса, а именно—их разность делается от 1,2 до 1,5 *м*. Ход большого конуса делают 0,8—0,9 *м* малого 0,6—0,9 *м*.

Подъемные и засыпные механизмы. В исключительно редких случаях, на очень малых древесноугольных печах сохранилась до настоящего времени ручная подача и завалка материала на колошник; обычно же она является в большей или меньшей степени механизированной. При печах старого устройства и небольшой производительности материал в вагонетках подвозится к вертикальному подъемнику у печи. Поднятые на уровень колошника вагонетки вручную подвозят к нему, опрокидывают, и материал падает на засыпной аппарат печи. При механич. или автоматич. загрузке материал вручную или механически подвозят к основанию подъемника печи и по наклонному мосту в особой вагонетке доставляют на колошник печи, где вагонетка автоматически опоражнивается и возвращается к основанию подъемника; т. о. рабочие на колошнике не задалживаются. Все управление движением вагонетки и маневрирование конусами производится машинистом из будки подъемной машины или же оно происходит автоматически: машинист пускает в ход механизм поворотом ручки пускового прибора.

Все автоматич. загрузки разных систем разделяются на две большие группы, смотря по тому, чем производится подъем—подвешенными бадьями или вагонетками на колесах (называемыми в Америке скипами). Первые распространены по преимуществу в Германии, вторые — в Америке; в СССР имеются и те и другие, но за последнее в ем предпочтение отдается скиповой загрузке. Немецкая бадья, представляющая собой клепаный цилиндр *а* (фиг. 1) с воронкообразной нижней частью, закрывается снизу конусом *б*, подвешенным на штанге *в*; она имеет объем 8—9 $м^3$ и несет обычно сразу всю рудную сыпь колоши весом 10—18 *т*; америк. скип представляет собою открытый сверху ящик (фиг. 2 и 9) объемом 2,5—5 $м^3$ и вмещает или $^1/_4$ рудной колоши или 4—8 *т* полезного груза. В виду этого наклонный мост при немецкой бадейной загрузке значительно тяжелее, чем при скиповой, подъемная машина д. б. большей мощности; скорость движения скипа 1,5—3,0 *м/сек*; бадья имеет меньшую скорость подъема (1,0—1,2 *м/сек*) и холостой ход; при подъеме бадья иногда раскачивается и не садится хорошо на свое место, так что приходится иметь на колошнике одного или двух человек, наблюдающих за ее посадкой. В американских условиях стоимость подъема материалов на колошник на 1 *т* чугуна для бадейной загрузки—96 коп., для скипов—32÷37 коп. Загрузка круглыми бадьями с успехом была применена в США в 1896 г. на з-де Дюкев, где все устройство очень легко и много лет работает исправно, но в Германии конструктивная разработка той же идеи выполнена неудачно.

Загрузка Полига. Бадейная загрузка системы Полига является наиболее распространенной в Германии и типичной для этого вида загрузок; она изображена на фиг. 1. По верхнему и нижнему поясам наклонного моста ходят две тележки—грузовая *А* и моторная *Б*; они связаны друг с другом канатом, перекинутым через шкив вверху моста. На грузовую тележку подвешивается бадья, на моторной имеются один или два мотора, вращающие зубчатки, сцепленные с зубчатой рейкой, уложенной вдоль всего верхнего пояса моста. Моторная тележка, двигаясь по рейке, тянет грузовую, уравновешивая ее в то же время своей тяжестью. Дойдя до верха, грузовая тележка переходит на добавочный изогнутый рельс и своей тяжестью опрокидывает балансир *В*, садясь в то же время на колошник печи. Под тяжестью материалов в бадье опускается конус, ее закрывающий, и материал высыпается в печь; облегченная бадья тяжестью противовеса возвращается в прежнее положение, после чего начинается опускание ее вниз. Одновременно с опусканием бадьи на колошник опускается и крышка *г*, преграждая выход газов в атмосферу во время опускания конуса. Управление движением происходит из будки *Д*.

При скиповой загрузке два скипа висят на концах каната, перекинутого через барабан подъемной машины; скипы имеют колеса на осях, прикрепленных к их кузову (фиг. 9), или же сидят на особых тележках (фиг. 2) и ходят по двум рельсовым путям на наклонном мосту. Опрокидывание происходит переходом передних колес скипа на изогнутый рельс, как это видно на обеих фигурах. Мощность мотора подъемной лебедки от 150 до 250 *HP*. Вследствие того, что опрокидывание скипа на малый конус происходит всегда с одной стороны, что ведет к неправильному, т. е. одностороннему, распределению материалов на большом конусе, а затем и на колошнике печи,—при этой загрузке необходимо иметь особый распределительный аппарат, к-рый производил бы правильное распределение материалов на большом конусе. Существует много конструкций и систем таких засыпных аппаратов; из них наиболее распространены, надежны в работе и дают наилучшие результаты два: аппарат Макки и аппарат Кевнеди.

Засыпной аппарат Макки изображен на фиг. 9. В нем материал из скипа через неподвижную направляющую воронку *Л* попадает во вращающуюся распределительную воронку *Ж*. Верхняя часть этой воронки клепаная, нижняя — литая, лежащая своей кольцевой ребордой *М* на шарнировом ходу,

опирающемся на неподвижную часть аппарата. Реборда *М* имеет по наружному краю зубчатку, сцепленную с шестерней *Н*, к-рая получает вращение через зубчатую передачу O-O_1 от электромотора *Т*. Вместе с воронкой вращается и закрывающий ее конус *Е*, полая штанга которого *Д* висит на кольцевом шариконом подпятнике *С*, связанном тягами с системой рычагов и цилиндром P_2, служащим для маневрирования малым конусом.

Работа аппарата состоит в следующем: после засыпки в воронку содержимого каждой вагонетки первой колоши воронку поворачивают на угол 60°; затем опускают малый конус, и материал первой колоши равномерно распределяется по большому конусу, а потом и по колошнику; далее, воронку поворачивают на нек-рый угол (15—20°), и засыпка второй колоши производится таким же порядком, как и первой. Так же поступают и при засыпке последующих колош. Получается такое распределение материала на большом конусе, как если бы каждая колоша опрокидывалась из скипа не с одной стороны, а с шести равномерно расположенных по окружности сторон, т. е. достаточно правильно и равномерно.

Аппарат Кеннеди чрезвычайно прост; он отличается от аппарата Макки тем, что не имеет никаких вращающихся частей. Распределительная воронка сужена до размера 1 100 *мм*; материалы, неравномерно распределенные в воронке, пройдя ее узкую часть, перемешиваются и равномерно распределяются по большому конусу.

Колошниковые мосты. Наклонный мост состоит из двух или трех связанных между собою решетчатых ферм на двух опорах: одна опора, под нижним концом ферм, находится на земле, другая опора верхнего конца — через посредство качающейся серьги или скользящей ноги опирается на кожух печи в американских печах и на колонны в немецких (фиг. 1).

Для удобства монтажа засыпного аппарата служит выдвинутая за габарит печи монтажная балка с тележкой, опирающаяся или на мост, или на вертикальные газоотводы, или на особые колонки на колошнике. Вокруг колошникового прибора имеется небольшая площадка, опирающаяся на кронштейны, приклепанные к кожуху печи, или на колонны. В печах с ручной загрузкой эта площадка д. б. достаточно велика, чтобы свободно маневрировать на ней с вагонетками.

II. Доменная плавка.

Доменная плавка—способ получения чугуна из руды в доменных печах. Доменная печь является печью непрерывно действующей, т. е. после ее пуска, или, как говорят, «задувки», она работает в течение нескольких лет с кратковременными остановками лишь при выпусках чугуна, ремонте летки, смене различных охлаждающих устройств и с более длительными остановками в случае каких-либо аварий в роде побега чугуна, сильного расстройства хода печи и необходимости ремонта какой-нибудь части оборудования. Опоражнивают печь, «выдувая» ее только тогда, когда стенки настолько разгорели, что создают угрозу крупных разрушений, или когда профиль настолько изменился, что работа печи, сопровождаясь частыми расстройствами хода и требуя повышенного расхода горючего, становится неэкономичною. Раньше, при малой интенсивности работы печей, кампанию их стремились продлить возможно дольше, до 5—8—12 лет; в настоящее время кампания длится $3^1/_2$—4 г.: считается выгодным снять от печи максимум производительности при наиболее интенсивной работе и выдуть печь на ремонт, не допуская ухудшения экономических результатов работы печи.

Задувка печи. После капитального ремонта или постройки новой печи, перед ее пуском, необходимо предварительно высушить кладку печи. С этою целью в СССР обыкновенно разводят дровяной костер на лещади. Продолжительность сушки — 5 ÷ 6 дней; раньше придавали этому больше значения, и сушка продолжалась 2 недели и более. Перед пуском нижний горн печи заполняется коксом, верхний горн и область заплечиков—дровами, обычно в виде старых шпал; далее идут 3—4 холостых колоши кокса, 7—8 колош кокса с известняком и доменным шлаком далее колоши с рудой, количество к-рой постепенно увеличивают (5, 3, 2 и т. д. единицы кокса на единицу чугуна), доходя до нормы. В том случае, если нет на предприятии других работающих печей, в горн перед фурмами кладут стружки, смоченные легко воспламеняющимися веществами, зажигают их и дают им гореть нек-рое время без подачи воздуха от воздуходувок, а потом уже пускают дутье, причем коуперы, насколько возможно, разогревают дровами. Если работают другие печи и можно иметь для задувки горячее дутье, его пускают сразу; в этом случае не обязательно заполнять дровами верхний горн и заплечики—их можно заменить коксом; первое все же предпочтительнее, так как сгоревшие дрова освобождают место для опускания шихты; в противном случае часто получаются вскоре после пуска печи подвисания, что крайне нежелательно. Все материалы шихты для начала работы д. б. лучшего качества, тщательно отсортированы и проанализированы, чтобы полученные шлаки наименее отличались от расчетных. Наибольшая опасность при пуске печи и заключается в разъедании первыми шлаками стенок горна, в виду чего их следует делать сильно основными и не давать в шихту сварочного или бессемеровского шлака, а, наоборот, желательно иметь в ней доменный и мартеновский шлаки. Все вспомогательные устройства у печи должны быть перед пуском тщательно проверены, чтобы не иметь вынужденных остановок печи, особенно вредных в первые часы работы.

Работа печей. Ведение доменной плавки до сих пор является в значительной степени искусством, так как работа печи зависит от множества самых разнообразных условий, и явления, которые происходят в печи, мало доступны и блюдению и вообще недостаточно выяснены. Только немногие условия плавки, а именно, состав шихты, количество и нагрев воздуха, находятся в руках техника, и ими он может оперировать, направляя работу печи. Из условий, небла-

гоприятно влияющих на работу доменных печей отметим: большое содержание золы и особенно серы в коксе, что заставляет держать сильно основные шлаки, затрудняя и удорожая работу печи; большое количество пылевидной руды, доходящее до 40%, неравномерность химического состава и физич. состояния руды, подаваемой в доменные цехи заводов. Для того чтобы происходящие в печи процессы (см. виже Доменный процесс) протекали правильно, необходимы: правильно выбранный профиль печи, равномерное распределение газов по сечению печи, правильное распределение $t°$-ных поясов в ней и соответствие качества руд сорту выплавляемого чугуна. В регулировании и направлении вышеназванных условий и состоит ведение плавки.

Наблюдение за ходом печи. О ходе печи судят по целом уряду признаков. Первым из них является сход колош, т. е. опускание шихты в печи, что должно происходить равномерно с определенною установившеюся, в зависимости от нормальной производительности печи, скоростью. Как только печь начинает брать больше колош, чем следует, что часто сопровождается пониженнем противодавления, нужно ждать сырого, расстроенного и холодного хода. Если, наоборот, происходит замедление схода колош, то это говорит о тугом ходе и вачинающемся подвисании шихты в печи, что сопровождается обычно повышением противодавления и является результатом образования где-либо свода плавильных материалов при излишне горячем ходе печи или столба сырых необработанных материалов и похолодания печи. За сходом колош все время следят, измерив уровень засыпи особыми щупами, т. е. вертикальными стержнями, проходящими через отверстия в воронке засыпного аппарата и висящими на тросах, перекинутых через блоки. Существуют автоматические показатели уровня засыпи, в которых эти щупы соединены с показательными приборами. Давление дутья является вторым показателем хода печи; оно остается б. или м. постоянным и установившимся, в зависимости от режима ее работы и силы воздуходувных машин; оно падает ниже нормы при образовании в печи трубы по к-рой устремляются газы, что нарушает равномерное распределение их по сечению печи, и, наоборот, повышается при закупорке проходов для газа, что говорит о начинающемся подвисании шихты. Для разрушения образующихся сводов и понуждения опускания шихты понижают давление до нуля, прекращая на несколько секунд доступ воздуха в печь,—дают «осадку». Чем выше растет давление, тем чаще нужно делать осадки. Давление дутья указывается манометром, присоединенным к кольцевой воздушной трубе, причем, кроме обыкновенного манометра, имеется и самопишущий; по характеру получающейся кривой давления дутья можно судить о ходе печи. Эта же кривая показывает время и продолжительность остановок печи.

Из имеющихся у печи нескольких коуперов обычно через один поступает в печь нагреваемый в нем воздух, другие же находятся «на газе» (см. *Воздухонагреватели*); при этом $t°$ нагреваемого коупером воздуха все время понижается, что опять-таки видно по диаграмме самопишущего прибора, связанного с термопарой пирометра, вставленного в кольцевую воздушную трубу. Это нормально установившееся или меняющееся срабатывание $t°$ печью также служит показателем хода печи. Если печь замедляет ход, будучи слишком горяча или слишком холодна, она перестает срабатывать $t°$. Наиболее быстро можно заметить изменение хода печи, наблюдая через особые глядельки в крышке фурменного рукава за материалом, проходящим мимо фурм; но эти наблюдения доступны только опытному глазу. При горячем ходе печи в фурму видны яркие, ослепительно белые, отчетливо обрисованные куски кокса, медленно опускающиеся вниз. Появление на фурмах небольшого количества не вполне обработанных кусков руды допустимо при плавке на мартеновский чугун; большое количество почти необработанных кусков руды и известняка или черные куски настылей указывают на ненормально быстрый ход или похолодание печи. Яркость фурм зависит от $t°$ дутья и от того, насколько хорошо дутье проникает в середину печи: как только давление повышается и печь начинает хуже принимать воздух, фурмы тускнеют или перед ними начинается игра и мелькание мелких кусочков кокса или шлака. При сильном подвисании фурмы делаются совсем тусклыми. Если на фурмах показался шлак, его следует возможно скорее выпустить иначе при вынужденной остановке печи он зальет фурмы и сопла. Наблюдение необходимо вести за всеми фурмами печи; если они неодинаково накалены, то это указывает на неравномерный боковой ход печи; в таком случае более яркие фурмы на время забивают глиной.

Наблюдение за шлаками дает весьма существенные указания относительно хода печи. Горячий, сильно основной шлак течет, слегка пенясь и выделяя большое количество белого дыма. Чем шлак холоднее, тем меньше над ним дыма; холодный шлак течет, как тяжелая маслянистая жидкость. Железистые шлаки расстроенного хода более подвижны, но они быстро застывают и имеют совершенно черный излом. Нормальные шлаки коксовой плавки имеют каменвидный излом, серо-голубоватый цвет для литейного чугуна (сильно основной шлак по остывании рассыпается в порошок) и слегка коричневый — для мартеновского. Шлаки древесноугольной плавки имеют стекловатый излом.

О химическом составе чугуна и его нагреве можно судить по тому, как он течет в канаве или бороздах на литейном дворе и из этого выводить заключение о ходе печи до получения анализов чугуна из лаборатории. Горячий чугун более жидок, холодный—более густ, причем марганцовистые чугуны выделяют значительное количество огоньков в виде факелов; серинстые и холодные имеют на поверхности тончайшую пленку и дают искры.

Колошниковый газ, вырывающийся при открывании клапана вертикальной

газоотводн. трубы или просачивающийся через ее неплотности, также указывает на ход печи: норм. ход дает почти прозрачный или белесоватый газ; сильный вынос пыли и сырой ход характеризуются бурым, холодный ход—темным цветом газа. Нормальная $t°$ газа на колошнике 250—300° при сухой руде; повышение $t°$ указывает на неправильное распределение $t°$ в печи, против чего необходимо немедленно принять меры. Колошник д. б. снабжен регистрирующим пирометром; в последнее время появились автоматическ. газоанализаторы, показывающие количество CO и CO_2 в газах. Заключение о ходе печи нельзя делать по одн му какому-либо признаку; необходимо сопоставлять целый ряд наблюдений и признаков и только тогда принимать те или иные меры для регулирования хода печи.

Ведение планки. Шихта, т. е. количество разных материалов, в определенных весовых соотношениях идущих в плавку, д. б. подсчитана, исходя из состава и количества проплавляемых материалов и сорта требуемого чугуна. Существует несколько способов расчета шихт. Из них наиболее рациональный разработан проф. М. А. Павловым. Основной величиной в подсчете шихты является расход топлива. В наших условиях можно считать расход кокса на единицу чугуна: на мартеновский чугун 1,0—1,05; на бессемеровский 1,05—1,10; на низшие сорта литейного 1,10—1,15; на высшие сорта литейного 1,15—1,20; на специальные чугуны (ферроманган, ферросилиций, силикошпигель) 2,5—3. На передельный чугун в америк. и европ. доменных печах при хорошем коксе и сортированных, частью даже агломерированных, рудах расходуется 0,85 (временами даже до 0,8); расход древесного угля у нас около 1, в америк. и шведских печах он несколько менее: 0,9—0,85.

Горячие кремнистые чугуны коксовой плавки требуют более тугоплавких и менее богатых руд и весьма основных шлаков для удаления серы. На передельные чугуны предпочтительно идут богатые, легко восстановимые руды и менее основные шлаки. При излишнем разогреве печи увеличивают сыпь в колошу, т. е. дают больше руды на то же количество топлива, и наоборот; если по условиям процесса желательно увеличить количество железа, восстановляемого твердым углеродом, и этим охладить горн, дают более трудно восстановимую руду. В случае сильного похолодания печи дают холостые колоши топлива и облегчают шихту. Для разогревания похолодавшей печи, замедления излишне быстрого хода и при получении более горячих высококремнистых чугунов повышают $t°$ дутья (до 750—800°) и уменьшают его количество. При получении более холодных чугунов и в случае излишнего разогрева печи предпринимают обратные действия. Средней $t°$ дутья на передельный чугун у нас надо считать 650÷700°; специальные чугуны требуют наивысшей $t°$ дутья (800÷900°).

Расстройство хода печи. Обычные и ежедневные отклонения от нормального хода печи состоят в следующем: 1) в похолодании печи вследствие ускоренного хода; 2) в похолодании горна вследствие срабатывания настылей из-за неправильного распределения $t°$ в печи; 3) в похолодании с образованием в середине печи столба плохо обработанных холодных материалов; 4) в боковом ходе, когда одной стороной печь работает лучше, чем другой, что является следствием неравномерного распределения материалов на колошнике, неправильного разгорания кладки в старых печах и проч. Средством к исправлению хода в первых трех случаях служит усиление нагрева печи повышением $t°$ дутья; в третьем случае бывает также полезно поставить на фурмы кольца, суживающие их диаметр; в четвертом—приходится забивать 1—2 фурмы глиною. При излишнем разогреве печи (что обычно сопровождается подвисанием шихты) бывает весьма полезно дуть несколько минут (10÷30) холодным воздухом, а затем принять обычные меры к охлаждению хода печи. Если вовремя не принять мер к исправлению хода печи, то расстройство усиливается и сопровождается обычно подвисанием шихты в печи, что может повести при последующей осадке к очень сильному и даже совершенному загромождению горна непроплавленными материалами. Последнее скорее всего может случиться, когда получаются условия, благоприятные для оползания большого количества настылей с высших горизонтов, или когда шихта по своему составу должна дать ненормально основные и тугоплавкие шлаки (от ошибки в ее составлении при сильно колеблющемся составе руды или большом выносе пыли в колошниковых газах).

Подвисание шихты м. б. результатом похолодания или излишнего разогрева печи; по месту своего образования бывает нижним и верхним. При нижнем подвисании образуется свод в области заплечиков или столб непроплавленных материалов в середине печи; при верхнем — свод в области шахты, к-рый опирается на уступы в сильно разгоревшей ее части, или же причиной подвисания является аморфный углерод, обильно выделившийся по реакции $2\,CO = CO_2 + C$ при 400—600°, особенно у стенок печи, и «заклинивший» материал. В случае сильного расстройства хода приходится или значительно уменьшать количество дутья или, когда печь совершенно не пропускает газа вверх, продувать его через открытую шлаковую или чугунную летку и этим постепенно разогревать горн. Иногда приходится разогревать горн нефтяной форсункой через летку или фурму.

Работы у печи. Выпуск чугуна производится в современных печах 3—5 раз в сутки. Для выпуска чугуна отверстие в летке сначала разделывают буром, т. е. железным 50-*мм* стержнем, длиной 4—4,5 *м*, со стальными концами, откованными и заточенными в виде полукруглой лопаточки; рабочий ударяет им в разбуриваемое место, поворачивая его с каждым ударом; когда до чугуна остается нетолстая стенка, ее пробивают стальным ломом, толщ. 35—40 *мм*, с конически заостренным концом. В последнее время за границей стали распространяться машины для бурения летки. Поршень, приводимый в движение сжатым воздухом или

паром, сообщает буру ударное переменно-возвратное движение; поступательное же движение ему сообщается при помощи винтового хода наподобие супорта токарного станка. Разливка чугуна производится на литейном дворе в песчаные изложницы или в особые чугунные открытые формы. За границей распространены специальные разливочные машины ленточного или карусельного типа с производительностью до 100 *т* чугуна в час. Формовка чушек в песке у нас идет вручную, а в Германии употребляют специальные формовочные машины, подготовляющие за час формовку для 90 *т* чугуна. Разлитый чугун после остывания (для чего его поливают водой) разбивают молотами и убирают или вручную или магнитным мостовым краном. Существуют и машины для ломки чугуна на месте формовки или в виде отдельно стоящего пресса.

После разливки чугуна леточное отверстие заделывают глиняной пробкой, к-рую помещают на конце длинной трамбовки и вгоняют до конца отверстия ударами кувалды; остальную часть отверстия забивают глиной помощью трамбовки. Правильный уход за чугунной леткой имеет весьма важное значение: в случае небрежной забивки выпуска возможны самопроизвольные побеги чугуна в летку со всеми неприятными последствиями и разъедание брони близ летки. Глиняная стенка леточного отверстия, в к-рой держится глиняная пробка, с течением времени выгорает, как и стенка горна вокруг нее; в таком случае предпринимают ремонт летки: для этого удаляют, насколько возможно, старую глину и через получившееся широкое отверстие (диам. 200÷300 *мм*) забивают в горн глину трамбовкой, стараясь растолкать ее в бока; такой ремонт продолжается 1,5—2,5 часа и требует 0,5—1,0 *т* глины. За границей и на многих заводах Украины для ремонта летки и для забивки ее после выпуска применяют особую паровую или пневматич. машину, называемую у нас пушкой. Она состоит из цилиндра, в к-ром шток поршня получает возвратно-поступательное движение; другой поршень, сидящий на конце штока, гонит глину через конич. насадку в леточное отверстие. Шлаковая летка не требует никакого особого ухода. Выпуск шлака производится обычно 1—2 раза между выпусками чугуна; часть шлака выходит при выпуске чугуна. От времени до времени приходится чистить от застывшего шлака шлаковые желоба, а равно и чугунное, выложенное кирпичом, корыто у летки. Канаву в песке, по которой проходит чугун к формовке, необходимо возобновлять после каждого выпуска.

Не менее важной работой у печи является уход за коуперами. От уменья газовщика (рабочий на коуперах) зависят в значительной степени нагрев дутья и расход газа. Правильное соотношение количества газа и воздуха устанавливается по цвету пламени горящего газа. В коуперах, оборудованных регуляторами давления газа, а особенно при автоматическом регулировании количества подаваемого воздуха, правильное сжигание проверяется анализом дыма, а не по цвету пламени.

Холодильные приборы с течением времени прогорают или лопаются; чаще других портятся фурмы, фурмовые и шлаковые амбразуры, в особенности при жесткой воде, а также в случае срабатывания железистых настылей со стенок печи. Порча холодильника обнаруживается или по просачиванию воды или по перебоям в струе воды в водоотводной трубке; в фурме струю воды можно заметить через гляделку на остановке дутья. Попадание большого количества воды в печь отражается на шлаке и на воспламеняемости колошникового газа.

О работах у печи, имеющих более редкий и случайный характер, необходимо отметить следующее. Иногда не удается пробурить отверстие в летке вследствие нарастания лещади или застывания чугуна в неудачно забитой летке; в этом случае ее прожигают кислородом или ацетиленом. При подвисании печи, когда сильно повышается давление газов в горне при сильно сработанных стенках его, газы могут прорываться наружу через неплотности кладки и брони, причем м. б. продуто иногда довольно значительное отверстие, через которое начинает выходить шлак; в этом случае на выходящую струю шлака направляют струю воды, отчего он застывает, образуя в отверстии пробку. Места, где вырывается только газ, по возможности замазывают глиной. Прорывы чугуна или шлака через разъеденную стенку горна и расплавлен. бронзу перед ко влекут взрывы с весьма тяжелыми последствиями; приходится останавливать печь (иногда на много часов), разламывать вытекший чугун и все разрушения заделывать глиной и кирпичом.

Остановки и пуск в ход печей. Иногда бывает необходимо после предварительной подготовки остановить все или некоторые печи цеха для чистки газопроводов, производства не терпящих отлагательства ремонтов или вследствие непредвиденной задержки и снабжении материалами. Если печь после остановки можно пустить на горячем дутье, то лучше, чтобы кокс в ней совершенно потух. Подготовка состоит в том, что дают несколько холостых и облегченных колош, в расчете, чтобы они пришли в горн к моменту остановки печи. При остановке печей необходимо обращать особое внимание на следующее: 1) все отверстия и печи тотчас после ее остановки д. б. тщательно замазаны глиной, чтобы в печь не проходил воздух и не происходило подгорания кокса; 2) в колошник следует засыпать 15÷30 *т* гранулированного доменного шлака, оставив печь на 2—3 колоши не полной; 3) д. б. тщательно проверено, не поступает ли вода в печь через какой-либо прогоревший холодильник; 4) воздуходувки останавливают только после забивки фурм глиной; 5) на оставовке газовщик должен следить, чтобы нигде не могла образоваться взрывчатая смесь газа и воздуха. При пуске после остановки всех печей цеха надо принимать меры к тому, чтобы не получить взрыва или хлопка в газопроводах, что часто случается, в особенности при наличии длинных газопроводов или больших сухих газоочистителей. Для этого необходимо: 1) воздуходувки пустить раньше и в течение 10÷15 м.

продувать коупера и воздухопровод; 2) пускать печь на большом количестве воздуха и работать так 15÷20 мин., пока не появится много газа; 3) принимать газ на газопровод только тогда, когда будет достаточное давление его на колошнике; 4) выдавливать газом воздух из газопроводов и газоочистителей вниз через нижние люки.

Выдувка печи. При выдувке печи стремятся как можно ниже опустить материалы, чтобы меньше было работы при его выгребании; при удачной выдувке материал м. б. опущен до уровня фурм. Главная опасность при выдувке—порча засыпного аппарата вследствие высокой температуры колошника. Чтобы шихта опускалась ровнее и не слишком падало давление, дают в печь 100÷150 *m* доменного шлака или известняка (последнее лучше, но дороже). Известняк, разлагаясь, дает много CO_2 в газах, вследствие чего они становятся не столь горячими и взрывчатыми.

Лит.: Павлов М. А., Металлургия чугуна. Сырые материалы, доменный процесс, Л., 1924; его же, Металлургия чугуна, СПБ, 1910; его же, Альбомы чертежей по доменному производству, 1 изд., Екатеринослав, 1902, 2 изд., СПБ, 1908; Липин В. Н., Металлургия чугуна железа и стали, т. 3, ч. 1, Л., 1926; Жендзян С. В., Производство чугуна и устройство доменных печей, Харьков, 1927; «ЖРМО», с 1910; «Металлург»—орган научно-технических кружков втузов СССР, Л., с 1926; Павлов М. А., Расчет доменных шихт, Л., 1923; то же в переводе на франц. яз. с добавлением новейших данных: Pawloff M., Calcul du lit de fusion des hauts fourneaux, Paris, 1924; Johnson J. E., The Principles, Operation, and Products of the Blast Furnace, New York, 1919; Osann B., Lehrbuch der Eisenhüttenkunde, B. 1—Roheisenerzeugung, 2 Auflage, Leipzig, 1923; Johnson J. E., Blast Furnace Construction in America, New York, 1917.

А. Новоспасский.

III. Доменный процесс.

Физико-химические явления. Сырые материалы Д. п.—железная руда, топливо (древесный уголь, кокс, антрацит) и флюс, или плавень (обыкновенно известняк, иногда доломит),—будучи загружены в доменную печь, непрерывно опускаются в ней, вследствие образования сгорающим топливом пустоты в горне. На своем пути вниз материалы омываются восходящими газами и под влиянием теплоты изменяют свое физическое состояние, переходя в жидкое и газообразное; благодаря же восстановительному действию газов и раскаленного углерода топлива они испытывают сложные химические превращения.

1. Процесс удаления летучих веществ. Первым и простейшим по своей сущности процессом, совершающимся в верхних горизонтах доменной печи, является удаление летучих веществ—влаги, гидратной воды, углекислоты и продуктов сухой перегонки из обугленного при низкой $t°$ топлива. Вследствие плохой теплопроводности всех плавильных материалов, выделение из внутренних частей кусков этих материалов улетучивающихся газов происходит на таких горизонтах печи, где продукты горения и даже топливо в своих наружных частях имеют настолько высокую $t°$, что между летучими веществами, газами и топливом могут происходить реакции, в результате которых из водяных паров и углекислоты получаются водород и окись углерода.

2. Процесс восстановления. Вслед за удалением летучих веществ, а в случае незначительного содержания воды в плавильных материалах одновременно с ним, начинается восстановительный процесс, т. е. получение из окислов руды—железа, а затем марганца, фосфора и кремния. Процесс этот начинается при низкой $t°$ (ок. 200°) газами—окисью углерода и водородом, а затем продолжается и заканчивается (с 950° и выше) твердым углеродом топлива, точнее говоря, за счет твердого углерода. Восстановление усиливается по мере увеличения $t°$ восстановителей, и т. к. передача тепла идет от поверхности кусков к сердцевине их, то во всякий данный момент содержание кислорода во внутренних частях кусков руды будет выше, чем в наружных. Для железа, при восстановлении его окисью углерода, мы имеем ряд последовательно идущих реакций со следующим тепловым эффектом:

$$3Fe_2O_3+CO=2Fe_3O_4+CO_2 \quad +16\,619\ Cal\ (1)$$
$$2Fe_3O_4+nCO=6FeO+2CO_2+(n-2)CO \quad -12\,600\ Cal\ (2)$$
$$6FeO+nCO=2Fe_3+6CO_2+(n-6)CO \quad +9\,040\ Cal\ (3)$$
$$3Fe_2O_3+(2n+1)CO=2Fe_3+9CO_2+(2n-8)CO+13\,059\ Cal\ (4)$$

Складывая ур-ия (2) и (3), получим результирующее ур-ие:

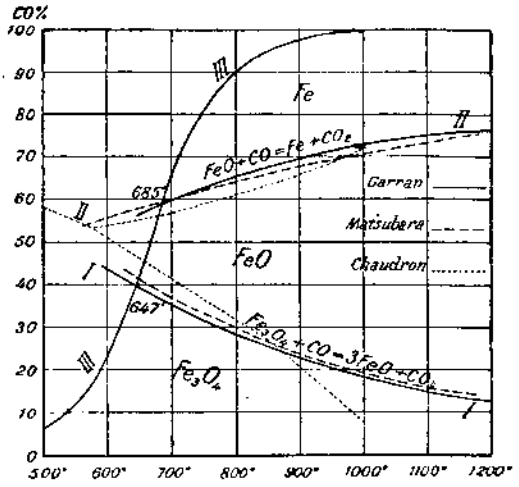
$$2Fe_3O_4+2nCO=2Fe_3+8CO_2+(2n-8)CO \quad -3\,560\ Cal,$$

имеющее самостоятельное значение, т. к. в пределах $t°$ 300÷570° магнитная окись восстанавливается непосредственно в железо; выше 570° восстановление проходит через закись железа, т. е. по ур-иям (2) и (3). Для восстановления водородом можно написать ряд аналогичных термохим. ур-ий, а именно:

$$3Fe_2O_3+H_2=2Fe_3O_4+H_2O \quad +6\,209\ Cal\ (1)$$
$$2Fe_3O_4+nH_2=6FeO+2H_2O+(n-2)H_2 \quad -33\,422\ Cal\ (2)$$
$$6FeO+nH_2=2Fe_3+6H_2O+(n-6)H_2 \quad -53\,418\ Cal\ (3)$$
$$3Fe_2O_3+(2n+1)H_2=2Fe_3+9H_2O+(2n-8)H_2 \quad -80\,631\ Cal\ (4)$$

Окись железа естественная, не подвергавшаяся нагреву выше 950°, начинает восстанавливаться окисью углерода при 200°, а водородом—при 260°; кристаллич. окись (железный блеск) или аморфная прокаленная начинают восстанавливаться при 330°; естественный магнитный железняк—при 400—450°. Металлическое железо получается из закиси при 600—650°. Тепловой эффект результирующих реакций (4) для восстановления окисью углерода—положительный, для водорода—отрицательный; это значит, что раз начатое восстановление окисью углерода может продолжаться без подвода тепла извне. Это обстоятельство истолковывалось многими неправильно: полагали, что восстановление CO исключительно способствует достижению наименьшего расхода горючего, но в вышеприведенных ур-иях при CO стоит коэф-т n, а это указывает, что CO д. б. в избытке, для того чтобы получающаяся CO_2 не могла окислять восстановленных продуктов (не считая в последних Fe_3O_4, к-рая не окислится в Fe_2O_3 ни парами воды ни углекислотой). Значения коэф-та n для разных $t°$, т. е. соотношение между CO_2 и CO, при к-ром газовая смесь не может ни восстанавливать окисла ни окислять продукта восстановления (равновесная смесь), в настоящее время, после многолетних иссле-

дований (начатых еще Беллом, в Англии), установлены точно. Гарран, последний до настоящего времени (1928 г.) исследователь, дал диаграмму (фиг. 10), на к-рой нанесены условия равновесия окислов железа и углерода по результатам исследований последнего времени (пунктирные линии—диаграмма Matsubara и Chaudron). Та же диаграмма (кривая *III*) дает изображение условий равновесия обратимой реакции $2\,CO \rightleftarrows CO_2+C$, или реакции Белла, меняющей результат восстановления окислов железа газами: при высоких $t°$ продукты восстановления—CO_2 и H_2O—окисляют C и CO, и, наоборот, CO,



Фиг. 10.

распадаясь при низких $t°$, способствует обогащению газа углекислотой сверх того ее количества, какое является продуктом восстановления. При 685° (пересечение кривых *II* и *III*) Fe, FeO, C и окислы углерода находятся в равновесии, если в газовой смеси на 60% CO приходится 40% CO_2; при 950° равновесие тех же веществ допускает присутствие 30% CO_2 (кривая *II*), но наличие тверд. углерода понижает содержание CO_2 почти до 0 (по кривой *III*—1,3% на 98,7% CO). При 647° (пересечение кривых *I* и *III*) Fe_3O_4 и FeO находятся в равновесии с окислами углерода и C, если в газовой смеси на 60% CO_2 приходится 40% CO; но в действительности ни при 647° ни при более низких $t°$ столь высокого содержания CO_2 не может быть, т. к. в доменной печи газы остаются менее 10 ск. и равновесие не успевает установиться. В доменных печах отходящие газы имеют не более 40% CO_2 на 60% CO, чаще около 30% CO_2 на 70% CO и даже 20% CO_2 на 80% CO.

Что касается водорода, то восстановление им имеет ту особенность, что продукт восстановления—водяные пары—реагирует и с CO (при низких $t°$) и с C (при высоких), давая снова водород:

$$3Fe_2O_3+H_2 = H_2O+2Fe_3O_4 \quad (1)$$
$$H_2O+CO = H_2+CO_2 \quad (2)$$
$$3Fe_2O_3+CO = 2Fe_3O_4+CO_2 \quad (3)$$

$$Fe_3O_4+H_2 = H_2O+3FeO \quad (1)$$
$$H_2O+CO = CO_2+H_2 \quad (2)$$
$$Fe_3O_4+CO = CO_2+3FeO \quad (3)$$

Результирующие реакции (3) показывают, что содержание водорода в газах не убывает, и восстановление идет так, как будто его и совсем нет. В действительности содержание H_2 в верхних горизонтах печи возрастает за счет выделения его из горючих материалов и от разложения гидратной воды как по ур-ию (2), при низкой $t°$, так и твердым углеродом, при высокой. Поэтому нельзя указать количественного развития реакций восстановления водородом; известно лишь (с 1927 г.), что присутствие его в количестве 2% в газовой смеси ускоряет ход восстановления даже при умеренной $t°$ (650°).

Не успевшая восстановиться при умеренных $t°$ закись железа приходит в область высоких $t°$ (выше 950°), где происходит, как говорят, «прямое восстановление», т. е. твердым углеродом. Но невосстановленная FeO может находиться только во внутренних частях кусков руды, будучи окружена снаружи оболочкой металлич. железа, отчасти обуглероженного уже; поэтому восстановление может закончиться только при помощи газов, проникающих через поры руды. Продукты восстановления—H_2O и CO_2, выходя наружу, реагируют с углеродом топлива, образуя снова H_2 и CO, количество к-рых поэтому не убывает,—убывает лишь углерод топлива, непосредственно не соприкасающийся с восстановляемым окислом. Т. о. «прямого восстановления» в буквальном смысле нет, и восстановление при высоких $t°$ д. б. изображаемо так:

$$FeO+n\,CO = Fe+CO_2+(n-1)\,CO + 1507\ Cal \quad (1)$$
$$CO_2+C = 2CO \quad -38790\ Cal \quad (2)$$
$$FeO+C = Fe+CO \quad -37283\ Cal \quad (3)$$

$$FeO+n\,H_2 = Fe+H_2O+(n-1)\,H_2 \quad (1)$$
$$H_2O+C = H_2+CO \quad (2)$$
$$FeO+C = Fe+CO \quad (3)$$

Водород в качестве посредника между двумя твердыми реагирующими веществами должен играть более видную роль, чем CO, т. к. его способность диффундировать через пористые тела в 3,75 раза выше способности CO.

Восстановление Fe по ур-ию (3) за счет твердого углерода топлива требует 37 283 Cal и лишь 12 *кг* C на 56 *кг* Fe; восстановление же окисью углерода требует большего количества C, т. к. в газе д. б. избыток восстановителя (при 715° отношение CO_2 : CO д. б. более 1,5, а при 890°—более 2). Т. к. прямое восстановление есть горение углерода за счет кислорода руды, то оно уменьшает количество углерода, сгорающего у фурм, и количество развиваемого здесь тепла, необходимого для восстановления таких элементов, как Si и Mn, а также для перегрева шлака выше $t°_{пл.}$. Если есть возможность возместить недостаток тепла в горне из иного источника кроме сжигания топлива, то восстановление твердым углеродом м. б. выгодно, но для всяких данных условий—в определенном размере. В электропечах возмещение тепла производится преобразованием электрич. энергии в тепловую, в обыкновенных доменных—подогревом дутья. Этот подогрев д. б. тем выше, чем труднее восстановимы руды и чем выше содержание Si и Mn в чугуне. Подсчеты, произведенные на основании состава колошниковых

газов, показали, что в современных печах газами восстанавливается в среднем ок. половины всего железа (в наших украинских печах—только 0,4, а иногда и 0,33).

Под влиянием окислов железа как катализаторов в доменных печах протекает реакция $2\,CO \rightleftarrows CO_2 + C$, в результате к-рой в массе руды отлагается (в удобовосстановимых пористых рудах большее количество, в плотных—меньшее) углерод-сажа в состоянии тончайшего измельчения, равномерно распределяясь между частицами окислов. Опыты с различными рудами, нагревавшимися в токе CO, показали, что при 450° вся окись углерода практически м. б. разложена на CO_2 и C (кривая *III* диаграммы), т. к. при этой $t°$ углерод-сажа не может гореть в углекислоте, давая CO. При повышении $t°$ реакция начинает итти в обратную сторону, и отложение углерода уменьшается; при 950° распадение CO прекращается, так как отложенный углерод-сажа отчасти растворяется в получившемся уже железе, а гл. обр. окисляется кислородом руды и CO_2, давая только CO. Т. о. реакция Белла расширяет область восстановления окислов железа твердым углеродом, т. к. углерод-сажа заканчивает свою роль при той $t°$ (950°), когда только начинается восстановление исключительно за счет углерода топлива. Эта реакция играет и другую полезную роль; она расширяет область умеренных $t°$ в печи: при образовании углерода-сажи в области низких температур выделяется 38 790 Cal, а при переходе его в газ поглощается столько же тепла, и притом там, где должна бы итти реакция восстановления за счет твердого углерода топлива.

Железо переходит в чугун не только из своих окислов, но и из кремнекислых и сернистых соединений; первые вводятся в шихту доменных печей в виде передельных шлаков, составляющих отбросы производства, а вторые—как неизбежные вредные примеси (кокса и отчасти руды). Кремнекислое соединение железа не может восстанавливаться газами: расплавившись (ок. 1 000°) в присутствии извести, оно реагирует с ней, и освободившаяся FeO восстанавливается при высокой $t°$, т. е. за счет твердого C топлива:

$$Fe_2SiO_4 + 2CaO = Ca_2SiO_4 + 2FeO \quad (1)$$
$$2FeO + C_2 = Fe_2 + 2CO \quad (2)$$
$$Fe_2SiO_4 + 2CaO + C_2 = Fe_2 + Ca_2SiO_4 + 2CO - 71660\ Cal \quad (3)$$

Т. к. при образовании силиката кальция тепла выделяется больше, чем затрачивается на разложение силиката железа, то на восстановление железа из шлака идет меньше тепла, чем на восстановление его из свободной закиси железа (35 830 cal на граммолекулу, вместо 37 283 cal); но физич. условия восстановления таковы, что делают выгодной переплавку шлаков только в определенных пределах и при соблюдении известных условий. Железистый шлак—жидкость тяжелая и подвижная; поэтому, расплавившись, он быстро протекает в горн, не успевая прогреться в такой степени, как пустая порода руды, и так. обр. не подвергается взаимодействию с известью флюса. В горне жидкий силикат железа в большей или меньшей мере, смотря по составу шлака и $t°$ горна, восстанавливается, предварительно разлагаясь известью шлака. Следовательно условиями восстановления железа из шлаков являются: высокая $t°$ горна (сильный нагрев дутья) и наличие основных шлаков. В коксовых печах успешно переплавляют сварочный шлак в количестве до 50% веса шихты, а в древесноугольных в лучшем случае не более 20% (часто лишь 10%).

Сернистое железо, при нормальном ходе доменных печей на коксе, лишь в незначительном количестве растворяется в чугуне, т. к. оно разлагается известью шлаков, скопленных в горне, а затем восстанавливается за счет твердого углерода:

$$FeS + CaO = CaS + FeO \quad (1)$$
$$FeO + C = Fe + CO \quad (2)$$
$$FeS + CaO + C = CaS + Fe + CO - 30\,710\ Cal \quad (3)$$

Полнота реакции достигается высоким отношением CaO к SiO_2 в шлаках (не менее $1^1/_3$, лучше $1^1/_2$ и даже больше при слишком сернистом горючем) и перегревом шлаков в такой мере, чтобы они были достаточно жидки, что осуществляется высоким нагревом дутья. В коксовых доменных печах часто лишь 3÷5% всей серы переходит в чугун, тогда как в древесноугольных—до 50%. Поэтому сернистые руды, содержащие серу, тщательно обжигаются (Швеция) перед плавкой в древесноугольных печах, работающих на кислых шлаках и умеренном нагреве дутья.

Марганец является в рудах спутником железа и сверх того он вводится в доменную печь специальными марганцевыми рудами, чтобы дать требуемое условиями передела содержание марганца в чугуне (обыкновенно 1—2%). Марганец поступает в печь в виде перекиси (MnO_2)—наиболее распространенного в природе окисла (пиролюзит). Восстановление этого окисла окисью углерода до закиси сопровождается выделением значительного количества тепла, как видно из термохимич. ур-ий:

$$3MnO_2 + 2CO = Mn_3O_4 + 2CO_2 \quad (1)$$
$$Mn_3O_4 + nCO = 3MnO + (n-1)CO + CO_2 \quad (2)$$
$$3MnO_2 + (n+2)CO = 3MnO + (n-1)CO + 3CO_2 + 102\,495\ Cal \quad (3)$$

Т. к. тепло выделяется в верхних горизонтах печи, то оно остается почти неиспользованным, служа лишь для повышения $t°$ колошниковых газов (до 400—475°). Восстановление Mn из закиси может итти только при 1 105°, а в присутствии железа—при 1 030°, т. е. за счет твердого углерода топлива, аналогично восстановлению железа при высоких $t°$:

$$3MnO + 3CO = Mn_3 + 3CO_2 \quad (1)$$
$$3CO_2 + C_3 = 6CO \quad (2)$$
$$3MnO + C_3 = Mn_3 + 3CO - 183\,990\ Cal \quad (3)$$

Водород при тех же температурных условиях может восстанавливать MnO, но полученные водяные пары, реагируя с C топлива, снова дают водород, так что в результате получается та же реакция (3), к-рая однако никогда не идет полностью,—часть MnO остается невосстановленной и переходит в шлак, тем в большем количестве, чем его больше, чем меньше в нем оснований (CaO + MgO) и чем ниже $t°$ горна. Часть вос-

становленного уже марганца испаряется и уносится током газов; она тем больше, чем выше концентрация Mn в чугуне (ферромангган—80%). Из обыкновенных передельных чугунов улетучивания марганца почти незаметно, но т. к. шлаки при выплавке таких чугунов менее основные, то выход Mn из руды в этом случае не выше, чем при выплавке ферромангана: в чугун переходит от $^2/_3$ до $^3/_4$ всего Mn, принятого печью (не считая унесенной газами руды); при древесно-угольной плавке (кислые шлаки)—до $^1/_2$.

По реакции (3) марганец требует для восстановления в 1,6 раза больше тепла, чем железо, но действительный расход топлива в доменной печи больше, чем для Fe, по крайней мере в 2,5 раза, и это обстоятельство вызывает расширение области высоких $t°$ в печи, разогревание колошника и быстрое изнашивание печи, если плавка ведется долго на богатый марганцем сплав.

Кремний из кремнезема, тесно перемешанного с тонким порошком аморфного углерода, восстанавливается при 1 460° с большим поглощением тепла:

$$SiO_2+C_2 = Si+2CO \quad -137\,560 \text{ Cal.}$$

Но в присутствии железа реакция идет уже при 1 050°, когда восстановителем является углерод карбида железа, образовавшегося ранее. Присутствие большого количества извести в пустой породе руды или в известковом флюсе мешает восстановлению кремния, поэтому для получения кремнистого и несернистого чугуна шлак должен быть основным глиноземистым; отношение $CaO : SiO_2$ в нем ок. $1^1/_3$; нагрев дутья—750—800°; при этом расход горючего на 15—20% выше, чем при выплавке передельного чугуна.

Фосфор, входящий в доменную печь обыкновенно в виде фосфорноизвестковой соли, восстанавливается после разложения этой соли кремнеземом, т. е. в области высоких $t°$ согласно химическим ур-ням:

$$2Ca_3P_2O_8+3SiO_2 = 3Ca_2SiO_4+2P_2O_5 \quad (1)$$

$$2P_2O_5+5C_2 = 2P_2+10CO \quad (2)$$

$$2Ca_3P_2O_8+3SiO_2+5C_2 = 3Ca_2SiO_4+2P_2+10CO \quad -694\,380 \text{ Cal.} \quad (3)$$

что указывает на поглощение большого количества тепла (5 600 Cal на 1 *кг* P); тем не менее реакция идет полностью благодаря присутствию избытка кремнезема в шлаке (совместно P_2O_5 и SiO_2 м. б. в шлаке только тогда, когда концентрация последнего очень слаба). Лишь при значительном охлаждении горна, когда в шлак переходит закись железа, часть фосфора не восстанавливается.

Восстановление железа сопровождается обуглероживанием его как окисью углерода непосредственно, так и углеродом сажей при более высокой $t°$:

$$3FeO+5CO = Fe_3C+4CO_2 \quad \begin{cases} 2CO = CO_2+C & (1) \\ Fe_3+C = Fe_3C & (2) \end{cases}$$

$$Fe_3+2CO = Fe_3C+CO_2 \quad (3)$$

Количество поглощаемого железом углерода быстро растет с $t°$, и при 1140° оно может достигнуть 4,3%, хотя в конечном продукте бывает ниже (3,5—4%), так как кремний и фосфор, соединяясь с железом, уменьшают количество растворяющегося в последнем углерода; марганец действует в противоположном направлении, образуя двойной карбид с углеродистым железом.

3. Процесс плавления. После того как закончился процесс восстановления и обуглероживания, т. е. получился жидкий чугун, должна плавиться пустая порода руды—одна или с флюсом, если она трудноплавка. Самый легкоплавкий сплав, состоящий из трех главных шлакообразующих окислов (62 SiO_2+14,75 Al_2O_3+23,25 CaO), плавится при 1 165°, но при этой $t°$ он представляет собою густую малоподвижную массу, лишенную способности течь; для разжижения массы необходимо растворение в ней нек-рого количества извести, а это может произойти в той части печи, где $t°$ не ниже 1 200°. Однако наблюдения самого последнего времени показали, что спекание пустой породы руды и образование первого шлака начинаются гораздо раньше, чем будут достигнуты указанные $t°$, а именно, уже при 900—1 000°, так как первый получающийся шлак содержит в себе невосстановленные закиси железа и марганца. Последние восстанавливаются впоследствии в большей или меньшей мере, смотря по степени концентрации жара в нижних частях доменной печи и горна, где реакции происходят в плоскости соприкосновения слоев чугуна и шлака.

Из сказанного следует, что ход процесса плавления находится в зависимости от хода восстановления, и обратно. Наилучшим состоянием печи будет такое, при к-ром легковосстановимая руда будет иметь трудноплавкую пустую породу (плавка на литейные чугуны),—в таком случае преждевременное плавление и образование сильножелезистого шлака не будет иметь места. При противоположном сочетании условий (легкоплавкая пустая порода и трудновосстановимая руда—плавка на передельные чугуны) будет всегда получаться шлак, когда в массе руды еще много невосстановленных окислов железа; это понижает $t°$ в области плавления, способствует поступлению в горн железистых шлаков, не успевших на своем пути вниз прогреться, и мешает получению литейных чугунов, т. к. закись железа шлака может окислять кремний чугуна по ур-ню:

$$2FeO+Si = SiO_2+Fe_2 \quad +63000 \text{ Cal.}$$

что тем менее желательно, чем выше д. б. содержание Si в чугуне.

4. Процесс горения. По окончании процесса плавления из всех сырых материалов остается в твердом состоянии только горючее, которого приходит в горн 80—85% первоначального количества; здесь оно превращается в газообразное состояние, сгорая у фурм, и вместе с теплом, приносимым нагретым дутьем, дает все то количество тепла, какое нужно для хода плавильного процесса и покрытия потерь в атмосферу непосредственно и через колошник с газами. Процесс горения в горне доменных печей изучен хорошо лишь для кокса. Наблюдения над многими печами показали, что свободный кислород дутья исчезает на расстоянии 0,8 *м* от глаза фурм по направлению осей их и на 0,7 *м* выше фурм, углекислота же—на расстоянии около 1 *м*. Вне указанных пределов в горне печи имеет место восстановительная область, объем которой тем

больше, чем шире горн. В промежутке между отдельными фурмами, а также между глазом каждой фурмы и стенами горна (приблизительно 0,3 *м*), тоже нет ни кислорода ни CO_2, окись же углерода находится в избытке по отношению к азоту воздуха, т. к. происходит восстановление за счет твердого углерода между прочим Si из золы кокса, а Fe и Mn из шлака.

В окислительной области горна против фурм происходит горение не только C топлива, но и других элементов—Si и Mn, а также C чугуна. Ясно, что в каждой доменной печи процесс этот должен иметь возможно меньшее развитие. Нагрев дутья и высокое его давление ограничивают область с окислительной атмосферой: повышение t° дутья ускоряет процесс горения, сокращая расстояние, на к-ром поглощается углеродом кислород дутья и происходит восстановление CO_2 в CO, а высокое давление переносит эти процессы внутрь кусков горючего, и притом тем полнее, чем пористее это горючее (для антрацита это недостижимо).

5. Изменение состава газов. Это изменение происходит по всему пути их от горна к колошнику. Углерод, сгорая в окись углерода в воздухе, содержащем обычное количество водяных паров (1% по объему или ок. 8 *г* на 1 $м^3$ сухого воздуха), дает 35% CO + 0,8% H_2 + 64,2% N_2 по объему; но уже в горне доменной печи к продуктам горения присоединяется CO как продукт прямого восстановления Si из золы кокса, Mn и Fe из шлака, а затем, выше, и из окислов, вследствие чего в составе газа оказывается около 40% CO, а N_2—не больше 60%. Далее, на своем пути вверх, CO при более умеренных t°, восстанавливая окислы железа и марганца, переходит в CO_2, и т. к. объем газа при этом не меняется, то и процентное содержание N_2 не изменяется, а в сумме CO_2+CO постепенно возрастает содержание CO_2, а CO убывает. Затем к продуктам горения и восстановления присоединяется CO_2 флюса, отчего постепенно уменьшается % содержания N_2, увеличивается сумма CO_2+CO и растет отношение CO_2:CO. Наконец в верхних горизонтах печи, при работе на древесном угле, выделение продуктов сухой перегонки угля значительно увеличивает объем газов, меняя их состав значительным увеличением содержания H_2 и CH_4 и понижая тем самым % N_2.

Конечный состав газов устанавливают пять факторов: 1) расход углерода топлива—чем он больше, тем выше содержание N_2, ниже сумма CO_2+CO и меньше отношение CO_2:CO; 2) расход флюса—увеличение его повышает количество CO_2 в газах, соответственно понижая N_2; 3) относительное развитие восстановления Fe за счет твердого углерода—чем оно значительнее, тем больше CO и меньше N_2 в газах, т.к. C в меньшей степени сжигается кислородом дутья; 4) степень окисления руды—Fe_2O_3 дает больше CO_2 в газах, чем Fe_3O_4, а эта последняя больше, чем FeO шлаков; 5) состав и количество летучих из горючего—состав газов при работе на коксе значительно отличается от состава газов при работе на древесном угле и в меньшей мере при работе на антраците.

При всяких данных условиях, задаваясь разными степенями восстановления твердым углеродом, возможными в действительности (0,4—0,5—0,6), можно определить расчетом (напр. по методу проф. М. А. Павлова) вероятный состав газов и тем контролировать данные лаборатории, часто неверные в отношении CO (неполнота поглощения), а следовательно и N_2, определяемого по остатку. В табл. 2 приведены типичные анализы колошниковых газов, полученных при работе на мартеновский чугун.

Табл. 2.—Анализы колошниковых газов.

Состав газа (в объемных %) и др. данные	I	II	III	IV	V	VI
CO_2	10,5	16,3	9,0	11,1	12,7	14,8
CO	28,0	23,3	30,1	28,7	26,5	25,0
CH_4	} 6,5 {	1,9	1,1	0,4	0,2	0,2
H_2		7,8	6,3	2,4	3,6	3,6
N_2	55,0	50,7	53,5	57,4	57,0	56,4
Расход C на весовую единицу чугуна	0,8	0,68	0,87	0,80	0,87	0,7
Расход флюса на вес. единицу чугуна	0,0	0,12	0,09	0,52	0,38	0,35
Название руды	Магн. жел.	Бур. жел.	Магн. жел.	Красн. жел.	Красн. жел.	Красн. жел.

Анализы I и II относятся к таким случаям практики (Ср. и Юж. Урал), когда все факторы действуют в одну сторону и создают резкую разницу в составе газов. Анализ III дает состав газа при работе уральской печи на сибирском каменном угле; содержание CH_4 и H_2—переходное между древесноугольным и коксовым газами. Газ IV—лучший газ наших украинских печей (криворожские руды) и газ V — америк. печи (руда Верхнего озера), работающей с высоким расходом горючего. Несмотря на больший расход C и меньший—флюса, в американском газе больше CO_2, что указывает на лучшую восстановимость руды Верхнего озера по сравнению с криворожской рудой. Так как первая содержит в себе немного гидратной воды, то водорода в американск. газе больше. Газ VI—лучший при работе с низким расходом горючего на коксе (америк.). Несмотря на то, что расход C в этом случае такой же, как и для газа II (бакальская руда), в последнем больше CO_2, что доказывает лучшую восстановимость бакальской руды по сравнению с рудой Верхнего озера.

6. Температуры в горне и на колошнике. Для возможно полного восстановления руды газами и предупреждения преждевременного плавления пустой породы ее, нужно иметь в печи широко развитую область умеренных t° и сосредоточенный сильный жар в горне. «Горячий горн, холодный колошник»—основное требование доменного процесса. Оно осуществляется: 1) увеличением размеров доменных печей гл. обр. в высоту, 2) подъемом t° дутья и 3) равномерным распределением газов между кусками плавильных материалов, достигаемым

соответствующей засыпкой их и регулированием дутья. Если количество дутья и соответствующее ему количество газов установлены правильно, то всякое уменьшение дутья создает худшее распределение газов и влечет за собой менее выгодную работу печи вследствие уменьшения производительности ее и увеличения расхода топлива.

Высота $t°$ в горне современных доменных печей измеряется оптическими пирометрами. Ниже приведены результаты массовых измерений (оптическим пирометром), произведенных в Америке:

	$t°$ у фурм	$t°$ шлака	$t°$ чугуна
Древесноугольные печи (средние для 5 печей)	1 669°	1 451°	1 415°
Коксовые печи (средние для 48 печей) . .	1 708°	1 526°	1 472°
Коксовые печи, работающие на литейный чугун	1 748°	1 553°	1 493°
Коксовые печи, работающие на мартеновский чугун	1 689°	1 522°	1 468°
Коксовые печи, работающие на зеркальный чугун . . .	1 597°	1 427°	1 392°
Коксовые печи, работающие на ферромангап (7 печей) . .	1 550°	1 426°	1 386°

В Европе применяется в коксовых печах дутье, нагретое на 150—200° выше, чем в Америке; поэтому $t°$ горящего кокса в европейских печах должна быть несколько выше указанной в табл. $t°$ у фурм.

Темп-ра колошника на хорошо оборудованных з-дах непрерывно измеряется самопишущими пирометрами. Она зависит гл. обр. от содержания влаги и гидратной воды в плавильных материалах, а также от веса шихты на единицу горючего. Наименьшая $t°$ колошника (100÷120°, иногда 70°) наблюдается при выплавке томасовского чугуна из бедных бурых железняков, содержащих до 25% воды. Красные железняки Верхнего озера (10÷12% воды) позволяют держать на колошнике $t°$ в 150—160°, а криворожские (сухие)—от 200 до 250° при хорошем ходе; более высокую $t°$ дают нормально обожженные руды, но $t°$ в 300° указывает уже на неэкономичную работу печи. При выплавке ферромангана газы на колошнике имеют до 450—475°, в то время как горн оказывается более холодным, чем при выплавке литейного чугуна.

Использование тепла в данном процессе. 1. Горение углерода. Главным источником (на 80—85%) тепла в доменном процессе является сгорание углерода в CO и CO_2. Расчет количества тепла, полученного по этой статье прихода, основывается на составе колошниковых газов, установленном многими анализами или полученном расчетом, дающим такое же содержание CO_2 в газе, какое указывается лабораторией как среднее для хода печи на тот же чугун. Обозначая через p количество (в *кг*) углерода в газах, равное алгебраич. сумме $a+b-c-d$ (где a—углерод топлива, b—флюса, c—перешедший в чугун, d—унесенный из печи в пыли), x—количество (в $м^3$) CO_2 в газах, m—отношение $CO : CO_2$ (по объему), n—отношение $CH_4 : CO_2$ и зная, что в 22,4 $м^3$ каждого из этих газов заключается 12 *кг* углерода, можно написать:

$$12(x+mx+nx) : 22{,}4 = p;$$
$$x = 22{,}4\,p : 12(1+m+n).$$

Отсюда определяются x, mx и nx. Вычитая из x количество (в $м^3$) CO_2 флюса (b), можно определить приход тепла от горения углерода из равенства:

$$w_1 = (x-b)97\,650 : 22{,}4 + mx \cdot 29\,430 : 22{,}4.$$

2. Нагрев дутья, дающий почти все остальное количество тепла, определяется из выражения:

$$w_2 = Q \cdot c_0^t \cdot t,$$

в к-ром t—температура дутья, c_0^t—средняя его теплоемкость в пределах $0 \div t$ (обыкновенно 0,31—0,315), а Q—количество (в $м^3$) дутья, определяемое по азоту в газах; если количество азота равно N_2, то дутья, содержащего 1% влаги, печь получает:

$$Q = N_2 : 0{,}7821.$$

3. Шлакообразование. От 1,5 до 3% всего прихода тепла дает шлакообразование (соединение CaO с SiO_2). Число Cal на 1 *кг* чугуна определяется по эмпирической формуле Вологдина:

$$w_3 = 3{,}141\ CaO - 17,$$

где CaO выражает % содержания CaO в шлаке. Т. к. весь расчет прихода и расхода тепла ведется на 1 *кг* чугуна (метод Грюнéра, рекомендуемый и теперь), то приход тепла от шлакообразования определится, если известно отношение веса шлака к весу чугуна; оно устанавливается расчетом по составу шихты и шлака, но должно проверяться взвешиванием шлака, убираемого от печи.

В хорошо работающих современных печах на 1 *кг* чугуна расходуется всего в среднем 3 500 Cal; при неблагоприятных условиях работы (бедная руда, восстановление большого количества Si и P) требуется до 4 500 Cal; приход тепла в 3 000 Cal является идеалом, к к-рому довольно близко подходят нек-рые америк. печи. Около половины всего прихода тепла (1 700—1 900 Cal) поглощается восстановительным процессом. Затрата тепла на это определяется довольно точно по составу чугуна и шлака (в к-рый переходят Fe и Mn, восстановленные до закисей, и CaS, полученный из CaO и FeS) при помощи термохимич. данных о теплоте образования окислов и солей. Те же данные позволяют определить затрату тепла на выделение CO_2 из флюса (иногда и руды), гидратной воды и влаги сырых материалов и на разложение пара дутья и гидратной воды (по количеству водорода в газе). Количество тепла, теряемое через колошник в газах (считая здесь и пар), определяется точно их теплосодержанием при $t°$ колошника. Правильный учет этой потери представляет особое значение, так как позволяет судить о степени экономичности работы печи.

Выпускаемые из печи чугун и шлак б. или м. перегреты и потому уносят из печи больше тепла, чем нужно для их расплавления. Вследствие трудности производства калориметрич. наблюдений у печи обыкновенно довольствуются имеющимися уже опытными данными, а именно: чугун литейный уносит

с собой 330 Cal, мартеновский коксовой плавки — 300 Cal, древесноугольный—280 Cal; трудноплавкий шлак литейного чугуна, выплавленный на коксе, уносит 500 Cal, коксовый мартеновский и горячий древесноугольный—450 Cal, обыкновенный древесноугольный—400 Cal. В современных доменных печах довольно значительный расход тепла вызывается охлаждением их водой; нужное для его сжигания, 800 Cal (коксовая плавка); из 4 800 Cal остается в печи, при среднем кпд тепла 75%, 3 600 Cal.

В приведенной табл. 3 даны тепловые балансы для пяти случаев практики с указанными условиями работы печи и подсчитанными кпд тепла и углерода. I. Кливлендские печи (Англия), по данным Белла, дают литейный чугун с 3% Si и 1,4% P; высокий

Табл. 3.—Тепловые балансы.

	I	II	III	IV	V
Условия работы печей					
На весовую единицу чугуна: руды	2,24	1,83	1,77	2,3	3,25
» » » » флюса	0,55	0,36	0,52	0,20	1,19
» » » » горючего	1,125	0,751	1,045	1,175	2,86
» » » » сгорает углерода	0,961	0,605	0,795	0,928	1,373
» » » » получается шлака	1,45	0,45	0,62	0,96	1,854
Суточная выплавка чугуна в *т*	80	577	254	20	92,3
Температура дутья	700	673	584	374	770
» колошниковых газов	320	163	270	321	475
Содержание CO_2 в газах в объемн. %	9,0	14,9	11,6	10,4	6,5
Приход и распределение тепла					
Горение C дает (на 1 *кг* чугуна) Cal	3 513	2 666	3 080	3 476	5 423
Дутье » » 1 » » »	800	495	550	448	1 481
Шлакообразование дает (на 1 *кг* чугуна) Cal	115	60	79	58	111
Всего в приходе на 1 *кг* чугуна	4 463	3 221	3 709	3 982	7 015
Расход тепла на 1 *кг* чугуна					
Восстановление Fe и его примесей	1 982	1 753	1 661	1 686	2 227
Выделение CO_2 из шихты	220	171	203	205	570
» H_2O » »	16	122	116	106	224
Разложение влаги дутья и гидратной воды	72	227	152	23	506
Уносится колошниковыми газами	500	189	372	560	1 326
» чугуном	330	300	300	300	300
» шлаком	770	203	277	461	784
» охлаждающей водой	92	97	196	138	321
» в атмосферу (потери)	481	159	432	503	657
Всего в расходе на 1 *кг* чугуна	4 463	3 221	3 709	3 982	7 015
Использование тепла					
Кпд тепла в печи в %	76	86	74,1	69,9	67
Уносится в газах %	11,2	5,9	10,0	14,0	19
» водой и в атмосферу %	12,8	8,1	16,9	16,1	14
Кпд углерода в печи в %	44,8	53,6	47,3	46	37,8

на 1 *кг* чугуна в небольших древесноугольных печах при охлаждении только фурм и их коробок расход равен ок. 150 Cal, тогда как в америк. печах с их громадной производительностью и энергичным охлаждением горна и заплечиков он спускается до 100 Cal. Зная количество воды, поступающей в охладительные устройства, и ее $t°$ до входа и после выхода из них (разность 5÷10°), определяют точно потерю тепла на охлаждение. Сумма всех вычисленных затрат тепла д. б. меньше прихода тепла; разность принимается за потерю тепла в атмосферу конвекцией и лучеиспусканием.

По составлении т. н. теплового баланса доменной печи определяют кпд тепла и коэф. использования тепловой энергии углерода. Первый дается отношением ко всему расходу тепла того его количества, к-рое так или иначе расходуется в самой печи, а второй—отношением полученного от горения C тепла к тому, которое получилось бы от сжигания C в CO_2. При тепловых подсчетах можно пользоваться приближенными средними величинами использования тепла и углерода в доменной печи, а именно: 1 *кг* C дает в печи в среднем 4 000 Cal, а дутье, расход тепла объясняется значительной затратой на восстановление и на нагрев шлака; использование тепла хорошее. II. Америк. печь—выплавляет мартеновский чугун с наименьшим расходом горючего; расход тепла близок к возможному минимуму; использование тепла наилучшее благодаря малому количеству газов и шлака, а также низкой $t°$ колошника. III. Украинская печь—хороший ход на мартеновский чугун; использование тепла—нормальное; большая потеря в газах (высокая $t°$ благодаря сухой руде) и на охлаждение водой. IV. Древесноугольная печь Урала—передельный чугун; руда—подобная кливлендской, но шлака (кислого) получается в 1,5 раза меньше; потеря в газах при той же $t°$ бо́льшая благодаря летучим веществам древесного угля; расход тепла меньше кливлендского оттого, что чугун содержит мало P и Si. V. Работа на ферроманган украинской печи—в 2 раза больший расход тепла естественен: высокое содержание SiO_2 в руде вызвало перерасход флюса, получение громадн. количества шлака и перерасход тепла на его плавление; большая потеря тепла в газах—непремен. следствие работы на ферроманган.

Лит.: Павлов М. А., Исследование плавильного процесса доменных печей. «ГЖ», 1894, т. 3, стр. 167 (отд. брош., Екатеринослав, 1902); Соколов И. А., О восстановимости железных руд, Пермь, 1909; Павлов М. А., Металлургия чугуна, вып. 1, Л., 1924 (дана вся литература теории доменного процесса); его же, Физ.-хим. данные для ведения металлургич. расчетов, «ЖРМО», 1911; «ЖРМО», 1925 и след. (нов. лит.); Bell J. L., Principles of the Manufacture of Iron a. Steel, L., 1884 (во франц. пер.: Bell J. L., Principes de la fabrication du fer et de l'acier, trad. de l'angl., P., 1888); Gruner L., Études sur les hauts-fourneaux, «Ann. Min.», P., 1872, t. 2—3, 1877, t. 12 (русск. пер. в «ГЖ», 1877, т. 3); Gruner L., Sur le dédoublement de l'oxyde de carbone, «Annales de chimie et de physique», P., 1872, t. 24; Akermann R., Studien über d. Wärmeverhältnisse d. Eisenhochofenprozesses, Lpz., 1875 (русск. пер. в «ГЖ», 1873, т. 2); Johnson J. E., The Principles, Operation a. Products of the Blast Furnace, N. Y., 1917; Jüptner H., Beiträge zur Hochofentheorie, Lpz., 1921; Garran R., Equilibria at High Temperatures in the Systeme: Iron—Oxigen—Carbon, «Trans. of the Faraday Soc.», L., 1928, v. 24, part 3, p. 201. **М. Павлов.**

ДОМЕННЫЕ ШЛАКИ, искусственные каменистые массы, получающиеся в качестве отхода при доменном процессе от сплавления содержащейся в руде пустой породы с флюсами шихты (известняки, доломиты, глинистые сланцы, песок, иногда фосфориты и т. д.—смотря по характеру доменного процесса) и золой применяемого горючего (кокс, древесный уголь).

Общие свойства. Д. ш. представляют собою сплавы (твердые растворы) силикатов, алюминатов, сульфидов и некоторых солей, особенно фосфатов, различных оснований, гл. обр. кальция, магния, железа, марганца. Получаясь в восстановительном пламени, Д. ш. содержат свободные закиси кальция, железа и марганца, растворенные, по Джексу (Jex), в смеси анортита (известковый полевой шпат) $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2$ и волластонита $CaO \cdot SiO_2$. При правильно ведущемся доменном процессе цвет шлаков—светлый («спелые шлаки»): светлосерый, белый, желтоватый, зеленоватый, синеватый и т. д., а при сыром ходе доменной печи—черный, от большого содержания железа. Текстура шлаков тоже изменчива и бывает стекловидной, камневидной и фарфоровидной, в зависимости от состава и быстроты затвердевания Д. ш. Теплота плавления 360—450 Cal, уд. вес Д. ш. около 2,8, объемный вес и теплопроводность приведены в табл. 1. Состав Д. ш. весьма изменчив; предельные количества составляющих Д. ш., получающихся при выплавке нек-рых сортов чугуна, представлены в табл. 2. В зависимости от преобладания в составе оснований, фосфорной и кремневой к-т, Д. ш. бывают основными, фосфатными или силикатными. Наиболее часто доменный процесс дает именно силикатные шлаки. По числу, выражающему отношение содержания кислорода в кремнекислоте (SiO_2) к содержанию кислорода в основаниях RO (где R—двухвалентный элемент), согласно валовому анализу силикатных шлаков, они разделяются на виды, сопоставленные в табл. 3. Только две из этих степеней окремнения соответствуют действительным химич. соединениям: моносиликаты—ортосиликатам (например Ca_2SiO_4) и бисиликаты—метасиликатам (напр. $CaSiO_3$). Схематическое деление табл. 2 особенно хорошо отвечает продуктам металлургии цветных металлов, где содержание Al_2O_3 в шлаках бывает незначительно. При плавке на коксе Д. ш. близки к моносиликатам (35—48% CaO, 30—38% SiO_2, 6—18% Al_2O_3, кроме того MgO, MnO, FeO, CaS); при плавке на древесном угле получаются по преимуществу бисиликаты. Богатые SiO_2 и Al_2O_3 шлаки близки к стеклам и при быстром застывании получают стекловидную текстуру; они же имеют определенной точки плавления и при нагревании сперва проходят через состояние размягчения и затем тягучести. Наиболее вязки шлаки, содержащие TiO_2; напротив, основные шлаки (богатые CaO и MgO), несмотря на более высокую $t°_{пл.}$, при нагреве обнаруживают меньшую вязкость; при отвердевании, особенно если охлаждение идет медленно, они выкристаллизовываются и приобретают текстуру каменистую; быстрое охлаждение дает шлаки очень хрупкие, подобные йортландским цементам.

Табл. 1.—Объемный вес и теплопроводность доменных шлаков и других материалов.

Наименование материалов	Объемный вес, кг/м³	Теплопроводность: Средние $t°$, °C	Теплопроводность: Коэф. теплопроводности $\frac{Cal \cdot м}{м^2 \cdot °C \cdot ч}$
Шлаки доменные	785	0	0,14
То же, очень пористые, свободные, величина кусков 2—5 мм	360	0—20	0,088—0,090
То же, величина кусков 30 мм	360	0—20	0,12—0,13
Шлаковая вата в виде толстой ткани, тепловой поток перпендикулярен к полотнам	290	30	0,0356
Шлаковая вата уплотненная	200	30	0,0342
То же	300	0	0,0495
То же	300	50	0,055
То же	300	100—200	0,065
То же	—	—	0,072
Шлаковая вата английская	210	−16÷+18	0,037
Шлаковая вата сильно уплотненная	340	30	0,0367
Шлаковая вата как изоляцион. материал для водопроводов, в виде цилиндрич. покрышек	400	50—200	0,61—0,080
Шлаковые кирпичи	1 400	15	0,400
То же при 16,6% по объему влажности	1 775	0—30	0,40—0,44
Шлаки котельные	750	0—20	0,13—0,14
Шлаки каменноугольные	697	0	0,12
Бетон шлаковый	871	20—60	0,245—0,255
Бетон шлаковый из 9 об. ч. очень пористого шлака и 1 об. части цемента	550	20—90	0,19
Бетонные кирпичи из шлакового бетона	1 115	0—20	0,218—0,255
То же	1 250	0—10	0,26
Бетонная стена из кирпичей шлакового бетона, сложенных на извести, с обеих сторон оштукатуренная, общей толщ. 26 см, после 4-мес. воздушной сушки	1 372	10	0,59

Несмотря на сложность состава, Д. ш. во многих случаях могут рассматриваться как системы из трех компонентов—CaO, SiO_2 и

Al_2O_3, поскольку FeO при хорошем ходе процесса по незначительности содержания не имеет значения; содержание окислов других металлов невелико; щелочноземельные

Табл. 2.—Состав характерных видов доменных шлаков промышленности СССР (в %).

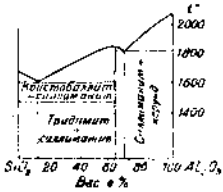
Род шлака \ Составные части	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	FeO	S	K_2O+Na_2O
Шлак серого чугуна, выплавленного на коксе	27—38	10—24	30—58	0,2—12	0,1—2,4	0,3—2,7	До 4	—
Шлак серого чугуна, выплавленного на древесном угле	45—68	5—22	20—45		0,8—1,1	0,2—5,7	До 0,2	До 2
Шлак белого чугуна, выплавленного на коксе	35—45	8—18	35—43		2—6		До 3	—
Шлак белого чугуна, выплавленного на древесном угле	48—55	10—18	25—30		3—6		—	—
Шлак марганцевого чугуна, выплавл. на коксе	29—31	8—14	33—41	8	15	—	Содержание S в виде CaS	—
Шлак ферросилиция	33,1	~ 25	~ 30	~7	~ 0,4	0,3	~ 8	1

окислы, особенно MgO, м. б. пересчитаны на CaO. В отношении Д. ш. важно знать $t°$ перехода их из одного состояния в другое. Эта задача сводится к изучению смесей трех главных окислов и распадается на изучение

Табл. 3.—Степени окремнения доменного шлака.

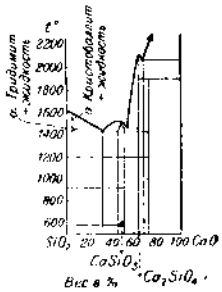
Технич. название шлака	Химич. характеристика	Формула валового состава	Отношение O в SiO_2 к O в основании
Полукремнеземик	—	$4RO \cdot SiO_2$	1 : 2
Однокремнеземик	Моносиликаты (ортосиликаты)	$2RO \cdot SiO_2$	1 : 1
Полуторакремнеземик	Полуторные силикаты	$4RO \cdot 3SiO_2$	3 : 2
Двукремнеземик	Бисиликаты (метасиликаты)	$RO \cdot SiO_2$	2 : 1
Трикремнеземик	Трисиликаты	$2RO \cdot 3SiO_2$	3 : 1

трех двойных систем; диаграммы их представлены на фиг. 1—по Шеперду и Ренкину (Al_2O_3—SiO_2), фиг. 2—по Шеперду, Ренкину и А. Л. Дену (CaO—SiO_2) и фиг. 3 (CaO—Al_2O_3). Первая система дает одно химич. соединение (силлиманит), с $t°_{пл.}$ 1 816°, и две евтектики, с $t°_{пл.}$ около 1 600 и 1 810°. Вторая система, практически наиболее важная, дает два химических соединения — $CaSiO_3$ с $t°_{пл.}$ 1 540° и Ca_2SiO_4 с $t_{пл.}$ 2 130° — и евтектики с соответственными $t°_{пл.}$ 2 015°, 1 440° и 1 326°. Третья система дает соединения: $3CaO \cdot Al_2O_3$, плавящееся с разложением, $5CaO \cdot 3Al_2O_3$ с $t°_{пл.}$ 1 380°, $CaO \cdot Al_2O_3$ с $t°_{пл.}$ 1 590° и $3CaO \cdot 5Al_2O_3$, плавящееся с разложением. Тройная система (фиг. 4) указанных компонентов дает два тройных соединения: $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ с $t°_{пл.}$ 1 550° и соединение $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ с $t_{пл.}$ около 1 600°.

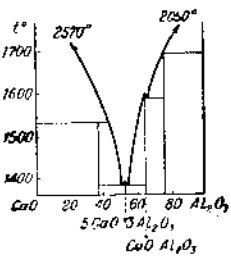


Фиг. 1.

Применение Д. ш. Выход Д. ш. приблизительно равен по весу выходу чугуна и в 2,5 раза превосходит этот последний по объему. Использование огромного количества Д. ш. (в 1910 г. мировое производство чугуна и стали выразилось числом 125 530 000 *m*, в России—5 390 000 *m*) представляет задачу большого экономического значения.

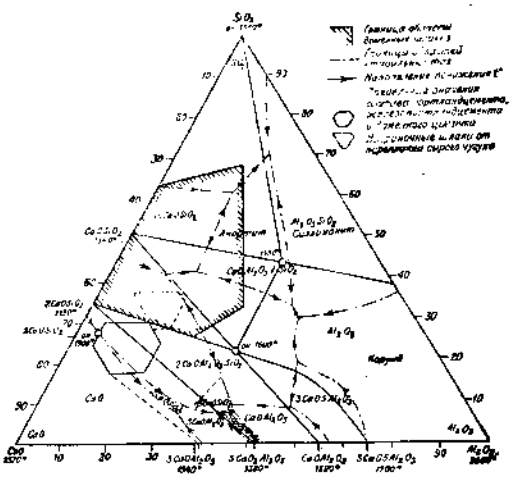


Фиг. 2.



Фиг. 3.

Применение Д. ш. основано на использовании различных технически ценных свойств их, а именно: способности отливаться и давать весьма твердый материал, вытягиваться



Фиг. 4.

в расплавленном состоянии тонкими и по застывании упругими нитями, давать с известковым раствором затвердевающие цемент-

Табл. 4.—Классификация применений доменных и других шлаков.

Технич. свойства шлаков	Область применения	Род шлака	Главные требования	Способ производства
Механич. прочность и твердость	Мостовые, пастилки макадамов	Силикатные шлаки	Механическая прочность, отсутствие сернистых металлов	Непосредствен. использование
Отливаемость	Мостильный камень	Силикатные шлаки	Кислый, тягучий, бедный известью и богатый глиноземом, отсутствие сернистых металлов	Отливка в расплавл. виде и отжиг, медленное остывание
Отливаемость	Камни для массивов подводных сооружений	Силикатные шлаки	Механическ. прочность, химическая стойкость	Отливка в расплавленном виде и отжиг
Уминаемость полужидкой массы	Шлаковый кирпич	Силикатные шлаки	Кислый, тягучий, бедный известью и богатый глиноземом	Смешивание расплавленных шлаков со шлаковым же пеком и уминание полужидкой массы в формы
Хрупкость при наличии твердости	Искусственный песок	Силикатные шлаки	Твердость, механич. прочность, отсутствие металл в	Быстрое охлаждение, измельчение
Вытягиваемость в нити	Шлаковая вата для тепловой изоляции	Силикатные шлаки древесноуг. печей	Те же и отсутствие сернистых металлов	Раздробление шлак. струи ⌀ 10—15 *мм* струей водяного пара
Содержание аморфной кремнекислоты	Искусственные гидравлическ. добавки, дающие шлак, цемент, частоящий шлаковый портландский цемент, смешанный цемент	Основные шлаки коксовых домен	Отношение $CaO:SiO_2$ не менее 1, малое содержание глинозема	Охлаждение огненножидких шлаков в холодной воде (или в воздухе особыми приемами), помол, смешивание с известью, иногда обжиг и новый помол
Стекловидная текстура	Стекло	Силикатные шлаки	Малое содержание глинозема	Введение в шлаки щелочей и добавочной кремнекислоты
Прозрачность и красивый цвет	Искусств. драгоценные камни	Силикатные шлаки	—	Выбор подходящих кусков и шлифовка
Содержание зерен чугуна	Добыча чугуна	Доменные шлаки серых чугунов из древесноуг. печей	—	Разбивание, промывка, переплавление
Содержание железа	Добыча чугуна	Шлаки сварочных и т. п. печей как руда для домен	—	»
Содержание фосфорной кислоты	Фосфорнокислые удобрения — томасова шлак. мука, (томасшлак)	Шлаки, получаемые при томасировании	—	Размол
То же	Фосфорнокислое удобрение — мартеновские шлаки	Шлаки, получаемые при мартеновании	Проведение процесса при введении извести, вообще избытка оснований	Размол
Цементирующая способность	Изготовление угольных брикетов	Основные доменные шлаки	—	Смешивание угольной пыли с доменным шлаком и водой, прибавление отжимов сульфитного процесса обработки целлюлозы, брикетирование, просушка и обжиг (Г.П. 280455)
То же	Брикетирование различных руд, в частности пиритов	Основные доменные шлаки	—	Смешивание руды с 10—20% шлака и 5—10% извести или глинистых веществ, брикетирование (Г.П. 80278); подобные же (Г. П. 252958, 138312, 277093 и т. д.)

ные массы, образовывать с битуминозными веществами упругие и прочные настилки дорожных полотен, давать растениям усвояемую фосфорную к-ту и т. д. Разнообразие состава Д. ш. благоприятствует возможности наиболее рационального выбора их в каждом отдельном случае. В табл. 4 сопоставлены применения Д. ш. и главные требования на соответственный Д. ш.

Цементная промышленность. Наиболее широкое применение Д. ш. находит в цементной промышленности, куда идут более основные шлаки, состоящие из двойных силикатов извести и глинозема, в к-рых

часть извести заменена магнезией и закисью железа, а часть глинозема—окисью железа. Наличие в них аморфной кремнекислоты дает им способность при смешении с известью и водой образовывать нерастворимые в воде гидраты силикатов и алюминатов, служащие в качестве цементов. Д. ш., идущие на гидравлические цементы, должны иметь отношение $CaO : SiO_2$ не менее 1. Наиболее выгодным отношением $CaO:SiO_2:Al_2O_3$ является 1 : 0,65 : 0,35. Эти Д. ш. получаются гл. обр. при выплавке литейных чугунов, имеют серый цвет и состав: 25—27% SiO_2, 8—20% Al_2O_3, до 1,5% Fe_2O_3, 44—52% CaO, 1—2% $CaSO_4$, до 3% MgO, до 3% MnO, до 3% CaS, до 2% FeO. Гидравличность их значительно повышается гранулированием (см. *Грануляция шлака*). Измельченный в тонкую муку шлак просеивают и смешивают с порошком гашеной извести (10—15%, в зависимости от основности). Такой продукт называется шлаковым цементом (пуццолановым цементом). Состав его: 54—60% CaO, 20—25% SiO_2, 0,6—5,0% MgO, 9—15% Al_2O_3+ +Fe_2O_3, 0,8—2,6% SO_3. Уд. в. его ок. 2,8. Шлаковый цемент относится к числу медленно схватывающихся; применяется гл. обр. при постройке фундаментов и в подводных бетонных сооружениях. Сопротивление на разрыв у шлакового цемента без песка менее, чем у портландского, но растворы его с песком обладают нередко бо́льшим сопротивлением: сопротивление на разрыв по истечении 7 дней 14—19 *кг/см*², по истечении 28 дней 20—27 *кг/см*². Иногда из шлакового цемента формуют кирпичи, к-рые затем обжигаются в печах до спекания, измельчаются и после просеивания идут в упаковку. Такой продукт называется настоящим шлаковым портландским цементом; он не уступает по своим качествам настоящему портландскому цементу. Наконец встречается также т. н. смешанный цемент или железный портландский цемент—смесь настоящего портланд. цемента (70%) с гранулированным Д. ш. (до 30%).

Тепловая изоляция. Д. ш., будучи во многих случаях весьма пористыми и состоя кроме того из вещества малой теплопроводности, применяются как непосредственно, так и в виде ваты или бетонов в качестве тепловой изоляции. В табл. 1 дана сводка относящихся сюда данных.

Искусственные камни и стекольная масса. Обладая большой твердостью и прочностью, Д. ш. дают хороший материал для производства искусственного строительного и мостильного камня. Производство ведется либо отливкой (способ Вудворта) либо цементированием (способ Зейдта). В первом случае шлак при $t°$ ок. 1 700° выливается в открытые сверху раскидные формы из литого чугуна, расположенные по окружности вращающегося горизонтального круга и при вращении его последовательно наполняющиеся расплавленной массой. Затвердевающая отливка поступает в особую печь для отжига, т. к. в противном случае образуются трещины. Стенки форм обмазывают известью, предохраняющей отливку от быстрого охлаждения и обеспечивающей отставание отливки от формы. По твердости этот искусственный камень не уступает граниту. Он применяется в особенности в Англии и идет на мостовые и как массивы для подводных сооружений. Существуют и другие способы отливки шлаковых камней. Для получения цементированных камней гранулированный Д. ш. смешивают с гипсом, известью и окалиной железа; полученная пластическая масса прессуется и с течением времени затвердевает на воздухе. Такие камни обладают твердостью и упругостью, допускают вбивание гвоздей, легко обтесываются, не крошатся и не разрушаются от мороза. С годами прочность и твердость их значительно возрастает (например в 5 раз по прошествии трех лет сравнительно с камнями двухмесячными).

Д. ш. идет также на бетонные и другие смеси с различными цементами, в частности напр. с сорелевским магнезиальным (один из видов ксилолита). Вылитый в воду расплавленный Д. ш., или вспененный струей пара, дает искусственную пемзу, а при других приемах работ—искусственный мрамор. Другое применение Д. ш. —производство эмалей, глазури и полив для глиняных и металлич. изделий, производство искусственных драгоценных камней (на Урале шлифуют различные подходящие по текстуре и цвету шлаки). Д. ш., близкие по составу к стеклам, идут также на стекольные заводы: варка шлаков со щелочами и кремнеземом дает бутылочное стекло. Использование Д. ш. как материала для искусственных силикатов требует предварительного обессеривания его прокалкой докрасна в воздушной струе, отмучиванием и вторич. прокалкой или выветриванием на воздухе.

Искусственное удобрение. Различные шлаки содержат в себе фосфорную к-ту, притом в легко усвояемой растениями форме, и потому служат важным видом с.-х. удобрений. Наиболее ценен в этом отношении шлак, получающийся при переработке чугуна на сталь при основном процессе по способу Томаса и Гилькрайста—тонкий порошок серо-бурого цвета, носящий название томасова шлака (томасшлак). Он содержит от 8 до 24% (обычно 17—18%) фосфорного ангидрида, в виде тетракальциевофосфорнокислой соли ($4CaO \cdot P_2O_5$), растворимой в слабых к-тах. О значительности потребления этого шлака свидетельствуют следующие числа: в 1912 г. в Европе производилось 4 млн. *т*. томасова шлака—в Германии 2,5 млн. *т*, во Франции 679 тыс. *т*, в Бельгии 534 тыс. *т*, в Англии 150 тыс. *т*, в остальных странах 150 тыс. *т*. Для удобрения применяются также мартеновские шлаки, искусственные фосфаты Уолтера (Walter) или Уиборга (Wiborgh), а в нек-рых случаях доменные. Однако все они содержат меньшее количество фосфорного ангидрида, и потому подмесь их к томасову шлаку считается подделкой.

Получение чугуна. Зерна чугуна в нек-рых, особенно древесноугольных, шлаках иногда извлекают обратно путем раздробления шлаков, промывки и переплавки их. Шлак сварочных и т. п. печей поступает для переплавки в доменную печь.

Дорожное строительство. На постройку дорог идут кислые шлаки, которые

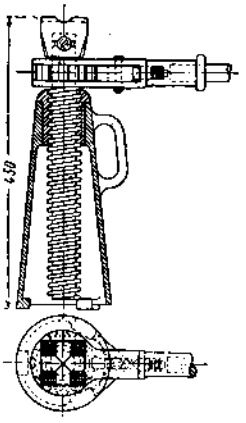
получаются при выплавке томасова и переделочного чугуна.

А. Ю. Серк, руководствуясь германскими «Руководящими указаниями по производству и поставке Д. ш. в качестве дорожных строительных материалов» (1928 г.), наметил следующие приемочные технич. условия: 1) дорожный шлаковый материал должен отличаться равномерным плотным и мелкокристаллич. сложением; стекловатые куски не должны превышать по весу 5% от общего количества; 2) щебень должен иметь по возможности кубич. форму и острые грани, плоские куски отбрасывают; 3) гигроскопичность шлака д. б. не более 3% по весу; 4) явления распада в шлаковом щебне в общем недопустимы; количество распадающихся кусков во всяком случае не должно превышать 4%; 5) сопротивление сжатию, измеренное на вырезанных из шлака кубиках, должно составлять не менее 1200 *кг/см²*; 6) вес 1 *м³* мелкого шлакового щебня при размере кусков от 3 до 6 *см* должен быть не менее 1250 *кг*.

Лит.: Линин В. Н., Металлургия чугуна, железа и стали, т. 1, 2 изд., Л., 1925; Френкель В., Краткий курс металлургии на физ.-химич. основе, М.—Л., 1927; Бочвар А.М., Утилизация доменных шлаков, СПБ, 1903; Цементьев К. Г., Технология строит. материалов, Киев, 1912; Прянишников Д. Н., Учение об удобрении, 5 изд., Берлин, 1922; Отрыганов, «Журнал опытной агрономии», СПБ, 1910; Любавин Н. Н., Технич. химия, т. 3, ч. 1, М., 1903; Серк А. Ю., Доменный шлак как дорожно-строит. материал, «МС», 1928, т. 3, *11—12*, стр. 849; Г. П. 281349, 281444, 281474 и др. (отжиг шлаковых отливок); Passow H., Die Hochofenschlacke in d. Zementindustrie, Würzburg, 1908; Hood F., «Technische Rundschau», B., 1905, p. 145 (описание шлаковых камней); Preindl M., «Tonindustrie-Ztg», B., B. 37, p. 2060; Mathesius, Physikal. u. chem. Grundlagen d. Eisenhüttenwesens, 2 Aufl., Halle a/S., 1924; Richtlinien f. d. Herstellung u. Lieferung v. Hochofenschlacke als Strassen-Baustoff, «St. u. E.», 1928, *18*; Jensch E., «Z. ang. Ch.», 1895, Jg. 9, p. 222 (бутылочное стекло); Ellwitz, «Z. d. VDI», Jg. 57, p. 858 (строительн. применения); Kropf, «Zement», Charlottenburg, 1921, p. 651 (воздействие различных агентов); «Jahresberichte über d. Leistung d. chem. Technologie», Lpz., 1886, p. 52 (таблица состава разных шлаков); Ostwald W., «Feuerungstechnik», Lpz., 1919, Jg. 7, p. 77 (улучшение шлаков присадками); Elbers H. D., «Techniker», Berlin—New York, 1883, p. 328 (улучшение шлаков); Tetmayer, «Jahresberichte über d. Leistung d. chemischen Technologie», Leipzig, 1886, p. 579 (гранулиция); Jantzen G., «Stahl und Eisen», 1910, p. 824 (воздушная гранулиция).

П. Флоренский.

ДОМКРАТЫ, подъемные приспособления, в большинстве случаев ручные, с незначительной высотой подъема. Д. должны отличаться компактностью конструкции и портативностью. По способу действия различают Д. винтовые, реечные и гидравлические.



Фиг. 1.

Винтовой Д. (фиг. 1) состоит из стального шпинделя с винтовой нарезкой, на верхнем конце которого помещена головка; шпиндель ходит в гайке, которая или жестко соединена со станиной Д. или может иметь относительное вращение. Подъем груза совершается посредством вращения шпинделя или гайки. Обыкновенно применяют одноходовую нарезку с четырехугольным или трапецоидальным сечением; угол подъема нарезки $= 4 \div 6°$, благодаря чему Д. является самотормозящим, но его кпд мал (0,40÷0.50). Вращение винта происходит при помощи рычага, вставляемого в отверстия в верхней утолщенной части шпинделя или при помощи трещотки (рычага с собачкой и храпового колеса); вращение гайки совершается обычно при помощи червяка или пары конических зубчаток. Винтовые Д. строятся с грузоподъемностью от 2 до 20 *т*, а в случае зубчатой передачи—до 70 *т*. Высота подъема 100÷350 *мм*. Шпиндель винтовых Д. рассчитывается на сжатие и кручение, но последним можно пренебречь и принять допускаемое напряжение сжатия k_d равным $^3/_4$ нормального, а именно: для литой стали 700 *кг/см²*, для литого железа 450 *кг/см²*. Внутренний диам. шпинделя

$$d = 1{,}13\sqrt{\frac{Q}{k_d}},$$

где Q—полезный груз в *кг*. Высоту гайки рассчитывают на давление в нарезке. Если z—число витков на высоте H гайки, h—ход винта, d_1—внешний диам. шпинделя, а k—допускаемое давление, то

$$H = hz = \frac{4Qh}{\pi(d_1^2 - d^2)k};$$

здесь k принимается $\leqslant 100$ *кг/см²* при работе стали по бронзе или по литому железу, $k \leqslant 75$ *кг/см²*—для литого железа по бронзе и $k \leqslant 50$ *кг/см²*—для стали или литого железа по чугуну.

К винтовым Д. принадлежат паровозные козлы, состоящие из 2 винтовых Д., приводимых в движение при помощи зубчатой передачи от руки, а в последнее время и электромотором в 5—6 *HP*; поперечина из двутавровых балок, свободно лежащая на гайках Д., служит опорой для поднимаемого паровоза. Для подъема одного паровоза требуются две пары козел общей грузоподъемностью до 60 *т*; подъем до 1 75 *м*, расстояние между козлами 3,5—4 *м*. Внутренний диам. шпинделя паровозных козел рассчитывается по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{Q}{k_d}\left[\frac{1{,}4}{\pi} + 0{,}65\sqrt{\frac{16}{\pi^2} + 5{,}75\,\mathrm{tg}\,(\alpha + \varrho)}\right]^2},$$

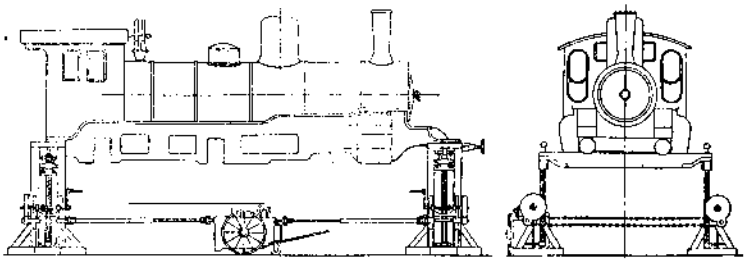
где k_d берется 600 *кг/см²* для литого железа и 900 *кг/см²* для литой стали, α—угол подъема винтовой нарезки (обычно $\sim 4°$), и ϱ—угол трения материала винта о гайку ($\approx 6°$). Считая $\alpha = 4°$ и $\varrho = 6°$, имеем:

$$d = 1{,}17\sqrt{\frac{Q}{k_d}}.$$

В случае особо длинных винтов необходимо проверять на продольный изгиб по ф-ле Эйлера или Тетмайера. Паровозные козлы с приводом от электромотора изображены на фиг. 2. Подъем паровоза длится лишь 10÷12 *м* (против 45÷60 *м*. при ручной работе); мотор мощностью 5÷6 *HP* (для 4 двадцатитонных козел).

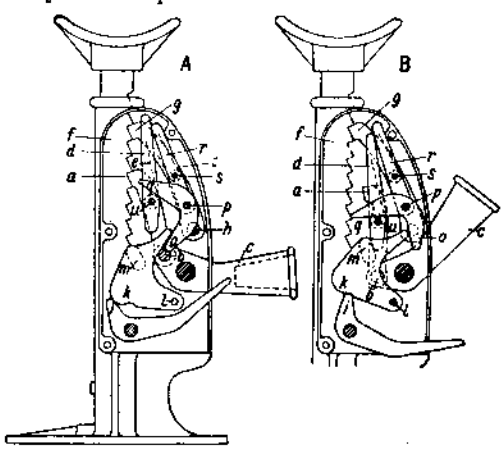
В реечных Д. рабочим элементом является стальная зубчатая рейка, приводимая в движение системой рычагов с собачками или шестерней, имеющей обычно лишь 4 зубца. Весь механизм заключается в деревянную или металлич. станину. Америк. реечный Д. изображен на фиг. 3. При поднятии груза (положение А) собачка a, соединенная болтом b с рычагом c, входит под действием спиральной пружины e, укрепленной другим концом в рычаге d, в зубцы

рейки f. Другая собачка g, вращающаяся вокруг болта h, укрепленного в станине, задерживает рейку во время движения собачки a вниз. Собачка g вжимается в зубцы рейки спиральной пружиной i, второй конец к-рой укреплен в рычаге r, вращающемся вокруг оси s, составляющей одно целое с собачкой g. При спуске (положение В) нажимают рычаг i, поднимающий кулак k,



Фиг. 2.

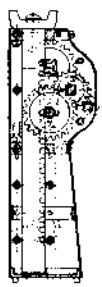
вращающийся вокруг оси l, причем конец рычага заскакивает в вырез этого кулака. Выступом m кулак отклоняет рычаг d, а вместе с ним и собачку a вправо, причем она выходит из зацепления с рейкой. Двигая рычаг c вниз, мы поднимаем собачку a, причем одновременно ломаный рычаг o, вращающийся на пальце p рычага r и опирающийся своей левой частью q на ось u, отводит собачку g назад. После поворота на некоторый угол рычаг d соскакивает с упора m, и собачка a заскакивает в своем верхнем положении в зубец рейки, причем одновременно собачка g выходит из зацепления с рейкой и позволяет последней двигаться вниз на один зубец при поднятии рычага c. Эти Д. обладают весьма малым весом и поэтому часто применяются в автомобильном



Фиг. 3.

деле. Реечные Д. строятся грузоподъемностью 1,5÷20 *т*, подъем до 350—400 *мм*. Кпд реечных Д. равен 0,6÷0,7. На фиг. 4 показан реечный Д. с двойной зубчатой передачей, подъемной силой в 4 *т*. Исходной точкой для расчета элементов реечного Д. является зубчатка, зацепляющаяся с рейкой. Шаг зуба t определяется из ф-лы $t=\sqrt{\frac{Q}{c\psi}}$, где Q—полезный груз в *кг*, c—коэф., а $\psi=b:t=1{,}0\div1{,}25$ (b—ширина рейки). Величина c принимается равной 100÷210, что соответствует допускаемому напряжению на изгиб 1 600 ÷ 3 400 *кг/см²*. Такая высокая нагрузка возможна в виду увеличения жесткости шестеренки боковыми щеками и редкости полной нагрузки Д.

Винтовые и реечные Д. широко применяются для поднятия автомобилей, частей машин при монтаже, в кораблестроении, транспорте и т. д. Эти Д. надежны, просты, легко обслуживаются, дешевы в эксплоатации и имеют небольшой износ. По конструкции деталей они очень разнообразны в зависимости от специальных целей, для к-рых предназначены. Для разматывания кабелей с барабанов головка Д. имеет полукруглую канавку, куда вставляется ось барабана. Для поднятия рельсов применяют Д., снабженные прикрепленными к шпинделю щипцами для захвата головки рельса. Вместо щипцов можно прикрепить острогубцы для вытаскивания костылей. Для увеличения подъема применяют часто Д. с двумя шпинделями (т. н. телескопич. Д.). Два шпинделя, входящие один в другой, имеют одинаковую резьбу и снабжены на концах упорками. Поворачивая гайку, заставляют вывинчиваться наружный винт; когда он дойдет до конца и упрется в гайку, то начинает вращаться вместе с ней и заставляет вывинчиваться внутренний винт.



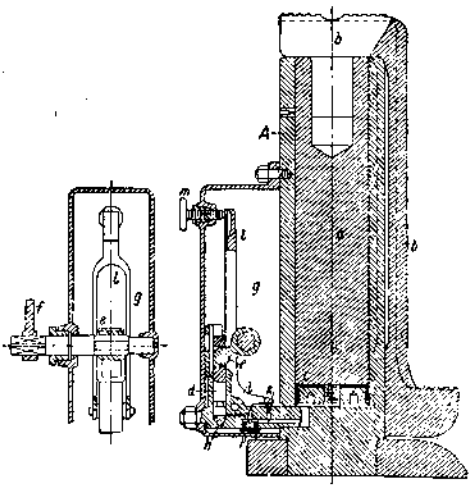
Фиг. 4.

Гидравлический Д. действует при помощи сжимаемой насосом жидкости, обычно масла или воды, к к-рой в холодное время примешивают $^1/_3$ глицерина. Гидравлич. Д. изображен на фиг. 5; он состоит из цилиндра A, служащего одновременно станиной; в цилиндре движется поршень a, снабженный наверху упором для принятия груза b, а внизу манжетой c. Упор имеет свешивающуюся вниз лапу для подъема грузов с низко расположенной точкой опоры. Жидкость наливается в ящик g и нагнетается под поршень Д. ручным насосом d через клапаны h и i. Насос приводится в действие кулачком e посредством шестигранного вала и рычага f. Предохранительный клапан k прижимается к своему гнезду ломаным рычагом l, снабженным в верхней части пружиной; натяжение последней устанавливают винтом m. Передаточное число гидравлич. Д.

$$i=\eta\cdot\frac{D^2}{d^2}\cdot\frac{a}{b},$$

где η—кпд Д., D и d—диаметры поршней рабочего и насосного, a—длина ручного рычага f, а b—плечо кулачка e. Цилиндр и поршень делаются в виду применяющихся высоких давлений (до 400 *atm*) из стального литья. Грузоподъемность гидравлических Д. до 300 *т*, кпд выше, чем у остальных систем, и достигает 0,7. В виду их значительной грузоподъемности и возможности приво-

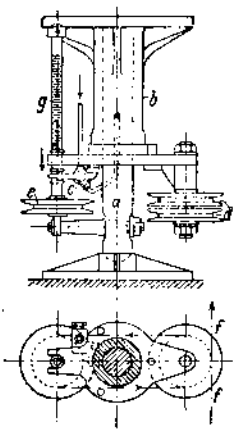
дить одновременно в движение несколько гидравлических домкратов одним насосом, они часто употребляются при строительных



Фиг. 5.

работах для подъемов мостов, стропил, целых сооружений и т. п.

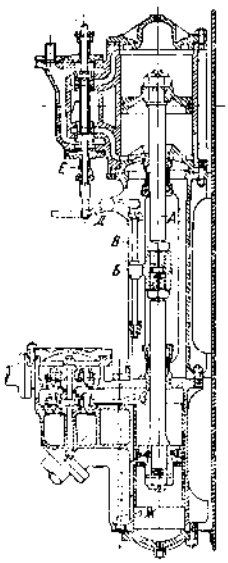
Иногда бывает необходимо поднять какое-либо инженерн. сооружение одновременно во многих местах, причем скорость поднятия всех точек должна быть одинаковой, независимо от распределения нагрузки на отдельные Д. Для этого применяется гидравлический Д., изображенный на фиг. 6. Он состоит из поршня *a* и цилиндра *b*; вода, нагнетаемая особой насосной установкой, поступает в цилиндр через кран *c*, который открывается движением рукоятки кверху; в положении, изображенном на фигуре, кран находится на границе закрытия. Рукоятка крана входит в выточку гайки, к-рая двигается по винту *g*. Последний приводится в движение стальным тросом *f*, обхватывающим шкив *e* и проходящим затем через два направляющих шкива *d*. Трос этот обходит последовательно все Д. установки, и концы его навиваются в противоположных направлениях на барабан ворота. Приводя последний в движение, мы вращаем на определенный угол винт *g*, который передвигает наверх гайку, а вместе с ней и рукоятку крана *c*, к-рый при этом открывается и заставляет цилиндр *b* двигаться вверх. Одновременно рукоятка крана *c* начнет вращаться книзу, т. к. шпиндель и гайка, прикрепленные к поршню, остаются неподвижными, и после того как цилиндр поднимется на высоту, равную передвижению гайки, кран закроется и подъем Д. остановится.



Фиг. 6.

Лит.: Кифер Л. Г., Грузоподъемные машины, 2 изд., т. 1, М., 1922; Бетман Г., Грузоподъемные машины, М., 1928; Ernst A., Die Hebezeuge, 4 Aufl., B. 1, B., 1903; Aumund H., Hebe- u. Förderanlagen, 2 Aufl., B. 1, B., 1926; Wettich H., Hebezeuge, 3 Auflage, Leipzig, 1922.

ДОННА, небольшой паровой насос, служащий для питания паровых котлов. Ручные питательные насосы могут применяться при котлах, у к-рых произведение $Fp \simeq 75$ (различные авторы дают значения, колеблющиеся между 45 и 140), где F—площадь нагрева в $м^2$, а p—давление в atm. При бо́льших размерах котлов применяются Д. Одной из наиболее распространенных является Д. Вор:ингтона, представляющая собой не что иное, как небольшую модель парового насоса той же системы (см. *Насосы*). В котлах Бельвиля применяют Д. Бельвиля, изображенную на фиг. Парораспределение совершается непосредственно штоком *A* в мертвых точках, при посредстве муфты *Б*, передвигающей тягу *В*, к-рая в свою очередь приводит в движение золотник *Г* посредством рычага *Д* и золотникового штока *Е*. Нижняя часть является простым насосом двойного действия с двумя отдельными клапанными коробками (на фиг. дан разрез только через одну из них), единственной особенностью которого является приспособление, сообщающее незадолго до мертвых точек пространство под поршнем со всасывающей трубой. Достигается это передвижением насосным поршнем рычагов *Ж* и *З*, действующих на соответственные клапаны; целью этого устройства является уравнивание давлений по обеим сторонам насосного поршня, причем вследствие получающейся т. о. разгрузки шток получает значительное ускорение, способствующее надежному переходу через мертвую точку. Д. является, вообще говоря, очень неэкономичной машиной; расход пара в наиболее совершенных крупных Д. с двойным расширением и конденсацией спускается до 9,5 $кг/Hp_i$-час (Hp_i означает индикаторную силу); обычно же равен 10÷15 $кг/Hp_i$-час достигая в небольших Д., работающих без расширения пара, до 60 и более $кг/Hp_i$-час. В настоящее время на крупных установках донки заменяются центробежными питательными насосами, которые приводятся в движение паровой турбиной или электромотором.



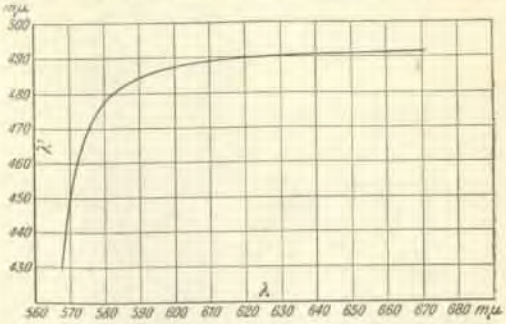
Лит.: Денн Г. Ф., Паровые котлы, СПБ, 1902; Pohlhausen A., Berechnung, Ausführung u. Betrieb d. Dampfkesselanlagen, 3 Aufl., Mittweida, 1906; Berg H., Die Kolbenpumpen, 3 Aufl., Berlin, 1926; Spalckhaver R. und Schneiders F., Die Dampfkessel nebst ihren Zubehörteilen u. Hilfseinrichtungen, 2 Aufl., Berlin, 1924.

ДОННЫЙ ЛЕД, скопление льда рыхлого губчатого строения, образующееся перед началом ледостава на дне реки. Д. л. образует-

ся главн. обр. в реках с большою скоростью течения и особенно в порожистых местах. Всплывание Д. л. на поверхность происходит иногда сразу на большой площади, вызывая явление «шуги», вредное для судоходства и гидротехнич. сооружений на реке, для водопроводов, а также для работы гидравлич. установок. Всплывшие массы льда от соприкосновения с очень холодным воздухом смерзаются сильнее и из губчатого неплотного строения переходят в плотное кристаллическое; промежутки между льдинами с относительно неподвижной водой замерзают, и т. о. формируется основная часть ледяного покрова. После формирования сплошного покрова Д. л. может образовываться только под полыньями, и поэтому одной из мер борьбы с ним является искусственное замораживание полыней. Благодаря работам В. Альтберга установлена природа Д. л. и изучены его действия. В настоящее время разрабатываются практич. методы борьбы с этим стихийным явлением.

Лит.: Великанов М. А., Гидрология суши, стр. 153—157, М., 1925; Альтберг В. Я., Донный лед в природе и его воспроизведение в лаборатории, П., 1917; его же, О нек-рых новых результатах наблюдений над донным льдом в период 1923—25 гг., «Изв. Русск. гидролог. ин-та», Л., 1926; его же, О причинах образования донного льда на дне реки и озера, там же, П., 1922, 4; его же, Новое о природе донного льда, там же, 1921, 1—3.

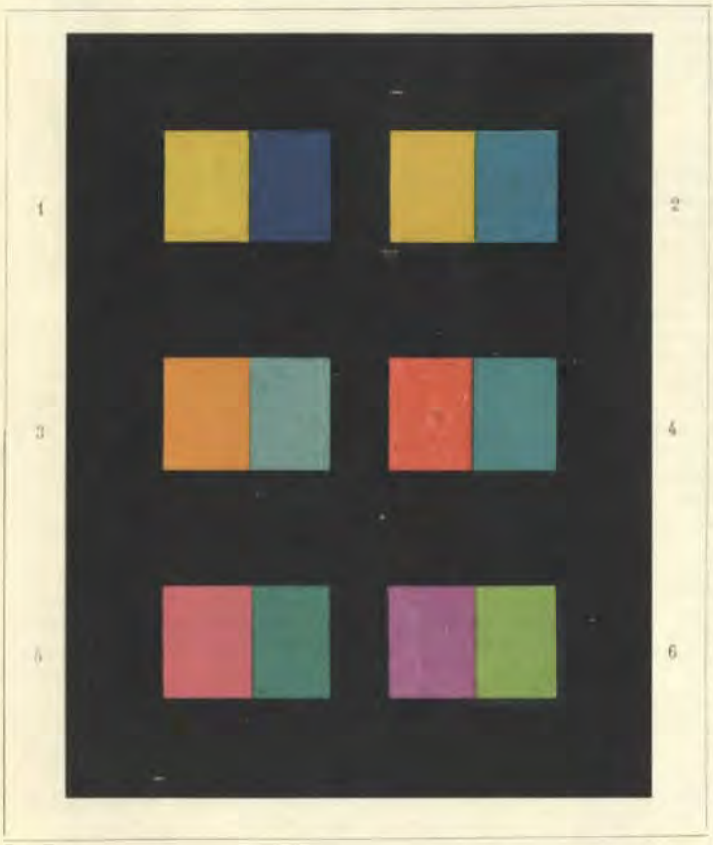
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЦВЕТА, два хроматических цвета, дающие при оптич. смешении друг с другом ощущение ахроматич. цвета (белого или серого). Для всякого цвета можно подыскать цвет к нему дополнительный. Дополнительными м. б. как монохроматич. цвета, так и смешанные. Примеры



нескольких пар дополнительных цветов даны на приложенной цветной таблице: 1) холодный желтый и ультрамариновый синий; 2) теплый желтый и кобальтово-синий; 3) оранжевый и голубой; 4) красный и голубовато-зеленый; 5) пурпурный и зеленый; 6) фиолетовый и желтовато-зеленый. В силу индивидуальных особенностей глаза для отдельных лиц дополнительными могут оказываться несколько различные цвета. На фиг. приведена кривая, показывающая, какие длины волн в среднем являются взаимно дополнительными. Если через λ обозначить в $m\mu$ длину волны какого-нибудь цвета, а через λ' длину волны цвета ему дополнительного, причем $\lambda > \lambda'$, то связь между λ и λ' может быть выражена следующим предложенным Грюнбергом уравнением прямоугольной гиперболы:

$$(\lambda - 559)(498 - \lambda') = 424.$$

Ахроматический цвет получается из Д. ц. лишь в том случае, когда эти последние взяты в определенном соотношении их интенсивности; общим правилом здесь является то, что цветов теплых (красных, оранжевых и желтых) требуется брать в смеси меньше, чем цветов холодных (зеленых, синих, фиолетовых). Цвета, видимые нами на ахроматич. поверхностях, в результате последовательного и одновременного контрастов, являются дополнительными к цвету вызвавшего их раздражения. Некоторые наблюдаемые уклонения их в сторону красного по сравнению с вышеназванными парами (вместо желтого — оранжевый, вместо синего — фиолетовый и т. д.) вероятнее всего объясняются смещением цветового тона у вызывающего контраст цвета, в результате длительной адаптации глаза к данному цвету. Дополнительные цвета обычно признаются и цветами парно-гармонирующими



Лит.: Krarup H., Physisch-ophthalmologische Grenzprobleme, p. 75, Lpz., 1906; Troland L., Colorimetry Reports, 1920—21, «Journ. of the Opt. Soc. of America», Ithaca, 1922, v. 6, p. 554; Grünberg V., «Ztschr. f. Psychologie u. Physiologie d. Sinnesorgane», Lpz., 1905, Abt. 1, B. 39, p. 384. **С. Кравков.**

ДОППЛЕРА ЭФФЕКТ, изменение частоты колебаний ν или длины волны λ, воспринимаемой наблюдателем или прибором, при наличии относительной скорости между источником волн и наблюдателем. Величина Д. э. может быть выведена чисто кинематически. Пусть имеется характеризуемая неподвижной системой координат (x, y, z) среда, в к-рой распространяются колебания; в ней движутся источник и наблюдатель с подвижными координатами (x_1, y_1, z_1) и (x_2, y_2, z_2). Обозначим абсолютные скорости того и другого через v_1 и v_2, углы, образуемые этими скоростями с (x, y, z), — через $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ и $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2$. Пусть от источника распространяется волна $a \cos \nu \left(t - \frac{x}{c}\right)$. Можно выразить x соответственно через x_1 или x_2 так:

$$x = x_1 \pm v_1 t \cos \alpha_1; \quad x = x_2 \pm v_2 t \cos \alpha_2$$

(знак характеризует направление скорости). Волна в системе источника примет вид:

$$a \cos \nu \left(t - \frac{x_1 \pm v_1 t \cos \alpha_1}{c}\right),$$

в системе наблюдателя:

$$a \cos \nu \left(t - \frac{x_2 \pm v_2 t \cos \alpha_2}{c}\right),$$

т. е. частота в системе источника будет:

$$\nu_1 = \nu \left(1 \pm \frac{v_1 \cos \alpha_1}{c}\right),$$

в системе наблюдателя:

$$\nu_2 = \nu \left(1 \pm \frac{v_2 \cos \alpha_2}{c}\right).$$

Т. о. частота, воспринимаемая наблюдателем,

$$\nu_2 = \nu_1 \frac{1 \pm \frac{v_2 \cos \alpha_2}{c}}{1 \pm \frac{v_1 \cos \alpha_1}{c}}. \qquad (1)$$

Если скорости v_1 и v_2 очень малы в сравнении со скоростью волны, то, обозначив через w относительную скорость между источником и наблюдателем по линии, их соединяющей, из (1) получим:

$$\nu_2 = \nu_1 \left(1 \pm \frac{w}{c}\right). \qquad (2)$$

или, соответственно:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \left(1 \mp \frac{w}{c}\right). \qquad (3)$$

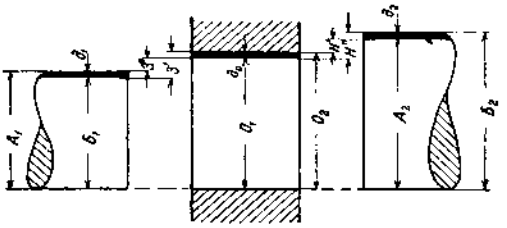
Приближенными ф-лами (2) и (3) обычно и выражается Д. э.

Как ясно из вывода, Д. э. должен существовать для каких угодно волн (звуковых, морских, световых и т. д.). Особо важное практич. значение Д. э. представляет однако для волн световых; он дает возможность определения относительных радиальных скоростей звезд или вращения светил по смещению спектральных линий в сравнении с земными источниками тех же линий. По Д. э. определяется скорость каналовых лучей в разрядных трубках. Хаотическое тепловое движение молекул благодаря Д. э. определяет в значительной мере конечную ширину спектральных линий в разреженных газах и т. д. В оптич. области Д. э. многократно проверялся на опыте: путем отражения света от вращающихся зеркал (Белопольский, Голицин), при непосредственно вращающемся источнике света (Майорана), при помощи каналовых лучей (Штарк) и т. д.

Лит.: Белопольский А. А. и др., Курс астрофизики, т. 3—Астроспектроскопия, Петроград, 1921; Михельсон В. А., К вопросу о правильном применении принципа Допплера, «Ж», 1899, т. 31 (физич. отд.), вып. 7, стр. 119; Зоммерфельд А., Строение атома и спектры, пер. с нем., М.—Л., 1926; Doppler C., Abhandlungen, «Ostwald's Klassiker d. exakt. Wissenschaften», Lpz., 1907, *161*. **С. Василов.**

ДОПУСКИ в машиностроении, максимальные колебания в линейных размерах готовых частей, при к-рых все же обеспечена правильная работа взаимно соприкасающихся деталей. Т. к. абсолютная точность при изготовлении машинных частей недостижима, то устанавливают два предельных размера, между к-рыми могут, без ущерба для функционирования данной детали, колебаться ее размеры. Разность между максимальным и минимальным предельными размерами и называется Д. Работа по Д. становится необходимой в тех случаях, когда в массовом производстве готовые детали должны собираться без помощи ручной пригонки, когда, по соображениям производства или ремонта готовых изделий, необходимо достижение взаимозаменяемости частей, а также и при производстве одиночным порядком, когда необходима особая точность.

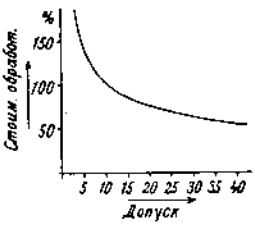
Соотношение между соответственными размерами двух взаимно соприкасающихся деталей (напр. диаметров втулки и вала) называется пригонкой. Смотря по тому, должны ли эти детали иметь в готовом механизме движения одна относительно другой или нет, различают два основных рода



Фиг. 1.

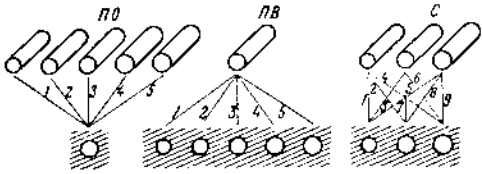
пригонок—подвижную и покоящуюся. Частным случаем пригонки является посадка, которая характеризуется различными значениями игры (зазора или натяга). На фиг. 1 изображено отверстие с двумя валиками: левый в соединении с отверстием образует подвижную, правый—покоящуюся посадку (Д. обозначены на фиг. черным). Игрой мы называем разность между соответственными размерами двух взаимно соприкасающихся деталей; игра м. б. положительной, если между частями остается зазор, и отрицательной, если имеется налицо натяг и части м. б. сдвинуты лишь при помощи нек-рого усилия. Наличие зазора характеризует подвижные посадки, отсутствие его или наличие натяга указывает на покоящуюся посадку. На фиг. 1 отверстие имеет предельные размеры O_1 и O_2, Д. его равен a_0; предельные размеры левого валика—A_1 и $Б_1$, а a_1—его Д. Отверстие с левым валиком образует подвижную посадку, причем величина зазора может

колебаться между максимальным $з'$ и минимальным $з''$ зазором. То же отверстие с правым валиком, имеющим предельные размеры A_2 и $Б_2$, с Д., равным $д_2$, образует покоящуюся посадку с натягом, величина которого лежит между двумя предельными значениями $н'$ и $н''$. Род посадки зависит не только от величины зазора или натяга, но также и от обработки взаимно соприкасающихся поверхностей. При подвижных посадках, чем грубее обработка, т. е. чем больше шероховатость трущихся поверхностей, тем больше д. б. зазор для получения одинаковой посадки по сравнению с более тщательной обработкой. При неподвижных, в частности прессовых и горячих, посадках величина натяга, необходимая для достижения требуемой прочности соединения, зависит кроме того от материала втулки и валика, длины их, толщины стенок втулки и способа соединения (прессованием или натягиванием в горячем состоянии). Принятая величина Д. очень сильно влияет на стоимость обработки. Кривая, выражающая зависимость между стоимостью обработки детали и величиной Д. (фиг. 2), имеет характер гиперболы; начиная с некоторой величины Д., зависящей в значительной мере от качества станков и опытности персонала, стоимость обработки начинает чрезвычайно быстро возрастать при дальнейшем уменьшении Д. Поэтому стремятся работать при наибольших размерах Д., совместимых с требуемым качеством продукции.



Фиг. 2.

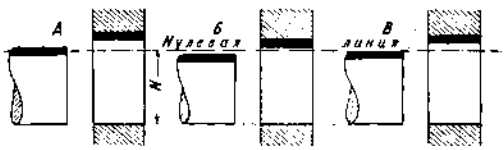
Абсолютная величина Д., как и игры, зависит от размеров соприкасающихся деталей, требуемой степени точности пригонки, рода посадки и способа обработки. Ряд Д., расположенных по указанным факторам, называется системой Д., или системой посадок. Стремление работать с максимальными значениями Д. привело к созданию нескольких параллельных систем допусков, отличающихся между собой качеством обработки и степенью точности получаемых посадок. Помимо указанного выше, абсолютная величина Д. зависит также и от величины зазора. При больших зазорах без вреда м. б. допущены более значительные Д., чем при меньших; наименьшие значения Д. имеют при покоящихся и прессовых посадках. Натяги имеют весьма незначительную величину, т. к. в противном случае напряжения становятся слишком значительными; понятно, что Д. также д. б. чрезвычайно малыми, чтобы, с одной стороны, не вызвать чрезмерного увеличения напряжений при запрессовывании, а с другой—обеспечить минимальный натяг, необходимый для неподвижности соединения. Поэтому, при наличии в данной системе Д. многих различных степеней точности, высшая содержит обычно лишь неподвижные или тугие посадки, а наиболее грубые пригонки—только подвижные посадки. Для достижения взаимозаменяемости частей не только одного з-да, но и всех однородных предприятий страны, что особенно важно для нормализованных деталей, а также в целях удешевления производства калибров, весьма желательной является стандартизация системы Д. в общегосударственном масштабе. Работы по установлению стандартных Д. проведены или ведутся во всех промышленных государствах мира (в СССР—



Фиг. 3.

Комиссией по выработке нормальных Д. при Комитете эталонов и стандартов Главной палаты мер и весов). Весьма тщательно вопрос этот был разработан в Германии Комиссией при Нормализационном комитете герм. промышленности; выработанная им система DIN легла в основу стандартных систем Д. нек-рых европ. стран, в том числе и СССР.

Различные посадки одного диаметра и степени точности м. б. получены тремя способами (фиг. 3): 1) оставляя отверстие неизменной величины, изменяют диаметр валов, достигая этим требуемой величины зазора или натяга,—система постоянного отверстия (ПО), 2) оставляя постоянным диаметр вала, варьируют диаметры отверстий система постоянного вала (ПВ) и наконец 3) меняя диаметры того и другого, достигают требуемой посадки, комбинируя различным образом валы и отверстия,—смешанная система (С). В системе ПО помощью 1 отверстия и n валов осуществляют n посадок, при ПВ те же n посадок получаем, применяя n различных



Фиг. 4.

отверстий; в системе С, имея k валов и m отверстий, можем получить $m \cdot k$ различных посадок; принимая $m+k = n+1$, при $1 < k < n$, имеем $m \cdot k > n$, т. е. при равном количестве элементов при системе С м. б. получено большее число посадок, чем при ПО или ПВ. Однако это преимущество только кажущееся, т. к. из всего числа $m \cdot k$ посадок м. б. произвольно назначены лишь $m+k-1$ посадок, остальные же получаются сами собой и т. о. нашему контролю не подлежат, т. е. в конечном счете мы получаем те же n посадок ($m+k-1=n$), что и при чистых системах ПО и ПВ. Система С применяется лишь в Англии и Голландии. Расположение Д., зазоров и натягов относительно номинального размера (т. е. расчетного размера, проставленного на конструкционном чертеже) м. б. различным: номинальный размер N (фиг. 4) может лежать в поле Д.

вала (А) или отверстия, находиться в поле зазора (Б) или натяга, служить одним из предельных размеров вала (В) или отверстия. Последний способ имеет то преимущество перед остальными, что при нем взаимозаменяемость частей обеспечена даже между валами и втулками различных пригонок (т. е. различных степеней точности); точность посадки при этом конечно страдает, но характер посадки остается. Это преимущество настолько важно, что страны, принявшие вначале другие системы расположения допусков, постепенно переходят к этой системе.

Линию номинального размера называют нулевой линией. Обычно нулевая линия служит верхним предельным размером для вала в системе ПВ и нижним предельным размером для отверстия в системе ПО.

Абсолютная величина Д., зазоров и натягов, при одинаковых посадке и степени точности, зависит от размера соприкасающихся частей. Первые системы Д. были чисто эмпирическими, затем было обнаружено, что Д. для плотных и подвижных посадок м. б. выражены в форме $D = a\sqrt[n]{L}$, где D—допуск, a и n—постоянные, а L—линейный номинальный размер соприкасающихся деталей (диаметр, ширина салазок и т. д.). В большинстве систем показатель $n=3$; лишь Англия остановилась на $n=2$. Величина зазоров обычно следует тому же закону, хотя многие страны (в том числе и СССР) для зазоров пользуются меньшими значениями n. Натяги в прессовых посадках следуют обычно закону $S = a'L$, где S—величина натяга, a'—постоянная, а L—линейный размер. Табл. 1 содержит сводку принятых и предложенных в разных странах систем Д.

Табл. 1.—Системы допусков.

Государство	Система Д.	Число классов точности и посадок	Градация допусков	Градация зазоров	Градация натягов
США (ASME)	ПО	8 посадок—5 покоящихся и 3 подвижн.; Д. отверстий увеличены для свободных посадок	$a\sqrt[3]{L}$	$a\sqrt[3]{L^2}$	$a''L$
Англия (BESA)	С	4 кл. точности; 2 осн. отв. в кажд. степени точн. + 3 добавочн. отверстия; 14 валов для всех степ. точн.	$\sim a\sqrt{L}$	$k' + k''\sqrt{L} + k'''$	
Германия и Австрия (DIN)	ПО и ПВ	4 кл. точности: 1-й кл.—5 пок. пос. 2-й » —6 пок. + 4 подв. пос. 3-й » —3 подв. пос. 4-й » —4 » »	$a\sqrt[3]{L}$	$a\sqrt[3]{L}$	$a\sqrt[3]{L}$, $a'\sqrt{L}$ и $a''(L+b)$
Голландия (CNB)	С	3 кл. точности для вал.; 7 разл. отверстий	$a\sqrt[3]{L}$	$a'\sqrt[3]{L}$	
Италия (UNIM)	ПН	4 кл. точности: 1-й кл.—4 пос. 2-й » —7 » 3-й » —3 » 4-й » —2 »	$a\sqrt[3]{L}$	$a\sqrt[3]{L}$	
СССР	ПО и ПВ	4 кл. точности: 1-й кл.—6 пос. 2-й » —8 » 3-й » —3 » 4-й » —3 »	$a\sqrt[3]{L}$	Для своб.: $a'\sqrt{L}$ Для тугих: $a''\sqrt[3]{L}$	bL
Швейцария (VSM)	ПО и ПВ	3 кл. точности: 1-й кл.—7 пос. 2-й » —12 » 3-й » —4 »	Не м. б. выражена простой ф-лой	Для тугих: $\sim a\sqrt[3]{L}$ Для своб.: $\sim a\sqrt{L}$	
Швеция (SISK)	ПО и ПВ	3 кл. точности: 1-й кл.—5 пок. пос. 2-й » —7 » +4 подв. пос. 3-й » —7 » +4 » »	$a\sqrt[3]{L}$	$a'\sqrt{L}$	

В качестве примера рассмотрим вкратце систему DIN. Для всех посадок, кроме горячей, величины Д. и игры выражаются в единицах допуска (ЕД); 1 ЕД $= 0{,}005\sqrt[3]{L}$ мм; линейные размеры (обычно диаметры) разделены по группам, причем абсолютная величина ЕД в пределах каждой группы остается постоянной и вычисляется по ф-ле:

$$\text{ЕД}_{1,2} = 0{,}005\left(\sqrt[3]{L_1} + \sqrt[3]{L_2}\right),$$

где L_1 и L_2—предельн. диам. данной группы.

Точные величины ЕД приведены ниже:

Группа, *мм*	1—3	3—6	6—10	10—18
ЕД, *μ* . .	6,11	8,15	9,93	11,94
Группа, *мм*	18—30	30—50	50—80	80—120
ЕД, *μ* . .	14,32	16,98	19,98	23,10
Группа, *мм*	120—180	180—260	260—360	360—500
ЕД, *μ* . .	26,45	30,07	33,71	37,63

Наиболее употребительный 2-й класс точности имеет в общем 11 различных посадок; ниже приведены их обозначения, характер получающейся пригонки и предельные значения игры δ в *мм* ($+\delta$—зазор, $-\delta$—натяг).

А. Прессовые пригонки: 1) горячая посадка—неподвижность соединения обеспечена, втулка надевается в горячем состоянии на вал:

$$0{,}001(L + 12{,}5) + 1{,}5\ \text{ЕД} > \delta > -0.001(L + 12{,}5) - 1\ \text{ЕД};$$

2) прессовая посадка—неподвижность соединения обеспечена, вал вжимается во втулку в холодном состоянии:

$$-\frac{1}{150}\sqrt{L} + 1{,}5\ \text{ЕД} > \delta > -\frac{1}{150}\sqrt{L} - 1\ \text{ЕД}.$$

Б. Покоящиеся пригонки: 3) особо тугая посадка—соединение частей производится сильными ударами ручника или легкой прессовкой, необходимо предохранение от проворачивания: 1 ЕД $> \delta > -1{,}5$ ЕД;

5) особо плотная посадка—соединение частей ударами ручника, необходимо предохранение частей как от проворачивания, так и от продольного смещения: 1,5 ЕД $> \delta > -1$ ЕД;

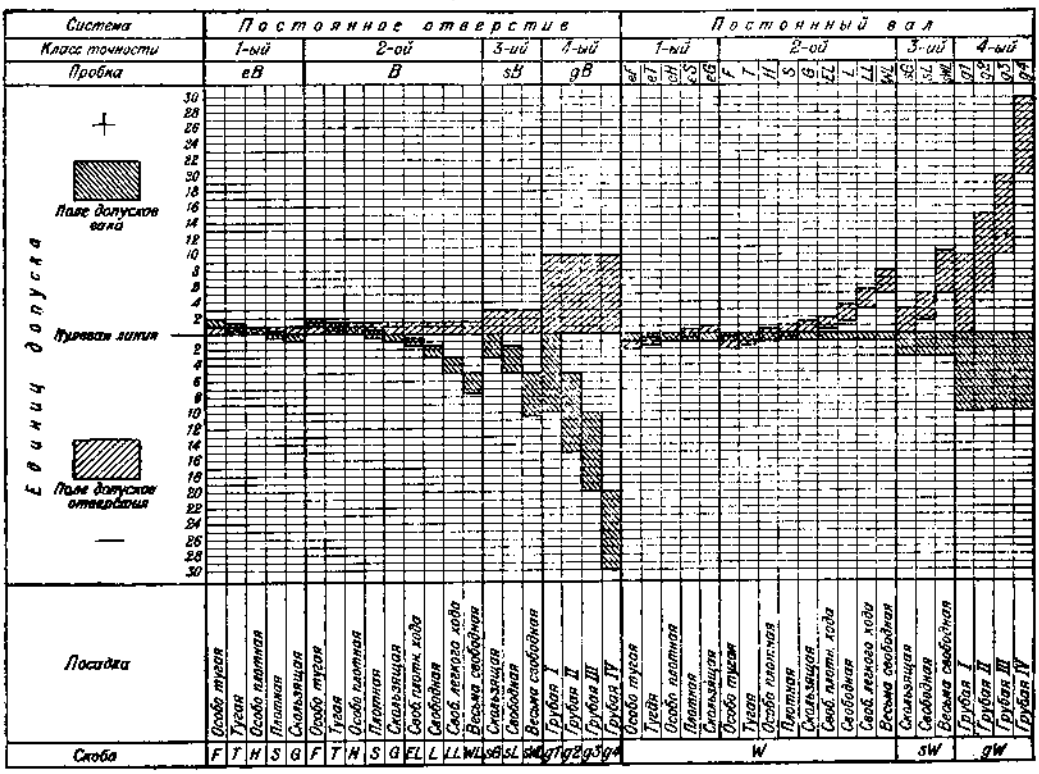
6) плотная посадка—соединение от руки или при помощи деревянного молотка, последняя покоящаяся посадка: 2 ЕД $> \delta > -0{,}5$ ЕД.

В. Нулевая пригонка: 7) скользящая посадка—части могут при смазке передвигаться вручную, рабочее движение медленное и лишь в аксиальном направлении: 2,5 ЕД $> \delta > 0$.

Г. Подвижные пригонки: 8) свободная посадка плотного хода—первая подвижная посадка, для медленно вращающихся или передвигающихся аксиально частей с минимальным зазором: 3 ЕД $> \delta > 0{,}5$ ЕД;

9) свободная посадка, для вращающихся частей без заметного зазора: 4,5 ЕД $> \delta > 1{,}5$ ЕД;

10) свободная посадка легкого хода, для быстро вращающихся частей с заметным зазором или для частей, вращающихся в нескольких подшипниках: 6,5 ЕД $> \delta > 3$ ЕД;



Фиг. 5.

м. б. произведено лишь при помощи пресса, необходимо предохранение частей от взаимного проворачивания: 0,5 ЕД $> \delta > -2$ ЕД;

4) тугая посадка—соединение частей

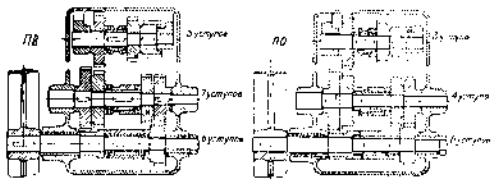
11) весьма свободная посадка, для весьма быстро вращающихся деталей с особо значительным зазором: 9 ЕД $> \delta > 5$ ЕД.

Вся система DIN изображена схематически на фиг. 5; отклонения от номинальных размеров для валов и отверстий даны в ЕД для всех четырех классов точности, в системах НО и НВ.

Весьма важным вопросом для каждого рода производства является выбор основ-

ной системы Д. (ПО или ПВ), класса или классов точности и необходимых посадок. Дать какие-либо жесткие правила для выбора наилучшей системы Д. невозможно в виду необычайно большого числа факторов, влияющих на него. Ниже приведено влияние нек-рых отдельных факторов на выбор системы Д. В системе ПО все посадки получаются изменением диаметра вала, и следовательно применение гладких валов, при наличии на валу нескольких разных посадок одного номинального диаметра, невозможно. Этим условием определяются сразу две отрасли промышленности, для к-рых выгоднее пользоваться системой ПВ,—постройка трансмиссий и с.-х. машиностроение; вообще всюду, где пользуются в значительном объеме гладкими валами в виде необработанного тянутого или обточенного материала, приходится переходить к системе ПВ. В тех случаях, когда вал, при наличии на нем нескольких различных посадок, по конструктивным соображениям делают ступенчатым (напр. для удобства разборки), можно пользоваться безразлично обеими системами. Здесь однако оказывается выгоднее система ПО, т. к. она часто позволяет при нескольких различных посадках обходиться меньшим количеством уступов и т. о. экономить на материале и обработке. На фиг. 6 приведены два одинаковых перебора токарного станка—в случае ПО число уступов получилось меньшим, чем при ПВ. Во всех случаях крупного массового производства система ПВ предпочтительнее ПО, т. к. в этом случае неудобство первой—дороговизна первоначального обзаведения специальным рабочим и измерительным инструментом—отступает на задний план по сравнению с выгодой, получаемой при обработке гладких (без уступов) валов. По обратной причине, система ПО выгоднее при производстве небольшими сериями, с сильно меняющимися размерами частей. Стоимость содержания рабочего и измерительного инструмента в обеих системах почти одинакова. Для сборки и ремонта система ПО большей частью бывает более выгодной, т. к. получающиеся при этом ступенчатые валы значительно облегчают работу. Очень часто бывает невозможно даже в пределах одного производства провести чистую систему ПО или ПВ и приходится прибегать к комбинациям из обеих. Примером может служить принятая в герм. станкостроении система Д., изображенная на схеме (фиг. 7). 1-й класс точности применяется в особо точных станках для покоящихся посадок, для корпусов шарикоподшипников, инструмента револьверных станков и во всех тех случаях, когда требуется посадка скольжения, к-рая поэтому во 2-м классе точности исключена; для всех остальных пригонок употребляется 2-й класс точности, из которого исключены посадки: прессовая, особо туга, скольжения и весьма свободная. Для того чтобы в потолочных приводах и нек-рых вспомогательных деталях воспользоваться преимуществами системы ПВ, взяты из нее две вспомогательных посадки 2-го класса—свободная и свободная легкого хода; 3-й и 4-й классы точности исключены совсем.

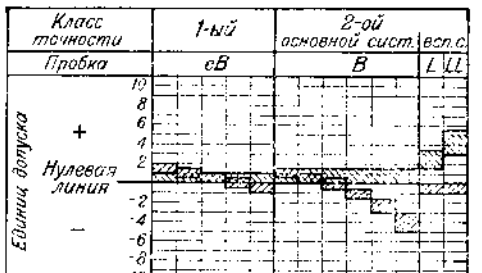
Одной из важных областей применения работы по Д. является производство нормализованных частей. Здесь могут представиться два случая: 1) нормализованная часть должна образовывать с другой деталью всегда одинаковую посадку и 2) эта посадка может меняться. В обоих случаях зазор или натяг перекладывают неизменно в нормализованную часть, т. е. изготовляют валы по



Фиг. 6.

Д. системы ПО, а отверстия по Д.—системы ПВ для требуемой посадки. При таком способе потребителю для правильной посадки достаточно изготовить основной вал данного диаметра системы ПВ или основное отверстие сист. ПО, а это легко для з-дов, работающих по любой из систем, т. к. Д. основного элемента одной системы (ПО или ПВ) равны Д. посадки скольжения другой (отверстие посадки скольжения системы ПВ или вал той же посадки системы ПО).

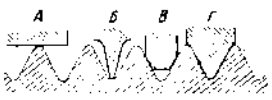
Весьма важным и чрезвычайно сложным вопросом является нормализация Д. винтовых нарезок. В винтовых нарезках дело осложняется большим количеством подлежащих толерированию размеров (наружный,



Фиг. 7.

средний, внутренний диаметры, шаг винта, угол нарезки, форма сечения нарезки) и необходимостью проверять величины всех отдельных допусков порознь предельными калибрами. Формы щек калибров для измерения изображены на фиг. 8; для измерения предельных диаметров по выступам нарезки употребляют предельные скобы или пробки с плоскими или цилиндрическими рабочими поверхностями *A*, предельные диаметры по дну нарезок измеряются скобами с роликами или штифтами по *Б*, ту же

форму имеет нарезка предельных винтовых пробок; форма B применяется для проверки среднего диаметра, а форма $Г$—для проверки формы нарезки и правильности шага. Пробки по $Б$ и $В$ делают с 2—3 нарезками, чтобы неправильности в ходе не влияли на их показания. В качестве примера тщательно разработанной системы винтовых Д. рассмотрим систему Д., принятых в США (National Screw Thread Commission) для нормальной и мелкой стандартной резьбы (USS). Форма нарезки с полями Д. изображена на фиг. 9. Принято 6 разных посадок: 1) свободная—с большими Д. и зазорами для грубого машиностроения, болтов с катаной нарезкой и т. п.; 2) средняя обыкновенная—для нормальных чисто обработанных винтов и гаек для нужд машиностроения средней степени точности, гайка и болт во всяком случае могут быть навинчиваемы от руки; 3) средняя специальная—с меньшими полями Д., чем предыдущая, для точного машиностроения (станкостроение, автостроение, авиационные двигатели и т. п.); 4) плотная—взаимозаменяемость обеспечена, но зазор может совсем отсутствовать и заменяться в редких случаях натягом; 5) туган—завертывание гаек возможно лишь с помощью ключа, для легкого точного машиностроения, и 6) весьма тугая—с большими против предыдущей натягами, для крупных болтов. Д. нормализованы лишь для первых четырех посадок, т. к. в двух последних на посадку, кроме величины Д. и натягов, влияют также весьма сильно длина гаек, материал болта и гайки, сильно меняющиеся от одного производства к другому.



Фиг. 8.

Абсолютные значения Д. находятся в зависимости от величины хода p (фиг. 9). Применяется несколько единиц Д., находящихся в следующей зависимости от p (в *мм*): $UT = 0{,}089\,p^{9/10}$ для $p \geqslant 1{,}27$; $UT = 0{,}10\,p^{4/7}$ для $p < 1{,}27$; $GT = 0{,}007\,p^{2/3}$; $S = 0{,}007\,p^{4/3}$ и $PT = 0{,}007\,p^{1/3}$. Значения отдельных элементов для разных посадок даны в табл. 2.

Табл. 2.—Значения элементов различных посадок нарезки USS.

Посадка	Допуски и игра: игра A	Д. нетто T_n	Д. калибра T_k	общий Д. T	Д. шага H
Свободная	$^1/_3 UT$	UT	GT	$UT+2GT$	$\pm PT$
Средняя обыкновенная	0	$^2/_3 UT$	GT	$^2/_3 UT+2GT$	$\pm PT$
Средняя специальная	0	$^4/_9 UT$	GT	$^4/_9 UT+2GT$	$\pm PT$
Плотная	$-S$	$^2/_9 UT$	$^1/_2 GT$	$^2/_9 UT+GT$	$+^1/_2 PT$

Форма нарезки Д. б. такова, чтобы контур как гайки, так и болта не выходил из полей допуска, заштрихованных на фиг. 9. Отдельные элементы винтовой нарезки имеют следующие значения (D, Δ и d—наружный, средний и внутренний диаметры нарезки; p—шаг; h—глубина нарезки, $h = 0{,}649519\,p$; f—высота срезанной части вершины тр-ка нарезки, $f = {}^1/_8 h = 0{,}108253\,p$; величины без значков относятся к теоретич. профилю нарезки, со значками (′)—к гайке, и (″)—к болту; теоретич. профиль изображен жирной линией):

$$\Delta = D - h; \quad d = D - 2h; \quad D'_{max} = D + T + {}^2/_9 h;$$

$$D'_{min} = D + {}^1/_9 h; \quad D''_{max} = D - A;$$

$$D''_{min} = D - A - 2T;$$

$$\Delta'_{max} = \Delta + T; \quad \Delta'_{min} = \Delta; \quad \Delta''_{max} = \Delta - A;$$

$$\Delta''_{min} = \Delta - A - T;$$

$$d'_{max} = D - {}^5/_2 h; \quad d'_{min} = D - {}^5/_3 h;$$

$$d''_{max} = d - A + {}^1/_9 h; \quad d''_{min} = d - A - T;$$

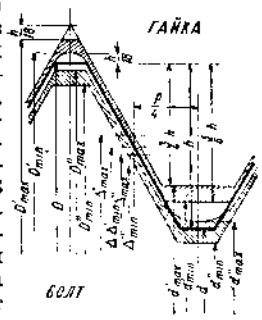
$$p' = p'' = p \pm H.$$

Допускаемые ошибки (угловые Д.) для $^1/_2$ угла при вершине тр-ка нарезки (60°) равны для первых трех посадок:

Число ниток на 1 дм.	80—44	40—32	28—20	18—11	< 11
Угловой Д.	± 30′	± 20′	± 15′	± 10′	± 5′

Для плотной посадки угловые допуски уменьшаются вдвое.

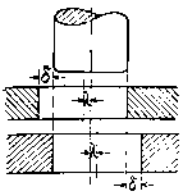
Помимо описанных выше Д. непосредственно соприкасающихся друг с другом деталей, приходится иногда решать вопрос о величине допусков для линейн. размеров частей, соединяемых несколькими промежуточными звеньями, например Д. расстояний между отверстиями двух фланцев, соединяемых болтами. В этом случае взаимозаменяемость м. б. достигнута только при условии, что ни одна из осей отверстий не отклоняется от ее номинального местоположения больше, чем на $^1/_2$ величины минимального зазора между наименьшим отверстием фланца и максимальным возможным диаметром болта, т. е. $\lambda \leqslant {}^1/_2\,\delta$ (фиг. 10); если при этом необходим еще некоторый минимальный зазор γ между стенками отверстий и валиком, то $\lambda \leqslant {}^1/_2\,(\delta - \gamma)$. Это правило является основой расчета Д. расстояний между осевыми отверстиями. При этом следует принимать во внимание возможное накопление ошибок при измерении от одного отверстия до другого (по шагу); в этом случае для n отверстий величина Д. должна быть уменьшена в $\frac{1}{n-1}$ раз. Отсюда ясна выгода измерения всех расстояний от одного какого-нибудь отверстия, взятого за основное, т. к. в этом случае величина допуска остается без изменения.



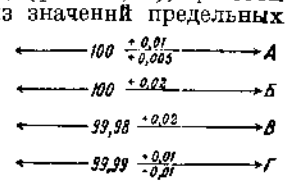
Фиг. 9.

В качестве примера абсолютной величины Д., достижимых обработкой на различных станках, приведем данные фирмы Пратт и Уитней для станков, находящихся в хорошем состоянии, и рабочих нормальной ква-

лнфикации (данные не являются показателем максимальной достижимой точности, а относятся к нормальной производственной работе; все размеры и величины Д. в *мм*). а) Обточка на токарном станке ±0,13 для ⌀ 6—13; ±0,18 для ⌀ 13—25; ±0,25 для ⌀ 25—50 и ±0,38 для бо́льших диаметров. Шлихтовка на токарном станке соответственно: ±0,05; ±0,08; ±0,13 и ±0,18. б) Автоматический токарный станок: ±0,08 для обточки державками коробочного типа; ± 0,08 для обточки фасонными резцами шириной до 20; ± 0,1 то же, но шириной 20—40; рассверливание ±0,15 для ⌀ 4—12; ±0,2 для ⌀ 12—20; ±0,25 для ⌀ 20—25; сверление ± 0,05 для ⌀ 0,35—3,0, увеличиваясь до ±0,18 для ⌀ 20—25; шабрение развертками ±0,025 для ⌀ ≤ 12 и ±0,04 для ⌀ 12—25. в) Фрезирование: возможная точность ±0,05, лучше давать бо́льшие Д. ~ ±0,08—0,12 для достижения большей экономичности обработки. Для фасонного фрезирования и обработки составными фрезерами не менее ±0,12. Для фрезировки канавок ~ ±0,1 на 25 *мм* ширины канавок. г) Сверление: ±0,05 для дыр ⌀ 0,35—3,0; ±0,08 для ⌀ 3,0—6,0; ±0,1 для ⌀ 6—12; ±0,13 для ⌀ 12—18; ±0,18 для ⌀ 18—25; ±0,25 для ⌀ 25—50. д) Шлифовка цилиндрич. поверхностей: ±0,01; на вертикально шлифовальном станке для плоскостей 0,05—0,03. е) Строгание: 0,13—0,25 для крупных частей, например станин станков. ж) Ручное шабрение отверстий разверткой: ±0,01 для ⌀ до 25, для бо́льших ⌀ ±0,015; для машинного шабрения необходимо повысить эти числа до ±0,013 для отверстий ⌀ до 12, ±0,02—0,025 для отверстий ⌀ 12—25, ±0,05 для отверстий ⌀ более 25.


Фиг. 10.

Способы разметки допусков на чертежах меняются в зависимости от принятой сист. обозначения посадок. Во всех стандартных системах Д. введены сокращенные обозначения для посадок, которые обязательно отмечаются на соответственных предельных калибрах (в СССР в виде проекта принята следующая маркировка: свободные пригонки имеют букву С, тугие Т, цифра с правой стороны буквы указывает на удаление давной посадки от посадки скольжения, обозначаемой ТО, перед знаком посадки ставят знак системы О для ПО и В для ПВ с цифрой характеризующей класс точности; таким образом 02С1 обозначает свободную посадку 2-го класса точности системы ПО; немецкие обозначения для валов и отверстий приведены на фиг. 5). В этом случае обозначение Д. на чертежах значительно облегчается, так как достаточно рядом с номинальным размером поставить значок требуемой посадки, чтобы определить тем самым предельные размеры соприкасающихся частей. В тех случаях, когда применяются Д., отличные от стандартных (что особенно часто встречается при толерировании продольных размеров), приходится на ряду с цифрой размера указывать также и оба крайних значения Д. В большинстве европейских стран пишут номинальный размер, а рядом с ним оба крайних значения Д. (фиг. 11, А); при этом часто, если одно из значений предельных размеров совпадает с номинальным, то отметка 0,0 не ставится (фиг. 11, Б). В США Обществом автомобильных инженеров предложена следующая система нанесения допусков на чертежи: в размерную стрелку ставят идеальный размер, а допуск при этом делается всегда в направлении, наименее вредящем желательной (идеальной) посадке (фиг. 11, В); если направление допуска безразлично, то делят его величину пополам и откладывают в обе стороны от идеального размера (фиг. 11, Г).



Фиг. 11.

Лит.: Кюн В., О предельных допусках в машиностроении, пер. с нем., Берлин, 1923; Граменц К., Пригонки и допуски, Москва, 1926; Mahr C., Die Grenzlehre, 5 Aufl., B., 1927; Mahr C., Die Gewindelehre und der Gewinde-Austauschbau, 2 Aufl., B., 1928; Schlesinger G., Die Arbeitsgenauigkeit d. Werkzeugmaschinen, B., 1927; «Schriften d. Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure», B. 1—Der Austauschbau u. seine praktische Durchführung, B., 1923; Dowd A. A. and Curtis F. W., Modern Gaging Practice, N. Y., 1925; Woodworth J. V., Gages and Gaging Systems, N. Y., 1908; Schlesinger G., Forschungsarbeiten auf d. Gebiete d. Ingenieurwesens, B., 1916, H. 193, 194; Machinery's Handbook, N. Y., 1928; Dubbel H., Taschenbuch für d. Fabrikbetrieb, B., 1923; Machinery's Encyclopedia, v. 3, New York, 1925; «Maschinenbau», B.; «NDI Nachrichten», B.; «Werkstattstechnik», B.; «Mechanical Engineering», N. Y.; издания нормализационных комиссий отдельных стран.

Д. в мерах и измерительных приборах — наибольшие погрешности, при наличии которых данную меру или прибор можно считать практически достаточно точными. Для сохранения единообразия и точности мер и измерительных приборов государство принимает целый ряд специальных мероприятий, к-рые дают возможность поддерживать обращающиеся в стране меры и измерительные приборы в состоянии требуемой точности. Одним из этих мероприятий является установление и хранение основных единиц (эталонов) всякого рода измерений. Основные единицы хранятся и изучаются в специальных государственных учреждениях (в СССР—в Главной палате мер и весов в Ленинграде). Эти эталоны д. б. изготовлены с максимальной достижимой при современном состоянии науки и техники точностью. Так, для единицы массы—килограмма, изготовленного из прочного и неизменяющегося материала (сплава платины с иридием), при современных методах вероятная погрешность измерения не превосходит ± 0,002 *мг*, т. е. одной пятисотмиллионной его части; для единицы длины—метра эта погрешность равна ± 0,1 μ, т. е. одной десятимиллионной его части (в настоящее время уже предвидится возможность определять длину метра при помощи волн монохроматич. света с точностью до 0,01 μ, т. е. до одной стомиллионной его части). Когда единицы мер и измерительные приборы получают практическое применение, то естественно, что точность их не м. б. такова, как у вышеупомянутых основных единиц измерения. Практика культурных госу-

Табл. 1.—Допуски в мерах длины (в общей длине).

Длина в *м*	Образцовые меры	Контрольные меры	Торговые и технические меры: точные — при поверке	точные — при обращении	обыкновенные — при поверке: металлич.	обыкновенные — при поверке: неметал.	обыкновенные — при обращении: металлич.	обыкновенные — при обращении: неметал.
50	—	±3 *мм*	±5 *мм*	±10 *мм*	±8 *мм*	±20 *мм*	±16 *мм*	±40 *мм*
40	—	—	—	—	±8 »	±20 »	±16 »	±40 »
30	—	±3 »	—	—	±8 »	±20 »	±16 »	±40 »
25	—	—	—	—	±8 »	±20 »	±16 »	±40 »
20	—	±2 »	±3 »	± 6 »	±5 »	±15 »	±10 »	±30 »
15	—	—	±3 »	± 6 »	±5 »	±15 »	±10 »	±30 »
10	—	—	±2 »	± 4 »	±4 »	±10 »	± 8 »	±20 »
9	—	—	—	—	±4 »	± 7 »	± 8 »	±14 »
8	—	—	—	—	±4 »	± 7 »	± 8 »	±14 »
7	—	—	—	—	±4 »	± 7 »	± 8 »	±14 »
6	—	—	—	—	±4 »	± 7 »	± 8 »	±14 »
5	—	—	—	—	±3 »	± 5 »	± 6 »	±10 »
4	—	—	—	—	±3 »	± 4 »	± 6 »	± 8 »
3	—	—	—	—	±2 »	± 3 »	± 4 »	± 6 »
2 и 1,5	—	—	±0,2 »	± 0,4 »	±1 »	± 2 »	± 2 »	± 4 »
1	±0,5 *мм*	±0,2 »	±0,1 »	± 0,2 »	±1 »	± 1,5 »	± 2 »	± 3 »
0,5 и менее	—	—	±0,05 »	± 0,1 »	±0,5 » *1 ±1,0 » *2	± 1,0 » *1 ± 1,5 » *2	± 1 » *1 ± 2 » *2	± 2 » *1 ± 3 » *2

*1 Меры брусковые. *2 Меры рулетки.

дарств установила определенную градацию измерительных приборов, различающихся между собой по степени точности и имеющих разное назначение. Прежде всего, те

Табл. 2.—Допуски в мерах сыпучих тел.

Вместимость	Допуск: при поверке	при обращении
2 *гл*	± 1 *л*	± 2 *л*
1 »	± 0,5 »	± 1 »
5 *дкл*	±250 *мл*	±500 *мл*
2 »	±100 »	±200 »
1 »	± 75 »	±150 »
5 *л*	± 50 »	±100 »
2 »	± 25 »	± 50 »
1 »	± 15 »	± 30 »
0,5 »	± 10 »	± 20 »

учреждения, которые хранят основные единицы измерений, должны иметь в своем распоряжении первичные копии основных единиц, изредка сличаемые с этими последними и служащие для приготовления по ним измерительных приборов, образцовых и контрольных мер. Назначение этих последних—служить для поверки по ним обыкновенных обращающихся в торговле и промышленности мер и измерительных приборов. Торговля и промышленность, по свойству своей работы, нуждаются в приборах различной степени точности: более точных—в торговле драгоценными металлами, аптекарскими товарами, при лабораторных исследованиях и др. и менее точных—при обычной торговле. Т. о. торговая и промышленная практика требуют установления по крайней мере 4 категорий измерительных приборов, отличающихся между собой по точности, а следовательно и по их Д. Основанием для установления шкалы Д. могут служить требования обычной торговли, где точность измерения признается достаточной, если ошибка не превосходит 0,1—0,2%. Исходя из этого предположения, можно далее установить Д. для точных торговых измерительных приборов и для вышеупомянутых образцовых и

Табл. 3.—Допуски в мерах жидких тел.

Вместимость	Контрольные меры	Торговые меры: точные — при поверке	точные — при обращении	обыкновенные — при поверке	обыкновенные — при обращении
5 *дкл*	—	—	—	±250 *мл*	±500 *мл*
2 »	—	—	—	±100 »	±200 »
1 »	±5 *мл*	±15 *мл*	±30 *мл*	± 50 »	±100 »
5 *л*	±3 »	± 7,5 »	±15 »	± 25 »	± 50 »
2 »	±2 »	± 5 »	±10 »	± 15 »	± 30 »
1 »	±1 »	± 2,5 »	± 5 »	± 10 »	± 20 »
1/2 »	±0,6 »	± 1,25 »	± 2,5 »	± 5 »	± 10 »
1/4 »	±0,25 »	—	—	± 2,5 »	± 5 »
1/5 »	±0,25 »	± 0,5 »	± 1,0 »	± 2,0 »	± 4 »
1/10 »	±0,25 »	± 0,5 »	± 1,0 »	± 1,0 »	± 2 »
1/20 »	±0,12 »	± 0,25 »	± 0,5 »	± 0,5 »	± 1 »
1/50 »	±0,06 »	± 0,10 »	± 0,2 »	± 0,25 »	± 0,5 »
1/100 »	±0,06 »	± 0,10 »	± 0,2 »	± 0,25 »	± 0,5 »

Табл. 4.—Допуски в весах при наибольшей нагрузке.

Наибольшая нагрузка	Образцовые весы	Контрольные весы	Торговые весы: точные, при поверке	Торговые весы: точные, при обращ.	Торговые весы: обыкновенные, при поверке	Торговые весы: обыкновенные, при обращении
1 *г*	—	—	± 3 *мг*	± 6 *мг*	Весы торговые обыкновенно изготовляются для наибольших нагрузок, начиная от 500 *г* и выше Д.—1 *г* на каждый *кг* при поверке и 2 *г* на *кг* при обращении В безменах и крановых весах—2 *г* на *кг* при поверке и 4 *г* на *кг* — при обращении	
2 »	±0,1 *мг*	—	—	—		
5 »	—	—	± 6 *мг*	± 12 *мг*		
10 »	—	—	± 10 »	± 20 »		
20 »	± 1 *мг*	± 5 *мг*	± 15 »	± 30 »		
50 »	—	—	± 30 »	± 60 »		
100 »	—	—	± 40 »	± 80 »		
200 »	—	—	± 50 »	±100 »		
500 »	± 5 *мг*	± 25 *мг*	±100 »	±200 »		
1 *кг*	—	—	±200 »	±400 »		
5 »	± 20 *мг*	±100 *мг*	±500 »	± 1 *г*		
10 »	—	—	± 1 *г*	± 2 »		
20 »	±200 *мг*	± 1 *г*	± 2 »	± 4 »		
50 »	±200 »	± 1 »	± 5 »	± 10 »		

Табл. 5.—Допуски в манометрах.

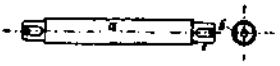
Наибольшее значение шкалы	Контрольные манометры	Рабочие манометры: Д. для 1-й половины шкалы, при поверке	Д. для 1-й половины шкалы, при обращении	Д. для 2-й половины шкалы, при поверке	Д. для 2-й половины шкалы, при обращении
2 *кг/см²*	±0,02 *кг/см²*	±0,04 *кг/см²*	±0,6 *кг/см²*	±0,08 *кг/см²*	±0,12 *кг/см²*
3 »	±0,03 »	±0,05 »	±0,075 »	±0,10 »	±0,15 »
5 »	±0,05 »	±0,08 »	±0,12 »	±0,15 »	±0,225 »
10 »	±0,1 »	±0,10 »	±0,15 »	±0,20 »	±0,30 »
15 »	±0,15 »	±0,15 »	±0,225 »	±0,25 »	±0,375 »
20 »	±0,2 »	±0,20 »	±0,3 »	±0,30 »	±0,45 »
25 »	±0,25 »	±0,25 »	±0,375 »	±0,35 »	±0,525 »
30 »	±0,3 »	±0,28 »	±0,42 »	±0,40 »	±0,60 »
40 »	±0,4 »	±0,33 »	±0,495 »	±0,45 »	±0,675 »
50 »	±0,5 »	±0,38 »	±0,57 »	±0,50 »	±0,75 »
Свыше 50 *кг/см²*	±1% наибольшего значения	±0,75% наибольшего значения	±1,125% наибольшего значения	±1% наибольшего значения	±1,5% наибольшего значения

контрольных. При этом, как показывает практика, достаточно принять, что точные торговые измерительные приборы должны иметь погрешность в 4—5 раз меньшую, чем приборы обыкновенные; контрольные приборы для поверки обыкновенных торговых мер должны иметь погрешность меньшую, чем точные торговые, а образцовые приборы д. б. точнее контрольных в 5—6 раз. Строгого соблюдения указанной пропорциональности практически не требуется, и приводимые выше цифры Д., установленных в СССР, только в общем принципе подчинены указанному правилу, а конкретные значения Д. изменяются, в зависимости от абсолютной величины данной меры и округляются. Так как при практическом пользовании всякая мера или прибор неизбежно подвергаются изнашиванию, связанному с потерей точности, то необходимо установить также и шкалу Д., терпимых в приборах, находящихся в обращении в течение определенного срока, после которого они подлежат новой поверке. Выше в табл. 1—5 приведена сводка допусков в измерительных приборах, которые, по действующему в СССР законодательству подлежат обязательной поверке и клеймению.

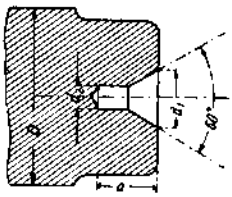
Д. в гирях см. *Гири*; Д. в медицинских термометрах равны ±0,1°. **А. Доброхотов.**

ДОРН, оправка, на которую насаживают подлежащую обточке или шлифовке деталь в том случае, когда необходима точная обработка ее по отношению к предварительно обработанному отверстию.

Простой Д. (фиг. 1) представляет собой отрезок вала, снабженный по краям центровочными отверстиями. Рабочая поверхность *а* делается слегка конусной (наклон образующей к оси 1:2 000); концы дорна *в* делаются меньшего диаметра и снабжаются отфрезированными площадками *б* для надежного упора винта поводка. Обычно дорн изготовляется из инструментальной стали, закаливается целиком и шлифуется на рабочей поверхности, а иногда и в центровочных отверстиях. Перед окончательным шлифованием рабочей поверхности ее подвергают искусственному старению (künstliche Alterung, seasoning) для устранения внутренних напряжений, вызванных закалкой. Для особо точных работ закаливаются лишь концы Д., рабочую же поверхность оставляют мягкой, так как этим исключается возможность позднейшей деформации ее под действием внутренних напряжений. Важным фактором для правильной работы Д.



Фиг. 1.

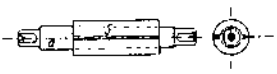


Фиг. 2.

является выбор правильных размеров и тщательное выполнение центровочных отверстий. В американской практике приняты следующие соотношения между диаметром дорна и размерами центровочных отверстий (фиг. 2; размеры приведены в *мм*):

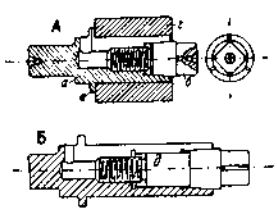
D	d_1	d_2	a	D	d_1	d_2	a
6	3	1,2	4	50	16	6,5	20
8	4	1,5	5	65	18	7,0	22
10	5	2,4	7	80	20	8,0	25
15	7	3,0	9	100	22	9,0	28
20	9	4,0	12	120	25	10,5	32
30	13	5,0	16	150	28	12,0	35
40	15	6,0	18				

Обыкновенные Д. подходят, благодаря малой конусности рабочей поверхности, лишь к отверстиям одного и того же диаметра; даже различие в величине допусков делает иногда их применение затруднительным. Вторым неудобством является непостоянство положения обрабатываемого предмета по длине Д., что препятствует применению их на станках с заранее установленным набором инструментов; кроме того простые Д. портят иногда уже обработанные поверхности отверстий.

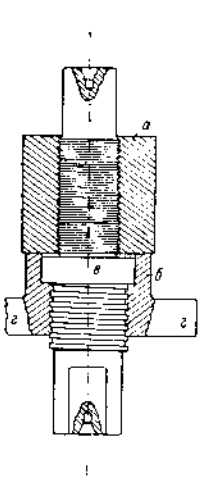


Фиг. 3.

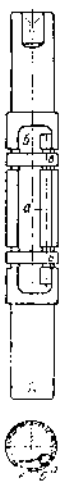
Для избежания этих недостатков употребляют расширительные Д.; в простейшей форме они состоят из коническ. оправки *а* (фиг. 3), на которую надета разрезная цилиндрическая втулка *б*; отверстие последней имеет ту же конусность, что и оправка (обычно наклон образующей к оси 1 : 100—1 : 200). Вдвигая оправку внутрь втулки, заставляют ее расширяться; возникающая при этом сила трения между втулкой и оправкой, с одной стороны, и втулкой и обрабатываемым предметом—с другой, бывает достаточно велика для сопротивления силам, получающимся при обработке. Более совершенный тип расширительного дорна изображен на фиг. 4, А; он состоит из разрез. гильзы *а*, в которую ввинчивается коническая пробка *б*. Гильза *а* снабжена заплечиками *в*, в к-рые упирается обрабатываемый предмет *г* и к-рые обеспечивают неизменность положения его относительно станка. Для особо точных работ необходимо снабдить пробку *б* особыми цилиндрическими направляющими *д*, гарантирующими совпадение осей гильзы и пробки (фиг. 4, Б). Для обточки предметов, снабженных внутренней нарезкой, употребляют Д., изображенный на фиг. 5. В качестве упорки для обрабатываемой детали *а* употребляют гайку *б*, снабженную левой резьбой и упирающуюся в момент зажима в заплечики *в*; гайка *б* служит одновременно поводком, для чего она снабжена ручками *г*, *г*. При обработке не требующей особо высокой степени точности, часто применяются самозажимающие дорны (фиг. 6). Зажимающим элементом служит стальной закаленный ролик *а*, который может кататься в эксцентричной канавке *б* и удерживается от выпадения кольцом *в*; т. о. чем больше давление резца тем сильнее заклинивается ролик и тем крепче держит обрабатываемый предмет. Для снятия с Д. достаточно повернуть его на небольшой угол в обратную сторону. Все описанные выше системы Д. пригодны лишь для центрирования детали по предварительно обточенному отверстию; для зажима деталей по необработанным поверхностям служат другие приспособления.



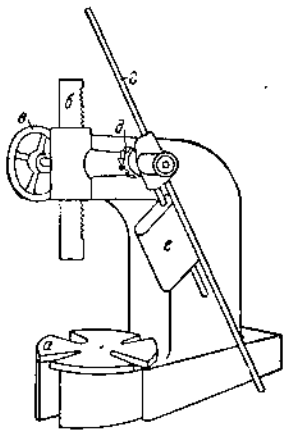
Фиг. 4.



Фиг. 5.



Фиг. 6.



Фиг. 7.

Обыкновенные Д. вжимаются в отверстия ударами медного или свинцового молотка; при более тщательной работе для этого пользуются дорновыми прессами (фиг. 7). Обрабатываемую деталь кладут на вращающийся стол *а*, снабженный прорезями различной ширины, и Д. вжимают помощью плунжера *б*, снабженного зубчатой рейкой и приводимого в движение через шестерню ручным маховичком *в*. Когда сила последнего оказывается недостаточной, прибегают к помощи рычага *г*, действующего на ось шестерни через посредство храпового колеса *д*; противовес *е* приводит рычаг *г* по окончании рабочего хода в начальное положение. В крупных производствах применяют часто трансмиссионные или гидравлические дорновые прессы.

Лит.: Гавриленко А. П., Механич. технология металлов, ч. 4, вып. 2, М., 1925; Гиплер В., Токарное дело и его инструменты в современном производстве, Берлин, 1922; Machinery's Encyclopedia, v. 1, N. Y., 1925.

ДОРОГИ И ДОРОЖНОЕ ДЕЛО. Дорожное дело—искусство построения и эксплоатации сухопутных безрельсовых дорог, т. е. дорог, служащих для передвижения по ним конных повозок, самодвижущихся экипажей (автомобилей, тракторов и т. п.) и пешеходов. В последнее время дорожное дело становится, и по многих своих частях уже стало, на научную основу, обоснованную, с одной стороны, математическими и механическими дисциплинами, а с другой—почвенными, геологическими и геофизическими данными

и экономическими факторами. Иногда безрельсовые дороги именуют обыкновенными в отличие от железных дорог. Дорога, не покрытая каменной или иной прочной одеждой, называется грунтовой. Дороги, покрытые одеждой, носят название шоссе и мостовых (мощеные дороги). Одеждой шоссе служит измельченный в щебень каменный материал, уплотненный катками (см. *Дорожные машины*) для придания одежде монолитности. Если в состав одежды входит только щебень, высевки и вода как простейшее вяжущее вещество, то имеем дело с обычным шоссе (waterbound macadam—связанный водой макадам). Если одежда обычного шоссе устроена на каменном основании, то ей иногда придают название «тельфорд».

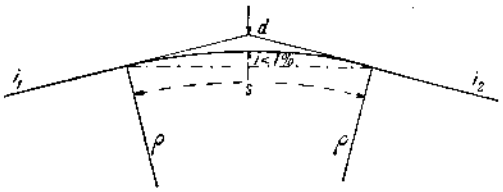
Профиль и план дороги. Ширина проезжей части зависит от габарита (очертания) движущихся повозок, грузонапряженности дороги и качества одежды. В среднем, при конной тяге, ширина одежды $b_0 = 4^1/_2$ *м*, при автомобильн. тяге $b_0 = 5$—6 *м*. На старых шоссе можно встретить более широкую проезжую часть. При автомобильной тяге ширина одежды определяется из условия возможности встречи двух экипажей с оставлением зазора между ними (напр. 0,4 *м*) и зазоров по краям одежды (напр. 0,2 *м*). В последнее время учитывают и возможность поперечного скольжения автомобиля. На пригородных участках и на городских улицах ширина одежды определяется из условия пропуска нескольких рядов повозок, удобства их стоянки возле домов и возможности укладки трамвайных путей. Чем каменный материал мягче и легче изнашивается, тем одежда должна быть шире. Ширина обочин, т. е. промежутков между кромкой (кантом) одежды и бровкой земляного полотна, делается 1—3 *м*. Назначение обочин: а) давать упор проезжей части при проезде экипажей; б) представлять экипажам возможность разъезда и вне пределов проезжей части; в) служить местом складывания ремонтных материалов. Полная ширина полотна дороги между бровками м. б. принята в $7^1/_2$, $8^1/_2$, $9^1/_2$ *м*. Полотно дороги помещается в середине дорожной полосы, или полосы отвода. По обе стороны полотна до границ отвода остаются обрезы одинаковой или неодинаковой ширины. Во время сооружения дороги на обрезах берется земля для насыпей («закладываются резервы») и отваливается излишняя земля выемок («в канальер» или «на вымет»), а также складываются строительные материалы. При эксплоатации дорог на обрезах ставят защиты для предохранения полотна от снежных заносов; вблизи городов и промышленных центров проводят узкоколейные жел. дороги и трамваи. Если дорога покрыта каменной одеждой, то по обрезу часто проводят летний путь в форме грунтовой дороги, по которой сельские экипажи обычно предпочитают передвигаться в сухое время года. Наконец в военное время по обрезам часто идет кавалерия, оставляя полотно для войск других родов оружия. По декрету от 1 сентября 1924 г. установлена ширина полосы отвода на дорогах РСФСР в открытых местах: для дорог государственных—65 *м*, губернских—43 *м*, уездных—34 *м*, волостных и сельских—6,5 *м*, полевых и специального назначения не более 21 *м*. В лесистых местах ширина полосы отвода увеличивается. Фактически ширина дорожной полосы колеблется от 6 до 60 *м*. Проезжая часть в поперечном направлении м. б. очерчена по пологой дуге круга или параболы, а также по двум наклонам к горизонту прямым, сопряженным кривой. Средний поперечный уклон одежды i_0 тем меньше, чем ровнее и глаже поверхность одежды и чем значительнее продольный уклон i дороги (см. табл. 1).

Табл. 1.—Зависимость поперечного уклона одежды от продольного уклона дороги.

Одежда	Значение i_0 в %	
	при $i<2\%$	при $i>2\%$
Обычное шоссе и булыжная мостовая	5	4
Брусчатая и мозаиковая мостовая	3—4	$2^1/_2$—3
Клинкерная мостовая	3—$3^1/_2$	2—3
Деревянная мостовая	$2^1/_2$	2
Железобетонные и бетонные дороги	1—2	1—2
Одежда с применением органических вяжущих веществ (дегти, асфальты, битумы)	1—2	$^1/_2$—1

Для грунтовых дорог, на которых следует избегать образования продольных струй, i_0 тем больше, чем больше i. При назначении поперечного уклона надо считаться с возможной скользкостью одежды. Применение значительных продольных подъемов дает экономию в земляных работах по устройству дороги, но удорожает перевозки. Для достижения возможно большей нагрузки на двигатель, на равнинных дорогах не применяют больших продольных уклонов; на горных дорогах наоборот значительные подъемы и уклоны—обычное явление. Наибольшие допускаемые подъемы и уклоны: а) в ровной местности 4%; б) в холмистой местности 5%; в) в гористой местности 6%, а при исключительно трудных условиях 7%. При проектировании скользких типов одежды эти нормы уменьшаются: например для клинкерной одежды $i_{max} = 4\%$. На грунт. дорогах $i_{max} = 8 \div 10\%$. Минимальный уклон $i_{min} = 0,3\%$, в крайнем случае 0,2%, лучше 0,5%. Горизонтальные участки ($i = 0$) допускаются только для насыпей по болотам и для высоких дамб по разливам рек, просыхание которых происходит быстро, а также для дорог в водопроницаемых грунтах. Горизонтальные участки в выемках не допускаются. По нашим технич. условиям переход от подъема i_1 к уклону i_2, или наоборот д. б. смягчен, если $i_1 + i_2 > i_{max}$: смягчение производится или прямой (горизонтальной или с уклоном в 1%) вставкой длиною 50 *м* (фиг. 1, прямая пунктирная) или же плавной кривою, радиус кривизны к-рой $\varrho \geqslant 800$ *м*. Длина дуги $s = \varrho\,(i_1 + i_2)$; понижение $d = \frac{s}{8}(i_1 + i_2)$. На заграничных дорогах сопряжение разноименных уклонов $+i_1$ и $-i_2$ производится гораздо чаще, чем это допускается нашими техническими условиями; можно встретить и сопряжения одноименных уклонов.

В плане хорошо устроенная дорога состоит из прямых и кривых участков. Кривые обычно описываются по дуге круга или по другой плавной кривой с увеличением величины радиуса кривизны от середины кривой к точкам касания с прямыми участками. Минимальный радиус закругления R_{min} лучше не делать менее 50 *м*; на современных автострадах R_{min} равен 300 *м*.

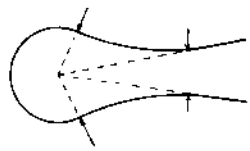


Фиг. 1.

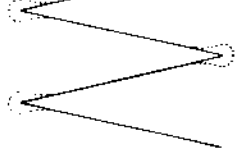
При совпадении крутого продольного уклона i с закруглением малого радиуса R эти 2 величины связываются условием $i = \frac{R}{n}$, где по нашим техническим условиям $n = 10$; за границей же применяются и более значительные величины n (например 20—30). На кривизнах малого радиуса проезжую часть уширяют и делают не двускатной, а односкатной, причем переход от двускатного профиля к односкатному производится постепенно. Такое устройство называется в и р а ж о м. Поперечный уклон i_0' односкатного профиля не делается больше 6—8%. Теоретически величина этого поперечного уклона м. б. определена по ф-ле

$$i_0' = \frac{v^2}{g \cdot \rho} - \mu \cdot k,$$

в которой: v—скорость движения в *м/сек*; g—ускорение силы тяжести в *м/сек²*; ρ—радиус кривизны в *м*; k—дробь, указывающая, какая часть веса передается на ведущую ось автомобиля (обычно принимают $k = \frac{2}{3}$); μ—



Фиг. 2.



Фиг. 3.

коэф-т трения покрышек о дорогу (среднее значение его на чистых сухих мостовых $\mu = 0{,}4$, в сырую погоду $\mu = 0{,}3$, для обледенелых поверхностей $\mu = 0{,}15$ и менее). Переход от двускатного профиля к односкатному делается при помощи особой п е р е х о д н о й кривой (отгон или отвод виража). Если направления двух прямолинейных участков пересекаются под острым углом, то закругление иногда делается не внутри угла, а вне его (серпентина, фиг. 2). Серпентины обычно устраиваются в горной местности, когда при развитии линии приходится трасу укладывать зигзагами на косогоре (фиг. 3).

Грунт дороги. Основанием для полотна и одежды дороги служит грунт, к-рый предварительно д. б. испытан в лаборатории и в поле на отношение к воде, воздуху и нагрузке. Грунт может оказаться и непригодным для данной цели; однако путем различных добавок к нему иногда возможно получить пригодный материал. Состав о п т и м а л ь н о й или с т а н д а р т н о й смеси грунтов у нас окончательно еще не установлен; вероятно он и различен для разных районов страны. По данным Исследовательского бюро Центр. управл. местн. транспорта (ЦУМТ), смесь должна содержать: глины (т. е. частиц мельче 0,005 *мм*) от 7 до 15%, пыли (0,01—0,05 *мм*)—от 25 до 30%, остальное же—более крупные песчаные примеси. Большое значение для качества грунта как основания имеет его способность образовывать т. н. «пучины», наблюдающиеся главным образом в водонепроницаемых пылеватых, а также глинистых грунтах. Если шоссе проходит по такому грунту, пропитанному водой, то весною под действием лучей солнца грунт, находящийся под каменной одеждой, служащей хорошим проводником тепла, начинает быстро оттаивать, в то время как грунт обочин, обладающий меньшей теплопроводностью и прикрытый слоем снега, еще не оттаял. На размягченном грунте, из которого вода не имеет выхода, одежда легко прорезывается колесами. Пучины наблюдаются и на грунтовых дорогах. Особого внимания заслуживает грунт как основание дороги в отношении вечной мерзлоты. Испытание грунта в поле может производиться при помощи ударника (динамическая проба). Желательно составление почвенного профиля дороги.

Материал одежды. Е с т е с т в е н н ы й к а м е н ь для дорог получают: а) собиранием валунов на полях и по берегам рек; б) ломкой из каменных карьеров (каменоломен). Валуны, занесенные в ледниковый период из Финляндии и Скандинавии, находятся по преимуществу в северо-восточной части и в центре РСФСР. Наиболее часто встречающаяся в составе валунов порода—гранит; встречаются также диориты, диабазы, габбро, гнейсы. Валунный камень, более твердый, чем остальные, носит название о б о й н о г о камня (обой, синяк); он обыкновенно темного цвета и повидимому представляет собою продукт разрушения базальта. При разработке карьера предварительно производится его техническое и экономическое обследование. Следует определить пригодность камня для работ, мощность карьера, характер залегания породы, толщину съема, дальность возки. Особенное значение имеет последний фактор. Открывая карьер, составляют проект его эксплоатации: а) место складывания съема назначают так, чтобы не помешать развитию карьера в будущем; б) намечают отвод воды; в) проектируют транспортные устройства с целью использовать, насколько возможно, силу тяжести. Наилучшим расположением карьера надо считать косогоры. Разработка карьера может вестись п о-л е т н е м у, т. е. с удалением съема, или же п о-з и м н е м у, достигая глубокого промораживания съема через прорытые вертикальные окна. Вывозка камня обычно производится зимой, когда это и удобнее и дешевле. Дорожный камень должен удовлетворять всем требованиям, какие предъявляются к строитель-

ным камням вообще, а кроме того должен обладать: а) твердостью, т. е. достаточным сопротивлением истирающим усилиям; б) вязкостью, т. е. достаточным сопротивлением раздроблению при ударе; в) для шоссе еще и способностью цементирования, т. е. отдельные щебенки должны при устройстве шоссе схватываться, образуя монолит. Соответственно этому, специфические дорожные испытания каменного материала следующие: а) испытание на кругах истирания (Беме, Амслера, Баушингера, Дорри); б) испытание на хрупкость на копре Педжа и на удары в барабане Деваля; в) испытание цементирующей способности на копре Педжа, причем образец изготовляется не из камня, а из мелочи, прессуемой при сильном давлении. Камень, предназначаемый для мостовых, обделывается в шашку, бруски или кубики; камень для шоссе разбивается в щебень, что делается вручную или механическими камнедробилками. Применяемые в СССР системы камнедробилок: щековые—Блека, Бекстера, Гудвина, Симсона, Акме и другие; изредка—центробежные. Размеры щебня для обычного шоссе: для мягких пород 25—75 *мм*, для твердых 20—60 *мм*. Наилучшей формой щебенки у нас считается близкая к кубу, с острыми кромками. Щебень выставляется по обрезам, а при эксплоатации преимущественно по обочинам в виде призматич. или, чаще, конических куч. Современная «восьмушка» есть конус, объемом около 1,25 $м^3$. Количественная приемка конуса производится обмером «в перекидку» двух производящих ($2l$ в табл. 2) и длины окружности по земле (πd). Лучше обмерять конуса шаблонами из досок, для построения к-рых служат данные таблицы (d—диам. основания конуса, h—высота, α—угол при вершине). Иногда поверку объема призм и конусов производят особыми мерными ящиками.

Табл. 2.—Размеры щебеночных конусов в м.

Объем конуса в $м^3$	$2l$	πd	d	h	α
1	2,72	7,16	2,28	0,74	114°
2	3,44	8,98	2,86	0,94	114°
5	4,64	12,25	3,90	1,26	114°

В местностях, бедных естественным камнем, приходится применять камень искусственный. Одним из видов искусственного камня является *клинкер* (см.).

Под термином гравий (чура, жвир, грант) подразумевают смесь крупного песка и естественных округлых камней—гальки. Иногда *гравием* (см.) неправильно называют округлый песок. Примесь к гравию до 15% глины может считаться полезной; содержание глины свыше 45% ни в каком случае не допускается. Различают карьерный и речной гравий. Гравий предварительно должен быть отсортирован (галька крупнее 60 *мм* не допускается) и испытан на барабанах Деваля и копре Педжа.

Песок д. б. крупный, кварцевый, с содержанием глины не свыше 5%. Лишь для мозаиковой мостовой нужна значительная примесь глины (до $^1/_3$ объема). Ненужные землистые частицы удаляются из песка и гравия путем промывки этих материалов в пескомойках и гравиемойках.

Главнейшими органическими вяжущими веществами для устройства дорожной одежды являются: *деготь* (см.), *битум* (см.), *асфальт* (см.).

Деготь (также—гудрон, смола) является продуктом перегонки ископаемого топлива, горючих сланцев и других пород, а равно м. б. получен при переработке жиров. В дорожном деле применяется исключительно каменноугольный деготь. Т. н. приготовленный деготь—präparierter Teer — представляет собою смесь вара с антраценовым маслом. Как вар, так и антраценовое масло также представляют собою продукты перегонки каменного угля. В дорожном деле применяют более жидкий деготь (№ 1) для поверхностной поливки и более густой деготь (№ 2) для внутренней пропитки одежды. При лабораторном испытании дегтя определяют его уд. в., содержание воды, процентное отношение фракций при разных $t°$ перегонки, содержание фенолов, нафталина и свободного углерода, а также проникание стандартной иглы на пенетрометре. Нафталин вызывает хрупкость и ломкость застывшего дегтя, свободный углерод плохо влияет на вяжущие свойства. Требования англ. м-ва транспорта, предъявляемые к дегтю, указаны в табл. 3 (фенол—в объемных, а остальные вещества—в весовых %).

Табл. 3.—Английские технические условия на дорожный деготь.

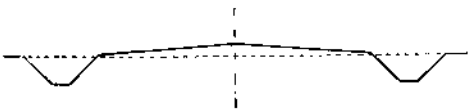
Наименование	Деготь № 1	Деготь № 2
Удельный вес при 15° . .	⩾1,225	⩾1,240
Содержание воды или аммиака	1	1
Другие дистилляты, ниже 170°	⩾1	⩾1
Средние масла (170—270°) .	12—24	10—18
Тяжелые масла (270—300°)	4—12	6—12
Фенолы	⩾ 5	⩾ 4
Нафталин	⩾ 8	⩾ 5
Свободный углерод	⩾22	⩾24
Вязкость (по Хетчинсону)	3—20″	20—100″

Битумы и асфальты получаются в СССР или из естественных месторождений асфальтового камня (например сызранский, шугуровский) или из нефти. Нефтяные асфальты в значительном количестве применяются на дорогах С. Америки (мексфальт, спрамекс); в нашей практике нефтяным асфальтам, зарекомендовавшим себя на опытных работах 1928 г., вероятно предстоит большое будущее. В настоящее время асфальт, гл. обр. естественный, применяется в городах, и лишь на пробных участках стали устраивать асфальтовые дороги и вне городов. Для городских мостовых применяется так наз. естественный битум, извлекаемый из асфальтового камня и известный в продаже под именем гудрона, и асфальтовая мастика, т. е. асфальтовый известняк, обращенный в порошок, обогащенный битумом и затем отлитый в куски (каравай). Иногда, как делают в Москве, к естественному битуму добавляют нефтяной, например

бинагадинский. Следует указать и на применение *мазута* (см.) и эмульсий, представляющих собою деготь и битум в состоянии дисперсии в жидкости (воде). Эмульгированием не достигается улучшение качества вяжущего вещества, но переводятся в текучую форму в холодном состоянии вещества, которые в этом состоянии не текучи или недостаточно текучи.

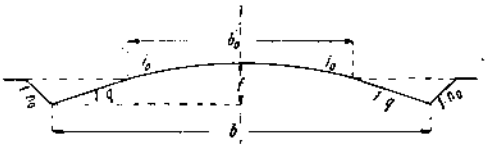
Дерево может применяться для устройства городских мостовых (шашки, торцы) и для простейших типов внегородских дорог. Для мостовых применяется б. ч. мягкое дерево, в частности у нас—сосна; твердое дерево хотя и более прочно, но хрупко и в жаркую погоду дает трещины. Применяемая для изготовления торцов сосна должна быть мелкослойной, по возможности одной и той же рубки для всей партии, с равными годичными кольцами не менее 8—9 на $2^1/_2$ *см* в радиальном направлении. Торцы, имеющие на поверхности сучья, трещины, сердцевины, загнивания, д. б. отсортированы и могут быть допущены лишь для замощения лотков. Дерево следует испытывать на сжатие под прессом, на удлинение при действии влаги, на хрупкость, на водопроницаемость.

Устройство земляного полотна. Земляное полотно м. б. устроено поперечной возкой (насыпи из резерва, выемки в кавальер)



Фиг. 4.

или же продольной возкой и продольным транспортом, когда земля из выемки перевозится в насыпь. Сюда же относится и случай устройства насыпи из удаленных резервов. Типичный поперечный профиль для обыкновенной дороги получается и у левыми работами или обертывающей проектировкой, когда дорога проходит невысокими насыпями (0,3—0,5 *м* высотой). На фиг. 4 изображен профиль в нуленых работах с трапецоидальными кюветами, а на



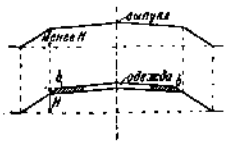
Фиг. 5.

фиг. 5—с треугольными кюветами. В последнем случае, если $\frac{f}{b} = 3 \div 5\%$, то получается выпуклый профиль с мелкими кюветами, в котором глубина кювета $h \sim {}^2/_3 f$; ширина проезжей части $b_0 = 0{,}6\, b$. При конструировании же выпуклого профиля с глубокими кюветами $\left(\frac{f}{b} = 5 \div 7\%\right)$ имеем:

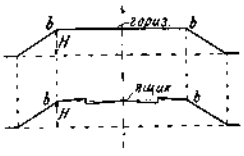
$$h = b_0 \sqrt{i_0} \cdot \sqrt{\frac{1}{(3n_0 - q)}}; \quad b = b_0 + 2hq.$$

Шириной проезжей части b_0 надо задаться; $q = 3 \div 10$; $n_0 = 1^1/_2 \div 3$; i_0—по американской практике, не свыше 0,08; по нашим данным, для выпуклого профиля вообще лучше не делать i_0 более 3—4%.

Для устройства земляного полотна под дорогу, покрытую одеждой, применяют два способа работы: а) полотно строится выпуклым, обочины b досыпаются из резерва (фиг. 6); б) полотно делается горизонтальным, обочины досыпаются из ящика (фиг. 7). Подсчет земляных работ производится по таблицам ЦУМТ или НКВД РСФСР, а



Фиг. 6.



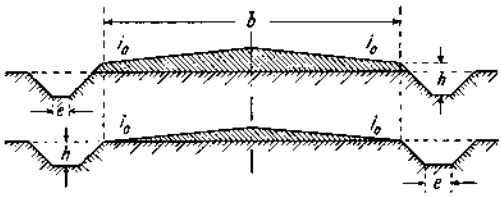
Фиг. 7.

равно графически. На фиг. 8 и 9 изображены поперечные профили НКВД, относящиеся к грунтовым дорогам (см. также табл. 4).

Табл. 4.—Поперечные профили грунтовых дорог.

Наименование дороги	b	h	e	i_0
	в *м*			в %
Губернская	11,0	0,60	0,50	6
Уездная	9,0	0,50	0,50	6
Волостная	6,5	0,50	0,50	6

Отвод воды. Вода отводится вдоль полотна боковыми канавами и резервами в пониженные точки дороги, где устраиваются искусственные сооружения, мосты, мостики, трубы для пропуска воды. Определение отверстий малых искусственных сооружений производится след. обр.: а) определяются

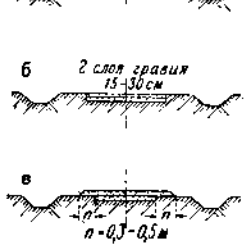


Фиг. 8 и 9.

площадь бассейна сооружения, его уклоны и в зависимости от этих данных расход воды Q, к-рый можно ожидать в сооружении при некотором расчетном ливне; б) руководясь ф-лами гидравлики, ощупью подбирают бытовую глубину воды a по данному поперечному профилю лога; в) определяют отверстие сооружения b по ф-ле Бресса: $b = \frac{Q \cdot q}{\mu \cdot v^2}$, где μ—коэф-т расхода, равный 0,90 для мостов с конусами и труб с расходящимися откосными крыльями, и 0,75—0,80 для всех остальных случаев; v—допускаемая средняя скорость воды в сооружении, зависящая от характера лотка: при бетонном лотке $v = 5$ *м/сек*, при кирпичном $v = 4{,}5$ *м/сек*, при плотной глине $v = 1{,}8$ *м/сек*, при суглинках и супесях $v = 0{,}55 \div 0{,}95$ *м/сек*. Глубина потока в отверстии $\eta = \frac{v^2}{g}$. Глубина воды перед входом в отверстие при малой скорости притекания воды к искусственному сооружению $y = 1{,}5\eta$ (подпорный горизонт).

Ф-ла Бресса неприменима, если $\eta < a$. Отверстие b округляется до ближайшего полуметра в трубах и до ближайшего метра—в мостиках. Расчет отверстий больших мостов—см. *Мосты*. После расчета отверстий намечаются проектные отметки на мостах и над трубами; возвышение низа ферм над подпорным горизонтом должно быть не менее 1 *м*, на судоходных и сплавных реках—по соглашению с соответствующими учреждениями. Засыпка над трубами—не менее 0,5 *м*. Проектная отметка бровки дамбы—на 0,7—1 *м* выше подпорного горизонта; съезды с моста на дамбу не круче 3% на длину не менее 20 *м*. Вода отводится от дороги также отводными канавами и выходными руслами сооружений; в местности, имеющей поперечный уклон к выемке, текущая вода перехватывается нагорными канавами. Движение вредных для дороги подземных водных потоков регулируется устройством *дренажа* (см.).

Грунтовые дороги. Способы улучшения грунтовых дорог следующие: а) спрямление трасы; б) придание дороге поперечного уклона и обрытие ее канавами, где это нужно для отвода воды; в) засыпка низин с устройством в них сооружений для пропуска воды; г) смягчение крутых уклонов; д) покрытие смесями грунтов, гравием и лесными материалами; е) профилирование дороги машинами (машинно-дорожные работы). В частности песчаная дорога улучшается лесными материалами, смешиванием песка с глиной; применяются также: рассыпка глины по песку, расстилка растительной земли (гумуса), укрепление слоем земляного бетона, поливка нефтью и мазутом, торфование песка. Глинистые дороги должны быть прежде всего оканавлены; затем можно произвести смешение грунта с песком или только балластировать дорогу; применяются также добавка извести и обжиг глины в полотне дороги. С целью высасывания воды из полотна дороги в канаву применяется закладка хвороста или фашин в полотно дороги. Б. или м. радикального решения вопроса об улучшении черноземных дорог не существует. В общем применяются те же меры, что и на глинистых дорогах: оканавливание, опескование, закладка фашин в тело дороги. На Украине применяют также легкую проборонку дороги и последующее уплотнение проездом. Гравийных дорог известны три типа, изображенные на фиг. 10, а, б и в (на последней n—величина перекрышки верхнего слоя гравия по отношению к нижнему). Вместо гравия могут применяться шлак, ракушки и т. п. Придание грунтовой дороге выпуклого профиля с треугольн. кюветами (фиг. 5), а также с трапецоидальными кюветами (фиг. 4) м. б. произведено стругами, утюгами, канавокопателями (см. *Дорожные машины*).



Фиг. 10.

Грунт в канавах предварительно разрыхляется, а затем отодвигается к центру дороги с целью образования выпуклой проезжей части. Профилирование лучше всего производить во влажную погоду, в сыром, но не липком грунте. Спрофилированную дорогу нужно уплотнить пропуском катка и выгладить утюгом. Утюги вместе с канавокопателями применяются и для ремонта дорог выпуклого профиля. Ориентировочная стоимость профилирования при 10-*м* ширине—400 ÷ 800 р. с 1 *км*.

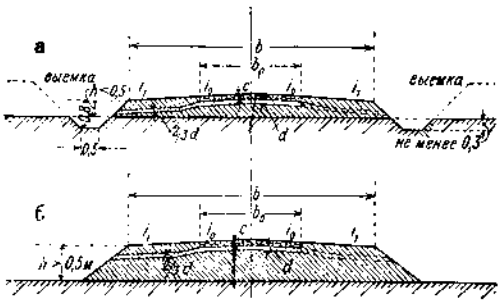
Укрепление грунтовых дорог лесными материалами имеет место на дорогах Севера и Сибири; оно играет большую роль в военное время. В простейшем случае на песчаных дорогах вырывают корыто, заполняемое хвойными лапками или вереском, с покрытием

Фиг. 11.

сверху слоем песка. Иногда грунтовые дороги исправляются хворостяной выстилкой и фашинами, с присыпкой землей и песком (слои по 0,2 *м*). Насыпь, устроенная из перемежающихся слоев глины и хвороста, часто носит название гати. На фиг. 11 изображено укрепление поверхности дороги накатником (вместо накатника м. б. применены и жерди). Накатник укладывается с подборкой и притеской отдельных накатин, под углом около 60° к оси дороги. В прижимах, скрепляющих накатник с лагами, оставляются окна для выпуска воды; самое скрепление прижима с лагами производится забивкой кольев *а* с сучьями *в*, проволокой, деревянными нагелями и пр.

Типы каменной одежды. 1) Булыжная мостовая устраивается из булыжного камня—кругляка или околотого в шашку; применяется также и камень, к-рый добыт в каменоломнях (рваный камень). Средний размер камня 18 *см*; подстилающий слой песка тоже 18 *см*. Булыжная мостовая тряска и шумна, неравномерно садится, образуя ямы и впадины, в которых собирается вода. Мерами к улучшению могут служить: а) тщательное уплотнение основания, по возможности с укаткой; б) тщательная околка и сортировка камня; в) подборка при укладке и совершенное запрещение работать «с прижимом», т. е. с заполнением щвов песком до самого верха; г) укатка мостовой. Засыпка мостовой по ее окончании должна иметь толщину всего 1—2 *см*, для того чтобы песок при поливке или при дожде мог заполнить пустоты, к-рых при тщательной расщебенке мостовой д. б. минимальное количество. Из 1 $м^3$ камня выходит ок. 5 $м^2$ мостовой. В Москве узость улиц, выпуклый их профиль и значительные продольные уклоны (пересеченность местности) влекут за собой образование сильных потоков у тротуаров, почему крупный камень подбирается по краям, а мелкий укладывается в середину; в Ленинграде, при широких улицах, часто вогнутых к середине, и при спокойном рельефе, поступают наоборот.

2) Шоссе. На фиг. 12, а и б, изображен поперечный профиль шоссейной одежды без каменного основания, но с песчаным подстилающим слоем (русский макадам, в применении к государственной дороге). Песок и щебень, насыпанные в ящик или корыто (фиг. 6 и 7), укатываются конным, паровым или моторным катком. Коэф. уплотнения щебня при укатке 1,3—1,4. Кроме щебня в коре применяются высевки, получающиеся в результате бойки щебня; крупные



Фиг. 12.

высевки для заполнения пустот между щебенками (заполняющий материал) и мелкие высевки (мельче 12 *мм*)—для рассыпки по поверхности окончательно укатанной проезжей части (присыпочный материал). На фиг. 12, а и б, и в табл. 5: b—полная ширина полотна между бровками в *м*: b_0—ширина проезжей части в *м*; i_0—средний поперечный уклон проезжей части; i_1—поперечн. уклон обочин; c—толщина щебеночной коры в *мм*.

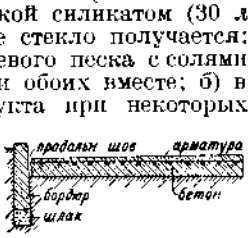
Табл. 5.—Характеристика шоссейной одежды (по ЦУМТ).

Характер движения	Местность: равнин. и холмистая b_0	равнин. и холмистая b	горная b_0	горная b	c в мм	i_0 в %	i_1 в %
Слабое	3,5	7,5	3,5	4,5	150	4—5	6—7
Среднее	4,5	8,5	4,5	5,5	175	4—5	6—7
Сильное	5,5	9,5	5,5	6,5	200	4—5	6—7

Толщина песчаного слоя d делается 0,15—0,40 *м*. Песчаный слой делается или во всю ширину полотна или только под одеждой. В последнем случае нужны песчаные воронки, располагающиеся по обочинам в шахматном порядке, на расстоянии 4 *м* одна от другой. Сечение воронок обычно квадратное (примерно $^2/_3 d \times {}^2/_3 d$). Каменное основание под одеждой м. б. в виде обратной мостовой (пакеляж) или в виде горизонтальных рядов.

Текущий (ямочный) ремонт шоссе заключается в заделке ямок и колей на поверхности одежды, что производится ремонтными рабочими (ремонтерами). На обязанности ремонтера, имеющего в своем ведении обход протяжением 3—7 *км* в зависимости от размеров движения, лежит также и содержание шоссе, т. е. очистка его от грязи и пыли, расчистка канав, планировка обочин. Если ямочный ремонт производится на значительной площади, то делается россыпь щебня картинами, с последующей укаткой катками. Такой способ ремонта представляет собой переход к капитальному ремонту (сплошные россыпи). Если шоссейная кора износилась на толщину 5 *см* или несколько более, что определяется путем промера толщины коры, то одежда киркуется и укатывается по вновь рассыпанному щебню с добавкой прогрохоченного старого. Существующее шоссе в целях обеспыливания может поливаться водой (пресной или морской), растворами гигроскопич. солей (хлористый кальций и даже поваренная соль), минеральными маслами. Укатка шоссе при постройке и ремонте всегда производится от краев одежды к середине. Укатка м. б. разделена на два периода: в первом периоде происходит уплотнение россыпи, сопровождающееся появлением волны перед катком, разравниваемой лопатами; по втором образуется цементирующая корка, что достигается путем рассыпки высевок. В первом периоде и начале второго шоссе поливается водою. Ориентировочное среднее количество щебня для устройства шоссе—около 1 000 $м^3$ на 1 *км* и столько же песка; среднее количество щебня на ремонт 1 *км* шоссе составляет 30—50 $м^3$ в год. Стоимость шоссе (при 5-*м* одежде) по современным ценам ок. 16 000, 18 000 и до 35 000 р. за *км*. Булыжная мостовая обычно обходится несколько дешевле шоссе.

3) Одежда с неорганич. вяжущими веществами. По данным заграничной дорожной практики, устройство силикатированного шоссе м. б. производимо двумя способами: а) бетон из щебня крупностью 4 *см*, высевок, силиката натрия и воды приготовляется на стороне, затем расстилается по дороге и укатывается; б) бетон производится смешением на самой дороге. Пропорция бетона: на 1 $м^3$ щебня—0,35 $м^3$ высевок и 40—45 *л* силиката; толщина силикатированного слоя около 7—10 *см*. Кроме указанных двух способов может применяться обычное устройство и укатка шоссе с последующей поливкой силикатом (30 *л* на 1 $м^3$). Растворимое стекло получается: а) сплавлением кварцевого песка с солями натрия или калия или обоих вместе; б) в виде побочного продукта при некоторых химических производствах (как например при добывании водорода реакцией кремния с раствором едких щелочей). Концентрация раствора от 35 до 36° Bé, что соответствует уд. весу 1,32—1,33. При комнатной t^0 силикат представляет собой вязкую мутную жидкость. Для силикатирования применяются известковый щебень и во всяком случае известковые высевки; может применяться и кварцитовый щебень. Сущность твердения объясняется явлениями адсорбции. Ориентировочная дополнит. стоимость силикатирования (сверх стоимости шоссе) ок. 80—85 к. за 1 $м^2$.



Фиг. 13.

На фиг. 13 изображен поперечный профиль современной бетонной или железобетонной дороги. Толщина одежды—посредине ок. 15 *см*, по краям на 50% больше. Одежда устраивается однослойной и двуслойной; во втором случае верхний слой

(слой износа), толщиной 5 *см*, делается жирнее нижнего (например состава 1 : 2 : 3 или 1 : $1^1/_2$: $2^1/_2$—верхний слой; 1 : 2 : 4 или 1 : $2^1/_2$: 5 — нижний). Плита обычно разделяется на части поперечными швами, на взаимном расстоянии 7—10 *м* и более; применяется также и продольный шов; швы, толщина которых около 0,5—1 *см*, заполняются битумным материалом или другими заполнителями, легко удаляющимися из шва при расширении плиты и заполняющими шов при сжатии. Металлическая арматура весом от 3 до 15 *кг/м²* состоит из сеток или металлических прутьев и располагается в верхней части плиты (5 *см* от дневной поверхности), иногда — в нижней. В швах помещаются стыковые стержни, способствующие совместной работе двух смежных участков (диаметр ок. 12 *мм*, взаимное расстояние 0,5—1,5 *м*, длина 0,6—1,5 *м*); одна половина стыкового стержня выкрашена и смазана салом. Бетон приготовляется в *бетономешалке* (см.), расстилается по основанию, уплотняется и выглаживается отделочной машиной (напр. сист. Lakewood). Стоимость железобетонной одежды дороги при 6-*м* ширине, по герм. данным 1927 г., около 60 000 мар. за *км*. Разновидности железобетонных одежд: солидитит, на основе специального патентованного цемента; сталебетон (патент Клейнлогеля) из металлических опилок и обрезков, и др.

4) Одежда с органическими вяжущими веществами («черные» дороги) устраивается тремя основными способами: а) поверхностная поливка; б) внутренняя пропитка или способ проникания; в) способ смешения. Для поверхностной поливки применяются нефтяные масла (Road Oil—Сев. Америка), дегти и битумы. Одежда д. б. отремонтирована, очищена от грязи и пыли, после чего производится разливка дегтя распределительными машинами, из к-рых вяжущее вещество выливается действием тяжести или под давлением. Деготь разливается подогретым до 100—130° в количестве 1—3 *л м²*. Поверхность одежды посыпается крупным песком или высевками слоем до 15 *мм*, в количестве 1 *м³* на 100—150 *м²* одежды, причем м. б. произведена укатка легким катком, весом 0,5—5 *т*. В течение первого года при сильном движении поливка производится 2 раза в год, а затем 1 раз в год. При внутренней пропитке одежду устраивают в один или два слоя, которые и поливаются вяжущим веществом 2—3 раза; количество вяжущего вещества в среднем 1,25 *л/м²* на каждый *см* толщины одежды в плотном теле.

Тармакадам—бетон из щебня, мелочи и дегтя (способ смешения); приготовляется в горячем виде и м. б. пущен в дело горячим же или охлажденным (напр. через несколько недель лежания в штабелях). Укладка бетона, при толщине слоя в 5—10 *см*, производится по заранее приготовленному основанию и укатывается катком 8—10 *т* весом. Укатанный слой посыпается мелочью, к-рая предварительно обволакивается пленкой дегтя; затем рассыпается такой же песок и производится укатка. В одном из нем. тармакадамов четыре слоя: нижний *T*IV—щебенки 3—5 *см*, толщина слоя 4,5 *см*; слой *T*III—щебенки 1,5—3 *см*, толщина—3,5 *см*; слой *T*II—мелочь 0,5—1,5 *см*, толщина—1,5 *см*; *T*I—мелочь до 0,5 *см*, толщина 1 *см*. Каждый слой укатывается отдельно. К числу тармакадамов относятся системы Эберли, Брейнинга и др. По франц. технич. условиям 1921 г., размеры щебня: 60% разм. 5—6 *см*, 30% разм. 3—4 *см*, 10% разм. 1—2 *см*. На 1 *м²* такого материала требуется около 60 *кг* дегтя. Одежда с применением дегтя часто носит название гудронированного шоссе. Дегтевые и битумные материалы м. б. применены холодным способом при помощи эмульсий дегтя или битума в воде. Эмульсии (Китона, Маньона и др.) могут применяться и во влажную погоду, чего горячий способ не допускает. Крупно-щебенистая одежда устраивается из крупного щебня в 10 *см* и пропитывается эмульсиями; после высыхания применяется поверхностная поливка дегтем. При применении вместо дегтя асфальта можно различать четыре разновидности работ (по терминологии Studiengesellschaft für Automobilstrassenbau): а) асфальтовый макадам, устроенный внутренней пропиткой; б) щебеночный асфальт без заполнителя (Steinschlagasphalt); в) асфальтовый бетон и асфальтовый раствор, оба с заполнителем; американ. шит-асфальт (Sheetasphalt), представляющий собой асфальтовый раствор (тесто); г) песчаный асфальт (Sandasphalt): песок, заполнитель, битум. Термин «укатанный асфальт» (Walzasphalt) выходит из употребления.

Городские асфальтовые мостовые бывают двух типов: из прессованного асфальта и литого асфальта. В первом случае измельченный в порошок асфальтовый камень, нагретый до 120°, развозится в особых повозках, снабженных топками, рассыпается по заранее приготовленному бетонному основанию, трамбуется и выглаживается горячими трамбовками и утюгами, после чего укатывается легким катком. Литой асфальт наиболее применим в СССР. Состав, принятый в Москве: асфальтовой мастики 53,5%, естественного гудрона (битума) 2%, нефтяного гудрона 2%, гравия и речного песка 42,5%. Расплавленная в котлах смесь расстилается по приготовленному бетонному основанию и разравнивается под шаблон, после чего производится посыпка песком, песком с цементом, песком с известью и затирка. Содержание гудрона не везде одинаково: на севере оно больше. Толщина слоя асфальта 5 *см*.

5) Усовершенствованные мостовые: а) из естественного камня; б) из искусственного камня (клинкер); в) деревянные.

а) Размеры брусков естественного камня (для московских мостовых) приведены в табл. 6.

Табл. 6.—Размеры брусков естественного камня.

Тип	Высота в *см*	Размеры верхней лицевой поверхности	
		длина в *см*	ширина в *см*
Нормальный	15—16	15—25	12—15
Облегченный	13—14	15—25	12—15
Мостовой	$9^1/_2$—$10^1/_2$	15—25	12—15
Мозаичный	8—10	8—10	8—10

Первые три типа укладываются на прочном основании (бетон, пакеляж, песок и т. д.) рядами, перпендикулярными к оси дороги, и отделяются от тротуара или обочины бордюрными камнями, параллельными оси дороги. Московская и ленинградская брусчатка (диабаз) гл. обр. привозится с Онежского озера. Мозаичная мостовая на прочном основании с обязательной прослойкой из несколько глинистого песка укладывается по дугам круга или с беспорядочными швами. Швы всех мостовых из естественного камня заполняются песком или, лучше, цементом или асфальтом.

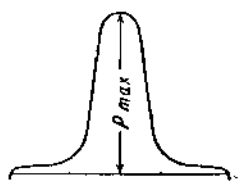
б) Укладка клинкерной мостовой производится в СССР по слою песка в 25—30 *см*. Ряды клинкера или перпендикулярны к продольной оси дороги или наклонены под углом в 45° (в елку). Вдоль обочин мостовая окаймляется бордюрами из клинкера же в 2—3 ряда, параллельно оси шоссе. За границей клинкер укладывается по бетонному основанию в 15 *см* с песчаной прослойкой в 5 *см* между бетоном и клинкером. Лом, получающийся при фабрикации клинкера и при перестройке мостовой, м. б. перебит в щебень, из к-рого возможно устроить шоссе.

в) Деревянная мостовая устраивается с толстыми швами до 8 *мм* и с тонкими швами («со швами» и «без швов»). В первом случае швы заполняются цементным раствором 1 : 2 или 1 : 3 или же смесью вара с антраценовым маслом. Мостовая посыпается слоем песка. Ленинградская торцовая мостовая устраивается из шестиугольных сосновых торцов, уложенных по деревянному полу на лагах, или же по бетонному основанию. Диаметр описанного круга торца 25 *см*, высота 13—14 *см* и более.

Основы расчета одежды. Сопротивление движению (в *кг*) повозки, в частности автомобиля, выражается ф-лой:

$$W = P(f + i) + k \cdot s \cdot v^2 + \frac{P}{g} \cdot \xi \cdot j, \qquad (1)$$

где P—вес автомобиля в *кг*, f—коэф. сопротивления движению, i—подъем, выраженный в виде отвлеченного числа (тангенс угла наклона к горизонту); коэф. $k = 0{,}07$, если лобовая поверхность автомобиля s выражена в $м^2$, а скорость v в *м/сек*; g—ускорение силы тяжести (в $м/сек^2$); j—фактич. ускорение (в $м/сек^2$), ξ—коэф., учитывающий влияние инерции вращающихся масс и равный 1,05 для легковых автомобилей и 1,10 для грузовиков. Коэф. сопротивления движению на шоссе $f = 0{,}03$; на булыжной мостовой $f = 0{,}05$; на грунтов. дороге, в зависимости от ее состояния, $f = 0{,}05 \div 0{,}10$ и более; на усовершенствованных типах одежды $f < 0{,}03$, напр. на асфальте $f = 0{,}01$. Для движения повозки на ободе ведущих колес д. б. приложена сила тяги F, равная W. Эта сила, как видно из ф-лы (1), во время движения меняет свою величину; т. о. горизонтальная сила, действующая на дорогу, во время движения повозки переменна. Кроме того продольной горизонтальной силой, действующей на одежду, является сила торможения. Поперечная горизонтальная сила возникает например при действии центробежной силы. Теория влияния горизонтальных сил на дорогу (истирание и сдвиг) недостаточно разработана. Вертикальные силы, действующие на одежду, тоже непостоянны: а) вследствие влияния продольных и поперечных уклонов центробежной силы и вращающего момента колеса происходит перегрузка той или иной оси, того или другого колеса, к-рая приблизительно достигает 30% статич. нагрузки; б) вследствие приложения нагрузки с известной скоростью и прыжков автомобиля динамич. действие нагрузки P эквивалентно действию статич. нагрузки kP, где k есть динамич. коэфициент. По опытам Американского бюро общественных дорог (U. S. Bureau of Public Roads), при скорости 26 *км/ч* для пневматич. шин, $k = 1{,}75$; для сплошных шин $k = 4 \div 5$, для сплошных шин с прослойками воздуха (cushion tyres)—$k \cong 3$. След, оставляемый покрышкой на поверхности одежды, может считаться эллиптическим; при пневматич. шинах давление распространяется равномерно по площади следа; при сплошных шинах наибольшее давление (в 1,75—2 раза больше среднего) получается в центре эллипса касания. Подбор материала одежды м. б. произведен по величине удельного давления и данным о прочном сопротивлении сжатию имеющихся под руками материалов. Напр. можно считать, что трехтонный грузовик на двойных сплошных шинах $1\,050 \times 140$ *мм* оказывает давление на одежду, доходящее почти до 40 $кг/см^2$; такое давление могут выдержать далеко не все виды одежды, а только лучшие естественные камни, лучший клинкер, жирный бетон (не ниже 1 : 6), твердое дерево. Часто принимают, что давление в щебеночной одежде (и в песке) передается во все стороны под углом 45° к вертикали. В качестве рабочей гипотезы считают, что при равномерном давлении на верхнюю грань одежды по прямоугольнику со сторонами a и b нижняя поверхность этой одежды, при толщине одежды h, передает равномерное же давление на основание по прямоугольнику $(a + kh) \cdot (b + kh)$. Здесь k—нек-рый коэфициент, равный ~3 для укатанного щебня. Чем кора хуже укатана, тем коэф. меньше; для неукатанного щебня $k = 1$; для песчаного слоя $k = 2{,}4$. В действительности, если восставить перпендикуляры к нижней плоскости основания и по ним отложить вверх величины давления на квадратную единицу, то получим тело вращения, в разрезе напоминающее кривую ошибок (фиг. 14). Допускаемая нагрузка на грунт не м. б. принята по тем нормам, какие применяются при проектировании оснований и фундаментов сооружений. Сопротивление основания под одежду сильно уменьшается действием мороза и большой влажностью на поверхности. По америк. и франц. данным, допускаемая нагрузка при прочном грунте 2,0—2,4 $кг/см^2$, при слабом 0,3—0,7 $кг/см^2$. Одежда м. б. рассчитана, как плита, находящаяся под действием вертикальных сил и реакции основания; строго говоря, при учете динамич. коэф-та следует принять во внимание и продолжительность действия груза.



Фиг. 14.

т. е. рассматривать динамику деформации одежды. При больших скоростях колебания на рессорах и давление на одежду менее значительны, чем при нек-рой критич. скорости (ок. 22 *км/ч*). В практике шоссейная одежда не рассчитывается, и лишь в редких случаях определяют величину давления на грунт. Что касается бетонной одежды, то известно несколько способов ее расчета.

Деформации и износ одежды. При проходе автомобиля на шоссейных дорогах происходят по преимуществу упругие, на грунтовых—остаточные деформации. Автомобильное движение влечет за собой образование больших количеств пыли. Горизонтальн. силы истирают одежду в мельчайший порошок, к-рый и высасывается в пространство сзади шины, где последняя расправляется после сдавливания об одежду. Если бы за колесом был абсолютный вакуум, то и напряжение высасывания было бы ок. 1 *кг/см²*; принимают, что это напряжение = = 0,5 *кг/см²*. Частицы дорожной одежды, не выдерживающие такого высасывающего напряжения, будут вырваны. Суммарное влияние резиновых шин, потоков воздуха под автомобилем и газов, выходящих из мотора, обычно влечет обнажение средней полосы шоссе и покрытие слоем пыли канав и обрезов. На дорогах с пластичной проезжей частью, а также и на гравийных, появляются волнообразные деформации. Гребни волн располагаются обыкновенно поперек проезжей части; длина волны 0,4—0.6 *м*, глубина—около 1 *см*. Образование волн до настоящего времени удовлетворительно не объяснено; можно думать, что волнообразные деформации образуются в связи с неоднородностью коры и ритмич. действием проходящих автомобилей. Сезонные деформации—выпучивание одежды зимой и обратная осадка весною; суточные деформации наблюдаются в бетонной одежде: выпуклый вид днем и вогнутый ночью. Износ одежды м. б.: а) не зависящий от движения (действие воды, ветра, изменений t°); б) зависящий от движения и увеличивающийся при повышении грузонапряженности. Приблизительно считают, что число n лет службы одежды и грузонапряженность p в m обратно пропорциональны, т. е.

$$n \cdot p = \text{Const.} \qquad (2)$$

Грузонапряженность p в городах относится к 1 суткам или, как делают в заграничных городах, к 1 часу; на загородных дорогах обычно рассматривают годовую грузонапряженность (брутто для износа, т. е. включая вес повозок; грузонапряженность нетто играет роль в дорожной экономике). Значение постоянной в уравнении (2) зависит от местных условий. Для часового значения p величина постоянной $\cong 2\,000$ m (прессованный асфальт, дерево—по германским данным). Продолжительность срока службы каменных мостовых (брусчатка, мозаика), по германским данным, 60 лет; по московским данным, срок службы мостовой от ее устройства до капитального ремонта: брусчатка—15 лет, мостовой камень на бетоне—20 лет, литой асфальт и деревянные торцы—8 лет, булыжная мостовая—5 лет, щебеночное шоссе—3 г., асфальтовый бетон—10 лет. Саксонское дорожное управление, по наблюдениям с 1910 года, исчисляет годовой расход щебня в *м³* на 1 *км* и на 1 *м* ширины щебеночной одежды по ф-ле $a + b \cdot p$ (где p относится к суткам) и приходит к следующим числам:

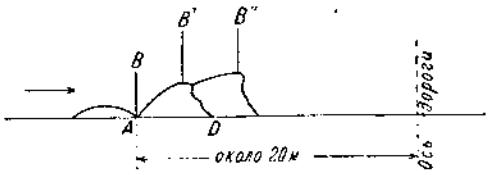
Порода камня	a	b
Гранит и сиенит	4,8	0,020
Диабаз	3,0	0,016
Гнейс средней твердости	3,8	0,020

Специальные дороги. Испытательные дорожки. Лабораторное исследование материала для одежды д. б. дополнено исследованием одежды как таковой в полулабораторной или полевой обстановке. Образцом испытательной дорожки полулабораторного характера может служить узкая круговая дорожка при Теддингтонской физич. лаборатории возле Лондона. Диаметр дорожки 11 *м*, ширина 0,82 *м*. По дорожке катятся колеса, приводимые в движение электромоторами. В пределах СССР имеется опытная дорожка ЦУМТ в Ленинграде (длина 100 *м*). Наиболее известные опытные дороги: в Бейтсе, в Питтсбурге, в Арлингтоне (С. Америка). Нюрбургское кольцо и Брауншвейгская дорога (в Германии).

Автодромы. Близко к испытательным дорогам стоят автодромы для движения автомобилей с большой скоростью. Главные составные части автодрома: а) основная дорожка, обычно в форме двух параллельных прямых, сопряженных плавными кривыми с виражами; длина этой дорожки в различных автодромах колеблется от 1,6 до 5 *км*; отношение длины контура к ширине ориентировочно равно 2,5—3; б) дорожка для испытания автомобилей на прохождение ими б. или м. значительного расстояния в 10—12 *км*, состоящая из чередующихся прямых и кривых, причем нек-рые из них снабжены виражами; в) трибуны для зрителей, обычно железобетонные, вместимостью напр. в 10 000 чел.; г) судейский павильон, в к-ром помещается жюри, следящее за состязанием. Кроме этих основных элементов автодром может включать и целый ряд вспомогательных сооружений. Первый автодром построен в 1907 г. в Брукленде (Англия); известны автодромы: в Монца (Италия), Барселоне (Испания), Мирамас и Монлери (Франция), Оттаве, Чикаго, Union Town, Ascot Park, Beverley Hill (Сев. Америка). Совокупность сооружений, предназначаемых для гонок мотоциклов, носит название мотодрома. Подобным образом, трек, или велодром есть совокупность сооружений для велосипедных гонок. Наконец ипподромы предназначаются для конских состязаний—бегов и скачек.

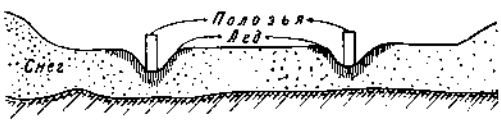
Дорога зимою. Движение в зимнее время производится: а) или по тем же дорогам, по к-рым оно совершается летом, известным образом расчищаемым и содержимым; б) или по специальным зимним дорогам. В первом случае с осени производят заготовку и ремонт щитов для ограждения дороги в местах снежных заносов и ставят вехи по дну канав для того, чтобы легко было найти канаву весной; перед заморозками производят ремонт одежды и закрывают ветвями или

хворостом отверстия искусственных сооружений, что делается во избежание забивки снегом. Очистка дороги от снега производится треугольниками из досок, поставленных на ребро; треугольник, перемещаемый 2 или 4 лошадьми острием вперед, отбрасывает снег в обе стороны. Для расчистки снега могут применяться также струги. В Северной Америке расчистка снега механизирована и производится особыми скребками или



Фиг. 15.

снежными V-образными плугами, соединенными с трактором. Известны снегоочистители с вращающимся ротором, отбрасывающие снег на обрезы. Америк. снегоочистительная служба находится в контакте с Бюро погоды в Вашингтоне, к-рое по телефону сообщает о приближающихся выпадах снега; постоянная очистка дорог от снега позволяет поддерживать зимнее автомобильное движение вне городов. Снежные заносы особенно часты в ровной степной местности и по водоразделам. При постановке щита в точке A (фиг. 15) снег откладывается за ним и перед ним. Когда высота вала за щитом AB достигнет $\sim \frac{3}{4}$ его высоты, щит переносят в B', затем в B'' и т. д. Вместо щитов применяются постоянные заборы и хвойные посадки вдоль дороги. Зимние дороги м. б. проложены по льду реки или озера или же промяты трасы в обход трудных участков. При зимних перевозках леса устраивают специальные снежные или ледяные дороги (фиг. 16), н к-рых особой машиной нарезают колеи для полозьев саней, причем тяга производится трактором. Земляных работ на таких дорогах пытаются избегать, заменяя их эстакадами из местного леса. Ширина рас-

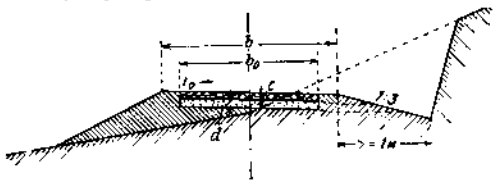


Фиг. 16.

чистки около 6 *м*; расстояние между колеями 1,2—2,4 *м*; глубина колей 8—15 *см*; ширина 17—22 *см*; на кривых колеи уширяются. Толщина ледяной корки на ледяных дорогах ок 5 *см*; при расчете количества воды принимают, что вода при замерзании увеличивается в объеме на 8,5%; во время эксплоатации заботятся об уборке лишнего снега и производят дополнительную поливку. Коэф. сопротивления движению полозьев на хорошей ледяной дороге—0,01 и меньше.

Дорога весною. С наступлением весны открывают искусственные сооружения, очищают их отверстия, прочищают канавы, принимают меры к удалению снега и грязи. Меры борьбы с пучинами: прорытие в обочинах поперечных канавок или воздушных воронок (лучше с осени); застилка одежды хворостом; улучшение условий водоотвода, в частности—тщательная очистка канав и устройство дренажей; перестройка шоссе. При проходе высоких вод производятся наблюдения за их горизонтом и разрушениями, ими причиняемыми, особенно за подмывами опор сооружений.

Дороги в горной местности. Трасса горной дороги или пересекает горный хребет или идет б. или м. параллельно хребту, по склонам его. Перевалы через хребты проходят б. ч. выемками или туннелями; проход по склону обычно совершается полунасыпью-полувыемкой (фиг. 17). Для того чтобы наибольший уклон горной дороги не превзошел заранее заданной величины i, приходится искусственно увеличивать длину дороги, или, как говорят, развивать линию, часто с устройством зигзагов и серпентин. При больших поперечных уклонах местности для поддержания откосов полотна устраивают подпорные стенки. При проходе дороги вдоль реки или озера выступающие мысы приходится прорезать туннелями; при весьма прочных породах удается пройти и полутуннелями, т. е. в нависающей скале. Если существует опасность снежных обвалов или каменных вывалов, то дорогу проводят в крытой галлерее; в



Фиг. 17.

последнее время галлереи делают железобетонными; известны также деревянные и каменные галлереи. Особенностью горных дорог являются сильные водные потоки во время и после ливней, несущих массы грязи (сели, селевые потоки) и каменные выносы; такое загромождение русла следует иметь в виду при проектировании искусственных сооружений.

Проектирование дорог. Экономические изыскания. Для правильного проектирования дороги нужно располагать ее экономической эпюрой, из которой можно было бы получить следующие данные: а) грузонапряженность нетто (густоту движения), т. е. количество грузов, проходящих в каждой данной точке дороги в год; б) направление движения грузов; в) сезонность движения грузов (имея в виду, что зимнее движение гораздо менее разрушительно действует на дорогу, чем летнее). Грузонапряженность зависит: а) от величины района тяготения грузов к дороге и б) количества грузов, притекающих к дороге (или уходящих от нее) с единицы площади района. Границы района тяготения определяют или чисто геометрическим путем, проводя биссектрисы углов, образуемых соседними дорогами, или, что гораздо правильнее, путем обследования вопроса о том, куда население возит свои грузы; последнее можно сделать рассылкой анкет, посылкой экспедиций, непосредствен-

ным наблюдением и т. д. Следует отметить, что районы тяготения для ввозимых и вывозимых грузов м. б. различны; равным образом м. б. неодинаковы районы тяготения для разных грузов. Зная характер земледелия, промышленности и торговли в районе тяготения, можно определить количество грузов, к-рое данный район может подать на дорогу или принять с нее. Одним из основных грузов, движущихся по дорогам, являются крестьянские грузы. При обследовании дорог определяют среднюю норму вывоза (продажи) и ввоза (куплн) на один крестьянский двор или меновую часть крестьянского бюджета и умножают эту норму на число крестьянских дворов в районе тяготения, причем получают общую величину искомой грузонапряженности дороги. Число дворов берется или по отдельным селениям (поселенный подсчет) или по волостям (поволостной подсчет). Бюджет крестьянина м. б. выражен в весовых единицах или в рублях. При исчислении меновой части бюджета нужно обследовать, не продает ли крестьянин продуктов своего производства поздней осенью или зимой с тем, чтобы весной или летом, до урожая, вновь купить их на рынке. Следует учесть также хозяйственные грузы (возка дров, вывозка в поле навоза и пр.), а равно внутрикрестьянский оборот, или сделки в пределах одного и того же селения. Лесные, торговые и промышленные грузы также должны быть приняты во внимание. Кроме описанного к о с в е н н о г о способа грузонапряженность может быть определена путем н е п о с р е д с т в е н н о г о учета д в и ж е н и я. Дорожная сеть разбивается на отдельные, характерные по густоте движения, участки; в тех же пунктах, где можно ожидать максимумов, минимумов или резких изменений движения, ставятся наблюдатели-счетчики. В Московском округе местного транспорта в 1924—25 годах один счетчик приходился на 17 *км* обследуемой сети. Учет ведется по карточке, в которой каждый экипаж отмечается в соответствующей графе черточкой; неграмотным счетчикам выдается ящик с отделениями, в к-рые они опускают палочки по мере прохождения экипажей. Сводка разнородных элементов движения к одному общему измерителю производится путем применения эквивалентов: по франц. данным, если груженую одноконную подводу (collier—хомут) принять за единицу, то порожняя подвода соответствует коэф-ту 0,5, автомобили на пневматиках 2—3, грузовики и автобусы 7—8, мотоциклетка 0,5, лошадь не в упряжке и рогатый скот 0,2. Учет движения производится не постоянно, а только в нек-рые дни, однако с таким расчетом, чтобы эти дни характеризовали движение в течение круглого года; напр. в Московском округе местного транспорта подсчет движения в 1924—25 гг. производился 28 раз в год через 13 дней.

Э к о н о м и ч е с к о е п р о е к т и р о в а н и е. По ординатам экономич. эпюры, соответствующим летним грузам,—вернее, грузам, идущим на колесах, а не по санному пути—подбирается технич. категория дороги, т. е. решается вопрос, остается ли дорога грунтовою или покрывается одеждою; в последнем случае—каков именно д. б. тип (технич. категория) этой одежды и ее ширина. Можно считать, что при летней грузонапряженности в 8 000 *т* (т. е. 16 000—17 000 *т* в год, если летних грузов 50%) требуется каменная одежда; летняя грузонапряженность ок. 40 000 *т* в год заставляет думать о ж.д. с организованными автосообщениями. В промежутке между этими предельными величинами летней грузонапряженности размещаются другие технич. категории дорог. Указанный способ является приблизительным; правильнее задаваться различными технич. категориями дорог и остановиться на той из них, к-рая соответствует наименьшей стоимости перевозок, учитывая погашение основного капитала, проценты и эксплоатационные расходы. Вместо стоимости перевозок иногда определяют ежегодную стоимость *км* дороги, с учетом всех перечисленных расходов. По Эггу (Agg), периодом экономической службы одежды является такой период, по истечении к-рого стоимость поддержания одежды столь велика, что выгоднее перестроить ее или с сохранением старого типа или же с применением нового. Годовая стоимость единицы длины дороги определенной ширины, по Эггу:

$$C = M + (I - S)e + IR, \qquad (3)$$

где M—стоимость ремонта и содержания единицы длины одежды в год в период экономич. службы; I—строительная стоимость единицы длины одежды; S—остаточная стоимость той же единицы в конце периода экономич. службы; e—коэф. ежегодного погашения; R—ставка процента; IR—процентные деньги за один год на вложенный в дорогу капитал. Если по истечении срока экономич. службы ежегодная стоимость ремонта и содержания $M_1 > M$, то годовая стоимость единицы длины одежды:

$$C_1 = M_1 + R \cdot S. \qquad (4)$$

Величины M и M_1, при остальных равных условиях, зависят от грузонапряженности.

При проектировании не отдельного направления, а целой сети дорог следует иметь в виду, что в большей части случаев с е т ь у ж е и м е е т с я и лишь подлежит улучшению. Проектирование сети состоит: а) из выбора дорог, подлежащих постройке или улучшению, с изменением трасы, если это нужно; б) из выбора технич. категории (типа) дорог; в) из установления очередности работ. Дороги переводятся в высшую технич. категорию не целиком, а по участкам, в зависимости от ординат экономич. эпюр, которые в совокупности образуют по отношению к сети к а р т у г р у з о в ы х п о т о к о в. Лучше всего сходные улучшенные участки соединить между собою в небольшое число групп (напр. три группы: дороги с сильным, средним и слабым движением) и для каждой назначить технич. категорию и ширину одежды и полотна. При проектировании сети необходимо иметь в виду, что все виды путей сообщения (жел.-дор., водные пути, безрельсовые дороги) должны не конкурировать между собою, а сотрудничать; поэтому для приступа к проектированию сети необходимо составление тщательной карты-каталога всех путей района. В общем,

как и по отношению к отдельной дороге, выбор наивыгоднейшего начертания дорожной сети определяется наименьшей стоимостью всей сети в течение года. При проектировании часто приходится ограничивать размеры работ финансовыми возможностями; отступление от принципа проектирования на основании объективных экономич. признаков допускается лишь в исключительных случаях (напр. стратегические дороги).

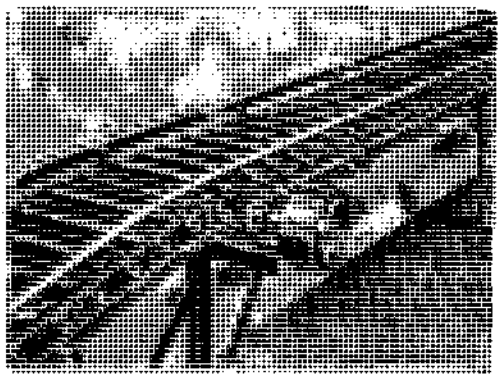
Технические изыскания. Техн. изыскания дороги разделяются на рекогносцировочные и окончательные (подробные). Трасса намечается на карте в двух-трех вариантах; делается объезд местности с производством в особо трудных местах инструментальной рекогносцировки (частичное вешение линии, приблизительный промер, нивелировка по характерным точкам, иногда барометрич. нивелирование). Окончательные изыскания включают в себя: а) выбор направления на местности (трасировку); б) измерение избранного направления (пикетаж); в) нивелировку; г) иногда съемку поперечных профилей; д) съемку планов бассейнов и планов в горизонталях и в трудных местах; е) определение характера почв и грунтов путем осмотра, бурения и шурфования. При изысканиях, предшествующих частичному улучшению дороги, изыскательская работа обычно производится только на протяжении участков, к-рые имеется в виду подвергнуть улучшению. Перед началом постройки дороги производят восстановление линии, т. е. измерительные действия для постановки в натуре новых изыскательских знаков взамен утерянных, причем строитель принимает меры к улучшению плана и профиля дороги. Технич. изыскания обязательно должны сопровождаться изучением гидрологич. условий местности; равным образом изыскатель должен хорошо освоиться с климатом местности, к-рый во многих случаях является решающим фактором при выборе типа одежды и сооружений (геофизические факторы проектирования).

В результате рекогносцировки составляется предварительный, или эскизный, проект, а в результате подробных изысканий—окончательный проект, куда входят следующие документы: а) карта с нанесением окончательной трасы и вариантов; б) продольный профиль по главной трасе и вариантам (причем масштабы берутся следующ. образом: горизонтальный 1 : 5 000, а вертикальный 1 : 500); в) нормальные поперечные профили и поперечные профили в определенных характерных местах, с нанесением проектировки (здесь горизонтальный и вертикальный масштабы одинаковы—1:100); г) планы и профили бассейнов (их площади, уклоны и длины) и определение отверстий искусственных сооружений; д) ведомость водотоков и описание существующих на них вблизи дороги мостов, мельниц, плотин; е) ведомость грунтов; ж) ведомость реперов; з) ведомость смежных с дорогою земельных участков (с планами); и) ведомость и описание карьеров камня и песка; к) ведомость справочных цен; л) подсчет земляных работ; м) подсчет количества укреплений земляного полотна; н) типовые чертежи и подсчет количества работ тех сооружений, которые выполняются не по типам; о) смета на производство работ с выводом окончательной стоимости работ, общей и на км. При представлении проекта на утверждение все чертежи, профили и планы д. б. сложены в формат полулиста писчей бумаги (20×33 см), одинаковый с форматом всех ведомостей и записок.

Лит.: Давиденков Н. Н., Дорожное дело. Шос. и грунт. дороги, М., 1925; Дубелир Г. Д., Дорожное дело, ч. 1 и 2, М.—Л., 1928; Залесский Е. П., Горные дороги, М., 1925; Киреенко И. А., Материалы для проектирования дорог (литогр. атлас), Киев, 1927; Крынин Д. П., Курс дорожного дела, М.—Л., 1926; Нефедьев А. и Полищук А., Руководство по дорожному делу для волостных и сельских работников, М., 1926; Нефедьев А. М. и Скрябин И. Е., Урочные нормы по дорожным работам, М., 1927; «Сборник отдела шос. и грунт. дорог ЦУМТ'а», в. 13—Грунты и почвы в дорожном деле, М., 1926, в. 19—Дорожные исследования, Л., 1928; «Местный транспорт»,—орган НКВД РСФСР и коммун. хозяйств Москвы и Ленинграда; Agg T. R., The Construction of Roads a. Pavements, 2 ed., N. Y., 1924; Antoine, Les routes américaines, 2 éd., Paris, 1926; Baker, A Treatise on Roads a. Pavements, N. Y., 1920; Besson F. S., City Pavements, N. Y., 1923; Birk A., Der Wegebau, B. 1—6, Lpz., 1921—24; Blanchard A. H., American Highway Engineers' Handbook, N. Y., 1919; Chatburn G. R., Highways and Highway Transportation, N. Y., 1923; Chatburn G. R., Highway Engineering. Rural Roads and Pavements, N. Y., 1921; Enting W., Landstrassenbau, Lpz.—B., 1920; Gamann, Die Unterhaltung d. Wege u. Fahrstrassen, 3 Aufl., Berlin, 1926; Gola, La strada moderna, Milano, 1926; Funk, Das Kunststrassenwesen, Halle a/S., 1926; Goldsmith H. E., Practical Road Engineering, London, 1925; Goodell, The Location, Construction, a. Maintenance of Roads, N. Y., 1918; Harger W. G. a. Bonney E. A., Highway Engineers' Handbook, N. Y., 1926; Harger W. G., Rural Highway Pavements, N. Y., 1924; Harger W., The Location, Grading, a. Drainage of Highways, N. Y., 1921; Knipping F., Steinstrassen, Der neuzeitliche Strassenbau, hrsg. v. H. Hentrich, T. 3, Halle a/S., 1928; Kleinlogel A., Betonstrassen, ibid.; Heymann D., Verwaltung u. Wirtschaft, ibid., T. 8; Kerkhoff B., Asphalt- u. Teerstrassen, B., 1926; Le Gavrian P., Les chaussées modernes, P., 1922; Leeming, Road Engineering, London—Bombay, 1924; Liebmann A., Der Landstrassenbau, 2 Aufl., B., 1921; Marchet J., Der Landstrassen- u. Waldwegebau, W., 1925; Neumann E., Der neuzeitliche Strassenbau. Aufgaben und Technik, Berlin, 1927; Roux O., Routes et chemins vicinaux, P., 1924; Schaar W., Die Beanspruchung d. Strassen durch die Kraftfahrzeuge, Charlottenburg, 1926; Schenck R., Die Kraftwagenstrasse, Charlottenburg, 1925; Schewior G., Handbuch d. Strassen- u. Wegeführungen auf d. Lande, B., 1927; Schneider E., Moderner Strassenbau, B., 1926; Wiley C., Principles of Highway Engineering, N. Y., 1928; a) Труды Международных дорожных конгрессов (Association internationale permanente des congrès de la route); б) Труды америк. дорожно-исследовательского центра (Highway Research Board); Труды америк. бюро общественных дорог (U. S. Bureau of Public Roads); Труды герм. об-ва изучения автомобильных дорог (Studiengesellschaft f. d. Automobilstrassenbau); «Annales des ponts et chaussées», P.; «Die Strasse», B.; «Verkehrstechnik», B.; «Good Roads», L., «Public Roads», N. Y., «Roads and Streets», Chicago. **Д. Крынин.**

ДОРОЖКА РОЛИКОВАЯ, род транспортера без тягового органа (см. *Внутризаводский транспорт*), применяемый преимущественно для перемещения штучных грузов с гладкой нижней поверхностью. Д. р. состоит из целого ряда вращающихся на осях металлич. роликов, посаженных на близком расстоянии друг от друга и передающих груз соседним роликам. Ролики приводятся в движение или механич. силой или силой тяжести самого груза; в первом случае они приводятся в движение от мотора при помощи конич. зубчаток, посаженных на одном общем валу (фиг. 1), или же при помощи бес-

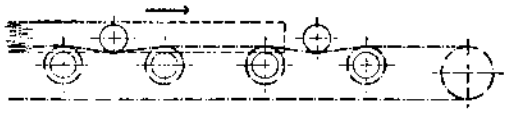
конечной цепи, сцепление к-рой с зубчатками роликов обеспечивается небольшими натяжными шестеренками (фиг. 2). Такие Д. р. строятся длиной до 300 *м* и применяются чаще всего в прокатных цехах для



Фиг. 1.

транспортирования прокатываемого материала к валкам и от них, а также для транспортирования лесных материалов.

Д. р., действующая под влиянием силы тяжести груза (гравитационная), представляет собою путь с небольшим уклоном (0,03—0,04), состоящий из прочно укрепленных и легко вращающихся (часто на шарикоподшипниках) роликов с перилами или без них; в последнем случае имеется возможность спускать грузы, размеры которых больше ширины дорожки. На закруглениях пути роликам придается конич. форма. Для перемещения по замкнутому кругу устраивают в одном месте подъемный механизм. Подъемные механизмы устраиваются также по мере надобности при большой длине пути для восстановления потерянной высоты. Ролики делаются легкими из тонкостенных труб; расстояние между роликами д. б. меньше половины длины перемещаемого предмета, с таким расчетом, чтобы предмет поддерживался по меньшей мере двумя роликами и чтобы ц. т. груза находился между ними. Для мелких предметов, чтобы не



Фиг. 2.

уменьшать слишком сильно диаметра роликов, их делают состоящими из отдельных дисков, причем диски одного вальца заходят в промежутки между дисками другого. Часто Д. р. делают передвижными на колесах; иногда они состоят из нескольких элементов. Подставки под Д. р. делают переставными для изменения высоты и уклона. Применение гравитационных Д. р. весьма обширно, но преимущественно их применяют для перемещения груза с верхних этажей в нижние, и тогда они часто имеют вид винтовой лестницы. Широкое применение эти Д. р. имеют также в качестве подсобного транспортера для подвода грузов к другим транспортерам, например от вагона или парохода к ленточным транспортерам, и обратно. Часто также Д. р. употребляются для перехода от одного транспортера к другому, когда они работают под углом друг к другу. **С. Гурович.**

Лит.: см. Внутризаводский транспорт.

ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ, машины, применяемые в дорожном строительстве с целью ускорения и удешевления производственных процессов. Д. м. могут быть классифицированы след обр.: I группа—Д. м. для постройки и содержания грунтовых дорог; II группа—Д. м. для постройки шоссейных дорог; III группа—Д. м. для постройки усовершенствованных дорог.

I. Д. м. для постройки и содержания грунтовых дорог по характеру выполняемых ими работ разделяют на: А) машины для разрыхления и перемешивания грунта, Б) машины для профилирования дорожного полотна и В) машины для выглаживания дорожного полотна.

А Разрыхляющие и перемещивающие дорожные снаряды. а) Дорожные плуги отличаются от сел.-хоз. плугов тем, что их лемех имеет умеренный изгиб, благодаря чему он более разрыхляет, чем переворачивает грунт (фиг. 1). Дорожные плуги весят от 55 до 145 *кг*. Глубина вспашки колеблется от 25 до 30 *см*.

Фиг. 1.

Фиг. 2.

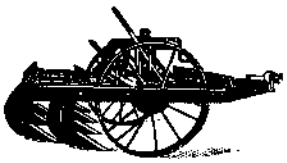
Для своего передвижения они требуют или конной тяги (до 4 лошадей) или тракторной (колесный трактор в 20 HP).

б) Дорожный рутер состоит из мощного чугунного остова, зуба из особо крепкой стали, выступающего из станины примерно на 15 *см*, двух ручек для управления и ползуика, регулирующего глубину захвата грунта зубом (фиг. 2). Рутер применяется для разрыхления каменистых, гравелистых и крепких грунтов. Вес рутера 150—200 *кг*. При работе рутером требуется колесный трактор в 20 HP; в особо тяжелых условиях применяют гусеничный трактор в 25—30 HP.

в) Дорожные разрыхлители состоят из чугунной или стальной станины, в которую вставляются отдельные зубья из особо крепкой стали, числом 6—7. Зубья имеют квадратное или прямоугольное сечение 38 × 38 *мм* или 75 × 32 *мм*. Длина зубьев 712—914 *мм*. Расстояние между зубьями 20—25 *см*. Общая ширина разрыхления составляет 100—150 *см*. Глубина взрыхления 25—30 *см*. Общий вес разрыхлителя с зубьями 200—400 *кг*. Разрыхлители применяются для предварительного взрыхления гравелистых и каменистых грунтов. Обычно разрыхлители помещаются на раме дорожного грейдера, причем в одних конструкциях они помещаются впереди ножа грейдера и управляются самостоятельной червячной передачей, в других они устанавливаются взамен ножа грейдера и управляются передачей, связанной с управлением ножа

грейдера. Зубья делают двусторонними с тем, чтобы после износа одного зубца можно было повернуть другим концом. Один зуб изнашивается после разрыхления 1,2—1,5 *км* гравелистой дороги. При разрыхлении требуется тракторная гусеничная тяга мощностью 30—40 HP.

г) Дорожные риппера состоят из пяти или семи отдельных резцов-зубьев, укрепленных болтами на изогнутых стальных ребрах; последние прикреплены к двухколесной железной раме (фиг. 3). Этот снаряд применяется для очищения дорожной полосы от корней кустарника и мелкого леса. Резцы-зубья изготовляют из специальной стали, размером 38×63×100 *мм*. Расстояние между зубьями 30 *см*. Общая ширина захвата 1,5—1,8 *м*. Вес снаряда 720—1 050 *кг*. Для работы требуется тракторная тяга мощностью 35—40 HP.

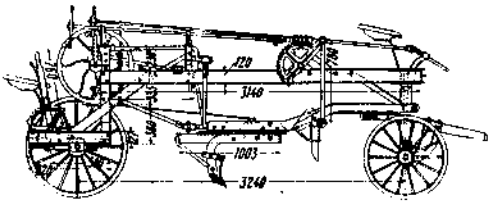


Фиг. 3.

д) Для измельчения и перемешивания грунтов дорожного полотна применяются разного рода с.-х. бороны, как то: дисковые, пружинные, игольчатые, звездчатые; однако для получения лучших результатов существуют специальные дорожные дисковые бороны. Эти бороны состоят из металлич. рамы на колесах, в к-рой укреплены насаженные под различными углами отдельные дисковые бороны, состоящие каждая из 12 дисков, диам. 50 *см*. Общая ширина разрыхления—1,15 *м*. Вес таких борон 1 600—3 200 *кг*, и для их работы требуется тракторная гусеничная тяга мощностью 25—30 HP.

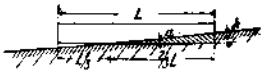
Б. Машины для профилирования дорожного полотна служат для выемки грунта по бокам дороги на площади треугольных или трапецоидальных канав и перемещения вынутой земли к оси дороги с придавием ей соответствующего выпуклого профиля.

а) Дорожные струги-грейдеры имеются трех типов: 1) струги легкого типа, с ножом длиною 1,5—2,0 *м*, приспособленные для конной и тракторной тяги



Фиг. 4.

и применяемые при легких условиях работы на дорогах небольшой ширины (6,5—7,5 *м*) и легких грунтах (супеси); 2) струги среднего типа, с ножом длиною 2,13—2,74 *м*, требующие тракторной тяги и предназначенные для средних условий работы, при ширине дороги 8,5 *м* и суглинистом грунте; наконец, 3) струги тяжелого типа, с ножом длиною 3,05—4,27 *м*, требующие сильной тракторной тяги и предназначенные для тяжелых условий и большого количества земляных работ. На фиг. 4 изображен струг среднего типа (нож=2,13 *м*); струги этого типа строятся в СССР на Онежском з-де. Основной частью струга является его нож, который принимает на себя все усилия при вырезке и перемещении грунта и размер которого влияет на производительность снаряда.



Фиг. 5.

Размер потребной силы тяги для стругов различной мощности м. б. подсчитан по ф-ле:

$$T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

где $W_1 = KS \cdot \cos 45° = {}^1/_2 \sqrt{2} \cdot KS$—сопротивление срезаемого пласта грунта; $W_2 = V_0 \cdot \gamma \cdot f \cdot \cos 45°$—сопротивление от передвижения срезаемого грунта по ножу струга; $W_3 = V_0' \cdot \gamma' \cdot f_1$—сопротивление от передвижения срезаемого грунта по грунту и $W_4 = Q \cdot f_2$—сопротивление от передвижения самого грейдера. В этих ф-лах означают: K—коэфициент сопротивления почвы (сопротивление на единицу площади), который можно принять равным: 2 000 *кг/м²* для легких грунтов, 3 000 *кг/м²* для средних грунтов, 4 500 *кг/м²* для тяжелых грунтов; S—площадь опущенной в грунт части ножа, производящей срезку грунта; максимальное ее значение возможно при погружении на глубину (фиг. 5) $h = 12 \div 20$ *см* и на ${}^2/_3$ длины L ножа; угол наклона a ножа зависит от уклона откоса треугольного лотка 1 : 3 или 1 : 5, т. е. $\operatorname{tg} a_1 = 0{,}33$ или 0,20, а угол $a_1 = 18$ или 11°; угол $\frac{a_1}{3} = 3$, предполагая, что при рытье лотка ножом надо пройти по лотку три раза; cos 45° введен, имея в виду, что при срезке грунта нож струга обычно устанавливается под углом около 45° к направлению оси дороги; V_0—объем срезаемой земли; γ—вес 1 *м³* срезаемой земли; f—коэф-т трения земли по железу, равный 0,4 для легких грунтов, 0,5 для средних и 0,6 для тяжелых; V_0'—объем срезанной земли на верхней трети ножа; γ'—вес 1 *м³* срезанной земли; f_1—коэф-т трения грунта по грунту, равный 0,3—для глинистых грунтов, 0,6—для песчаных грунтов; Q—вес грейдера; f_2—коэфициент сопротивления движению повозки по поверхности земли, равный 0,15.

Фиг. 6.

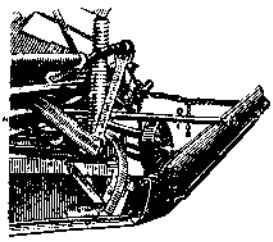
Производительность стругов по профилированию дорожного полотна с треугольными боковыми лотками характеризуется диаграммой, изображенной на фиг. 6.

Ко всем типам стругов м. б. приспособлены кроме вышеуказанных разрыхлителей еще откосники и удлинители. Откосник (фиг. 7) дает возможность производить стругами рытье не только треугольных лотков, но и трапецоидальных канав. Однако при этом производительность грейдеров понижается почти вдвое. Удлинитель служит для увеличения длины ножа струга в тех случаях, когда он выполняет легкую работу по перемещению грунта и когда можно повысить его производительность. Длина удлинителя 0,75—0,9 *м*.

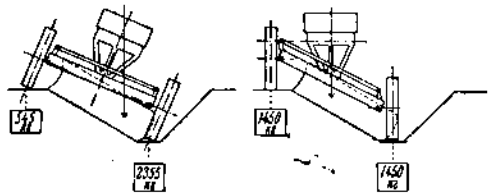
Обычно стругом приходится работать на поперечном уклоне дорожного полотна, в силу чего то боковое усилие, к-рое появляется от давления земли на нож струга, стремится сдвинуть его вбок, что делает работу крайне неустойчивой. Для избежания этого в стругах новейших типов колеса устран-

вают таким образом, что они могут принимать любое наклонное положение. Означенная конструкция противодействует боковому сдвигу грейдера и создает нормальные условия работы, как видно из фиг. 8.

б) Автоструги. В целях удешевления и ускорения работ, гл. образом по содержанию уже построенных дорог, в америк. дорожной практике получили значительное распространение автоструги, в которых управление как трактором, так и ножом грейдера сосредоточено в руках одного человека. Автоструги разделяются на автоструги легкого типа, с ножом длиною 2,44 *м* и двигателем мощностью 20 *HP*, и автоструги тяжелого типа, с ножом длиною 3,05—3,66 *м* и двигателем мощностью 30 *HP*. Вес легких автоструг равен 3 000 *кг*, из которых на раму грейдера с ножом приходится 1 000 *кг* и на гусеничный трактор 2 000 *кг*.

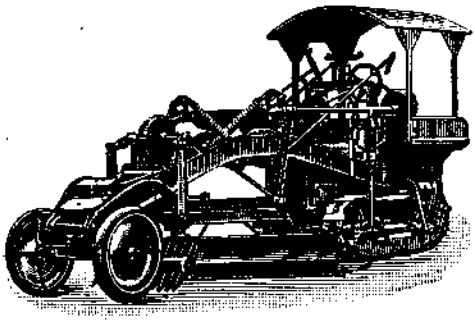


Фиг. 7.



Фиг. 8.

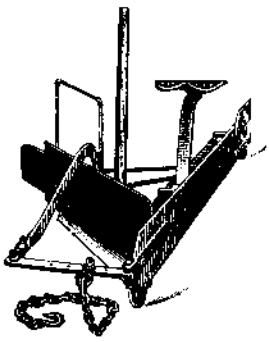
Вес тяжелых грейдеров достигает 4 500—5 000 *кг*, причем вес рамы грейдера с ножом составляет 2 500—2 800 *кг*. Автоструги изготовляются на колесном и на гусеничном ходу (фиг. 9). Автоструги на колесном ходу обладают большей скоростью, однако для продуктивности работы требуется достаточно



Фиг. 9.

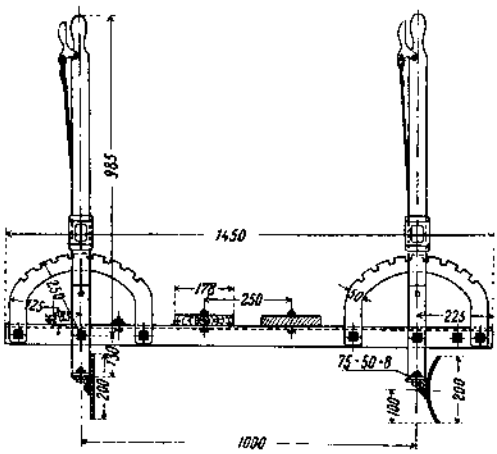
плотное и крепкое дорожное полотно, а потому они применимы гл. обр. при содержании уже построенных дорог. Автоструги на гусеничном ходу благодаря незначительному давлению на грунт (0,66 *кг/см²*) могут легко проходить по рыхлому грунту и работать по профилированию дорожного полотна. Рабочая скорость автоструг на гусенице при профилировании дорожного полотна 1,75—1,85 *км/ч*, при содержании дорожного полотна 2,25 *км/ч*; рабочая скорость автоструг на колесном ходу при содержании дорог 4—6 *км/ч*. Производительность гусеничного автоструга при профилировании дорожного полотна 0,25 *км* в рабочий день.

в) Для рытья треугольных боковых лотков, водоотводных канав и для прочистки существующих треугольных лотков применяются дорожные канавокопатели. Дорожные канавокопатели (фиг. 10) бывают деревянные и металлические. Металлические канавокопатели весят 200 *кг*, они состоят из опорного ножа, 2 893 *мм* длиной и 253 *мм* шириной, отвальной грани 2 130 × 365 *мм* и распорки между ними. Впереди канавокопателя помещается режущий стальной диск диаметром 255 *мм*. Отвальная доска м. б. поставлена относительно опорной доски под любым углом, в пределах от 15 до 60°. При прокопке канав глубиной до 0,4 *м* требуется 4—5 проходов канавокопателя. Рабочая скорость движения канавокопателя с колесным или гусеничным трактором ок. 1,5 *км/ч*. Прокопка треугольных боковых лотков на протяжении 1 *км* по обеим сторонам дороги требует 10 час. работы. Для наибольшей продуктивности канавокопатель должен прикрепляться к трактору при помощи цепи длиною не менее 10—15 *м*. Канавокопатели строятся и на з-дах СССР.



Фиг. 10.

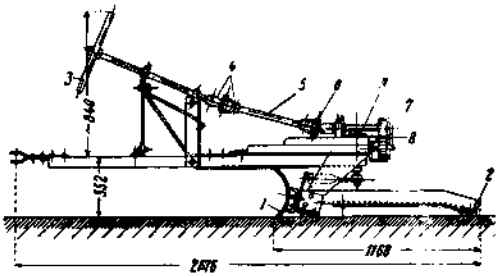
В. Выглаживающие дорожные машины. а) Дорожные утюги бывают деревянные и металлические, причем последние приспособлены или для конной или для тракторной тяги. Утюги для конной тяги имеют ребра 2,00 *м* дл., 150 *мм* выс. и 6 *мм* толщ. Для тяги требуется пара сильных крестьянских лошадей. Утюги для тракторной тяги имеют ребра 2,5 *м* длиной, 200 *мм* выс. и 8 *мм* толщ.; для тяги требуется колесный трактор в 20 *HP*. Металлич.



Фиг. 11.

утюги делают с прямыми и вогнутыми передними ребрами (фиг. 11). Вогнутые ребра имеют то преимущество, что земля вдоль них легче убирается в сторону и ход утюга получается более устойчивым благодаря вертикальной составляющей давления земли. Металлические утюги снабжаются одной или двумя рукоятками, при помощи к-рых ребрам утюга можно придавать любое наклонное положение в зависимости от требуемой работы—срезания или выглаживания грунта. Дорожные утюги применяются как для выглаживания свежепостроенного дорожного полотна, так равно и для содержания в исправности ранее построенных дорог. Производительность металлич. утюга при выглаживании новой дороги 2 000 $м^3/ч$, при выглаживании старой дороги 4 000 $м^3/ч$. Производительность металлических утюгов по сравнению с деревянными выше примерно в 1,5—2,0 раза. Дорожные утюги изготовляются на заводах СССР.

б) Дорожный пленер, весом в 320 *кг*, предназначается для разглаживания неровностей и глубоких колей на дорогах с крепким грунтом: гравелистых, жирноглинистых и пр. (фиг. 12). Передний вогнутый нож *1* имеет высоту 0,265 *м* и длину 2,45 *м* и служит для срезания грунта. Заднее ребро *2*—из уголка 150×100×10 *мм*—служит для разглаживания полотна. При помощи штурвала *3*, карданного вала *5* с шарнирами Гука *4*, *6* и зубчатых передач *7*, *8*, *9* переднему ножу пленера можно придавать различные углы наклона, изменяющиеся в зависимости от требуемой работы. Дорожный пленер приспособлен для работы с трактором в 20 HP, причем, по американским данным, управление пленером должно



Фиг. 12.

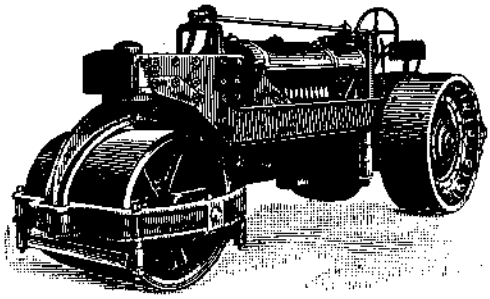
осуществляться мотористом трактора. В наших условиях, при выглаживании гравийных участков с колеями до 10 *см*, скорость работы трактора Фордзон с пленером составляла около 4 *км/ч*, а стоимость выглаживания 1 *км* за 1 раз — 1 р. 25 к. Дорожные пленеры изготовляются и на заводах СССР.

в) В последнее время в америк. дорожной практике получили значительное распространение дорожные ментенеры. Дорожный ментенер состоит из ряда ножей, расположенных под углом друг к другу и укрепленных на одной общей раме, на колесах или без них, прикрепляемой к трактору мощностью 20—30 HP. Ментенеры преимущественно применяются для выглаживания гравийных дорог, причем при выглаживании грунт, скользя по целому ряду ножей и совершая продолжительный путь, лучше заполняет все малейшие неровности на дорожном полотне.

II. Д. м. для постройки шоссейных дорог. К ним относятся *камнедробилки* (см.) и катки.

Для предварительного уплотнения как шоссейных, так и гравийных и грунтовых дорог применяются дорожные катки различной конструкции и веса. Дорожные катки по применяемой тяге разделяются на конные и механические, причем последние в свою очередь разделяются на паровые и моторные.

а) Конные катки обычно состоят из полого чугунного барабана, по бокам которого располагаются железные ящики для



Фиг. 13.

дополнительной нагрузки. Вес конных катков без нагрузки 3—4 *т*, с дополнительной нагрузкой 6—6,5 *т*. Диаметр барабана 1,15—1,40 *м*; ширина барабана 1,15—1,30 *м*; наибольшее давление 50 — 60 *кг* на *п. см* ширины барабана. Для передвижения требуется 6—8 лошадей при скорости 15—20 *км* в день. Чугунные барабаны катка выдерживают без смены работу по укатке до 4 000 $м^3$ щебня.

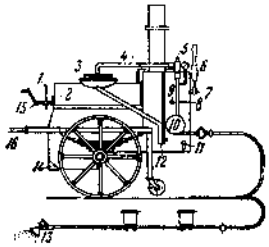
б) Паровые катки, весом от 8 до 20 *т*, бывают трехколесного и двухколесного типа. В трехколесном типе задние барабаны являются ведущими, а передние—направляющими. На задние колеса передается бо́льшая часть веса; обыкновенно наибольшее давление на задние барабаны равняется 80÷95 *кг*, а на передние—30÷40 *кг* на *п. см* ширины барабана катка. Рабочая скорость движения катка 2—3 *км/ч*. Паровой каток обычно состоит из вертикального или горизонтального огнетрубного парового котла и одноцилиндровой или двухцилиндровой паровой машины. Паровой каток за 8-часовой рабочий день расходует 400—580 *кг* угля или 250 *кг* нефти.

Моторные катки (фиг. 13) обычно снабжены двигателями, работающими на керосине и бензине. Двигатели применяются 2- и 4-цилиндровые. Вес моторных катков от 5 до 15 *т*, причем барабаны моторных катков иногда делают полыми, что дает возможность наполнять их водой для повышения веса. Расход горючего—65 *кг* керосина и 1,6 *кг* бензина в рабочий день. Для укатки асфальтобетонных дорог применяют катки с одинаковым передним и задним барабанами, так назыв. типа тендем. Эти катки точно так же делаются паровыми и моторными, причем главными их достоинствами являются равномерность укатки и быстрое изменение ее направления.

III. Д. м. для постройки усовершенствованных дорог. Эти машины, получившие значительное распространение в заграниц. практике в связи с развитием постройки т. н. «черных» (битуминозных) и бетонных дорог, следующие: А) гудронаторы, Б) тармакадамные машины, В) машины для постройки бетонных дорог и Г) асфальтобетонные машины.

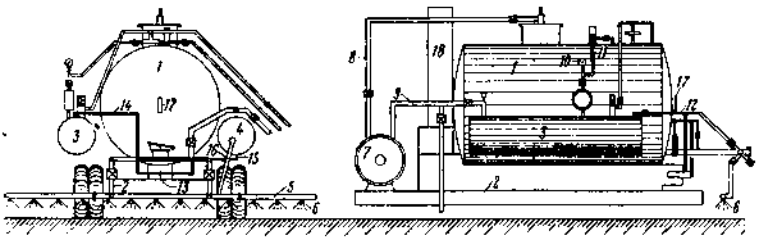
А. Гудронаторы применяют для разбрызгивания по дорожной поверхности подогретых и холодных битуминозных материалов. Гудронаторы бывают различных систем и емкости, начиная от легких ручных аппаратов, емкостью 150—750 *л* и кончая механическими гудронаторами значительной мощности.

а) Ручной гудронатор изображен на фиг. 14, где: *1*—термометр для измерения t° находящегося в котле битуминозного материала; *2*—бак для помещения битуминозного материала; *3*—отверстие в баке с фильтром для накачивания битуминозного материала; *4*—поплавок для указания уровня битуминозного материала в баке; *5*—предохранительный клапан; *6*—манометр; *7*—насос для перекачки материала; *8*—насос для накачивания воздуха; *9*—всасывающая труба для накачивающего насоса; *10*—резервуар для сжатого воздуха; *11*—выпускной кран; *12*—выпускная труба; *13*—сопло и шланг для разбрызгивания материала; *14*—топка; *15*—мешалка; *16*—ручки для передвижения гудронатора. Гудронаторы работают под давлением, получаемым от ручного насоса, в 2—4 *atm*. Дневная производительность ручного гудронатора емкостью в 350 *л* равна 3 000 *м*² поверхностного гудронирования шоссейной одежды при расходе материала в 1,5—2 *кг/м*².



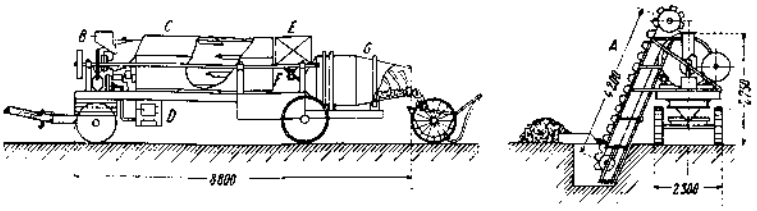
Фиг. 14.

б) Механические гудронаторы устраиваются на автомобильном шасси и делаются емкостью в 2 000—4 000 *л*. Общая схема устройства таких гудронаторов представлена на фиг. 15. Металлич. котел *1* помещается на автомобильном шасси *2*; по обеим сторонам котла расположены: резервуар для сжатого воздуха *3* и бак для нефти *4*. Котел при помощи трубок соединяется с разбрызгивающей трубой *5* с соплами *6*, через которые происходит разбрызгивание материала под давлением в 4—6 *atm*. На шасси находится особый двигатель с компрессором *7*, соединенным трубами *8* и *9* с котлом и резервуаром для сжатого воздуха. Резервуар сжатого воздуха имеет манометр *10* и трубу *11*, которая соединяет его с котлом. Резервуар сжатого воздуха соединяется трубой также с резервуаром для нефти. Труба *12* служит для продувания распределительной трубы и сопел. Подогревание смеси производится при помощи форсунки *13*, к к-рой подается сжатый воздух по трубе *14* и нефть—по трубе *15*. Рычаг *16* служит для регулирования отверстий сопел; t° в котле измеряется термометром *17*. Горячие газы из топки выходят по трубе *18*. Производительность механических гудронаторов равна 18 000—20 000 *м*² поверхностного гудронирования в день при расходе до 2 *кг* на *м*² шоссейной поверхности.



Фиг. 15.

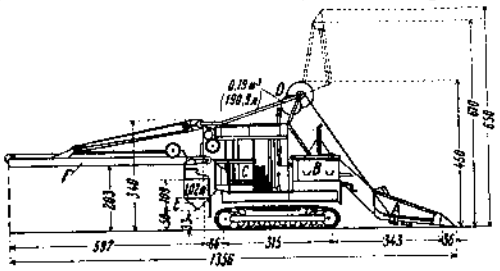
Б. Тармакадамные установки приготовляют т. н. «черный» щебень, т. е. щебень, смешанный с битуминозным материалом. В тармакадамную установку входят следующие части (фиг. 16): элеватор *A*, служащий для подъема щебня; совок *B*—для сбрасывания щебня; сушильный барабан *C*, в к-ром при вращении щебень нагревается до 150° при помощи топки *D*; помещение для битуминозного материала *E* с краном *F*, в котором битуминозный материал также предварительно нагревается, и вращающийся барабан *G* с лопастями на внутренней поверхности, производящими медленное перемешивание щебня с битумом и подачу его к выходному отверстию. Тармакадамные машины устраивают различной производительности, с проработкой от 4 до 12 *т* черного щебня.



Фиг. 16.

В. Для постройки бетонных дорог употребляются особые дорожные *бетономешалки* (см.) на колесном или гусеничном ходу, при производстве работ последовательно продвигающиеся вперед. Главные части бетономешалки (фиг. 17) следующие: совок *A*, в который подается сухой материал (щебень, песок и цемент): при помощи двигателя *B* он может быть поднят, причем все содержимое его опрокидывается в барабан *C*, который изнутри имеет лопасти для лучшего приготовления бетона. В барабан бетономешалки из резервуара *D* поступает в нужном количестве

вода. После перемешивания бетона содержимое барабана выбрасывается в бадью *Е*, к-рая может двигаться по стреле *F*, способной передвигаться вбок, вверх и вниз. Бадья имеет откидное дно, при помощи которого бетонная масса м. б. выброшена в любом месте дороги. Отдельные операции работы бетономешалки требуют: поднятие совка и его выгрузка—10 ск., перемешивание 60 ск., выгрузка—5 ск.; всего—75 ск. За 1 ч. можно сделать до 48 наполнений барабана. Бетономешалки делвются разной



Фиг. 17.

мощности с единовременным выходом 0,76, 0,57 и 0,38 $м^3$ бетонной массы. Т. о. производительность этих бетономешалок соответственно составляет за 8-часовой рабочий день 240, 185 и 120 $м^3$, что равняется ежедневной постройке 435, 335 и 218 *п. м* бетонной дороги при толщине плиты в 0,10 *м* и ширине 5,5 *м*. Для продуктивной работы бетономешалки за ней должна следовать машина, выглаживающая выброшенную бетонную массу, так наз. ф и н и ш е р. Эта машина передвигается по особым рельсам, уложенным по бокам дороги. Она имеет вид металлического моста, снабжена мотором в 8 HP и может двигаться со скоростью 2—3,3 *м/мин*. Она имеет приспособления для срезки (ребром балки), уплотнения (ударами балки) и приглаживания бетона (шнной и резиновой лентой). Отдельные элементы машины м. б. пущены в ход последовательно: сперва может итти срезывание и трамбование бетона, а затем трамбование и приглаживание. Трамбующая часть делает в минуту до 250 ударов; приглаживающая лента делает 40—45 двойных движений (туда и обратно) поперек дороги в минуту.

Г. А с ф а л ь т о б е т о н н ы е у с т а н о в к и см. *Асфальтовый бетон*.

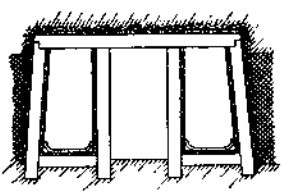
Лит.: К р ы н и н Д. П., Курс дорожного дела, М.—Л., 1926; М а к е р о в Н. С., Бетонные дороги, М., 1928; N e u m a n n E., Der neuzeitliche Strassenbau, B., 1927; L e G a v r i a n P., Les chaussées modernes, P., 1922; H a r g e r W. G., Rural Highway Pavements, N. Y., 1924; B l a n c E. C., Technologie d. Brecher, Mühlen u. Siebvorrichtungen, B., 1928; «Science et industrie», P., 1926—28. **А. Анохин.**

ДОСТАВКА РУДНИЧНАЯ, перемещение в пределах рудника добытых полезных ископаемых и всех вспомогательных материалов для горных работ. Она охватывает все операции по передвижению грузов по горизонтальным, наклонным и частично по вертикальным путям. Особо рассматриваются подъем и спуск грузов и людей по шахтам (см. *Подъем рудничный*). В узком смысле слова называют: доставкой—перемещение ископаемого в различных направлениях от места добычи до рельсового пути и откаткой—перемещение его по рельсовым путям.

I. Доставка. В зависимости от применяемой энергии различают виды доставки: собственным весом, мускульной силой и механической силой. Простейшими видами являются следующие:

1) С п у с к с о б с т в е н н ы м в е с о м по почве выработок, а в нек-рых случаях по специально пройденным для этого выработкам-скатам. Скаты проводятся б. ч. в толще угля, шириной ок. 2 *м* и высотой ок. 1,25—1,75 *м*; скаты разделяются перегородками на 2 или 3 отделения; из них среднее служит для прохода людей (ходовое), а боковые—для спуска угля (фиг. 1). Спуск ископаемого собственным весом применяется при угле падения пласта свыше 20°, причем до угла падения 25° спуск производится по железному настилу, при углах 25—30°—по деревянному помосту, а при бо́льших углах—непосредственно по почве выработки. Недостатком такого способа доставки является измельчение угля, почему этот способ избегают применять в тех случаях, когда ценится крупность угля.

2) Д о с т а в к а м у с к у л ь н о й с и л о й: а) переноска людьми в корзинах и мешках—применяется крайне редко вследствие несовершенства и неэкономичности; б) доставка рабочими-катальщиками, лежащими на почве пласта во всю длину доставки (50—60 *м*) и передающими куски антрацита друг другу; в) перелопачивание и отгребка угля от забоя лопатами или гребками; г) проталкивание ископаемого (исключительно в антрацитовых рудниках) по железным листам, настланным по почве выработки, или по деревянному помосту при помощи рабочих-пропускальщиков; д) доставка санками или волокушами при помощи рабочих-саночников или тягальщиков — применяется в пологих пластах с углом падения до 20°; емкость санок в среднем 0,22 $м^3$; полезный вес санок в среднем 180 *кг*, а мертвый — 30 *кг*; нормальная длина достаяки санками не более 60 *м*; наименьшая зависимость производительности саночника от угла падения пласта бывает при т. н. угле равного сопротивления, при котором усилие саночника при подъеме порожних санок равно усилию при спуске груженых; средняя производительность саночника 125—150 *тм* в смену; е) доставка в тачках—применяется в рудничном деле, в буроугольных разработках и на поверхностных работах; производительность откатчика тачками 500—1 000 *тм* в смену.



Фиг. 1.

3) М е х а н и ч е с к а я д о с т а в к а угля от забоя к рельсовому пути производится механическими санками, конвейерами и скреперами.

М е х а н и ч е с к и е с а н к и—деревянный или железный ящик на 4 колесах, передвигаемый при помощи каната по легкому переносному рельсовому пути, уложенному вдоль забоя. Канат, к к-рому прикреплены санки, переброшен через шкив у одного конца забоя и навивается на тормозный бара-

бан у нижней части забоя; при этом спуск груженых санок происходит собственным весом санок при отпущенной тормозной колодке на барабане; подъем же порожних санок производится от руки при помощи того же барабана. В нек-рых случаях устраивают вдоль забоя двухколейный рельсовый путь, и тогда доставка санками может производиться концевым или бесконечным канатом. При малом угле наклона пласта тормозные приспособления заменяются механич. двигателями, б. ч. электрическими. При толстых пластах, в 1,5—1,7 *м*, вместо санок применяют обычные рудничные вагончики, которые нередко перемещаются при помощи особых лебедок; такая лебедка имеет несколько барабанов, работающих совершенно независимо один от другого; благодаря этому один мотор при многобарабанной лебедке обслуживает несколько печей по числу барабанов.

Конвейеры рудничные располагают вдоль забоя или вдоль выработки; на одном конце конвейера или вдоль него ископаемое нагружается людьми или машинами, на другом же конце материал самостоятельно ссыпается в подставленную вагонетку. Типы рудничных конвейеров: ленточные, пластинчато-роликовые, скребковые (цепные), сотрясательные (качающиеся).

Фиг. 2.

Ленточный конвейер (фиг. 2) состоит из бесконечной ленты *В*, шириной 500 *мм*, пеньковой, льняной или из другого аналогичного материала, направляемой рядом роликов на подставках *Г* и огибающей два установленных на концах выработки барабана: *А*—ведущий барабан, приводящийся в движение от мотора, *Б*—конечный барабан, с натяжным устройством. Скорость движения ленты 0,8—1,0 *м/сек*.

Пластинчато-роликовые конвейеры состоят из железной рамы, в которой перемещается бесконечная цепь из отдельных шарнирно соединенных между собой лотков длиной 300—400 *мм*, выгнутых из стальных листов; каждый лоток снабжен двумя парами роликов, которыми цепь и движется по направляющим рамы. Производительность пластинчато-роликового конвейера в зависимости от ширины ленты (500—900 *мм*) и скорости ее движения (15—30 *м/мин*) колеблется от 50 до 150 *т/ч*. Высота конвейера—450 *мм*.

Скребковый конвейер отличается от других типов тем, что в нем захватывающие приспособления укреплены на бесконечно движущейся цепи того или иного устройства или канате и перемещают (загребают) полезное ископаемое по неподвижному рештаку.

Качающиеся конвейеры получили наибольшее распространение в Зап. Европе и в СССР благодаря своей легкости, дешевизне и хорошей производительности. Они состоят из железных желобов-рештаков, располагаемых непрерывной линией вдоль забоя или выработок и составляемых из отдельных звеньев длиной в 2—3 *м*. Звенья связываются между собой болтовыми, крючкообразными и другими соединениями, допускающими быструю разборку и сборку конвейера. Этим рештакам особыми моторами (пневматическими и электрическими) непрерывно сообщаются толчкообразные движения, и вследствие такого сотрясения или качания рештаков уголь, насыпаемый на них в верхнем конце конвейера, сползает постепенно к нижнему концу. Применяют два вида качающихся конвейеров: а) подвесные, которые подвешиваются на цепях к деревянному креплению выработок или к специальным деревянным или железным козлам (фиг. 3); б) роликовые, к-рые опираются на ролики, расположенные на почве выработки; рештаки при своем движении катятся по этим роликам, опираясь на них. Благодаря особой форме направляющих рештаки при движении в одном направлении несколько приподнимаются, а при обратном—скатываются вниз собственным весом, приобретая значительную силу инерции; т. о. перемещение—сползание груза по рештаку—является результатом сил инерции, сообщаемых ему рештаком. В последние годы вошли в пользование шариковые конвейеры, в к-рых рештаки опираются не на ролики, а на шарики, заключенные в специальную шариковую коробку, выполняющую ту же роль, что и направляющие в роликовых конвейерах, благодаря чему движение рештаков происходит весьма плавно и бесшумно.

Фиг. 3.

Высота этого конвейера ~ 180 *мм*, ширина 380 *мм*, в то время как равноемкий роликовый конвейер имеет высоту 250 *мм* и ширину 620 *мм*.

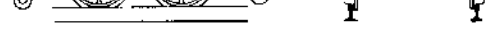
Конвейеры располагаются на расстоянии 0,75—1 *м* от забоя, чтобы не мешать работе забойщиков; при пользовании *врубовыми машинами* (см.) это расстояние увеличивается до 3—4 *м*. Перемещение конвейеров производится через 3—5 *м*, по мере подвигания линии забоя.

Скреперная доставка применяется в пластах любой мощности, но особенно удобна в тонких пластах, где часто оказывается выгоднее конвейерной: скреперные устройства легко перемещаются и не требуют для своей работы никаких приспособлений в виде роликов, направляющих, соединений желобов и т. п. Скрепер представляет собой U-образный стальной гребок либо жесткой конструкции либо состоящий из двух половин, соединенных шарниром и раздвигающихся при помощи трубки телескопического вида. Скрепер передвигается непосредственно по почве выработки при помощи 2 канатов, навиваемых на барабан лебедки. Лебедки, обслуживающие скреперные установки,—электрические; они бывают двух видов: стационарные (лебедка и помост неподвижны) и передвижные—лебедка и помост монтированы на колесной платформе и перемещаются по рельсовому пути от одного забоя к другому (система Гудиси). Размеры скреперов различны в зависимости от условий работы и мощности пласта; емкость скреперов — от 0,5 до 1 *m*; скорость движения 2—2,5 *м/сек*. Мощность лебедки, обслуживающей такой скрепер, 15—25 HP. Скреперная установка обслуживается 4—5 рабочими. Производительность ее—до 100—200 *m* за 8 часов.

II. Откатка. Откатка производится почти всегда только по выработкам основного значения (штреки, бремсберги), и только в редких случаях, при большой мощности пласта, прокладывают пути в очистном пространстве.

Рудничные пути. Рельсы, гл. обр. железные и стальные, рудничного широкоподошвенного типа имеют длину 6 *м* и высоту в промежуточных выработках 50—60 *мм*, на главных выработках 70—80 *мм* и для путей механич. откатки, при вагончиках большого тоннажа и при узкоколейном жел.-дор. пути на поверхности, 90—100 *мм*. Концы рельсов соединяются при помощи прямых накладок и болтов. Шпалы настилаются почти исключительно деревянные, главным образом из дуба или сосны, толщиной 90—135 *мм*; металлич. шпалы дороже, ржавеют и искривляются, а при конной откатке портят лошадям копыта. При твердых (известняк, песчаник) или вспучивающихся почвах рельсы часто укладываются без шпал, непосредственно на почве, и скрепляются железными с болтовыми головками стержнями, пропущенными через отрезки газовых труб. Рельсы прикрепляются к деревянным шпалам костылями или шурупами с железными подкладками и без них, к металлич. шпалам—нажимными накладками. Ширина рельсовых путей в зависимости от ширины вагончиков бывает 550—600 *мм*, на новых наших рудниках приняты стандартные типы в 600, 750 и 900 *мм*; за границей (гл. обр. в США) ширина колеи доходит до 900—1 200 *мм*. Нормальное расстояние между шпалами: на главных путях 0,7—1 *м*, на второстепенных 1—1,25 *м*, на закругленных 0,5 *м* и на стыках рельсов 0,35—0,4 *м*. Для перехода вагончика через пересекающиеся рельсовые пути служат переезды нескольких типов. При откатке по ординарному рельсовому пути в местах встречи вагончиков, идущих в противоположных направлениях, устанавливаются разъезды. Сопряжения разветвляющихся путей происходят при помощи стрелок и ребордных плит. Стрелки бывают: неподвижные и подвижные с 1—2 переводными перьями или с подвижными рельсами (стыковые). На переездах, где приходится поворачивать вагончик на угол, не допускающий устройства закруглений, пользуются поворотными плитами и кругами. Плиты бывают двух типов: постоянные и переносные (временные). При тяжелых вагончиках с полезным грузом в 1,5—3 *m* на местах переездов употребляются поворотные круги.

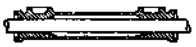
Рудничные вагончики. Доставка груза по рельсовым путям происходит в деревянных, чаще в железных вагончиках. Хороший вагончик должен удовлетворять ряду требований, из к-рых главные: дешевизна, легкость и большая вместимость, сопротивляемость толчкам и изнашиванию, устойчивость на рельсах и легкое обращение при откатке и постановке на рельсы. Вагончики с деревянными кузовами, всегда прямоугольной формы, применяются либо как самостоятельный тип (на небольших рудниках) либо как вспомогательный. Вместимость деревянных вагончиков в среднем 325—400 *кг* угля при мертвом весе 165—200 *кг*. Из железных вагончиков больше всего распространены вагончики анзеновского типа. Кузов—из резервуарного железа толщиной 2,5—3,5 *мм*, а дно—двойное из железа 5—7 *мм* толщины (фиг. 4). К коротким сторонам кузова прикрепляются буфера—эластичные (деревянный брус, куски алойного



Фиг. 4.

каната) или жесткие (металлические закаленные выгнутые полосы). Соотношение длины, ширины и высоты кузова принимается ориентировочно как 2 : 1 : 1; в абсолютных цифрах размеры эти колеблются: длина 1 400÷1 800 *мм*, ширина 700÷850 *мм* и высота 650÷900 *мм*. При указанных нормальных размерах железный вагончик вмещает 0,5÷0,6 *m* угля при мертвом весе в 260÷320 *кг*. В США вагонетки вмещают до 2—3 *m* угля или антрацита при мертвом весе 0,8÷1,2 *m*. Еще большего тоннажа вагончики применяются в металлических рудниках: в Скандинавии вагонетки вмещают от 3 до 4 *m* руды, а в США — до 7 *m*. Для устранения окисления железные кузовы покрывают асфальтом, каменноугольной смолой, окрашивают или оцинковывают. Скаты состоят из осей и колес и прикрепляются либо к вагонной раме либо ко дну кузова. Требования, предъявляемые к скатам, заключаются: в минимальном трении осей, и постоянстве смазки их и в минимальном рас-

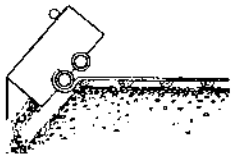
ходе смазочных материалов. Скаты имеются трех типов: 1) лютихский тип—оси неподвижны, колеса вращаются, 2) ньюкестльский тип—ось вращается, а колеса укреплены на оси неподвижно и 3) эвраровский тип, получивший большое распространение—ось вращается, а колеса или оба вращаются или одно из них закреплено неподвижно; смазка помещается в полой буксе (фиг. 5) и распространяется вдоль оси к подшипникам. Значительное улучшение откатки связано с применением шариковых и роликовых подшипников (особенно—последних).



Фиг. 5.

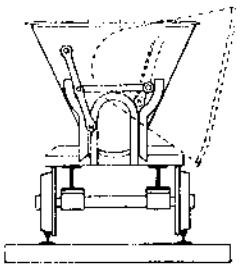
Колеса вагончиков изготовляются из чугуна (литого или ковкого) и чаще из литой стали. Обычные размеры колеса рудничного вагончика таковы: диам. реборды 310—350—460 *мм*; диам. обода 275—300—400 *мм*; ширина обода 50—60—70 *мм*.

В целях ускорения разгрузки применяют вагончики: 1) с откидными бортами, 2) с откидными днищами и 3) опрокидывающиеся. Вагончики первого типа устраиваются с откидными стенками, либо торцовыми либо боковыми; для опорожнения первых из них необходимо их частичное опрокидывание (фиг. 6), вторые же снабжаются двускатным днищем и легко опорожняются, оставаясь всегда на рельсах; вагончики с откидными днищами применяются в США. У опрокидывающихся вагончиков м. б. опрокинут кузов, в то время как скаты и нижняя рама остаются неподвижными (фиг. 7). Вагончики для перевозки леса, так наз. к о з ы, имеют такую же раму, как и обычный вагончик; вместо кузова же имеются две вертикально поставленные и укрепленные на раме укосины.



Фиг. 6.

Для опрокидывания обычных вагончиков применяют различные устройства—о п р о к и д ы в а т е л и. Простейший из них представляет собой накладку на одном из рельсов пути; вагончик, въезжая на нее, становится наклонно и легко м. б. опрокинут. Применяются катящиеся опрокидыватели и чаще переворачивающиеся. В последних опрокидывание вагончиков может происходить и на бок (боковые опрокидыватели) и на торец вагончика (головные опрокидыватели). Опрокидыватели приводятся в действие либо под влиянием перемещения центра тяжести всего устройства при установке в нем груженого вагончика либо механически, посредством двигателя.



Фиг. 7.

Р а с ч е т н ы е ф о р м у л ы. Одной из главных величин, определяющих условия откатки, является сила тяги; на величину ее влияют: полезный и мертвый грузы вагончика, угол наклона пути, диаметры колес и осей и коэфициенты трения. Эти факторы связаны формулой:

$$z = (P + p)\left[\frac{f}{D} + \frac{P + p'}{P + p} \cdot f \cdot \frac{d}{D} \pm \sin\alpha\right],$$

где z—сила тяги в *кг*, P и p—полезный и мертвый грузы вагончика в *кг*, p'—мертвый вес вагончика без колес, D и d—диаметры колес и осей в *см*, α—угол наклона пути, f и f'—коэф-ты трения скольжения и качения; знак (+) относится к подъему, (−)—к спуску груженого вагончика. Выражение

$$\frac{f}{D} + \frac{P + p'}{P + p} \cdot f \cdot \frac{d}{D}$$

есть общий коэф-т трения β; таким образом

$$z = (P + p)(\beta \pm \sin\alpha).$$

На практике обычно $\beta = 0{,}01$. Сила тяги в начале движения вагончика при трогании с места больше, нежели при равномерно движущемся, примерно в 2 раза. Для определения силы тяги при перемещении порожнего вагончика достаточно в ф-ле принять $P = 0$. Зная соотношения между силой тяги при движении груженого и порожнего вагончика, можно рельсовый путь устроить так, чтобы сила тяги для спуска груженого и подъема порожняка была одинакова (угол равного сопротивления). Для этого необходимо, чтобы

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{P\left(\frac{f}{D} + f\frac{d}{D}\right)}{P + 2p}.$$

Это дает уклон 9 *мм* на 1 *п. м.* При интенсивной откатке на короткое расстояние (рудничные дворы, надшахтные здания и т. п.) рельсовым путям необходимо придать такой угол, при к-ром груженый вагончик двигался бы под действием собственного веса, а рабочий прилагал бы усилия только для подъема порожняка. Такой угол называется у г л о м р а в н о в е с и я. Приравняв выражение силы тяги спускающегося груженого вагончика нулю, находят для этого угла:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{f}{D} + \frac{P - p'}{P + p} \cdot f \cdot \frac{d}{D}.$$

При грубых подсчетах можно считать $p = p'$. Подставляя численные значения, получают для $\operatorname{tg}\alpha$ величину ок. 0,015.

В и д ы о т к а т к и. По роду затрачиваемой энергии откатка бывает 1) мускульная и 2) механическая.

1) М у с к у л ь н а я откатка в свою очередь разделяется на откатку людьми и откатку лошадьми.

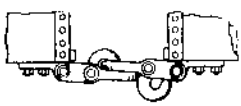
а) Откатка л ю д ь м и (или так называемая ручная откатка) применяется на всех рудниках при доставке груза на небольшое расстояние (не свыше 200 *м*); откатка производится одиночными вагончиками обычного вида и емкости по путям с уклоном 0,005. В зависимости от сопротивления пути, откатчик может катить вагон общим весом ~ 1—1,5 *т* на сравнительно значительные расстояния, затрачивая при движении вагона усилие в 15 *кг* и при трогании с места 25 *кг*. Средняя скорость движения вагончика во время всего оборота с грузом и порожняком, включая и нормальные простои, равна 25—30 *м/мин*. Нормальная производительность откатчика за 8-часовую сме-

ну равна ~ 1 900—2 000 *тм* и изменяется в зависимости от расстояния откатки, состояния путей, стрелок, поворотов и т. п.; при этом с увеличением расстояния производительность в *тм* увеличивается за счет уменьшения провозимых грузов. Производительность же откатчика, выраженная в полезном весе доставленного груза, на расстояниях свыше 100 *м* постепенно падает. Производительность откатчика в смену может быть подсчитана по ф-ле:

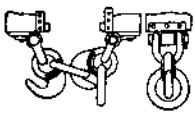
$$B = \frac{T \cdot P}{t + l\left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}\right)},$$

где B—вес груза, перевозимого откатчиком, в *кг*, T—время чистой работы в смену, выраженное в мин., t—время простоев за один оборот вагончика в минутах (время нагрузки и разгрузки вагончика), v_1—скорость откатки груженых вагончиков (в среднем 25—45 *м/мин*), v_2—скорость оборота порожняка (~ 60—80 *м/мин*), l—расстояние откатки в *м*, P—полезный вес вагончика (500—750 *кг*).

б) Откатка лошадьми применяется при интенсивной доставке ископаемых на расстояние свыше 200 *м* и не более 1 500 *м* при уклоне пути 0,003—0,005. Конная откатка производится всегда поездами, причем отдельные вагончики соединяются между собой сцепками (фиг. 8, 9); последние подвешиваются к кольцам у обеих коротких



Фиг. 8.



Фиг. 9.

сторон вагонного кузова. Каждый поезд в составе 4—6 (а при хороших путях до 8—12) вагончиков с полезным грузом в 3—6 *т* передвигается одной лошадью. Производительность лошади в *т* в смену можно определить по формуле:

$$B = \frac{n \cdot P \cdot T}{t + \frac{2l}{v}},$$

где P—полезный вес вагончика в *т*, n—число вагончиков в поезде, T—все рабочее время в смену в минуту, t—время простоев (составление поездов) за один оборот в минуту, l—длина откатки в *м* и v—средняя скорость откатки в *м/мин* (от 60 до 100). Средняя производительность лошади в смену на заграничных рудниках равна 40—60 *ткм*; на русских рудниках 13—28 *ткм*, при соответствующих расстояниях 200—1 400 *м*. Сила тяги лошади 62—75 *кг* при доставке груженых составов и ~ 27 *кг* при доставке того же количества порожних. Срок службы лошадей под землей, вследствие тяжелых условий работы, невелик: обычно 5, редко 8—10 лет. Подземные конюшни, необходимые при конной откатке, устраивают в таком месте, чтобы они проветривались отдельной воздушной струей, имели достаточный водосток и хорошее освещение.

2) Механическая откатка по горизонтальным путям производится при расстояниях доставки свыше 400—600 *м* как неподвижными, так и подвижными двигателями. При первых машины двигают вагончики с помощью каната или цепи, причем вагончики могут либо составляться в поезд заранее либо включаться в движущуюся систему каждый отдельно; при откатке подвижными двигателями откатка ведется только поездами.

а) При откатке неподвижными двигателями в случаях применения каната последний может быть либо концевым (откатка головным и хвостовым канатом) либо бесконечным; при цепной тяге откатка производится только бесконечной цепью.

Система откатки головным и хвостовым канатами применяется в выработках с откаткой средней интенсивности и на сравнительно небольшие расстояния; система эта является незаменимой в условиях криволинейных и узких выработок, в

Фиг. 10.

к-рых почему-либо не м. б. проложен второй путь. Движение вагончиков, составляющих поезд, происходит с большой скоростью (2—6 *м/сек*). Схема этой откатки такова (фиг. 10). Неподвижный двигатель (машина, лебедка), помещаемый в одном конце выработки, имеет два барабана t_1 и t_2, к-рые могут включаться в машину или вращаться независимо от нее (вхолостую). На каждый барабан навиваются самостоятельные канаты h и v, которые другими концами прицеплены: один спереди, другой сзади поезда вагончиков w; канат v, к-рый тащит груженый состав от забоев к шахте, называется головным, а канат h, к-рый тянет порожняк к забоям,—хвостовым; последний может делаться тоньше головного, т. к. весет нагрузку меньше последнего. Хвостовой канат направляется в конце выработки при помощи специального направляющего шкива большого диаметра u. Для предохранения канатов от изнашивания и для уменьшения сопротивления от трения канаты движутся и направляются при помощи металлич., деревянных и комбинированных (дерево с железом) роликов, расположенных на почве и на боках выработки. На закруглениях кроме роликов укладывают контрельсы для предохранения вагончиков от схода с пути. В местах приема и отправления поездов оборудуются станции с таким расположением путей, чтобы пересоединение канатов от груженого состава к порожняковому и наоборот могло происходить легко и быстро. При откатке головным и хвостовым канатами одна и та же машина может служить для откатки и по нескольким разветвлениям; принцип таких устройств заключается в том, что на разветвлениях главного пути прицепляется добавочный канат, бездействующий во время откатки по главному пути и пускаемый в ход во время откатки по ответвлениям. Для включения бокового каната в движущуюся систему главные канаты д. б. разъединяемы в определенных местах для присоединения концов

ях к концам бокового каната. Число вагончиков в поезде определяется по формуле:

$$n = \frac{B\left(t + \frac{l}{v}\right)}{1800 \cdot P \cdot T},$$

где B—производительность откатки в смену в *т*, t—время маневров в *ск.*, l—расстояние откатки в *м*, v—скорость откатки в *м/ск*, P—емкость вагончика в *т*, T—время работы откатки в смену в часах. Расчет головного каната м. б. произведен по формуле:

$$i = \frac{4z_1 + 8xl}{n\delta^2 k + 0{,}0304\delta^2 l \sin a},$$

или, приблизительно,

$$i = \frac{4z_1 + 8xl}{n\delta^2 k}.$$

Здесь i—число проволок в канате, δ—диам. проволоки, из которой свит канат, в *мм* (1—1,6), k—допускаемое напряжение проволок каната в *кг/мм²* (7—20), l—длина откатки в *м*, a—угол наклона выработки, x—коэф. сопротивления движению каната, выражаемый в функции длины каната, в *кг/м* (0,08—0,20), z_1—сила тяги, равная $(P+p)(f \cos a - \sin a)$, в *кг*. По числу и диаметру проволок подбирают сечение каната по справочникам. Мощность в HP двигателя, обслуживающего установку с головным и хвостовым канатами, определяется ф-лой:

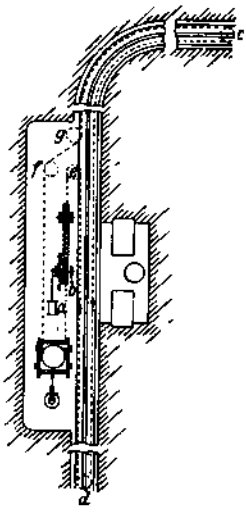
$$N = \frac{1{,}1}{75}(z_1 + z_2)\frac{v}{\eta},$$

где, помимо обозначений, указанных выше,

$$z_2 = (xl + p \sin a) + (xl + p_1 \sin a),$$

причем здесь p и p_1 соответственно вес головного и хвостового канатов в *кг*, η—кпд двигателя.

Откатку бесконечным канатом (или цепью) применяют в двухпутевых выработках с небольшими закруглениями при интенсивной доставке, иногда на значительное расстояние (до 2 000 *м*); этот способ вытесняет все другие системы откатки с неподвижными двигателями. Общая схема откатки такова (фиг. 11): бесконечн. канат (или цепь), который идет вдоль всей выработки, охватывает направляющие шкивы d, e, f, g, c; канат (цепь) приводится в движение ведущим шкивом b, получающим вращение от машины a; шкивы c и d на концах откаточной выработки называются конечными.

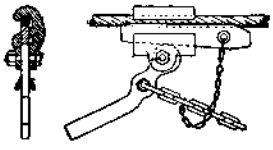


Фиг. 11.

Груженые вагончики или поезда прицепляются на некотором расстоянии один от другого к канату, движущемуся к шахте, порожние—к канату, движущемуся от шахты. Откатка бесконечным канатом м. б. приспособлена для работы на ответвляющихся боковых выработках. Откатка бесконечным канатом подразделяется на откатку нижним и верхним канатом.

Откатка нижним канатом получила меньшее распространение по причине загрязнения и износа канатов и затруднений с присоединением и отцепкой вагонов. Скорость откатки 0,5—1 *м/ск*; канат проходит под вагончиками и сцепляется с ними различными приспособлениями в виде шипцов, клиновых и рычажных соединений, либо прицепляемых к вагончикам либо соединенных с ними наглухо.

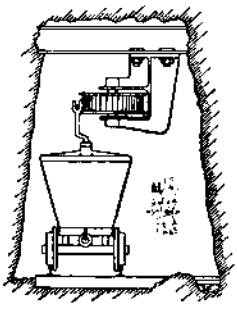
При откатке верхним канатом скорость движения 0,25—0,50 *м/ск*. Канат—либо гладкий либо снабжен узлами или муфтами, в зависимости от чего употребляются различные зацепляющие устройства. Последние бывают: 1) при гладком канате — а) автоматические (рычажные, клиновые зажимы и шипцы, фиг. 12), а также вилки, укрепляемые на борту вагончика и сцепляющиеся с канатом благодаря силе трения между ними, б) простые соединения в виде цепей с крючками или металлического завитка—«баранчика»; 2) при канате с муфтами или узлами—вилки, укрепляемые на передней стенке вагона.



Фиг. 12.

При системе откатки верхним канатом последний движется по ряду роликов, поддерживающих канат на прямом пути и направляющих его на закруглениях. Наиболее совершенными поддерживающими роликами служат ролики Газенклевера (фиг. 13) и звездчатые ролики Диннендаля.

Ведущие и конечные шкивы обычно устанавливают в противоположных концах выработки, по к-рой происходит откатка. Ведущие шкивы помещают в особых камерах, чаще всего в том конце откаточной выработки, куда поступают груженые вагончики; шкивы эти приводятся в движение паровыми или электрическими машинами и лебедками. При значительной длине откатки и значительных перемещаемых грузах ведущие шкивы делают желобчатыми, с несколькими (около 4) желобками для увеличения трения между канатом и футеровкой шкива; помимо этого ведущие шкивы устанавливают в комбинации с «противостоящими» шкивами, служащими для увеличения числа обхватов каната. Оси противостоящих шкивов располагают слегка наклонно для устранения бокового трения каната. Для предохранения каната от износа желобки шкивов выкладываются футеровкой из брусков твердого дерева или из кусков кожи.



Фиг. 13.

Натяжные устройства при откатке бесконечным канатом применяются для устранения скольжения по шкивам и для компенсации естественного удлинения каната, получающегося вследствие его вытягивания.

Расчет каната бесконечной откатки м. б. произведен по ф-ле, определяющей число проволок в канате:

$$i = \frac{4[s_1 + cn(1{,}1P + 2p)f]}{\delta^2(\pi k - 0{,}0608clf)},$$

где s_1—холостое натяжение каната в *кг* (250—300), c—коэф-т сопротивления передвижения каната и роликов (0,03—0,15), n—число вагончиков на ветви, P и p—полезный и мертвый вес вагончика в *кг*, f—общий коэф-т трения, δ—диаметр проволоки в *мм* (1,2—1,6), k—допускаемое сопротивление проволоки разрыву в *кг/мм²* (8—20), l—длина откатки в *м*. По числу проволок и их диаметру подбирают сечение каната по справочникам. Число охватов ведущего шкива подсчитывается по формуле:

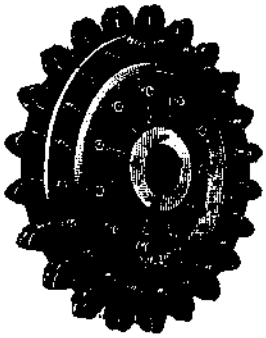
$$x = \frac{lg\frac{s_n + s_1}{s_1}}{0{,}327},$$

где $s_n = cnf(1{,}1P + 2p + 2g)$; g—вес куска каната между двумя вагончиками в *кг*. Эта ф-ла действительна при коэф-те трения каната о футеровку шкива, равном 0,24. Мощность двигателя в HP подсчитывается по формуле:

$$N = \frac{(s_n + w)v}{75\eta},$$

где w—сумма сопротивлений от трения в цапфах шкивов и роликов и от жесткости каната, v—скорость откатки в *м/сек*, η—кпд двигателя.

При откатке бесконечной цепью цепь приводится в движение посредством т. н. зацепляющих шкивов различных систем с прилитыми или вставными захватами. Одна из наиболее удачных конструкций со вставными захватами изображена на фиг. 14. Вместо зацепляющих устройств применяют иногда шкивы, такие же как и при канатной откатке, и в этом случае цепь охватывает шкив $1^1/_2$, $2^1/_2$, ... раза в зависимости от величины сопротивления движению и от величины трения цепи о футеровку шкива. При перемещении вагончиков цепью особые зацепляющие приспособления обычно не нужны, так как цепь силой своей тяжести давит на вагончики, пронисает между ними и звеньями своими захватывает и продвигает их. Иногда применяются вилки простейшего вида. Поддерживающие и направляющие ролики делаются с гладкой поверхностью, с кольцевой выемкой посредине, в к-рой помещаются при прохождении цепи ее вертикально стоящие звенья; плоско же лежащие звенья идут по краю ролика и предохранены от соскакивания бортиком. На закруглениях цепь идет по роликам на определенной высоте, освобождая вагончик; поэтому на закруглениях пути устраиваются с таким уклоном, чтобы вагончики при подъеме цепи не останавливались, сами прошли закругление и на другом конце его снова попали под ведущую цепь.



Фиг. 14.

б) Откатка локомотивами получила большое распространение в последнее время. Возможность легкого обслуживания боковых выработок, удобства маневрирования, отсутствие канатов, возможность замены одного двигателя другим, бо́льшая производительность и безопасность, и в то же время — меньшие вредные сопротивления, обусловливают главенствующее место локомотивной откатки среди других видов рудничного механического транспорта. По роду питания энергией рудничные локомотивы разделяются на зависимые и независимые. К первым принадлежат электрич. контактовые (тролейные, трамвайного типа) локомотивы. Независимые локомотивы в рудничной откатке приводятся в движение сжатым воздухом, жидким топливом и электричеством (аккумуляторные электровозы). Контактовые локомотивы не могут применяться в газовых шахтах во избежание воспламенения рудничного газа при искрении проводов. Выбор того или иного рода энергии для локомотивной откатки зависит от местных условий (наличие газа, избыток энергии и т. п.) и от стоимости оборудования и эксплоатации. Наиболее дешевыми в эксплоатации являются контактовые электровозы переменного тока, за ними идут такие же локомотивы постоянного тока, затем воздуховозы, бензиновозы и наконец самые дорогие—аккумуляторные электровозы. Размеры рудничных локомотивов зависят от рода применяемой энергии; например локомотивы с двигателями внутреннего сгорания являются наиболее громоздкими, контактовые же электровозы при равной мощности имеют наименьшие размеры. Вес локомотивов колеблется от 4 до 16 *т* и в виде исключения доходит до 30—40 *т* (в сдвоенных локомотивах). Обычная мощность локомотивов 12—25 HP; локомотивы большой мощности 100—400 HP делают сдвоенными для увеличения сцепного веса. Сила тяги локомотива составляет на прямом пути на *т* перемещаемого груза 10—15 *кг*, на подъемах—до 20 *кг* и более. Потребная сила тяги для ориентировочных расчетов грубо м. б. определена по ф-ле:

$$z = (w + a)(Q + G),$$

где z—сила тяги в *кг*, w—сопротивление движению от трения на горизонтальном пути в *кг* на *т* общего веса (9—15 *кг*), a—наибольший подъем пути в процентах, Q—вес поезда в *т*, G—вес локомотива в *т*. Работа S (в силочасах), потребная для передвижения поезда, подсчитывается по ф-ле:

$$S = \frac{Q \cdot L \cdot w}{270},$$

где L—длина пути в *км*, w—среднее сопротивление поезда в *кг/т*, Q—вес поезда в *т* (Q и L обычно известны); w подсчитывается так: $w = w_g + w_s + w_k$, где w_g—сопротивление на гориз. пути, w_s—сопротивление на подъеме ($+w_s$) или на спуске ($-w_s$), w_k—сопротивление на кривых. Сопротивление w_g складывается из сопротивления вагонеток и локомотива. Сопротивление движению локомотива можно принимать равным 10 *кг/т*; сопротивление движению вагонеток в среднем составляет 8—9 *кг/т*.

Сопротивление на подъемах w_s составляет на 1 *т* всего веса приблизительно столько *кг*, сколько *мм* составляют подъем пути на каждый *м* длины; например 13 *кг* при подъеме в 13 *мм* (0,013). Сопротивления на кривых w_k обычно не подсчитываются; просто увеличивают тяговую силу на 20—30%. Так как локомотивам приходится развивать наибольшее тяговое усилие при трогании с места, то на это усилие их и рассчитывают.

Локомотивная откатка производится всегда поездами; скорость движения поездов может достигнуть 25 *км/ч*, однако в виду быстрого износа колес и рельсов не следует превосходить скорость в 12 *км/ч*. Сцепление вагончиков при локомотивной откатке д. б. безукоризненным; самые сцепки не д. б. слишком длинны. Обычный состав поездов—15—45 вагончиков, иногда же состав доходит до 70—100 вагончиков.

Локомотивы работают наиболее экономично на путях, близких к горизонтальным. Обычно при локомотивной откатке уклоны (подъемы) составляют в среднем 0,005 и максимально 0,01. Кривые пути локомотивной откатки устраивают так, чтобы радиус закруглений был не менее 7—12-кратной длины жесткой базы локомотива и по крайней мере 25—30 *м*. Рельсы для локомотивной откатки применяются тяжелые, высотой 90—115 *мм* и весом соответственно 15—20 *кг/п.м.* Откаточные пути при локомотивной откатке бывают одноколейные или двухколейные; на разгрузочной станции лучше иметь 3 колеи, из которых две боковых—для груженых и порожних составов, а средняя—для маневрирования. Разгрузочная станция около рудничного двора должна находиться на его продолжении, чтобы сцепщики легко могли обозревать ее и чтобы груженые вагончики могли попасть в клеть без поворачивания. Порядок движения и маневры локомотивов на разгрузочной станции примерно таковы (фиг. 15). Локомотив,

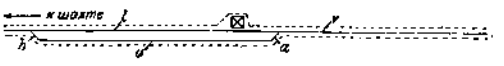
Фиг. 15.

прибывающий с груженым поездом, протягивает его настолько, что он сам устанавливается вблизи стрелки *2*, а поезд между стрелками *1* и *2*; затем он отцепляется, проходит через стрелку *2*, обходный путь и стрелку *1*, становится позади своего груженого поезда, проталкивает его, по мере принятия груза клетьми, вперед и в конце концов сам проходит за стрелку *2*. После этого локомотив через стрелку *2*, обходный путь и стрелку *3* подходит к порожнему составу, стоящему наготове между шахтой и стрелкой *3*. При работе нескольких локомотивов рудничный двор и станция бывают настолько загружены вагончиками, что маневрирование локомотивов отнимает много времени; поэтому стараются освободить их от подтягивания составов в пределах станции, производя эту работу помощью ворота, бесконечным канатом, нижней цепью или устройством самоката. Сборные станции располагают у гезенков и бремсбергов, а также у устьев боковых горизонтальных выработок; они м. б. проходными и конечными. На проходной станции (фиг. 16) локомотив проталкивает порожний поезд *l* через стрелку *a* на холостую колею, отцепляется и переходит через стрелку *a*, сквозной путь *d* и стрелку *b* и становится перед груженым составом *v*. На конечной сборной станции

Фиг. 16.

(фиг. 17) локомотив подтягивает порожняк *l* на место его стоянки, отцепляется, идет к ближайшему груженому составу *v* и, прицепившись к нему, направляется с ним через стрелку *a*, обходную колею *u* и стрелку *h* к шахте.

По окончании рабочей смены локомотивы ставят в депо. В помещении депо устраивается мастерская для производства даже серьезного ремонта, чтобы выдавать локомотивы на поверхность только в случае особенно тяжелых повреждений. В депо для аккумуляторных локомотивов устраивают



Фиг. 17.

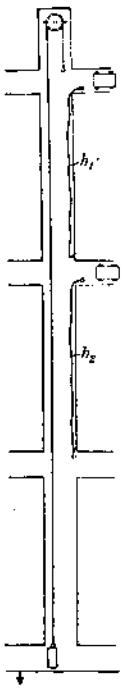
специальные столы для зарядки аккумуляторов, причем на каждый локомотив полагается по 2 батареи, из к-рых одна находится в работе, другая—в зарядке.

Откатка по бремсбергам. Спуск груженых вагончиков с верхних горизонтов на нижние по бремсбергам—особым выработкам, снабженным спуско-подъемными устройствами, производится силой веса самого груза. Бремсберги бывают: двудействующие, имеющие 2 пути, по к-рым вагончики порожние и груженые двигаются одновременно, и однодействующие, имеющие тоже два пути, из которых один служит лишь для попеременного движения тех и других вагончиков, а по второму передвигается «противовес»; односторонние и двусторонние—в зависимости от того, поступает ли груз к бремсбергу с одной или с двух сторон; простые и платформенные—смотря по тому, катится ли вагончик непосредственно по рельсам или ставится на платформу, продвигающуюся по рельсам (при угле наклона свыше 30—35°); ступенчатые, состоящие из нескольких самостоятельных бремсбергов; с концевым или бесконечным канатом. Бремсберг может нормально действовать при углах наклона выработки, не меньших предельного угла (6—7°); он оканчивается горизонтальными верхней и нижней площадками; для приема грузов с промежуточных горизонтов устраивают промежуточные площадки. Определение величины противовеса для однодействующего бремсберга м. б. произведено по двум ф-лам:

$$C = \sqrt{(p + P)p} \quad \text{и} \quad C = p + \frac{P}{2},$$

где C—вес противовеса, P и p—полезный и мертвый грузы вагончика. Обычно вычисляют вес противовеса по обеим ф-лам и из полученных результатов берут среднее.

Откатка по однодействующему бремсбергу производится концевым канатом, причем противовес движется либо рядом с вагончиками (платформами) либо под ними; в первом случае при общем одноколейном пути устраивают разминовки в местах встречи вагончиков и противовеса.



Фиг. 18.

Откатка по двудействующим бремсбергам с концевым или бесконечным канатом почти всегда производится в вагончиках, т. к. откатка двумя платформами рядом требует слишком много пространства. Концевой канат применяется главным образом при доставке между двумя пунктами; доставку концевым канатом с разных горизонтов осуществляют при помощи прицепных канатов h_1, h_2 (фиг. 18) или устройством ступенчатого бремсберга. Бесконечный канат двудействующего бремсберга должен двигаться всегда в одном направлении, а вагончики присоединяются к канату на одинаковых расстояниях один от другого. Преимущества двудействующего бремсберга сравнительно с однодействующим—бо́льшая производительность и лучшее уравновешивание всей движущейся системы.

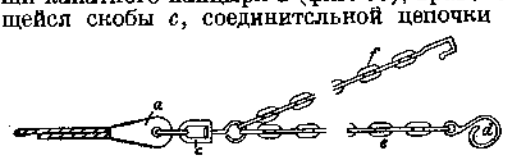
Для бремсберговой откатки применяются стальные или железные канаты. Расчет бесконечного каната ведется по формуле, определяющей число проволок в канате:

$$i = \frac{4[s_1 + cn(P+p)(\sin\alpha - f\cos\alpha)]}{\delta^2[\pi k - 0{,}03cl(\sin\alpha - f\cos\alpha)]},$$

где s_1—холостое натяжение каната (200—350 *кг*), c—коэфициент сопротивления передвижению вагончиков (0,03—0,15), n—число вагончиков на ветви каната, P и p—полезный и мертвый грузы вагончика в *кг*, α—угол наклона выработки, f—общий коэфициент сопротивления, δ—диаметр отдельных проволок (1,0—1,6 *мм*), k—допускаемое сопротивление разрыву (8—20 *кг/мм²*), l—длина бремсберга в *м*. Определив i, находят диаметр каната по формуле:

$$\Delta = \delta\sqrt{2.3i}.$$

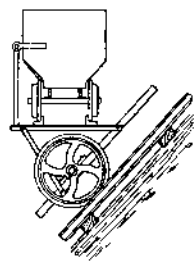
Соединение каната с вагончиками производится а) при концевых канатах—при помощи канатного панцыря a (фиг. 19), вращающейся скобы c, соединительной цепочки e

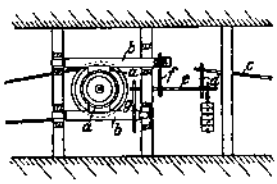


Фиг. 19.

и крюка d; при крутых уклонах (более 18°) к этому добавляется еще предохранительная цепочка f, задеваемая за борт вагончика, чтобы он не опрокинулся; б) при бесконечном канате на двудействующем бремсберге—при помощи крюка-баранчика или зажимов.

Платформы устраивают из дерева или железа (фиг. 20). При большой производительности бремсберга пользуются платформами на 2 вагончика. С целью экономии в площади поперечного сечения выработки делают ступенчатые платформы. Противовесы представляют собой каретку, нагружаемую тяжестями до определенного веса. Противовесам придают удлиненную форму в виду ограниченности пространства под вагончиками (платформами), где они должны проходить. Головные тормозные устройства, помещаемые у верхней площадки бремсберга, состоят из тормозного обода и барабана или шкива, который охватывается канатом. Недостатки барабанов: громоздкость, большой вес и требующаяся сравнительно большая длина канатов. Шкивы делают литыми из чугуна с одним желобком, либо обделанным деревянной футеровкой либо без нее. Тормоза на бремсберговых устройствах делаются колодочные и ленточные; последним отдают предпочтение. Колодочный тормоз (фиг. 21) состоит из 1—2 тормозных колодок a, прикрепленных к брусьям b; последние между собой соединены системой рычагов d, e, f, g, приводимых в действие рукояткой c. Тормозные обода располагают на барабанах сбоку или посредине их; при шкивах тормозные обода отливают вместе со шкивами. Основным требованием, предъявляемым к бремсберговому тормозу, является нахождение тормоза всегда в закрытом состоянии т. о., чтобы он мог быть отпущен только рабочим, обслуживающим его. Для поддержания постоянного натяжения бесконечного каната на бремсбергах применяются натяжные устройства подобно тем, которые применяются при бесконечной откатке по горизонтальным путям.


Фиг. 20.

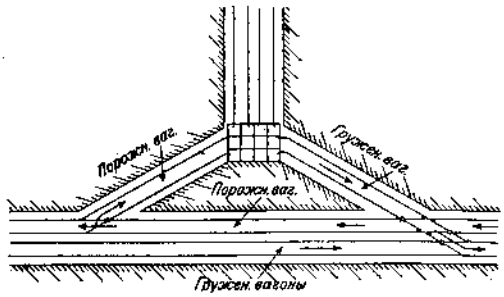


Фиг. 21.

Способ обделки устья бремсберга зависит от того, открывается ли устье непосредственно в главный откаточный штрек или оно оканчивается выше его. В первом случае у устья устраивают предохранительное сооружение—«буфет» из дерева, железобетона и, реже, из камня. Для предохранения от повреждения срывающимися с каната вагончиками, стенки буфета со стороны, обращенной к бремсбергу, обделываются брусьями или старым пеньковым канатом, выполняющим роль буфера. Вместо такого устройства на месте пересечения бремсберга со штреком устраивают обводные выработки, проводимые или по падению или по восстанию пласта. Иногда соединяют нижнюю площадку со штреком при помощи 2 выработок (фиг. 22), носящих название бремсберговой шейки; эти выработки бывают горизонтальные и с уклонами; в по-

следнем случае уклоны делают так, чтобы движение груженых и порожних вагончиков происходило самокатом.

Для промежуточных (подэтажных) штреков, выходящих непосредственно на бремсберг, д. б. обеспечено удобное и безопасное



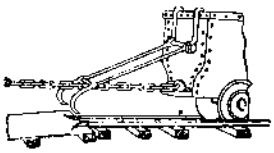
Фиг. 22.

движение. Кроме того в штреках должно быть устроено место для обмена вагончиков, что достигается настилкой плит или установкой стрелки. В самом бремсберге у этих промежуточных штреков должны быть устроены для облегчения прицепки вагончиков особые площадки, которые по правилам безопасности д. б. горизонтальны. Иногда площадки оборудуются качающимися платформами, которые во время прицепки или отцепки лежат горизонтально, а затем в необходимый момент с помощью рычажной передачи или другим способом наклоняются на величину, соответствующую углу наклона бремсберга.

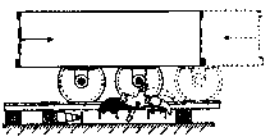
Откатка по уклонам. Для подъема груженых вагончиков с нижних горизонтов на верхние по выработке, называемой уклоном, применяются одно- и двубарабанные лебедки: паровые, пневматические и электрические. Доставка по уклонам производится либо концевым (открытым) либо бесконечным канатом. В первом случае к нижнему свободному концу каната прицепляют груженый вагончик или же партию их (3—6 вагончиков); другой конец каната наматывают на барабан лебедки, установленной на верхней площадке. Уклон с бесконечным канатом отличается от бремсберга с таким же канатом тем, что тормозной шкив на бремсберге заменен ведущим шкивом лебедки.

Откатка по гезенкам. Откатка по гезенкам применяется при разработке нескольких близлежащих пластов с небольшим углом падения для спуска добытого полезного ископаемого с верхних пластов на нижний силою собственного веса ископаемого. Оборудование гезенка состоит из установленного в верхней части гезенка шкива, через который переброшен канат; к обоим концам каната прицепляются либо две клети, по одной на каждом конце, либо одна клеть и противовес. Шкив гезенка соединяется с тормозом или с лебедкой (последнее—для подъема по гезенку различных материалов для горных работ). Гезенки, при обслуживании двух горизонтов, имеют два подъемных отделения для движения клетей с вагончиками, а при обслуживании более двух горизонтов—одно отделение для движения клетей и другое для движения противовеса. Груженые вагончики, опускаясь вниз силой собственного веса, поднимают порожние вагончики или противовес, который, опускаясь, также может поднять порожний вагончик.

Предохранительные устройства. При откатке по бремсбергам, уклонам и гезенкам устанавливают различные предохранительные приспособления (ловители) для быстрой остановки вагончика или платформы после их срыва с каната. Простое приспособление для вагончиков, идущих вверх по уклонам, представляет собой вилка (так наз. козья ножка), навешенная на заднюю стенку вагончика и волочащаяся за ним по почве; при отрыве вагончика вилка упирается в почву и задерживает его. Другое приспособление изображено на фиг. 23. Предохранительное устройство Сташа (Stasch) при откатке бесконечным канатом (фиг. 24) состоит из трехплечего кулачка *a*, вращающегося на оси *b*. Поднимающийся вагончик отклоняя своими осями плечо *2*, свободно проходит над кулачком, но сорвавшийся вагончик, идущий вниз, ударив с силой передней осью по плечу *2* (пунктир), заставит весь кулачок повернуться настолько, что вагончик в этом случае будет задержан за вторую ось плечом *1*. В практике имеется ряд других ловительных приспособлений, основанных на действии рычагов, пружин и противовесов. Для безопасного движения рабочих при откатке и для предотвращения скатывания вниз вагончиков во время маневрирования устанавливают поперек бремсберга у верхней площадки цепи или вместо них деревянные и металлич. брусья, открывающиеся и закрывающиеся от руки, либо открывающиеся проходящим вагончиком и закрывающиеся собственным весом или противовесом.



Фиг. 23.



Фиг. 24.

Рудничные дворы являются местом сосредоточения всех грузов, идущих как из шахты на поверхность, так и в обратном направлении. Расположение рудничных дворов бывает различно и зависит от производительности шахты и от взаимного расположения и числа путей, ведущих в различные участки шахты (см. *Горные выработки*). В простейших случаях откатка в рудничных дворах ручная, причем расцепление прибывших поездов с грузом, подача отдельных вагонеток в клеть и составление новых порожних поездов производится специальными рабочими-подкатчиками. Механизация откатки на рудничных дворах осуществляется или при помощи системы бесконечных канатов или при помощи наклонных путей для самоскатывания вагончиков в связи с компенсаторами разных устройств для подъема порожних

вагончиков на горизонт общих рудничных путей. Сигнализация, необходимая при маневрах поездов в рудничном дворе, устраивается гл. обр. электрическая, реже—звуковая. При электрич. сигнализации применяются звонки и световые сигналы. Такая сигнализация имеет особенное значение при однопутевой откатке (электровозами) большими поездами.

Откатка в надшахтном здании. В надшахтном здании при распределении груженых и порожних вагончиков применяется преимущественно прямоточная система откатки. Обычно груженые вагончики по выходе из клети направляются к весам и опрокидывателям, от которых по особым путям перегоняются на другую сторону ствола шахты для нагрузки в клеть. Вагончики с породой направляются по особому пути к порожнему опрокидывателю или непосредственно на отвалы. Вагончики, груженые лесными и прочими материалами и направляемые в шахту, подаются в надшахтные здания на пути порожних вагончиков. Механизация откатки в надшахтных зданиях осуществляется почти всегда с помощью наклонных путей (самокаты) и компенсаторов. Помимо обычных откаточных путей в надшахтном здании иногда устраиваются специальные ответвления для подачи вагончиков к приспособлениям для чистки и смазки.

Лит.: Бансен Г., Рудничная доставка по горизонтальным и наклонным путям, пер. со 2 нем. издания, Л., 1926; Терпигорев А., Рудничная доставка (курс лекций), М., 1926; Шевяков Л., Сборник статей по горному искусству, Харьков, 1927; Скочинский А. А., Современные угольные рудники С. Америки и Великобритании и проблема механического производства на рудниках Донбасса, Л., 1925; Шевяков Л. и Поляков Н., Элементарные расчеты по рудничной доставке, «Инженерный работник», Днепропетровск, 1927, *2, 3, 4, 11, 12*; Шклярский Ф., Рудничная откатка электровозами, Л., 1927; Новосильцев И., Подземная откатка подвижными двигателями, М., 1924; Описание Донецкого бассейна, т. 6, вып. 1, 2, Екатеринослав, 1918; Гефер Г., Справочная книга по горному делу, ч. 2, Берлин, 1921; Heise F. und Herbst F., Lehrbuch d. Bergbaukunde, B. 2, B., 1923; Kögler F., Taschenbuch für Berg- u. Hüttenleute, B., 1924; Gerke, Die maschinelle Abbauförderung, Kattowitz, Böhmen, 1910; Schulte F., Die Grubenbahnen, Essen, 1915; Philippi Ch., Elektrizität im Bergbau, Berlin, 1926; Linkowski L., Die Schüttelrutsche und ihre Anwendung im Bergbau, Bochum, 1924; Peele R., Mining Engineers' Handbook, v. 1, section 2—Underground Transport, N. Y., 1927. **Е. Фаерман.**

ДРАГОЦЕННЫЕ КАМНИ и цветные камни, минеральные тела, обладающие красотой красок, блеском, прозрачностью, большим светорассеянием и большой устойчивостью, твердостью, вязкостью и малой спаиваемостью. Драгоценные и цветные камни можно подразделить на две большие группы: собственно драгоценные камни (самоцветы), преимущественно идущие в огранку, и камни цветные, применяемые для изготовления художественно-декоративных изделий, в строительном деле и изредка идущие на огранку. Ниже приведена систематика Д. к., причем камни, не встречающиеся в СССР в количествах, необходимых для рентабельной разработки месторождений их, заключены в скобки.

А. Драгоценные камни-самоцветы 1-го порядка: (алмаз), (рубин), (сапфир), изумруд, александрит, (благородная шпинель), (эвклаз); 2-го порядка: топаз, аквамарин, берилл, турмалин красный, демантоид, фенакит, аметист крованой, (альмандин), уваровит, (гиацинт), (благородный опал), циркон; 3-го порядка: 1) гранат, (кордиерит), кианит, (эпидот), (диоптаз), (бирюза), (варисцит), турмалин зеленый, полихромный; 2) горный хрусталь, дымчатый кварц, аметист светлый, хальцедон, агат, (сердолик), плазма, (гелиотроп), (хризопраз), празем, полуопал; 3) солнечный камень, лунный камень, лабрадор, элеолит, (содалит), обсидиан, (титанит), (бенитоид), (пренит), (андалузит), (диопсид), (скаполит), (томсонит); 4) янтарь, гагат, гематит, пирит, касситерит, рутил, хромит, кобальтит, золото в кварце.

Б. Поделочные камни — цветные камни. 1-го порядка: нефрит, лазурит, гланколит, содалит, амазонит, лабрадор, орлец или родонит, азурит, малахит, авантюрин, кварцит, горный хрусталь, дымчатый кварц, агат и его разновидности, яшма, везувиан, розовый кварц, письменный гранит; 2-го порядка: лепидолит, фукситовый сланец, серпентин, агальматолит, стеатит, селенит, обсидиан, морская пенка, мраморный оникс, датолит, флюорит, каменная соль, графит, янтарь, лазулит, смитсонит, цоизит; 3-го порядка (частью орнаментовочный материал): гипс (алебастр), мрамор, порфиры, брекчии, сливные кварциты, porphido antico, serpentino antico и другие породы.

В. К группе драгоценных камней относятся: жемчуг, (речной жемчуг), коралл, янтарь, гагат.

На основании статистических данных последних лет, средняя мировая ценность ежегодной добычи м. б. намечена в следующем виде (в тыс. руб.):

Алмаз	160 000	Оливин	30
Сапфир	2 400	Розовый кварц	25
Янтарь	1 100	Сподумен	20
Изумруд	1 100	Золотистый кварц	20
Рубин	760	Циркон	15
Жадеит	600	Лунный камень	10
Бирюза	500	Тигровый глаз	10
Опал	400	Хризопраз	10
Горный хрусталь	220	Кост. бирюза	10
Берилл	200	Остальные камни	85
Турмалин	190		
Аметист	170	Всего	~170 000
Агат	150		
Гранат	140	В итоге:	
Нефрит	140		
Лазурит	105	Жемчуг	10 000
Хризоберилл	105	Коралл	2 000
Шпинель	40	Алмаз	160 000
Топаз	40	Все остальные	
Гагат	40	камни	10 000

Драгоценные и цветные камни являются одной из крупнейших статей мировой торговли. Чтобы судить о размерах оборота всего ювелирного дела (камня и металла), надо отметить что для США в 1924 г. они достигли 1 млрд. рублей (450 млн. долл.), а для всей мировой торговли вероятно около 2 млрд. Колебания цен на них весьма значительны (до 1 000% и больше) и зависят от ряда экономических и бытовых факторов,—игра на валюте, прихоти моды, колебания в добыче, успехи синтетических опытов. Относительно цены драгоценного камня следует отметить, что его себестоимость в стадии добычи обыкновенно составляет лишь небольшой процент окончательной цены, так как накладные расходы—налоги, пошлины и пр.—превалируют. Расценка камней идет по каратам, преимущественно метрическим (200 *мг*); для цветных камней—по *кг*; для жемчуга—по грэнам (~$^1/_3$ карата). Для расценки существуют б. или м. определенные рыночные марки и очень сложная неоднородная рыночная номенклатура.

В последнее время, в связи с развитием искусственного получения камней и с ростом вкладывания капиталов в естественные драгоценные камни, выросло значение правильного и безошибочного определения их. С этой целью в Вене было организовано спе-

циальное учреждение «Technische Untersuchungsanstalt für Edelsteine», в Берлине—Prüfungsamt von Houdelet (в Шарлоттенбурге), специальная научная станция при Берлинском университете, а в Крефельде—Edelstein-Prüfungs-Laboratorium von Eppler. Эти учреждения выполняли практические задания по проверке и определению камней. Чисто исследовательские учреждения известны в Дюссельдорфе (Оберкассель)—Laboratorium für Diamantforschung, а также в Идаре—Institut für Edelsteinforschung von Georg Wild.

Приблизительно половина всего добываемого камня идет для технических целей, для обработки камня и металла и лишь остальное—на ювелирное дело. С каждым годом развитие техники вызывает увеличение потребления камня в технических производствах, и, наоборот, ювелирное и декоративное дело падает.

Драгоценные и цветные камни идут у нас на: 1) декоративные изделия: а) граненые камни для ювелирных изделий, б) броши (наиболее ходовой товар), пуговицы, запонки, булавки цляпные и для галстуха, браслеты, брелоки, бусы, янчки, серьги, панделоки и пр., в) художественные работы—резные и рельефные фигуры, скульптурные изображения, вазы, горки, картины, постаменты для часов и т. д.; 2) предметы обихода: мундштуки, трубки, пепельницы, абажуры, чернильные приборы, пресс-папье, печатки, различные ножи, портсигары, пудреницы, шкатулки, столики из мозаики, канделябры, кнопки для звонков, кольца для салфеток, ручки для зонтиков и палок, сахарницы, солонки и пр.; 3) строительно-орнаментовочные изделия: подоконники, облицовки, колонны, памятники, камины, балюстрады, столешницы, ступени, умывальники и пр.; 4) технические изделия.

Применение драгоценных и цветных камней в промышленности можно видеть из следующей таблицы.

Применение драгоценных и цветных камней в промышленности СССР.

Род промышленности	Изделия	Назначение	Материал
Кожевенная	Валы, валики, лощильные камни, ножи и пр.	Для обработки кож	Змеевик, яшма
Металлургическая	Футеровочные кирпичи и шары для шаровых мельниц; волочильные доски с алмазными или корундовыми вставками	Размол шихты для посудной земли и др.; для протяжки проволоки	Яшма, агат, корунд
Электротехника и точная механика	Мраморные панели, опорные камни, подпятники и пр.; грифельные доски для рубильников; кварцевые приборы	Для распределит. щитов, для измерительных точных приборов; в часовых механизмах	Мрамор, грифельный сланец, корунд, кварц
Химическая	Валы, валики, лабораторные ступки, призмы, трубки, кислотоупорные кирпичи	Для краскотерок, весов и пр.	Агат, кварц, кварцит, яшма
Текстильная	Опорные камни, подпятники, глазки и пр.	Для веретен и для регулирования хода пряжи	Агат, яшма
Бумажная	Валы, кирпичи тальковые	—	Гранит, мрамор, тальк
Радиопромышленность	Призмы	Для измерения радиоволн	Кварц
Оптическая	Линзы, призмы и др.	—	Кварц, плавиковый и исландский шпаты
Строительная	Облицовочный камень, ступени, подоконники, ванны, умывальники и пр.	—	Мрамор, кварцит
Музыкальные инструменты	Иголки из корунда	Для граммофонов	Корунд, преимущественно синтетический

Обработка камня весьма многообразна в зависимости от видов камней и целей обработки, а именно: 1) огранка кабошоном, или системой фасеток, расположение которых следует определенным геометрическим законам, с целью извлечь из камня максимум светорассеяния и лучистости; формы огранки: кабошон, роза, таблица, бриллиант одногранка, двойной бриллиант, Treppenschliff и другие; перед огранкой идет сначала распиловка, обточка или обдирка (см. *Гранильное дело*); 2) обработка мягких пород (алебастр, янтарь, пенка и проч.)—металлич. резцами; 3) обработка зернистых пород (мрамор, кварцит и проч.)—скалывающими ударными инструментами; 4) обработка твердых пород (агат, нефрит, яшма и проч.)—режущими и шлифующими орудиями, а именно: распиловка, сверловка, подбивка, шлифовка и полировка; 5) резные работы на твердом или мягком камне: граверные, рельефные и скульптурные; резка гемм и камей; 6) мозаичные художественные работы по методам как русской, так и флорентийской мозаики. В качестве

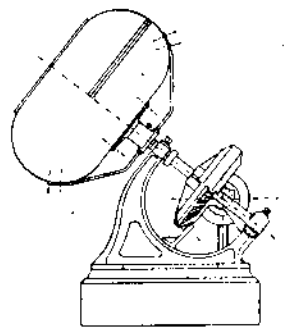
подсобных материалов при обработке используют следующие: алмазный порошок, карборунд, корунд, наждак, печору, пемзу, трепел, зеленый крокус, итальянский (оловянный) порошок. При обработке камней применяют точильные и шлифовальные круги разных типов и частично фрезерные станки. Одновременно с механизацией изготовления одних видов изделий (в Антверпене, Нью Йорке) имеет место художественно-индивидуальный подход при изготовлении других: имеются специальные худ.-камнерезные школы в Идаре, Турнове, во Флоренции и у нас при Петергофской фабрике и при Худ.-ремесленном техникуме в Свердловске.

Необходимо резко различать грубые подделки и имитации, с одной стороны, и искусственные камни—с другой. Подделки сводятся к ложным дублетам, или имитациям, в которых настоящим камнем является лишь верхний слой, а под ним следует стекло, кварц или настоящий, но более дешевый, камень. Имитации делаются из страза, стекла, шлака, окрашенных — иногда очень удачно—различными примесями; для этой же цели применяется с большим успехом бакелит, особенно для подделки янтаря. Изготовление искусственных камней (рубин, сапфир, александрит светлый, шпинель) сводится к искусственному воспроизведению настоящих камней с почти нормальным хим. составом и типичными физическими свойствами. Эти камни называются reconstituées, Kunststeine, reconstructed. Они не должны на рынке считаться имитацией, хотя и не м. б. приравнены по своим достоинствам к настоящим камням.

Лит.: Порватов Б., Цветные и поделочные камни. Обзор минеральных ресурсов СССР, Л., 1927, т. 1, стр. 783; Ферсман А. Е., Драгоценные и цветные камни СССР, т. 1, Л., 1922, т. 2, Ленинград 1925 (с полной литературой и описаниями); его же, Драгоц. и цветные камни, «НИ», т. 1, стр. 359—400. Л., 1926; Федоровский Н. М., Минералы в промышленности и сел. хозяйстве, 2 изд., Л., 1927; Bauer M., Edelsteinkunde, Lpz., 1908 (лучшая и наиболее полная сводка); Eppler A., Gewerbliche Materialkunde, Die Schmuck- u. Edelsteine, Stuttgart, 1912; Michel H., Die Künstliche Edelsteine, Leipzig, 1926. **А. Ферсман.**

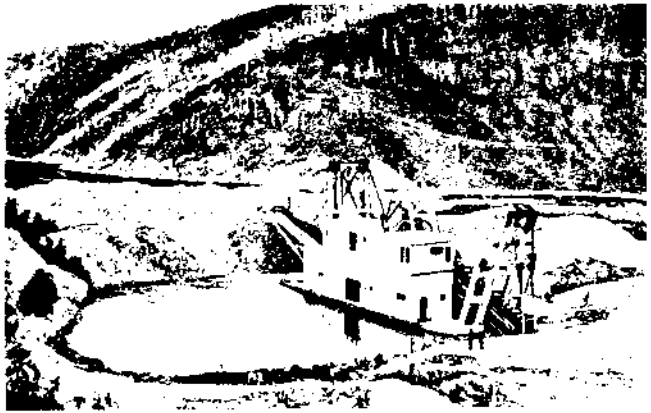
ДРАЖЕ, круглые или кругловатые, покрытые глянцем кондитерские изделия, получаемые нанесением на внутреннее ядро (т. н. корпус) корки, состоящей из сахарного сиропа, сахарной пудры, порошкообразного какао, глазури, муки или т. п. продуктов. Корпусами для дражирования могут служить орехи, миндаль, сушеные ягоды и фрукты, леденцовые, марципанные, помадные, желейные, ликерные и т. п. изделия.

Дражирование производится во вращающихся дражейных котлах с подогревом и без подогрева (см. фиг.). Последний способ более употребителен, т. к. дает возможность быстрее получать толстую корку. Процесс дражирования состоит в том, что в дражейный котел, обращенный своей открытой стороной обыкновенно к свету, всыпают корпуса и приводят его во вращение. Затем смачивают корпуса небольшим количеством сиропа из сахара и карамельной патоки, уваренного до 33—34° Bé, и, когда все корпуса покроются сиропом, их понемногу посыпают чистой сахарной пудрой. Вращение котлов продолжается, пока на корпусах не образуется б. или м. гладкая равномерная корочка. Тогда корпуса вынимают из котла, насыпают тонким слоем в деревянные лотки с холщевым дном и оставляют на 1—3 дня для просушки при температуре 30—35°. Продолжительность просушки зависит от сорта и влажности корпусов. После просушки производится вновь дражирование и весь процесс повторяется несколько раз, в зависимости от сорта. Разница между первым дражированием и последующими заключается в том, что вначале котлы должны вращаться медленно, чтобы не испортить корпусов, и обыкновенно в них засыпают меньшее количество корпусов; при последующих же процессах загрузка и продолжительность дражирования увеличиваются, и повышается крепость сиропа, применяемого для смачивания; для многих сортов крепость м. б. доведена до 38—39° Bé. При изготовлении ликерных Д., и особенности при первом дражировании, в сироп прибавляют немного гуммиарабика; вообще эти сорта вследствие большой хрупкости следует дражировать небольшими партиями и при особенно медленном вращении котла. После каждого дражирования перед просушкой следует отбирать брак.

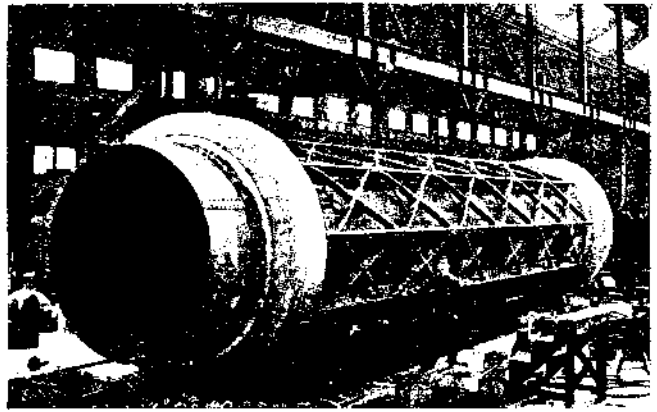


Когда Д. приняло надлежащую величину, совершенно гладкую поверхность и хорошо подсохло, приступают к его окрашиванию. Для этого Д. снова всыпают в котел, к-рый приводит во вращение, и смачивают Д. тем же сиропом, к-рый применяется и при первом дражировании, причем предварительно к нему прибавляют растительную краску требуемого цвета. Окрашивание также повторяется несколько раз, пока Д. не получит окраски надлежащего оттенка. Одной из трудных задач при отделке Д. считается наведение прочного глянца. Для этого многие мастера применяют свои специальные способы, которые однако держат в секрете. На нек-рых фабриках применяется следующий способ. Хорошо подсушенное Д. насыпают в дражейный котел, слегка смачивают его жидким сиропом, добавляют немного талька и направляют во вращающийся котел струю холодного воздуха (холодное дутье). Как только Д. подсохнет, холодное дутье прекращают и Д. слегка смачивают растопленной смесью пчелиного воска, парафина и кокосового масла (вместо последнего можно взять масло какао). Вместо смазывания иногда кладут в котел несколько твердых кусков этой смеси. При первом появлении глянца Д. посыпают сверху щепоткой талька.

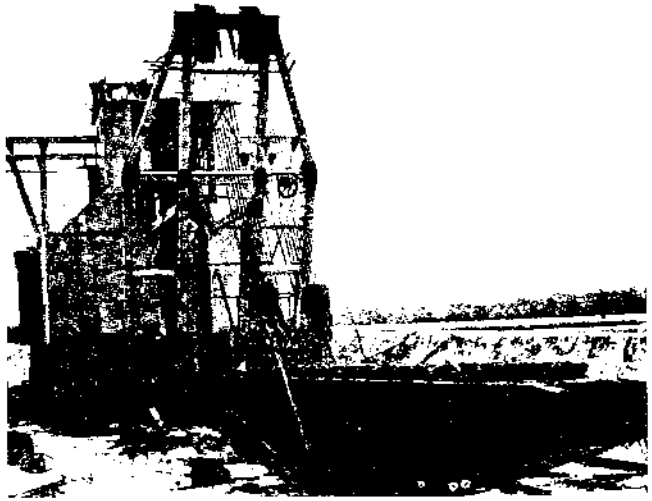
Миндаль и орехи весьма часто дражируют в шоколаде. В этом случае их подвергают первичному дражированию, а затем, при вторичном дражировании, понемногу обливают теплым кувертюром. Когда последний остынет и окрепнет, обливку можно повторить несколько раз, но только уже менее



Общий вид драги.



Общий вид прохлаченной бочки.



Драга в процессе сборки.

Нижний конец рамы с черпаками.

Трест „Шлеккенпромт"

теплым, хорошо вымешанным кувертюром, для того чтобы не расплавился ранее образовавшийся слой. При наведении глянца на Д. его предварительно слегка смачивают холодным жидким сиропом из сахара и патоки с прибавлением гуммиарабика и дают сиропу несколько подсохнуть.

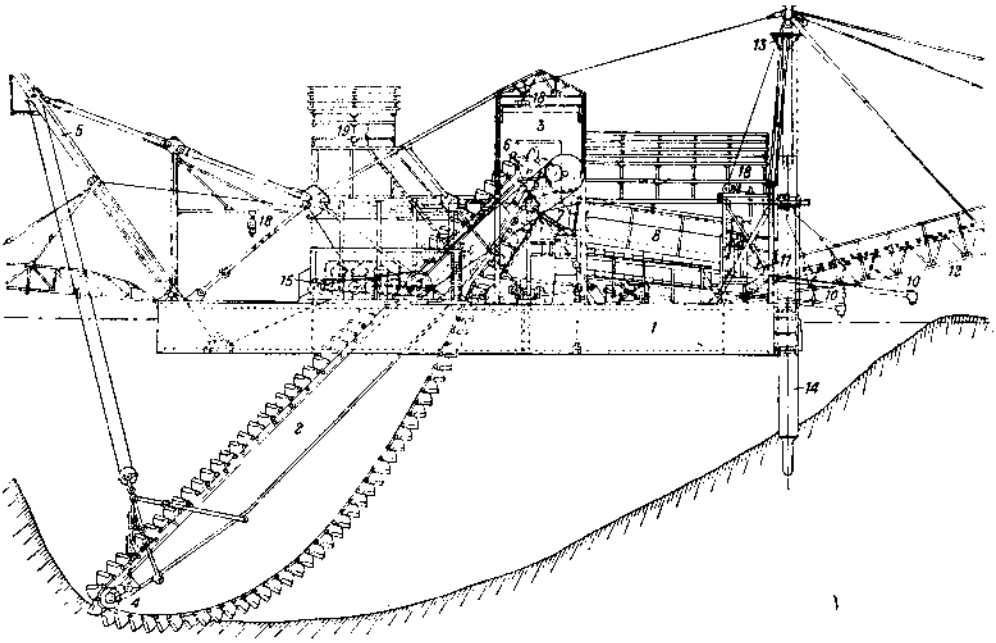
Лит.: Горовиц И. И., Кондитерское производство, М., 1926; Paul K., Die Kakao-, Schokoladen- u. Zuckerwarenfabrikation, 2 Aufl., Trier, 1921; Schreger S., Die Kakao-, Schokoladen- u. Zuckerwarenfabrikation im Gross- u. Kleinbetrieb, Nordhausen, 1922; Besselich N., Die Bonbon-Fabrikation, 3 Aufl., Trier, 1920. **А. Шур.**

ДРАЖНОЕ ДЕЛО, драгирование (dredging)—механизированный способ разработки россыпных месторождений золота, платины и других полезных ископаемых при помощи особых механизмов—драг.

Описание драги. Драга представляет собою пловучую землечерпательную машину, снабженную приспособлениями для промывки вычерпываемого грунта.

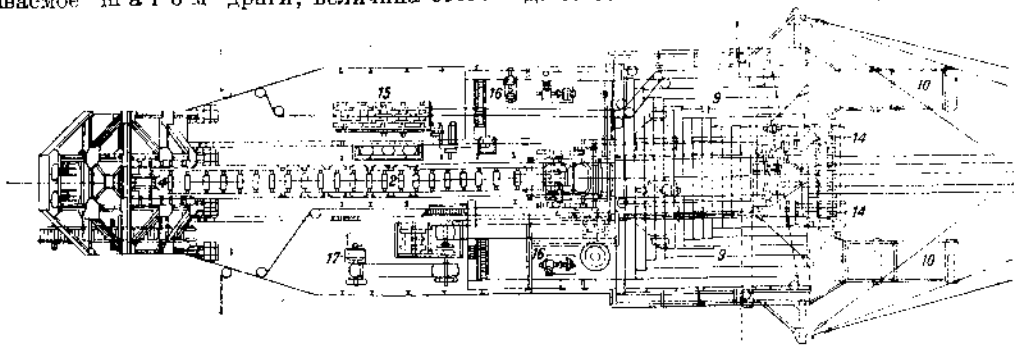
Общий вид драги во время работы изображен на вкладном листе, а схематич. продольный разрез и план драги—на фиг. 1 и 2. Здесь *1*—понтон, на к-ром расположены все аппараты драги, *2*—черпаковая рама, укрепленная на центральной мачте *3* и несущая на нижнем конце нижний барабан *4*; рама может подниматься и опускаться, вращаясь около оси, проходящей в проушины верхнего конца рамы; нижний конец рамы подвешен на канатах к передней мачте *5*. Вокруг черпаковой рамы ходит цепь черпаков, огибая нижний и верхний *6* барабаны; последний является ведущим и покоится на центральной мачте. Поднятый черпаками материал россыпи (песок, гравий, глина, валуны) вываливается из черпаков при огибании ими верхнего барабана и через завалочный люк *7* поступает в промывочную бочку *8*, представляющую собою барабанный грохот. Здесь материал при вращении бочки разделяется: мелкая часть его проваливается через отверстия бочки и поступает сначала на поперечные, а потом на продольные шлюзы *9*, представляющие собою низкие желоба прямоугольного сечения, снабженные приспособлениями для улавливания драгоценного металла. Шлюзы устраиваются двусторонние, а на больших драгах и двухъярусные, как это изображено на фиг. 1; правые и левые, верхние и нижние шлюзы разгружаются в колоды *10*, которые отводят материал за корму драги. Крупный материал—галька и валуны—разгружаются у нижнего конца бочки и скатываются по жолобу *11* на нижний конец элеватора, в большинстве случаев представляющего собою ленточный конвейер, установленный на элеваторной раме *12*; эта рама подвешена к задней мачте *13*. Во время работы драга передвигается при помощи канатов или канатов и свай *14*; сваи подвешены к задней мачте. Кроме указанных частей на понтоне установлены: лебедки *15*, с барабанами для канатов, передвигающих драгу и поднимающих и опускающих рамы и сваи; центробежные насосы *16*, подающие воду в завалочный люк, бочку и на шлюзы; моторы *17*, приводящие в движение механизмы драги. Для удобства монтажа и ремонта устраивают подвижные тали и подъемники *18*. Управление драгой сосредоточено в пилотской будке *19*.

Схема работы. Во время работы драга плавает на озере или реке, на дне которых залегают разрабатываемые металлоносные отложения, или же в специально устроенном водоеме—дражном пруде. Драга вырабатывает россыпь впереди себя, разгружая промытые продукты в отвал, образующийся за кормой драги. В зависимости от способа передвижения драги форма забоя и путь драги различны; если поступательное движение драги осуществляется при помощи каната, то схема работы принимает вид, изображенный на фиг. 3; здесь *1*—передние боковые канаты, *2*—задние боковые канаты, *3*—головной канат, натяжением к-рого достигается нажим черпачной цепи на забой. В процессе работы драга передвигается от одного борта пруда к другому, описывая дугу окружности, центр которой находится в точке закрепления головного каната. При работе драги на сваях драга вращается около одной из двух свай, причем приводится в движение одним из боковых канатов; на схеме (фиг. 4) сплошной линией показано крайнее левое положение драги; из этого положения драга, вращаясь на свае *1*, переходит в крайнее правое положение (линейный пунктир); затем свая *1* поднимается, свая *2* опускается, и драга совершает движение в противоположную сторону,



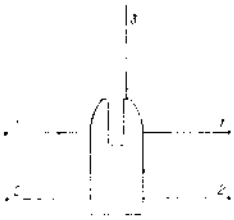
Фиг. 1.

опять в свое крайнее левое положение (точечный пунктир). Однако это положение не тождественно с предыдущим; за время вращения около свай драга успела продвинуться вперед на некоторое расстояние, называемое шагом драги; величина этого

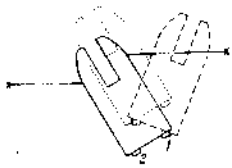


Фиг. 2.

шага зависит от расстояния между сваями и величины угла вращения драги. Смотря по характеру обогащенного металлом слоя



Фиг. 3.

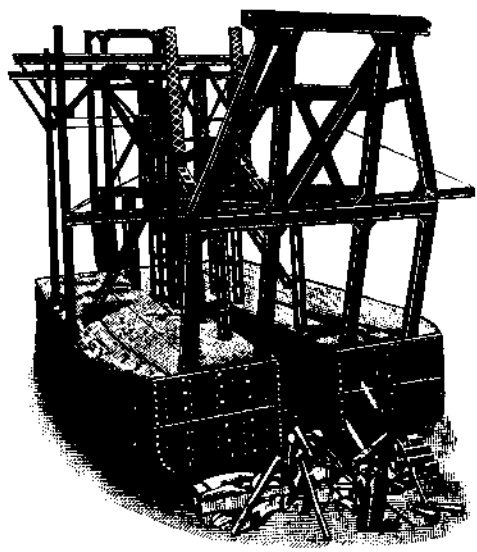


Фиг. 4.

драга вырабатывает или сразу всю толщу наносов и даже часть плотика (рыхлые обваливающиеся наносы) или выбирает эту толщу по слоям (плотные глинистые наносы), для чего приходится поднимать черпачную раму из ее предельного нижнего положения на соответствующую высоту.

Конструкция отдельных частей драги. Наиболее ответственной частью драги является деревянный или металлич. (стальной) понтон. Металлич. понтон легче деревянного (приблизительно на 40%), что обусловливает меньшую осадку драги; он имеет более продолжительный срок службы (15 и более лет, в то время как деревянные понтоны служат 8—10 лет), безопасен в пожарном отношении и требует меньшего ремонта. Однако первоначальные затраты на устройство металлического понтона больше, особенно при дальней перевозке к месту работы, при плохом состоянии дорог. В этом случае выгоднее построить понтон на месте, если конечно имеется поблизости годный для постройки лес. Сооружение деревянного понтона требует высокосортных сухих лесных материалов и точной работы. Общий вид понтона изображен на фиг. 5. Понтон имеет в передней части вырез для прохода черпающего аппарата; наружные углы понтона в передней части скашиваются или закругляются в целях более полной выработки угловых частей дражного пруда; в некоторых случаях (при небольшой глубине черпания) дно понтона в кормовой части (иногда и в передней) скашивается под некоторым углом к горизонтальной плоскости, для того чтобы разгружающийся со шлюзом материал, образуя отвал на дне дражного пруда, не мешал свободному маневрированию драги. Понтон д. б. особенно жесткой конструкции как в продольном, так и в поперечном направлениях. Это достигается большим числом прочных сопряжений частей остова понтона.

Основными элементами конструкции металлич. понтона являются (фиг. 6) шпангоуты, состоящие из флоров *1* и бортовых ветвей *2*, соединенных в стыках бракетами *3*; шпангоуты располагаются по длине понтона на определенном расстоянии и обшиваются снаружи стальными листами. Бортовые ветви шпангоута сверху соединены с бимсами *4* при помощи книц *5*; флоры шпангоутов соединены с бимсами вертикальными связями-циллерсами *10*. Для придания понтону большей жесткости в поперечном направлении иногда устраиваются раскосы *6*. Жесткость понтона в продольном направлении достигается наружной обшивкой, палубой и внутренними стенками, к-рые служат продолжением стенок выреза, а также стрингерами *7* и карлингсами *8*. В крупных драгах устраиваются еще и дополнительные стрингеры *9*, а иногда — кильсоны *9'*, укладываемые вдоль понтона.



Фиг. 5.

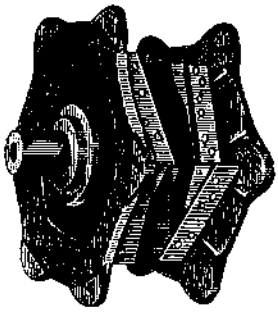
Форма и размер сортов стали (угловая, коробочная, тавровая и др.) выбираются в зависимости от размеров драги и распределения нагрузки, к-рая гл. обр. совпадает с местами укрепления мачт. Большое внимание уделяют способу сочленения мачт с остовом понтона и надлежащей связи между мачта-

ми, к-рая также увеличивает прочность понтона в продольном направлении. Мачты делают деревянные и металлические. Наиболее опасным местом в понтоне является передняя часть его у выреза; поэтому стенки

Фиг. 6.

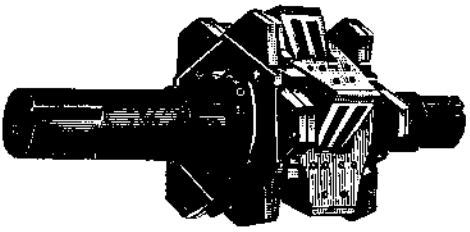
выреза и носовой части делают из более толстых листов; кроме того понтон разделяется водонепроницаемыми перегородками на несколько изолированных частей. Размеры понтона зависят от мощности дражной установки, а также от глубины черпания; отношение длины понтона к его ширине—от 2,5 до 3.

Черпающий аппарат драги состоит из черпаковой рамы, барабанов и черпаков. Черпаковая рама представляет собою клепаную балку, длина к-рой зависит от глубины черпания. На верхнем конце рама имеет отверстия для прохождения оси, при помощи к-рой рама подвешивается к центральной станине или к валу верхнего барабана, а на нижнем конце—выступы, несущие подшипники для оси нижнего барабана. На верхней поверхности рамы укреплены ролики, по к-рым движутся черпаки. На вкладном листе изображена драга в процессе сборки: черпаковая рама еще не поднята, но ролики на ней уже укреплены. Цепь черпаков при своем движении огибает стальные барабаны. Нижний барабан имеет 6-гранную (фиг. 7), а иногда и круглую форму. Он снабжен ребордами во избежание соскакивания цепи черпаков. Грани обоих барабанов снабжают сменными накладками из марганцевой стали. На вкладном листе изображены нижний конец рамы, нижний барабан и часть цепи черпаков. Подшипники осей нижнего барабана и роликов тщательно закрыты. Верхний, ведущий барабан (фиг. 8) укрепляется на валу шпонками и снабжается установочными кольцами во избежание бокового движения. Число граней обычно 6. Особое внимание обращают на прочность оси верхнего барабана, так как она подвергается сильным и неравномерным напряжениям; диаметр ее в больших современных драгах доходит до 0,5 *м*. Черпаки непосредственно выполняют работу черпания грунта, и поэтому форма черпака в каждом отдельном случае определяется характером грунта.



Фиг. 7.

Черпаки, и в особенности их режущие края (губы), изготовляются из лучших сортов специальных сталей (хромоникелевой, марганцевой). Толщина стенок—от 6 до 10 *мм*, а толщина губы—до 30 *мм*; вес черпака больших драг достигает 2,5 *т*. Черпак состоит из двух или из трех частей: днища с двумя проушинами впереди и выступом сзади тела черпака и губы. Весьма существенной для бесперебойной работы драги является прочность соединения черпаков в одну бесконечную цепь. В зависимости от способа соединения получается: 1) сплошная цепь черпаков, когда черпаки следуют непосредственно один за другим (применяется преимущественно в драгах т. н. американского типа), или 2) прерывистая цепь, когда черпаки следуют один за другим с интервалом в один черпак (применяется преимущественно в драгах так наз. новозеландского типа). Число черпаков, подаваемых драгой америк. типа в одну минуту, 19—22, драгой новозеландск. типа—12—13. Сплошная цепь черпаков обеспечивает более спокойную работу драги (менее сильные толчки), но зато при наличии в россыпи крупных валунов черпаки изнашиваются



Фиг. 8.

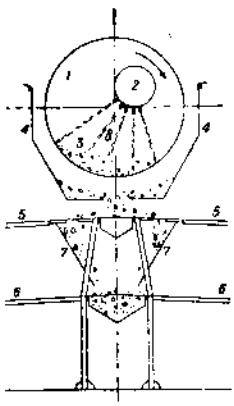
быстрее: случается что их днища продавливаются находящимися в нижележащем черпаке валунами в тот момент, когда черпаки, обогнув нижний барабан, располагаются по прямой линии. Соединительные болты изготовляются из лучших сортов стали: фирма Juba Construction Co. напр. изготовляет их из кованой хромоникелевой стали, подвергнутой специальной закалке в масле. Диаметры болтов в больших драгах достигают 0,2 *м*.

Промывочными аппаратами на драге являются бочка и шлюзы. Добытый черпаками материал, пройдя через колосники (для удаления крупных валунов) и завалочный люк, направляется в бочку. Назначение бочки—привести материал в достаточно разрыхленное состояние, отделить валуны и крупную гальку и направить на шлюзы материал, содержащий зерна ⌀ не крупнее 18 *мм*. На драгах применяются почти исключительно полые цилиндрич. бочки ⌀ до 3 *м* и длиной до 17 *м*; угол наклона бочек ок. 4°. Общий вид бочки изображен на вкладном листе. Боковые поверхности бочек состоят из приклепанных к каркасу перфорированных листов котельного железа, обычно с круглыми увеличивающимися от верхнего конца к нижнему отверстиями диаметром от 8 до 18 *мм*. Бочка приводится во вращение от одного или двух роликов трения; кроме роликов, поддерживающих бочку, устанавливаются еще упорные ролики, препятствующие скольжению бочки в направлении

уклона. Вода, необходимая при процессе протирки материала, доставляется в бочку под напором через особую трубу. Нижняя часть бочки заключена в кожух, под к-рым находится распределитель. Назначение последнего—равномерно распределить просеивающийся через отверстия бочки материал на обе стороны шлюзов.

Схематич. изображение положения бочки, кожуха и шлюзов представлено на фиг. 9: здесь 1—бочка; 2—подводящая воду труба; 3—протираемый материал; 4—кожух; 5—верхний ярус шлюзов; 6—нижний ярус шлюзов; 7—вспомогательные шлюзы, направляющие провалившуюся с верхних шлюзов часть материала на нижние шлюзы; 8—вода из насадок водоподводящей трубы, подаваемая под давлением.

Шлюзы представляют собою приспособления, назначение к-рых—улавливать зерна золота, освобожденные из механич. смеси их с песком и глиной. Шлюзы—неширокие (0,6—0,9 *м*) желоба, часто металлические, установленные с уклоном (0,100—0,125) и снабженные трафаретами для улавливания зерен золота (см. *Гидравлические разработки*). Из распределителя материал поступает сначала на поперечн. шлюзы, а затем—на продольные. Площадь шлюзов бывает весьма различна, и в новейших драгах заметна уже тенденция к неуклонному увеличению отношения площади шлюзов к объему промываемой породы: с этой целью шлюзы располагают и по бокам понтона на кронштейнах. На драгах с емкостью черпака менее 8 фт.³ приходится до 250 фт.² поверхности шлюзов на 1 фт.³ емкости черпака. При большей емкости черпака устраивают двухъярусные шлюзы. Промытый материал выгружается на некотором расстоянии за кормой понтона, а крупный обломочный материал (галька, валуны) транспортируется и отвал при помощи элеваторов ленточного или коробчатого типа. В новейших драгах устанавливают два, иногда даже три элеватора.



Фиг. 9.

Сваи, около к-рых драга вращается во время работы, представляют собою железные клепаные или деревянные (из 4 брусьев) балки; они движутся в особых направляющих—сваедержателях, расположенных у кормовой части понтона, и поднимаются металлическими канатами с помощью блоков, укрепленных на задней мачте. Нижняя часть сваи снабжается литым из стали башмаком, к-рым она врезывается в дно водоема. Вес свай больших драг достигает 60 *т*.

Насосы, подающие воду в бочку, работают под давлением ок. 4 *atm*; остальные насосы снабжают водой шлюзы, заволочный люк и некоторые другие приспособления. Расход воды приборами драги большой и по объему равен в среднем десятикратному количеству промываемой породы.

Типы и условия применения драг. Кроме описанного типа (стакерные драги) встречаются, хотя и редко, другие типы: а) землесосные драги, в к-рых добыча материала производится при помощи мощного центробежного насоса, засасывающего металлоносный материал со дна водоема; б) одночерпаковые драги, черпающий аппарат к-рых представляет собою паровую лопату, монтированную на понтоне, и в) цепцовые драги, в к-рых подъем металлоносного материала производится устройством, аналогичным соответствующей части канатного экскаватора цепцового типа.

Применение драг значительно увеличило число разрабатываемых месторождений россыпного золота. Напр. в 1927 году в Аляске, где работали 34 драги, 52% россыпного золота было добыто этим способом. Применение дражного способа разработки требует наличия некоторых предпосылок технич. и экономич. характера, а именно: 1) россыпь не должна залегать глубоко (так, мощная 17-футовая драга, устанавливаемая на Ленских приисках и спроектированная для глубины черпания в 24 *м*, является одной из наиболее глубоко работающих драг); 2) если россыпь находится не на дне водных бассейнов, то должна существовать возможность устройства дражного пруда; 3) россыпь должна содержать достаточное количество драгоценного металла и не изобиловать крупными валунами, превышающими размеры черпаков; 4) плотик д. б. «разбурным», т. е. поддаваться разрушающему действию черпаков, т. к. в противном случае значительная часть металла будет потеряна (обычно при дражных разработках теряется до 20% содержащегося в россыпи металла); 5) россыпь должна содержать достаточные запасы подлежащего переработке материала, обеспечивающие по крайней мере десятилетний срок амортизации.

Производительность и стоимость драгирования. Теоретическую производительность драги определяют числом черпаков, подаваемых в единицу времени, их емкостью и степенью их наполнения. По емкости черпаков (в фт.³) драги и получают свои определения: трехфутовая, семнадцатифутовая и т. д. Лонгридж, на основании многочисленных наблюдений над работой новозеландских драг, дает для степени наполнения черпаков пределы 50,2% и 65,8%, в среднем—57%; по данным американской практики, степень наполнения черпаков при благоприятных условиях (рыхлые наносы, рыхлый бедрок, высокий забой) поднималась до 85—87%, при каменистом же грунте опускалась ниже 33%. Кроме того значительное влияние на степень наполнения оказывает опыт лица, непосредственно управляющего работой драги. Часовая производительность американск. драг в Калифорнии, по данным Дженина (Janin), выражается в следующих цифрах:

Размеры черпака	в фт.³	3	5	7,5	13,5
	» *м*³	0,084	0,114	0,210	0,378
Действительная производительность в *м*³		47,9	97,8	157,9	308,0

Продолжительность рабочего сезона зависит от климатич. особенностей местности; так, для калифорнских драг число рабочих дней в году, когда возможна работа, нормально равно 363—364; в Аляске это число для драг средней мощности и неглубоко черпа-

ющих колеблется в пределах 120÷150 дн., для Урала и большей части Сибири продолжительность рабочего сезона м. б. принята для мощных драг в 7 месяцев.

На выбор типа драги в смысле ее производительности влияют следующие факторы: запас песков, наличие крупных камней в россыпи (требуется большая емкость черпака) и условия доставки драги. При плохих дорогах доставка драги на место иногда обходится дороже самой драги; так, 17-футовая драга з-да Bucyrus, установленная на реке Бодайбо в Ленско-Витимском районе, стоила на заводе 920 000 р., а доставка ее обошлась свыше 1 млн. р.

Стоимость дражных разработок, выражаемая в коп. на 1 $м^3$ переработанного материала, колеблется в очень широких пределах в зависимости от характера и размеров россыпи, числа и размеров драг, продолжительности рабочего сезона, стоимости рабочих рук, материалов и энергии и величины амортизации. По данным Кливленда, относящимся к 1927 г., 132 драги, действовавшие в Калифорнии в течение последних 28 лет и переработавшие около 760 млн. $м^3$, показали среднюю стоимость 1 $м^3$ в 17,6 коп. Стоимость драгирования по отдельным статьям расхода в % от общей стоимости выражается следующими цифрами:

Рабочая сила	21,2
Материалы	0,8
Энергия	19,0
Рабочая сила при ремонте	10,0
Материалы при ремонте	39,0
Накладные расходы	10,0

Примером высокой стоимости работ могут служить дражные разработки в Аляске (Yukon Gold Co.); здесь стоимость 1 $м^3$ колебалась от 50,8 до 89,0 к. и выше для отдельных драг, работавших в неблагоприятных условиях; причинами высокой эксплоатационной стоимости 1 $м^3$ для аляскинских драг являются: 1) короткий рабоч. период, 2) дорогие рабочие руки и материалы и 3) распространенность вечной мерзлоты (расход по искусственной оттайке этой мерзлоты составлял свыше 50% от общей стоимости дражных работ). Для драг средней мощности (5—7,5-футовых), работавших в пределах СССР, стоимость 1 $м^3$ колебалась для Урала от 16,0 до 22,4 к. и для Енисейской тайги—от 21,0 до 28,5 к. (по данным комиссии при «Совещательной конторе золото- и платинопромышленников»).

Рабочий и обслуживающий персонал на драге невелик, т. к. все производственные процессы, за исключением сполоска, механизированы. На больших электрич. драгах в Калифорнии команда состоит из 11 чел.: один заведующий драгой, три драгера, три масленщика и четыре подсобных рабочих, из которых один является кузнецом. Иллюстрацией степени механизации всего процесса служит количество человекодней на 1 $м^3$ добытого драгой материала: для лучших уральских драг оно равно 0,003—0,025, а для калифорнских—0,005—0,010; при разработке же россыпей мускульным трудом (Карийские прииски на Алтае) требуется до 0,5. Расход энергии зависит гл. обр. от глубины черпания и особенно от характера материала россыпи и колеблется в пределах от 1,0 до 1,5 kWh, достигая в особенных случаях 3,1 kWh на 1 $м^3$. При разработке россыпи одной драгой выгодно установить паровую драгу; при одновременной работе двух или более драг или при наличии в районе электрич. станции, установка электрических драг представляется более рациональной.

Крупную статью стоимости драгирования составляют материалы, расходуемые при ремонте драги, что объясняется как большим весом расходуемого металла, так и высокой его стоимостью (специальные стали).

Значение драгирования в деле разработки россыпных месторождений золота весьма велико: громадные золотоносные площади, считавшиеся до введения этого способа нерентабельными, а равно разработки, заброшенные по причине низкого содержания в них драгоценного металла, получили промышленное значение и начали разрабатываться. Данные по истории и статистике Д. д. см. *Золотопромышленность*.

Лит.: «Уральский технико-экономический сборник», Свердловск, 1922, *3*; Барбот-де-Марни Е., Драгирование россыпных месторождений золота и платины, М., 1924; «Золото и платина», Л.; «Вестник золотопромышленности», Томск; «ГЖ»; Janin C., Gold Dredging in the U. S., «U. S. Bureau of Mines, Bulletins», Wsh., 1918, *127*; Jennings H., History a. Development of Gold Dredging in Montana, ibid., 1916, *121*; Peele R., Mining Engineers' Handbook, N. Y., 1927. **Е. Промопьев.**

ДРАКОНОВА КРОВЬ, собирательное название нескольких тропич. смол буро-красного, почти черного цвета с яркокрасной чертой в куске, карминово-красного в свежем изломе, хрупких, твердой консистенции, не пахнущих и поступающих на рынок в виде слезок, шариков, палок, лепешек и сплошной массы в ящиках. Растения, производящие Д. к. (см. табл.), относятся к лиановидным пальмам, лилейным, мотыльковым и молочайным. До европ. рынка доходит гл. обр. пальмовая Д. к., называемая также ост-индскою, и притом преимущественно от Daemonorops draco. Эта Д. к. относится к разряду мягких смол и характеризуется следующими свойствами. В спирте, эфире, терпентине и бензоле, щелочах, минеральных маслах и уксусной кислоте, хлоралгидрате растворима вполне; в петролейном эфире, бензине, уксусном эфире, хлороформе, сероуглероде растворима лишь отчасти; растворы Д. к. имеют красный цвет. Кислотное число у наилучших сортов Д. к. 137—139; метоксильное число 27,6—33,8; карбонильное число 0,9; удельн. вес 1,20—1,24, меняясь от содержания растительных тканей; $t°_{пл.}$ около 70°; при разжевывании Д. к. размягчается и имеет сахаристый вкус без запаха. При 210° разлагается, оставляя вспучившийся уголь, а в дистиллате—толуол, стирол, воду с кислой реакцией, бензойную кислоту, ацетон, масла и газы. Д. к. содержит красное смолистое вещество—смесь двух сложных эфиров таннола (дракорезнотаннола $C_8H_{10}O_2$) с бензойной $C_6H_5 \cdot CO_2 \cdot C_8H_9O$ и бензоилуксусной $C_6H_5 \cdot CO \cdot CH_2 \cdot CO_2 \cdot C_8H_9O$ к-тами. Кроме того в Д. к. содержится резен желтого цвета (дракорезен $C_{24}H_{44}O_3$) с $t°_{пл.}$ 74°. В высших сортах Д. к. (пальмовой) характерной составной частью является драковлбан $C_{20}H_{40}O_4$, отсутствующий в низших сортах.

Виды смолы драконовой крови и производящие их растения.

Производящие растения	Группа	Род	Семейство	Русское название	Место произрастания	Название смолы
Daemonorops draco Mart.	Ост-индские саговые пальмы	Calamus, лиановидные пальмы	Principes, пальмы	Ротанг	Дальняя Индия, Молуккские о-ва, Сундайские о-ва, Суматра, Ява, Борнео	Драконова кровь, пальмовая драконова кровь, индийская или ост-индская драконова кровь
Calamus draco Willd. *1	»	»	»	—		
Calamus rotang draco L.*1	»	»	»	Испанский тростник		
Calamus scipionum Lourd.	»	»	»	—		
Calamus niger W.	»	»	»	—		
Daemonorops accedens	»	»	»	—	Суматра	Суматранская драконова кровь
Daemonorops propinquus Becc.	»	»	»	—	Малайский п-ов	—
Daemonorops draconcellus	»	»	»	—	Суматра	Суматранская драконова кровь (имеет лишь местное значение)
Dracena draco L.	Dracenaceae (драценовые)	—	Liliaceae (лилейные)	Драконовое дерево	Канарские о-ва и Ост-Индия	Канарская драконова кровь (Sanguis s. resina draconis canariensis)
Dracena cinnabari Balf.	»	»	»	—	О-в Сокотора	Сокоторская драконова кровь
Dracena australis Norh.	»	»	»	—		
Dracena rubra Norh.	»	»	»	—	—	—
Dracena ambet. Kotch.	»	»	»	—	Африка	Сокоторская драконова кровь (Vera)
Dracena shizantha Becc.	»	»	»	—	—	Сокоторская драконова кровь «Sicut dico»
Dracena Bourghavi Ten.	»	»	»	—	—	
Pterocarpus draco L.	Dalbergieae (дальбергиевые)	Pterocarpus	Leguminosae (бобовые), подс. Papilionaceae (мотыльковые)	—	Вест-Индия	Вест-индская драконова кровь (Sanguis draconis de Carthagena, Rosina draconis americana)
Pterocarpus marsupium	»	»	»	Дерево-кино	Малабарский берег	Ост-индская драконова кровь или кино (Kino malabaricus, s. indicus, s. orientalis, s. in granum)
Croton draco Schlecht.	Crotoneae (кротоновые)	—	Euphorbiaceae (молочайные)	—	Мексика	Южно-американская, мексиканская драконова кровь
Croton gossypifolium H. B. K.	»	»	»	—	Венесуела и Колумбия	Венесуельская и колумбийская драконова кровь

*1 Некоторыми считаются тождественными с Daemonorops draco Mart.

Дракоалбан можно получить из эфирной вытяжки 10 *г* Д. к. в 50 *г* горячего эфира, осаждая посредством 50 *см*³ абс. спирта. Следующая составная часть — флобафены, продукты удвоения и окисления таннинов, затем растительные ткани и зола. Для соотношения частей характерен анализ К. Дитериха:

Составные части	%
Дракоалбан	2,50
Дракорезен	13,58
Эфиры дракорезинотаннола с бензойной и бензоилуксусной к-тами	56,86
Нерастворимые в эфире	0,30
Флобафены	0,08
Зола	8,90
Растительные ткани	18,40

Торговые сорта Д. к. располагаются по достоинству в следующем порядке: ост-индская, суматранская, канарская, мексиканская, вест-индск., южно-американская. Д. к. применяется в производстве цветных спиртовых лаков для металлов, лучших мебельных политур, красок для живописи, красной фотографич. бумаги, цинкографических лаков, зернистых решеток (растр) на стекле (по К. Флекку, порошок Д. к., просеянный между ситами в 50 и 60 нитей/*см*), красного пластыря в фармации. Наконец Д. к. применяется как окраска специальной реагентной бумаги Дитериха (Dracorubinpapier), служащий при дитериховском дракорубиновом испытании на бензол в производных бензина. Д. к. нередко фальсифицируется более дешевыми смолами, напр. даммаром или канифолью; признаком отличия служит их большее кислотное число.

Лит.: Любавин Н. Н., Технич. химия, т. 6, ч. 8, стр. 97, М., 1914; Hoffman R., Farbstoffe. Die Rohstoffe d. Pflanzenreichs, hrsg. v. J. Wiesner, 4 Aufl., B. 1, p. 384—386, Lpz., 1927; Wolff H., Harze u. Balsame, ibid., p. 1044—1045; Barry T. H., Drummond A. A., Morrell R. S., Natural and Synthetic Resins, p. 89, L., 1926; Vèzes M. et Dupont G., Résines et térébenthines, P., 1924; Dieterich K., The Analysis of Resins, Balsams, a. Gum Resins, 2 ed., L., 1920; Bamberger u. Gregor, «Allgem. österr. Chemiker- u. Techniker-Ztg», W., 1898, 8, 9; Kitt, «Chemiker-Ztg», Cöthen, 1899, Jg. 21, p. 358; Kunz u. Krause, ibidem, 1897, Jg. 20, p. 833. **П. Флоренский.**

ДРАНИЧНАЯ КРОВЛЯ, кровля из драницы, т. е. сосновой (реже еловой или осиновой) лучины длиной 1—2 *м*, шириной 9—13 *см* и толщиной 4—6 *мм*. Лучина щеплется ножом из брусков и имеет поэтому шероховатую (с маленькими рубчиками) поверхность, способствующую стеканию воды вдоль драницы.

Покрытие крыши драницей делают в 3—5 слоев, причем образующие обрешетку 63-*мм* бруски прибивают при 3 слоях драницы на расстоянии 33 *см*, при 4 слоях—на расстоянии 50 *см*, при 5 слоях—на расстоянии 40 *см*, т. е. на расстоянии, равном соответственно $^1/_3$, $^1/_4$ и $^1/_5$ длины драницы. Первые ряды покрытия (над карнизом или свесом крыши) состоят из укороченной драницы, с тем чтобы в каждом ряде получилось одно и то же число слоев драницы. В рядах каждая дранка должна перекрывать $^1/_3$—$^1/_4$ ширины рядом лежащей дранки. Существуют два способа крепления драниц к обрешетинам: непосредственно гвоздями и посредством реек. В первом случае каждую дранку прибивают в верхнем конце к обрешетине гонтовым гвоздем (дл. 30 *мм*). Во втором случае только драницы первых двух рядов прибивают обычным способом (гвоздями), а остальные ряды прижимают рейками (толщ. 25—38 *мм*), прибиваемыми к обрешетинам 125-*мм* гвоздями. В разжелобках ряды сдваиваются. Конек и ребра перекрывают двумя досками (толщиной 25 *мм*) в перекрой швов.

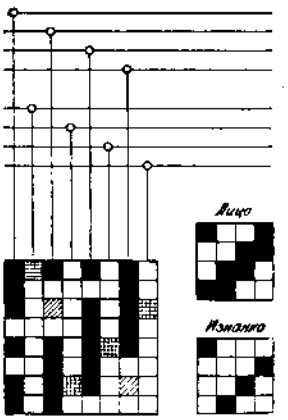
Д. к. легка, достаточно плотна, дешева, держится 12—18 лет при креплении одними гвоздями и до 30 лет при креплении и рейками, допускает подъемы от $^1/_2$ до $^1/_4$. Огнеопасность Д. к. больше, чем тесовой.

Лит.: Романович М. Е., Гражданн. архитектура. Части зданий, 4 изд., СПБ, 1903; Стаценко К., Части зданий, 6 изд., П., 1923. **С. Брилинг.**

ДРАНЬ, дощечки, выколотые из сосновых или осиновых плашек; различают штукатурную дрань и поделочную Д. Штукатурная Д., идущая на обивку стен под штукатурку, приготовляется преимущественно из широкослойной, прямоствольной части древесины сосны и имеет след. размеры: длину 2,13 *м*, ширину 1,9—3,8 *см*, толщину 0,3 *см*. Встречается в торговле двойная Д. толщиною в 0,6 *см*, которая м. б. расколкой превращена в ординарную. По качеству Д. сортируется на рядовую и отборную. Штукатурная Д. продается пучками в 24 пары, копами, сотнями и тысячами. Сосновая плашка, из к-рой приготовляется штукатурная Д. под названием Lathwood и Splittholz, служит предметом экспорта в Англию и Германию, представляя собою сегменты оболони прямоствольных отрубков сосны, шириною по хорде 17,8—22,9 *см*, при длине 2,44 *м*. Учет плашки производится англ. сж.³ (fathom), содержащими 216 фт.³. Поделочная Д., широкая, до 35 *см*, идет для приготовления лукошек, обечаек для решет и сит и приготовляется из осины; узкая, до 4,44 *см*, выкалывается из широкослойной сосны и ели и употребляется на плетение упаковочных коробок и корзинок. Размеры поделочной Д.: длина 0,71 *м*, толщина—3,18 *см* и ширина—до 35 *см*.

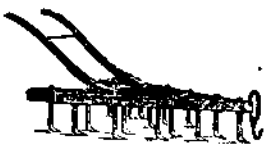
Лит.: Вереха П. Н., Опыт лесоводственного терминологич. словаря, стр. 127, СПБ, 1898; Нестеров Н. С., Дерево как строительный и поделочный материал, стр. 72, М., 1915. **Н. Кобранов.**

ДРАП, шерстяная ткань, отличающаяся большими толщиной, плотностью и весом. В зависимости от сорта употребляемой шерсти Д. бывает мягкий, полугрубый и грубый. Иногда для основы берут хлопчатобумажн. пряжу. По переплетению драп представляет двойную ткань, т. е. лицо его и изнанка вырабатываются каждая самостоятельно и одновременно соединяются друг с другом. Переплетение и лица и изнанки бывает обыкновенно простое саржевое или сатиновое. На фиг. приведен



пример саржевого переплетения. Отношение числа основных нитей в лице и изнанке берут преимущественно 1 : 1, несколько реже 2 : 1 и 3 : 1. Основу на станке помещают или на одном навое или отдельно для лица и изнанки. Часто пряжа для ткани применяется цветная, и в таком случае лицо отличается от изнанки также и цветом. На изнанку употребляется пряжа более низкого качества. После ткачества Д. подвергается ряду операций (см. *Суконное производство* и *Ткани*). Сорта Д. имеют особые названия: дубль, ротин, молль, велюр. Технич. расчет сурового драп-дубль следующий: № основы 5,2, № утка 5,2, число нитей основы 2 400 + 40 на кромки = 2 440, плотность по утку 155 нитей на 10 *см*, ширина суровой ткани 171 *см*, готовой—133 *см*, длина 30 *м*, ширина берда 182—186 *см*. **Н. Новиков.**

ДРАПАЧ, орудие, снабженное рабочими лапками для поверхностного разрыхления пашни; применяется для уничтожения сорной растительности на паровых полях и иногда для лущения жнивья. Происхождение орудия польское, иногда его еще называют шведской бороной.



Простейший драпач имеет деревян. раму с регулятором глубины хода в виде гребенки, по которой передвигается вверх и вниз упряжной крюк. Д. снабжен одной или двумя ручками. Более сложный Д. заводского производства делается с железной рамой и более сильными остроконечными лапками-лемешками. Одного типа с Д. является так назыв. крюммер, с треугольной рамой, осью с двумя колесами и регулятором, позволяющим устанавливать его на различную глубину. **Б. Крим.**

ДРАТВА обувная, употребляемый при сшивании обуви проваренный конец (с у ч е н а я п р я ж а, проваренная смолой или варом). Иногда Д. называется также и пряжа, употребляемая для изготовления конца. Проваренный конец употребляется для тачки голенищ, пришивания ранта к стельке и подошвы к ранту. Конец состоит из прядей, а пряди—из волокон. Длина волокон имеет для дратвы существенное значение. Чем волокно длиннее, тем легче и лучше делается присучка для всучивания щетинки. Лучшим материалом для получения ровных и тонких прядей с длинной присучкой является лен, самым прочным—пенька, к-рая хорошо противостоит сырости. Хлопчатая бумага для ссучивания конца не годится, т. к. ее волокна коротки: поэтому в конец нельзя всучить щетинку. Чем тоньше пряди и чем большее количество их ссучивается для конца, тем он прочнее. Для пришивания ранта конец ссучивается примерно из 25 прядей, т. к. рант должен крепко держаться в течение всего времени ношения обуви. Для пришивания подошвы к ранту конец м. б. тоньше—около 12—15 прядей; здесь не требуется такой прочности, и шов нужен только до износа подошвы. Самый тонкий конец ссучивается для тачки; в этом случае достаточно 3—5 прядей. Проваривание конца следует производить осторожно, так как при этом его легко можно пережечь, и конец утратит свою прочность. **В. Флеров.**

ДРЕВЕСИНА представляет собою сложный комплекс безазотистых органич. веществ, частью соединенных между собою путем адсорбции, а частью прочно связанных химически. Главными компонентами Д. являются: ц е л л ю л о з а, г е м и ц е л л ю л о з ы и л и г н и н. Эти вещества входят в состав ткани всякого растительного организма; поэтому одинаково можно говорить как о Д. древесных пород, так и о Д. злаков, трав, мхов и даже водорослей. Многие исследователи считают, что лигнин обнаруживается в составе растительной ткани лишь на определенной стадии развития растительных форм, и, находя лигнин в мхах, отрицают его присутствие в водорослях. Такое мнение недостаточно обосновано, так как например в семействе Mezocaграсеае обычными методами исследования можно найти до 7% лигнина. В промышленности приходится иметь дело преимущественно с древесиной лиственных и хвойных пород деревьев.

В древесине, кроме упомянутых выше соединений, образующих основную часть клеточных стенок, находится еще нек-рое количество легко удаляемых из нее веществ. Сюда относятся: смолы, жиры, эфирные масла, дубильные и красящие вещества, соли органич. кислот, в незначительном количестве *алкалоиды* (см.) и *глюкозиды* (см.) и т. п. Они расположены или внутри клеток (например красящие и дубильные вещества), или между клетками (напр. смолы), или в отдельных сосудах (напр. млечный сок) и легко извлекаются из Д. с помощью нейтральных растворителей, без каких-либо изменений в основном ее составе. Экстрактивные вещества Д. находят большое практическое применение: дубильные вещества—в кожевенном производстве, эфирные масла—в парфюмерии, медицине и микроскопической практике, смолы—в бумажной и смолокуренной промышленности, красящие вещества—в текстильном и кожевенном производствах. Относительно красящих веществ нужно заметить, что они находятся в Д. не в виде красок, т. е. собственно красителей, а в виде бесцветного красящего начала, которое только при окислении дает активный краситель. Таков например г е м а т о к с и л и н в кампешевом дереве, переходящий при окислении в черный краситель *гематеин* (см.). В химич. отношении Д. различных пород отличаются друг от друга неодинаковым %-ным содержанием своих составных частей, неодинаковой степенью прочности связи между ними и различным составом и количеством экстрактивных веществ. Элементарный состав древесины различных пород колеблется в очень небольших пределах.

Табл. 1.—Элементарный состав древесины (в %).

Элементы	Лиственница	Сосна	Дуб	Бук	Береза	Ясень	Тополь	Ива
Углерод . . .	50,1	49,6	49,4	48,5	48,6	49,4	49,7	50,2
Водород . . .	6,3	6,4	6,1	6,3	6,4	6,1	6,3	6,4
Кислород . .	43,6	44,0	44,5	45,2	45,0	44,5	44,0	43,4

Как видно из таблицы 1, абсолютно сухая Д. в среднем содержит: 49,5% C, 6,3% H, 44,2% O. Азота в Д. содержится до 0,3%; бо́льшая часть азота приходится на долю протеинов, находившихся в протоплазме живых клеток и остающихся в Д. при высыхании, а в Д., содержащих алкалоиды,—на долю этих последних. Кроме органических веществ, Д. содержит минеральные вещества в количестве от 0,3 до 1,5%. Содержание золы в срубленном дереве всегда больше весной, потому что в этот период усвоение солей происходит особенно энергично. Важнейшей составной частью золы являются: кальций (40—60% всех остальных катионов), калий, магний, натрий, железо, марганец, иногда алюминий. Они находятся в Д. в виде солей органич. к-т (гл. обр. щавелевой к-ты) и в виде углекислых, фосфорнокислых, кремнекислых и в незначит. количестве—солянокисл. и сернокисл. солей.

Характерной качественной реакцией на Д. является ее окраска действием фенолов и ароматич. аминов. Эта способность приписывается присутствию в Д. вещества со свободной альдегидной группой. В 1899 г. Чапек выделил из Д., после обработки ее хлоридом олова и встряхивания с бензолом, небольшое количество вещества альдегидного характера. Это вещество, названное им гадромалем, дает все цветные реакции на Д. В 1928 г. Гофмейстер повторил работу Чапека и нашел, что получающееся при этом вещество представляет собою конифериловый альдегид. Существует более 70 реактивов на Д., из к-рых наиболее употребительны: 1) флороглюцин, растворенный в соляной к-те, дает пурпурно-красное окрашивание; 2) сернокислый анилин в водном растворе—желтое окрашивание; 3) *n*-нитроанилин в сернокислом растворе—оранжевое окрашивание; 4) индол в виде концентрированного раствора сернокислой соли—кирпично-красное окрашивание; 5) обработка препарата хлором, а затем сульфатом натрия или аммиаком—красное окрашивание (очень хорошая реакция на одревеснение); Мёйле (Mäule) обрабатывает материал сначала раствором перманганата, затем соляной к-той и наконец аммиаком; так как при действии соляной кислоты на перманганат выделяется хлор, то принцип реакции—тот же; 6) иод в серной кислоте—коричневое окрашивание и 7) хлорцинкиод окрашивает Д. в желтый цвет.

При нагревании древесина разлагается, давая ряд продуктов (см. *Дерево*, сухая перегонка).

При обработке Д. водой при обыкновенной температуре в раствор переходят дубильные, красящие и нек-рые другие экстрактивные вещества (а также сахара́, поскольку они находятся в молодых клетках). При нагревании при атмосферном давлении, кроме экстрактивных веществ, в растворе обнаруживаются следы гемицеллюлоз, следы уксусной и муравьиной кислот, а также метилового спирта, из чего можно заключить о начинающемся гидролитическом действии воды. Кроме того в растворе обнаруживается небольшое количество так наз. растворимого лигнина, очень легко переходящего даже при слабом нагревании в смолистое вещество. При нагревании древесины с водой под давлением гемицеллюлозы переходят в раствор уже в значительном количестве.

При обработке древесины водяным паром под давлением в конденсате получаются те же продукты, что при обработке водой; древесина же при этом размягчается и сильно буреет. Последнее происходит вероятно вследствие окисления, т. к. при прибавлении восстанавливающих веществ, а также при удалении кислорода, Д. получается значительно светлее. Продукт, получающийся после пропаривания и дефибрирования, в технике называется бурой древесной массой. Так как целость волокна при этом процессе мало нарушается, то бурая древесная масса применяется при изготовлении прочных упаковочных бумаг.

Разбавленные минеральные к-ты действуют на Д. гидролизующим образом. В растворе как результат распада гемицеллюлоз получаются сахара́ (ксилоза, манноза и галактоза), муравьиная и уксусная к-ты, метиловый спирт, ацетон и ацетальдегид. При гидролизе под давлением с 0,5—1%-ной HCl и H_2SO_4 пентозы и маннозы разрушаются, и наступает осахаривание целлюлозы. При нагревании Д. с 12%-ной соляной к-той при температуре кипения в дистиллате получается фурфурол и метилфурфурол, как результат распада пентоз, образовавшихся гидролизом из гемицеллюлоз. При обработке Д. крепкими к-тами (70%-ной H_2SO_4, 40%-ной HCl) вся целлюлоза переходит в раствор, и при кипячении раствора, разбавленного водой до слабой концентрации кислоты, дает d-глюкозу; гемицеллюлозы дают при этом ряд сахаров и фурфурол. В остатке после гидролиза получается лигнин. При гидролизе древесины хвойных деревьев получается значительно больше гексоз (сбраживающихся сахаров), чем пентоз (несбраживающихся сахаров), а при гидролизе лиственных—больше пентоз, чем гексоз. Обработка Д. разбавленными к-тами под давлением применяется за границей для получения питательных кормов для скота. (См. *Древесные отходы*.) Были попытки получать сахар и затем этиловый спирт гидролизом Д. слабой к-той при высокой $t°$ или крепкой к-той при низкой $t°$ (см. *Винокурение*, выход спирта). При обработке Д. раствором сернистой к-ты при нагревании под давлением лигнин и часть гемицеллюлоз удаляются, и остается целлюлоза с бо́льшим или меньшим содержанием пентозанов. На этом принципе основана сульфитная варка Д. с целью получения целлюлозы, но т. к. при работе с большими количествами материала часто наблюдается обугливание остатка (как предполагается, образующейся при этом серной кислотой), то обычно для варки употребляют растворы сернистокислых солей Ca и Mg с избытком SO_2 (обычно в 4%). Здесь также наблюдается образование серной кислоты, но она выделяется в виде сульфата кальция. Образование серной к-ты представляет очень интересное явление. Исследования проф. Л. П. Жеребова дают определенное указание на то, что в этом процессе участвуют

гемицеллюлозы и в частности—пентозаны. Они дают соединения с сернистой к-той (или ее солями), которые при $t°$ 138° разрушаются, причем пентозы обугливаются, а серная к-та выделяется в виде кальциевой соли. Не исключается вероятность того, что для образования группы SO_3 отщепляется кислород от пентоз. Если продолжать нагревание оставшейся целлюлозы с сернистой к-той (с ней одной или в присутствии ее солей), наступает осахаривание целлюлозы, и практически следовательно всю Д. можно перевести в раствор. Исследование сернистокислого раствора, полученного после нагревания до стадии получения целлюлозы, обнаружило: 1) присутствие сахаров, образовавшихся от гидролиза гемицеллюлоз; 2) присутствие фурфурола, образовавшегося вследствие дальнейшего распада гемицеллюлоз; 3) присутствие метилового и этилового спирта; 4) присутствие органических к-т жирного ряда и 5) присутствие лигносульфоновых к-т. Лигносульфоновые к-ты были тщательно изучены Класоном и получены им синтетически. Целлюлоза, полученная после варки, находит значительное применение в промышленности для изготовления бумаги и картона. Полученный после варки раствор (называемый в технике сульфитным щелоком) находит применение при выделке кож (обработка щелоком облегчает дубление). Сбраживанием щелока после нейтрализации углекислым кальцием получается этиловый спирт (см. *Винокурение*).

При обработке Д. разбавленными щелочами часть ее переходит в раствор. При прибавлении спирта из щелочного раствора выпадает осадок, к-рый при гидролизе дает пентозы в значительном количестве. По анализу Толленса, вещество, выделенное щелочами из еловой Д., при перегонке с 12% HCl дает фурфурол, количество к-рого соответствует 63—92% ксилозы. Из бука и осины гидролизом нытяжки получено также большое количество ксилозы. При обработке Д. щелочами при нагревании, кроме пентозанов (или гемицеллюлоз), в раствор переходит и лигнин. При повышении концентрации щелочи наступает распад целлюлозы. В растворе щелока присутствуют: муравьинокислый, уксуснокислый и щавелевокислый натрий, метиловый спирт, экстрактивные вещества, частью распавшиеся гемицеллюлозы, лигнин и некоторые вещества ароматического ряда, образовавшиеся вследствие распада лигнина, напр. производные ванилина. Результаты влияния концентрации щелочей и давления на растворимость (или распад) Д. (по Тауссу) приведены в табл. 3.

Нагревание Д. со щелочами под давлением применяется в промышленности для получения целлюлозы. Для варки употребляют или раствор каустики и соды (натронная варка) или раствор каустики в смеси с сульфидом натрия (сульфатная варка). Щелочной способ дает хорошие результаты при варке Д. с высоким содержанием смолистых веществ. Смоляные к-ты при этом омыляются и не препятствуют варке. Щелоки, полученные после варки, упаривают и регенерируют. Сплавлением со щелочами Д. дает

Табл. 3.—Распад древесины под влиянием щелочей и давления.

Концентрация NaOH в %	Давление в atm	Колич. перешедш. в раствор вещества в %	Колич. осадка в растворе при осажд. спиртом в %	Количество осадка при осаждении к-тами в %	Окраска эфирной вытяжки кислого раствора от флороглюцина
3	1	28,37	нет	1,31	красная
3	5	50,96	»	15,94	»
3	10	70,31	следы	17,00	»
8	1	49,19	»	следы	»
8	5	75,85	2,0	16,00	»
8	10	81,80	1,7	25,40	нет окраски
14	1	35,45	4,8	2,00	» »
14	5	91,48	26,8	24,80	красная

соли щавелевой, уксусной и муравьиной к-т, а также протокатеховую к-ту и пирокатехин. Сплавление со щелочью в присутствии воздуха дает (по Гейзеру-Спрусу): щавелевой к-ты 65,60%, протокатеховой к-ты 6,10%, пирокатехина 0,64%, уксусной к-ты 18,03%, муравьиной к-ты 2,32%.

Д. очень легко поддается действию окислителей. Уже при действии кислорода воздуха меняется цвет Д., что приписывается образованию в ней продуктов окисления; по всей вероятности при этом изменяется та часть Д., которая в первую очередь реагирует с окислителями вообще, т. е. лигнин. В частности нужно заметить следующее. 1) При действии азотной к-ты на Д. сначала растворяется межклеточное вещество, и Д. распадается на отдельные волокна (мацерация), причем происходит удаление лигнина; при длительном воздействии изменяется и остающаяся целлюлоза, давая оксицеллюлозу. При нагревании с крепкой к-той происходит полный распад с образованием кислот жирного ряда, углекислоты и воды. 2) Сильным окислителем Д. является также перманганат в кислом растворе и хромовая к-та. 3) Действие галоидов (Cl, Br) на влажную Д. приводит к удалению лигниновых веществ и большей части гемицеллюлоз. Остается целлюлоза, к-рая также м. б. дальше окислена при длительном воздействии хлора. Обработанная хлором Д. окрашивается в оранжевый цвет—признак образования хлорированных производных лигнина; они легко растворяются в щелочах, труднее—в воде. В промышленности действие хлора на лигнин с образованием растворимых продуктов использовано для удаления остатков лигнина из целлюлозы, полученной варкой по щелочному или сульфитному способу. При этом целлюлоза белеет; этот процесс называется в технике отбелкой.

Д. обладает способностью адсорбировать фенолы и амины с образованием окрашенных продуктов. При этом она поглощает определенное количество реагента, и на этом свойстве основано определение количества древесной массы в бумаге (см. *Бумаги испытание*). Д. поглощает растворы солей в значительных количествах; этим пользуются на практике для предохранения Д. от атмосферного влияния, а также для получения огнестойкой Д. При помощи свинцовых и оловянных солей из Д. выделяют конифериловый альдегид. При дейст-

вии нейтральных сернистокислых солей при нагревании под давлением из Д. могут быть удалены лигнин и часть гемицеллюлоз.

Главным составным веществом Д. является *целлюлоза* (см.).

Одной из составных частей Д. является лигнин. Под лигнином обычно разумеют продукт, не поддающийся гидролизу при обработке Д. крепкими к-тами. Лигнин при этом получается конечно не в том виде, в каком он находится в Д. Менее разрушенным считается лигнин, выделенный Поуелом (Powell) из Д. при нагревании с 8%-ной щелочью и осаждением фильтрата кислотой. Лигнин, по определению Вислиценуса (Wislicenus), представляет собой смесь гидрозолей высокомолекулярного веса, к-рые в виде коллоидального раствора находятся в соке камбиальных клеток; при выкристаллизовании целлюлозы лигнин адсорбируется стенками целлюлозных волокон. Анализ выделенных из Д. лигнинов и сравнительные анализы Д. позволяют сделать следующие выводы: 1) лигнин содержит ацетильные и метоксильные группы; 2) при ацетилировании лигнина или метиллигнина общее число этих групп всегда равно 9; 3) лигнин содержит альдегидную группу и 4) при сплавлении со щелочами дает пирокатехин, т. е. ароматическое соединение, не получающееся при сплавлении полисахарида со щелочью.

Для анализа Д. ее натирают рашпилем и просеивают (сначала через сито 75, затем через сито 110). Пробу на влажность и навеску для экстракции берут одновременно. Для определения влажности 1 *г* Д. сушат при $t°$ 105° до постоянного веса в сушильном стаканчике и охлаждают в эксикаторе. Для определения содержания смол и жиров 20 *г* Д. обрабатывают в аппарате Сокслета смесью из равных частей бензола и спирта; опилки заливают небольшим количеством растворителя и оставляют на ночь, а затем извлекают на другой день в течение 6 ч. Для всех анализов берут экстрагированную Д.; поэтому подсушенные на воздухе опилки после экстракции помещают в баночку с притертой пробкой. Влажность их определяется в отдельной пробе. Полученный после экстракции раствор отфильтровывают, если попали опилки, избыток же растворителя отгоняют. Смолы сушат в шкафу при 107°, причем в колбочки проводится трубочка для пропускания тока углекислоты—иначе смолы долго сохнут и сильно темнеют. Лигнин определяют, по способу Кенига-Класона, с 70%-ной H_2SO_4; 1,5 *г* опилок заливают осторожно, чтобы опилки пропитались, 25 *см*³ к-слоты и оставляют на ночь; реакция заканчивается на следующий день. Проба на лигнин: 1) при разбавлении водой не должна выпадать целлюлоза и 2) после нагревания со щелочью части продукта гидролиза и при последующем окрашивании промытого продукта хлорцинкиодом не д. б. синего окрашивания. Если обе реакции дают отрицательный результат, содержимое разбавляют водой до 250 *см*³, кипятят нек-рое время (30 мин.) для осахаривания декстринов, отфильтровывают и промывают лигнин до исчезновения реакции на серную к-ту и на восстановление фелингова раствора, а затем сушат при 105°.

Целлюлозу определяют по способу Кросса и Бевана, удаляя хлором нецеллюлозные соединения. 1 *г* Д. (экстрагированной) помещают в тигель Гуча, вкладное донышко к-рого обшито тонкой материей (батистом, нансуком); материя точно обрезана по краю донышка, которое вставлено в тигель и пришито для прочности за нижнюю ткань. Опилки обрабатывают три-четыре раза горячей водой (лучше не кипящей, во избежание набухания) и закрывают тигель резиновой пробкой, в к-рую вставлена стеклянная трубка, оканчивающаяся хлоркальциевой трубочкой. Последняя вставлена в горлышко тубуса (между тиглем и горлом тубуса—резиновая прокладка), и в течение 15 мин. через тигель просасывается воздух. Опилки после остывания содержат достаточную для хлорирования влажность. Хлор получается в круглодонной колбе действием техник. соляной к-ты на перекись марганца при нагревании. Хлор пропускают через две промывные склянки с раствором хамелеона, затем—через тигель, причем тубус попрежнему присоединен к насосу (насос пущен слабо, с такою скоростью тока, чтобы можно было считать пузырьки). Первое хлорирование продолжают 20 м. Опилки промывают холодной водой, потом горячим раствором сульфита натрия до бесцвет. раствора, затем водой, опять сушат 15 м., а затем хлорирование повторяют таким же путем, длительностью: второе 15 м., третье 15 м. и четвертое 10 м. Полученную после последнего хлорирования целлюлозу тщательно промывают водой и сушат сначала при низкой $t°$ для удаления главной массы воды, затем при 105—107° при пропускании CO_2 до постоянного веса. При целлюлозе остаются пентозаны, которые лучше определять количественно, по Толленсу.

Из гемицеллюлоз обычно в Д. определяют только пентозаны, т. е. вещества, к-рые при нагревании с к-тами дают фурфурол. Для этого 2 *г* Д. и 100 *см*³ 12%-ной (уд. в. 1,06) HCl помещают в эрленмейеровскую колбу объемом 350—400 *см*³. Отгонка фурфурола производится на масляной бане, темп-ра которой поддерживается в 160°. Обе колбы погружены на одинаковую глубину в масло. После каждых 30 *см*³ отгона в колбу доливается 30 *см*³ 12%-ной HCl; дистиллат обычно собирают в количестве 360 *см*³. Осаждение фурфурола ведут при помощи флороглюцина; его берут двойное количество против ожидаемого фурфурола + 0,15 *г*. Если содержание пентозанов неизвестно, то вообще берут небольшой избыток, делая через несколько часов и на другой день пробу на газетную бумагу (красное окрашивание). Через ночь фильтруют осадок через тигель Гуча, промывают в 150 *см*³ воды, сушат в водяном шкафу $2^1/_2$ ч., взвешивают, затем просушивают еще в течение часа и взвешивают для проверки веса.

Лит.: Никитин Н., Очерки по химии древесины, Л., 1926; Schorger A. W., The Chemistry of Wood a. Cellulose, N. Y., 1926; Howley L. F. a. Wise L. E., The Chemistry of Wood, N. Y., 1926; Schwalbe C., Die Chemie d. Zellulose, B. 1, 2, B., 1911; Hägglund E., Holzchemie, Lpz., 1928. С. Ермолаева.

ДРЕВЕСИНА БАЛАНСОВАЯ, балансы, древесина, идущая на производство целлюлозы и древесной массы. Балансы заготовляют как в виде целых бревен, так и отдельными отрезками; экспортный баланс заготовляют в лесу исключительно бревнами. Объемной единицей измерения балансов служит складочный $м^3$.

При заготовке в лесу или при выгрузке баланс продораживается, т. е. во всю длину его снимается несколько полос коры с целью подсушить древесину и предохранить ее от гниения. Экспортный баланс перед погрузкой на суда полностью окаривается. Для изготовления древесной массы предпочитают свежий баланс (он легче дефибрируется); для целлюлозы же, наоборот, необходимо иметь сухую и выдержанную древесину, так как в такой древесине смолы претерпевают химическое изменение, благодаря к-рому они уже не вредят дальнейшей переработке на целлюлозу. Поэтому баланс для целлюлозного производства должен храниться на бирже не менее одного и даже до двух лет.

Технич. условия для Д. б. В СССР еще не существует обязательных технич. условий для баланса, но Стандартной комиссией намечены след. нормы.

1. Нормы для древесномассного баланса. Длина еловых балансов устанавливается в зависимости от ширины камней дефибреров. Еловые балансы могут быть заготовлены долготьем, т. е. без распиловки по длине. Толщина—не менее 10 *см*. Измерение толщины производится в верхнем отрубе без коры, по среднему диаметру, в целых *см*, причем доли менее 0,5 *см* отбрасываются, а 0,5 *см* и более принимаются за единицу. Отклонения в размерах длины могут быть не свыше 2%, причем общее количество балансов с отклонениями в сторону увеличения—не более 1%, а в сторону уменьшения—не более 2%. Балансы должны быть изготовлены из растущего леса (осенней или зимней рубки). Повал и бурелом пригодны лишь в том случае, если древесина отвечает техническим условиям растущего леса. Балансы не должны быть старше годовой заготовки. Древесина балансов 1-го сорта должна быть здоровая, без следующих пороков: гнили, ситовины, трухлявости, краснины, синевы, червоточины, серянок, отлупа, короеда, морозобоины, наростов, впадин, кремнистости, развилин в вершине, пасынков, табачных и гнилых сучьев. Допускаются: а) кривизна не свыше 1% длины, б) поверхностная торцевая плесень. В балансах 2-го сорта допускаются кроме того синева, глубиной до 1 *см* по радиусу сечения, и красная твердая гниль не свыше 10% площади торца. Из числа пороков, не допускаемых в 1-м сорте, здесь приемлемы: червоточина, отлуп, наросты, короед, впадины и пасынки. Для обоих сортов допускаются вполне сросшиеся с древесиной сучки в количестве до 15 шт. на 1 *п. м* длины, в том числе не более 5 сучков размером 10—20 *мм*, а остальные—не более 10 *мм* по большей оси. Заросшие сучья, обнаруженные при обтеске, учитываются как в отношении количества, так и размеров, согласно вышеуказанной норме. Балансы м. б. или чистоокоренные, со следами луба, или в коре, но продороженные, причем на каждые 10 *см* окружности д. б. сделана одна дорожка шириной от 2 до 4 *см*. Сучки д. б. срублены в уровень с поверхностью, а торцы—гладко спилены перпендикулярно к оси.

2. Нормы для целлюлозного баланса. Технич. условия для баланса, идущего на выработку целлюлозы, отличаются от предыдущих в следующем. Длина—1 *м*, 2 *м* и кратные им размеры. Толщина 1-го сорта не ниже 15 *см*, 2-го сорта—не ниже 10 *см*. Отклонения в длине допускаются: в сторону увеличения—без ограничения, а в сторону уменьшения—не свыше 2% длины, причем количество таких балансов ограничивается 2% в партии. Балансы м. б. допущены в производство не ранее, чем через год после их заготовки. Балансы 1-го сорта м. б. заготовлены из повала и бурелома, если их древесина отвечает технич. условиям растущего леса. При тех же условиях 2-й сорт м. б. изготовлен из горелого леса. Из пороков в 1-м сорте допускаются: синева глубиной до 2 *мм* по радиусу сечения; кривизна не свыше 1% длины и не более, чем в 2% общего количества для ели и пихты и 5% для сосны; поверхностная торцевая плесень. Для 2-го сорта допускаются: синева до 1 *см* по радиусу сечения; кривизна не свыше 1% длины и не более 5% общего количества для ели и пихты и 10%—для сосны; красная твердая гниль не свыше 10% площади торца; поверхностная торцевая плесень. Кроме того приемлемы следующие пороки, не допускаемые в первом сорте: червоточина, отлуп, короед, лубоед, впадины и пасынки. В 1-м сорте для ели и пихты допускаются здоровые, вполне сросшиеся с древесиной сучки в количестве до 25 штук на 1 *п. м* длины, в том числе не более 8 сучков размером 10÷20 *мм*, а остальные не более 10 *мм* по большей оси. В сосновых балансах допускаются здоровые, вполне сросшиеся с древесиной сучки в количестве до 15 штук на 1 *п. м* длины, в том числе не более 4 сучков размером 10÷20 *мм*, а остальные—не более 10 *мм* по большей оси. Во 2-м сорте допускаются для всех пород здоровые сучки в количестве до 30 штук на 1 *п. м* длины, в том числе не более 15 сучков размером 10÷35 *мм*, а остальные не более 10 *мм* по большей оси. Еловые и пихтовые балансы могут быть или чистоокоренные, допуская в этом случае следы луба, или в коре, но продороженные, причем в последнем случае на каждые 10 *см* окружности должна быть сделана одна дорожка шириной от 2 до 4 *см*. Сосновые балансы должны быть чисто окорены. Для осинового баланса технические условия те же, что и для соснового 1-го сорта, за следующими исключениями: толщина—не менее 11 *см*; древесина в поперечном сечении должна иметь однородный белый цвет; балансы могут быть в коре или окорены, но в последнем случае они не должны иметь следов луба или коры.

Балансовые насаждения. Заготовка баланса может производиться или путем отсортировки и разделки материала на лесосеке или же в специальных балансовых насаждениях. При растущем дефиците древесины едва ли возможно специально вести хозяйство на балансовый лес. При сильном росте целлюлозного и древесномассного производства в Германии такое хозяйство пытались вести, но безуспешно, и производство идет преимущественно на импортном балансе. Понятие Д. б. скорее экономич. характера, чем физического, и назначение растущего леса определяется экономич. факторами, условиями лесного рынка. Поэтому балансовыми насаждениями нужно считать естественные нетоварные насаждения, которыми изобилует Север СССР (до 50% всех его насаждений). Это—насаждения преимущественно V бонитета, произрастающие на сырой, глинистой, торфяной, частью супесчаной заболоченной почве, возрастом 150—200 лет, со средней высотой ствола 13—18 *м* и при толщине ствола 16—22 *см* на высоте груди. Выход балансовой древесины этих насаждений колеблется в пределах 20÷60%, составляя в среднем около 36%. Древесина имеет много пороков, но очень плотна, со средней шириной годичного кольца около 1,25 *мм*.

Л. Жеребов.

Лит.: см. *Древесная масса.*

ДРЕВЕСИНЫ ВРЕДИТЕЛИ, насекомые, повреждающие мертвую (строительную и поделочную) древесину, объединенные в группу технических вредителей древесных пород, в отличие от физиологических вредителей, нападающих на живой лес на корню или свежесрубленный, не очищенный от коры и не разработанный на материал лес, в котором еще протекают физиологич. процессы. Физиологич. вредители, в силу их требований к условиям влажности, питания и размножения, не могут нападать на мертвую древесину и свой жизненный цикл проводят на живых деревьях, часто со строгим выбором пород и возраста

(сосновый шелкопряд, монашенка, слонники, короеды, майский жук, некоторые усачи, златки, пилильщики и др.), тогда как технические Д. в. неспособны нападать на живые древесные организмы и селятся лишь в мертвой, часто в совершенно сухой и старой древесине и с меньшим разбором в ее породе. Часть технич. вредителей обитает в лесах и избирает для размножения сухостой, неубранный и засохший бурелом, ветровал и др., а для гнездования—неошкурованный сухой или загнивающий лесоматериал. К этим вредителям относится ряд усачей, златок, рогохвостов и некоторые короеды. Эти крупные (исключая короедов) насекомые (1÷5 *см* длины) летают в первой половине лета в лесах, спариваются и откладывают яйца в щели коры, в трещины или, особой иглой-яйцекладом, в толщу древесины разных деревьев, а некоторые—в определенные породы. Из яиц вылупляются личинки, которые питаются корой и древесиной, растут (до 5—6 *см* длины), несколько раз в периоде роста линяют, постепенно углубляются в древесину и там же превращаются в куколок. Из куколок выходит новое поколение насекомых. Развитие их от яйца до насекомого длится ок. 2 лет. Личинки проделывают в древесине извилистые, расширяющиеся ходы, наполненные червоточиной, похожей на грубые опилки. Когда из куколок вылупляются насекомые, они прогрызают т. н. лётные отверстия (иногда до 1 *см* в диам.), которые служат безошибочным признаком зараженной древесины. Усачи делают крупные лётные отверстия слегка овального сечения, златки—резко овального, рогохвосты и короеды—совершенно круглого сечения (размера мелкой дроби). Д. в. часто, поселившись на неошкуренном лесоматериале и углубившись в древесину, продолжают жить в ней и после очистки ее от коры. Вместе с материалом Д. в. попадают на склады. Разработка зараженного материала на сортименты (бревна, доски) не влечет за собой гибели всех Д. в., так как материал под открытым небом увлажняется атмосферной влагой, благодаря чему сохраняются те условия, при к-рых создается возможность потомству насекомых вырасти и вылететь. Зараженный материал, источенный ходами личинок, попадая в поделочный сортимент, теряет в качестве и бракуется.

Борьба с этими вредителями протекает гл. обр. в лесу и заключается в создании неблагоприятных условий для размножения их или в непосредственном уничтожении их потомства. Если следить за насаждениями, своевременно выбирать мертвые деревья, снимать с них кору, удалять или ошкуривать ветровал, бурелом, пни, сжигать остатки от лесозаготовок, то для Д. в. создаются неблагоприятные условия, и численность их значительно уменьшается. Кроме указанных мер санитарного порядка полезно оставлять известное количество лежачих мертвых деревьев с корой. Такие деревья, при предварительном приведении насаждений в хорошее санитарное состояние, будут являться приманочными деревьями для гнездования Д. в.; если такие «ловчие» деревья в начале образования личинок, пока последние еще не углубились в древесину, ошкурить, кору сжигать, а древесину вывозить из леса или целиком сжигать, то ущерб от Д. в. значительно сокращается.

Другая группа техническ. Д. в. нападает на древесину в изделиях. Они портят деревянные части и всякого рода мебель (забираются также и в книги). В дереве они протачивают ходы и нагрызают мелкую червоточину. Ходов бывает так много, что от дерева иногда остается лишь верхний слой. Присутствие таких вредителей обнаруживается по маленьким круглым, реже овальным отверстиям на поверхности предметов и кучкам желтоватой муки — червоточины. Эти Д. в. имеют название точил, или точильщиков. Самих точильщиков, в отличие от вредителей первой группы, трудно заметить, т. к. они очень малы и бо́льшую часть жизни проводят внутри ходов. Они имеют широкое распространение. На лесных складах, где долго лежит материал, точильщики наносят существенный вред. Сырой материал, лежащий в среднем меньше года, не заселяется точильщиками. Свыше этого времени при «антисанитарном» состоянии склада дерево уже подвергается опасности заражения. Точильщики в еще меньшей степени, чем некоторые усачи, златки и рогохвосты, нападают на свежий материал, т. к. составные части древесины, к-рыми они питаются (крахмал и сахар), становятся приемлемыми для них лишь по истечении довольно значительного времени. Большинство точильщиков производит своеобразный стук, похожий на тиканье часов, за что их называют еще «часовщиками». К наиболее распространенным точильщикам относятся:

Домовый (мебельный) точильщик (Anobium domesticum Geoffr.), длиною 5—5,5 *мм*, телесно- или красновато-коричневый с желтоватыми волосками, с продольными пунктирными бороздками на надкрыльях и с небольшим бугром на лицевой части головы. Жуки вылетают в мае—июне из куколок, находящихся внутри деревянного предмета. Самки откладывают около 12 яичек по щелям или возвращаются для этого через лётные отверстия внутрь предмета. Через 3—4 недели вылупляются белые личинки, к-рые проделывают расширяющиеся, по мере своего роста, ходы, заполненные червоточиной. Личинки несколько раз линяют. Зимой они впадают в спячку. В начале лета личинки пробуждаются, приближаются к поверхности заселенного предмета, где в особых ямках превращаются в куколок, из которых через 2—3 недели вылупляются жуки, прогрызающие лётные отверстия для выхода наружу. Все развитие от яйца до жука протекает около года.

Точильщик Anobium pertinax L. несколько крупнее предыдущего, с к-рым схож по образу жизни. Самка откладывает 6—8 яиц в старые ходы. Нападает на всякую древесину. Лётные отверстия ок. 3 *мм*. Точильщик Ptilinus pectinicornis L.—с гребенчатовидными усиками; тело более приближается к цилиндрич. форме; темнокоричневого цвета; надкрылья без ясной пунктировки полос. По образу жизни схож с другими видами точильщиков; он бо́льшую

часть жизни проводит в ходах, даже в период спаривания; нападает на бук, дуб и хвойные породы деревьев.

Жук-часовщик (X stobinm tesselatum Fbr.) появляется на свет на месяц раньше домового точильщика. В апреле—мае жуки наиболее деятельны. Длина 5—8 *мм*; темнокоричневого цвета, с пятнами желтовато-серых волосков; надкрылья густо пунктированы. Спаривается вскоре после выхода из отверстия и после кладки яиц вскоре умирает. В остальном образ жизни одинаков с домовым точильщиком. Приносит большой вред, истачивая деревянные части строений. Лётные отверстия 4 *мм*.

Древогрызы Lyctus brunnens и Lyctus linearis Goeze—оба, несколько больше домового точильщика, уже и более плоские; темнокоричневые, с красновато-коричневыми глянцевыми надкрыльями; усики с утолщением на конце. Широко распространены по всему свету; по образу жизни схожи с домовым точильщиком; ходы протачиваются личинками параллельно волокнам, не перекрещиваясь друг с другом, что наблюдается у домового точильщика. Нападают только на лиственные породы. Древогрыз Lyctus fuscus L.—смоляно-черный, плоский, продолговатый, длина 2,5—5 *мм*, с надкрыльями, пунктированными двойными рядами. Водится главным образом на юге. Кладет яички в сыроватые дубовые бревна, иногда в ясень; личинки живут в древесине 2—3 г., там же закукливаются, и жуки выходят, проделывая лётные отверстия. Гнездятся в одном и том же куске дерева, пока не превратят его в труху. Встречаются и в лесах.

Черный домовый усач (Hylotrupes bajulus L.)—величиной 8—20 *мм* плоский, смоляно-черный, с пятнами из беловато-желтых волосков на надкрыльях, усики длиной до половины тела. Величина взрослой личинки 20—25 *мм*. Этот Д. в. широко распространен в Европе и завезен в Америку. Живет как в хвойном лесоматериале, так и в постройках из него, встречается и в мебели. Откладывает яйца в трещины дерева; личинки поедают и превращают в пыль все слои древесины, оставляя очень тонкую поверхностную оболочку. Снаружи трудно заметить повреждения, лишь иногда видны маленькие кучки пыли. Жук прогрызает крупное, несколько овальное лётное отверстие. Личиночный период длится до 4 лет и более. Очень опасный вредитель. Не рекомендуется воздвигать постройки из сухостойного леса, к-рый для жуков особенно привлекателен. Полезно обрабатывать древесину предохраняющими от гниения растворами, т. к. древесина, начавшая загнивать, также привлекает жуков. Сырость в помещениях способствует заражению строений этим усачом. Перечисленные обстоятельства указаны отдельно в виду своеобразных повадок черного усача.

Рыжий домовый усач (Stromatium unicolor Ol.) водится в Крыму и на Кавказе; длиной 17—25 *мм*; одноцветный рыжеватый; усики у самцов значительно длиннее тела, у самок равны длине тела. Взрослая личинка 25—30 *мм*. Лёт жуков—ночами в июне—июле; днем прячутся в домах; откладывают яйца в щели различных деревянных предметов и вскоре умирают; нападают на все лиственные породы. Личинки живут до 3 лет, после чего превращаются в куколок, из к-рых через 2—4 недели выходят жуки.

Термиты, или белые муравьи, полиморфны, т. е. имеют несколько форм с различным функциональным назначением (самки, самцы, рабочие, солдаты и др.). Одни из опаснейших вредителей—на юге и Ю.-В. СССР и в других южных странах. Живут обществами, наподобие муравьев, и строят весьма сложные жилища. Самки и самцы имеют крылья но носят их недолго: окрылившиеся молодые самки и самцы вылетают из гнезда для образования новой колонии (роение) и вскоре садятся на землю, после чего крылья у них отпадают. Пищей термитам служит все, что поддается действию их челюстей: пищевые запасы, платье, белье, бумага, мебель, дома, корабли, телеграфные столбы, шпалы и др. Термиты чрезвычайно плодовиты, их колонии весьма велики по численности особей; производимые ими опустошения очень значительны и опасны даже для целых городов.

Предупредительные меры борьбы с Д. в. следующие: строевой и поделочный материал на складах должен периодически осматриваться с тщательной проверкой оказавшихся на нем отверстий. Лучшее время для просмотра—зима. Материал с отверстиями следует отбирать и употреблять в неответственные поделки или подвергать дезинсекции. На складах д. б. строгая чистота и не должно скопляться ненужного и неценного материала. Должна соблюдаться очередь использования хранящегося материала, начиная с самого старого. Если неизбежно поступление на склад зараженного материала, то для предохранения ценного материала от заражения последний покрывают горячей олифой в 2—3 слоя или погружают в котел с кипящим маслом. Олифа желтит дерево, и поэтому ею можно пользоваться, когда желтый цвет для поделки не имеет значения или желателен. С той же целью употребляется креозот (дает коричневое окрашивание). Для того чтобы насекомые не находили трещин и других пор в дереве для откладки яиц, предметы лакируют, красят или покрывают воском, особенно тщательно в соединениях и открытых торцах. У старых предметов следует подновлять окраску, лакировку и т. д. Сильно зараженные предметы уничтожают. Наиболее простой истребительной мерой является обработка зараженного материала и предметов керосином. Эта работа проводится, как и в предыдущих случаях, зимой, когда вредители находятся в предметах. Подобная обработка, производимая ежегодно и тщательно, с многократной сочной промазкой (кистью или губкой), дает хорошие результаты. Более радикальной мерой является пропитка зараженных предметов смесью из 3 частей креозота и 1 части керосина. Такая смесь в нагретом состоянии наносится кистью. Пропаривание поделочной древесины в закрытых котлах под повышенным давлением также дает хорошие результаты, однако несколько ослабляя древесину (см. *Вулканизация дре-*

весины). Регулярная обработка деревянных изделий скипидаром является и предупредительной и истребительной мерой. Наиболее же радикальной мерой является окуривание предметов в дезинсекционных камерах различными газами. Наиболее употребительные газы: сероуглерод, хлорпикрин и цианистый газ. Последний дает хорошие результаты лишь в камерах, которые снабжены вакуум-аппаратом (см. *Дезинсекция* продуктовых хранилищ и *Инсектициды*).

Лит.: Горянинов А. и Буров С., Как уберечь дома и строительные материалы от вредителей и болезней древесины, М., 1928; Силантьев А., Рыжеватый домовый усач—вредитель деревянных изделий в Закавказьи, СПБ, 1907; Холодковский Н. А., Курс энтомологии, теоретической и прикладной, т. 1, 4 изд., М.—Л., 1927; Эшерих К., Термиты, или белые муравьи, пер. с нем., СПБ, 1910; Модестов В., Вредители леса и борьба с ними, М., 1926; Сапожников А., Ванин С. и Копытковский Б., Предохранение деревянных шпал от преждевременного разрушения, М., 1926; Escherich K., Forstinsekten Mitteleuropas, B. 2—Spezieller Teil, B., 1923; Zacher F., Die Vorrats-, Speicher- und Materialschädlinge und ihre Bekämpfung, Berlin, 1927; Johnson W. G., Fumigation Methods, New York, 1902.

В. Модестов.

ДРЕВЕСНАЯ МАССА, полуфабрикат бумажного производства, состоящий из механически отщепленных обрывков древесных волокон и их пучков. Этот полуфабрикат или вырабатывается непосредственно на бумажных ф-ках (комбинированное бумажное предприятие) или производится для рынка на самостоятельных древесномассных предприятиях. В первом случае Д. м. обычно получается в форме листов с большим содержанием воды (до 70%) или в виде водных суспензий с содержанием волокна 0,5—2,0%. Последний вид Д. м. особенно удобен для внутризаводского транспорта, т. к. эта жидкость может перекачиваться насосом по трубам на большие расстояния от места ее производства до пункта потребления, что упрощает и удешевляет производство бумажной массы. Один из длиннейших массопроводов такого рода построен на Нью Фаундленде и соединяет древесномассный з-д, расположенный на водопаде Бишоп и вырабатывающий 80—90 *т* в день, с бумажной ф-кой, отстоящей на расстоянии 18 *км*.

При выработке Д. м. для рынка она отжимается до содержания 50% сухого вещества или же высушивается до 12% влажности; последняя норма и является общепринятой расчетной нормой для всех бумажных полуфабрикатов, т. к. соответствует воздушно-сухой Д. м., т. е. высушенной на воздухе при средней влажности последнего (65%). Сушеная Д. м. имеет вид картонных листов толщиною 1,5—5,0 *мм*, причем в фискальных целях, для отличия от готового продукта в листах пробиваются отверстия (1 отверстие на 150—180 *см*²). Листы сушеной Д. м. пакуются в кипы по 100 *кг*. Перевозка Д. м. с влажностью до 50% почти в два раза удорожает фрахт и в зимнее время вызывает необходимость оттаивания; поэтому она применяется лишь при очень дешевых провозных ставках (напр. при доставке из Норвегии в Англию). Кроме того при переработке сушеных листов на бумажных фабриках возникают добавочные расходы по предварительному измельчению листов, причем неизбежно и нек-рое повреждение волокон. Размеры волокон Д. м. даны в табл. 1.

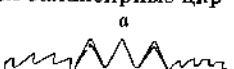
Производств Д. м. Производственный процесс слагается из следующих стадий: 1) подготовка дерева, 2) основная операция—дефибрирование, 3) очистка и сортировка полученной массы, 4) рафинирование задержанных сортировкой грубых пучков волокон, 5) сгущение или обезвоживание Д. м., 6) сушка и паковка (в случае пересылки или длительного хранения).

1. Первичная обработка баланса. Поступающий в производство баланс должен прежде всего получить размеры, соответствующие ширине камня дефибрера; затем его нужно освободить от крупных сучков и наплывов, очистить от коры и наконец очистить от грязи, прилипшей на торцах при сплаве или транспорте. Распиловка бревен на мерный баланс иногда производится на бирже, иногда же внутри ф-ки. Заготовка баланса бревнами, удобная для сплава, имеет в данном случае то преимущество, что дает меньше загрязненных торцов, т. к. промежуточные торцы получаются чистыми при распиловке. Для распиловки наиболее удобными машинами являются балансирные циркулярные пилы, устанавливаемые выше или ниже распиливаемого бревна. Первая установка имеет то преимущество, что машина все время работает на виду; удобство второй установки заключается в том, что диск пилы, управляемый педалью, выходит на поверхность пола только во время резки и следовательно представляет меньшую опасность для работающего. Из трех применяющихся форм зуба (фиг. 1) наиболее употребительна форма *а*, дающая более чистый разрез с меньшим количеством выступающих частичек, являющихся вредными при дальнейшей переработке. Впрочем лучшим

Табл. 1.—Размеры волокон древесной массы.

Полуфабрикат	Размеры в *мм*						Отношение $l : d$
	длина l			ширина или диам. d			
	от	до	средн.	от	до	средн.	
Различные сорта хорошей древесной массы из ели	0,015	3,10	—	0,003	0,08	—	—
Тщательно отсортированная масса из ели	0,05	1,5	0,77	0,005	0,07	0,037	21
При давлении* 425 *г/см*²	0,05	1,4	0,73	0,02	0,04	0,03	24
» » 1 500 »	0,20	1,8	1,00	0,01	0,04	0,025	40
» » 3 250 »	0,10	1,3	0,7	0,01	0,03	0,02	35
» » 5 000 »	0,05	1,0	—	—	—	—	—
Хорошая масса из осины	0,07	1,03	0,55	0,001	0,03	0,016	34
Бурая (вареная) масса из сосны	0,6	5,0	2,8	0,02	0,08	0,05	56

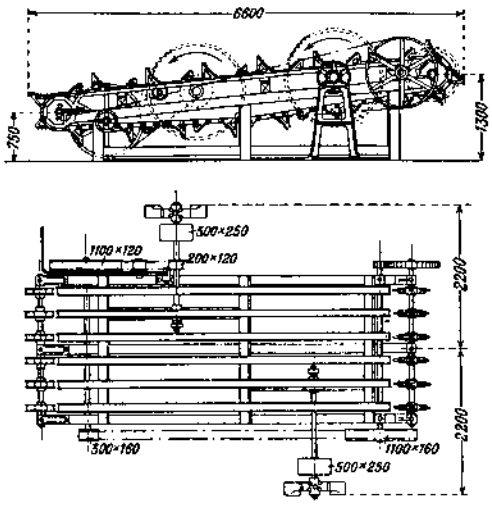
* В прессе дефибрера.



Фиг. 1.

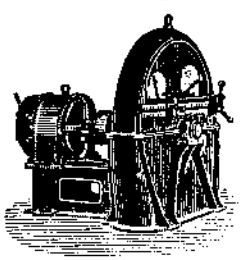
средством против этого недостатка являются остро отточенные зубья, равномерная их разводка и прямой, небьющий диск пилы. На более крупных фабриках применяется весьма производительный многопильный станок (фиг. 2). Ряд движущихся бесконечных цепей с выдающимися пальцами подводит бревна к последовательно расположенным пилам, которые разрезают каждое бревно на несколько поленьев определенной длины, подаваемых затем транспортером к корообдиркам.

Очистка баланса от коры (окорка) составляет необходимое условие получения годной Д. м. Присутствие малейших остатков



Фиг. 2.

коры на балансе вызывает появление в Д. м. или целлюлозе темных точек и волокон, делающих материал непригодным для многих целей. При зарождении древесномассного производства баланс очищался от коры исключительно вручную, плотничными скобелями. Но затем появились машины, в к-рых ручной скобель был заменен тремя или четырьмя прямыми ножами, устанавливаемыми в прорезях быстро вращающегося диска машины. При прижимании баланса к вращающемуся диску лезвия ножей, наподобие рубанка, каждый раз срезают с полена стружку, соответственно выступу ножей. Если при этом постепенно вращать полено, то кора будет равномерно срезаться по всей окружности. Отделяемые ножами кора и стружка древесины поступают в металлический кожух, в к-рый заключен корообдирочный диск, и отсюда по трубе уносятся в особый приемник в помещении паровых котлов, где и употребляются как топливо. К задней стороне диска прикреплены лопасти, которые действуют, как крылья вентилятора. Одна из машин такого типа, распространенного в Америке и скандинавских странах, изображена на фиг. 3. Все машины указанного типа имеют тот недостаток, что прикрепленные к диску ножи выступают на определенную высоту, неизменяемую во время работы, между тем как баланс имеет кору различной толщины. Кроме того благодаря изгибам и искривлениям поленьев, для того чтобы очистить каждое полено сполна, требуется снимать большое количество хорошей древесины. Поэтому в нек-рых конструкциях введено приспособление для изменения выступа ножей во время работы, в зависимости от свойств баланса. На фиг. 4 и 5 представлены два вида корообдирной машины системы Roberts & Libert.

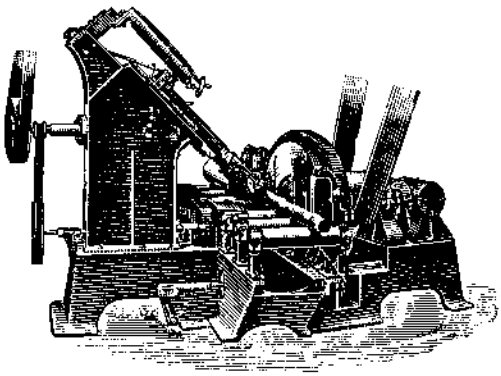


Фиг. 3.

Впрочем за последнее время как в Германии, так и в СССР иногда наблюдалось возвращение к примитивному способу ручной окорки. В Германии это объясняется высокой стоимостью баланса, вследствие чего приходится дорожить каждым полупроцентом древесины, при механической же острожке отход древесины неизбежно больше, чем при ручной, а для СССР, где баланс дешевле, применение ручного способа обусловлено избытком рабочих рук. При сравнении стоимости ручной и машинной острожки необходимо принимать в расчет помимо оплаты рабочих также потерю древесины при острожке, а для машинной работы и затрату механической энергии. Все эти данные находятся еще в зависимости от толщины перерабатываемого баланса. По последним сравнительным испытаниям на германских ф-ках, потеря древесины при острожке равнялась:

При машинной острожке		В процентах: (по объему)	(по весу)
Диам. баланса	7—10 см	7,7	16,4
» »	10—13 »	5,3	12,7
» »	13—16 »	6,2	12,6
» »	более 16 »	4,5	12,3
В среднем		5,9	13,5
При ручной острожке			
Диам. баланса	7—10 см	5,5	12,0
» »	10—13 »	4,5	7,7
» »	13—16 »	4,7	7,5
» »	более 16 »	3,7	6,2
В среднем		4,6	8,4

Т. о. в среднем при машинной острожке около 5% (вес.) древесины теряется в виде стружки. Производительность рабочего при ручной очистке считают он. 2,0—2,3 складочных $м^3$ за 8-час. рабочий день.

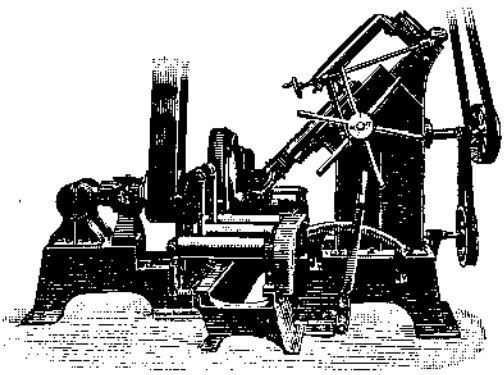


Фиг. 4.

Расход энергии на 1 $м^3$ при машинной очистке принимают в 3,5—3,7 kWh. Однако в Германии еще не пришли к окончательному решению по этому вопросу: одни считают ручную очистку приблизительно на 10% дешевле машинной, другие, наоборот, находят машинную очистку более дешевой. Несомненно, конечный результат зависит от оборудования фабрики, стоимости силовой энергии, качества болванок и опытности и старательности рабочих. Стоимость баланса на одной из фабрик после острожки повышалась след. обр.: 1) при ручной работе—на 13,6%; 2) на машине для короткого баланса—на 13,6%;

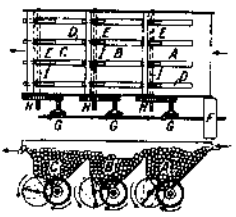
3) на машине для длинного баланса с последующей ручной подчисткой—на 14,1%; 4) на машине для длинного баланса с последующей машинной подчисткой—16,2%. В первом и втором случаях потери древесины при машинной остружке компенсировалась большей стоимостью ручного труда. Надо заметить, что при этом не была учтена ценность отходящей стружки как топлива и что оборудование фабрики было повидимому неудовлетворительно, так как на обслуживание корообдирных машин расходовалось 1,2 раб. дня на 1 $м^3$. В каких широких пределах колеблются потери древесины в зависимости от вышеуказанных условий и качества баланса, показывает опыт более лесистых стран, где не преследовалась особенная экономия в подготовке древесины. Так, в Швеции потеря древесины на машине Fresk Sandberg составляла 3,0÷22,7%, а на машине Карлштадского завода—6,6÷33,8% (по весу). Такие колебания зависят конечно прежде всего от степени предварительного удаления коры при валке дерева, пропиливании, сплаве и т. п. Потеря чистой древесины, т. е. за вычетом находящейся на балансе коры, была определена при этих опытах в 4—6%, а потеря коры—в 6—7%, так что общая потеря составляла 10—13% (по объему). По последнему отчету Семмера, на америк. фабриках потери достигают 20—30% (вероятно вследствие непрерывного ухудшения баланса).

Для уменьшения потерь при окорке, кроме указанных машин с регулируемой стружкой, были введены машины, в к-рых кора отделяется не ножами, а лишь благодаря трению поленьев друг о друга и о стенки машины. Эти машины, носящие благодаря своей форме название **корообдирных барабанов**, представляют собою большие вращающиеся барабаны, стенки которых состоят из углового таврового или U-образного железа с направленными внутрь



Фиг. 5.

барабана острыми ребрами. Между этими полосами оставлены просветы, сквозь которые удаляется отделяющаяся кора. Концевые части барабана открыты, и через них с одной стороны баланс поступает в барабан, а с другой—выходит из него после очистки. Нижняя часть барабана вместе с роликами, на к-рых он вращается, погружена в воду, в особом бетонном бассейне, а его приводные части помещаются на борту этого бассейна. При вращении барабана заполняющий его значительно выше центра баланс, благодаря выступающим внутрь железным ребрам, также приводится во вращение и т. о. подвергается трению. Так как для постепенного отдирания коры требуется значительное время, то и емкость барабана д. б. значительной. Один из заводов строит барабаны длиной 9 150 и 13 725 *мм* при диаметрах соответственно—3 050 и 3 660 *мм*. Т. о. при загрузке только до половины барабаны вмещают 33÷72 $м^3$. Расход мощности на работу барабанов при 75 об/м. 75÷125 *HP*. Производительность таких барабанов, в зависимости от сухости и качества баланса, колеблется в пределах 35÷75 $м^3$/ч. При очистке на этих барабанах значительно уменьшается потеря чистой древесины; по нек-рым америк. данным, она составляет лишь 0,5—2,0%. Эта очистка однако не м. б. совершенной, т. к. во всех углублениях, на внутренней стороне кривых поленьев, вблизи выдающихся сучков,—словом, во всех местах, к-рые по своему положению не подвергаются трению, кора может остаться, и для удаления ее требуется дополнительная ручная или машинная подчистка. Кроме того при сухом балансе внутренняя часть коры—луб удаляется не сполна, и в этих случаях также требуется дополнительная очистка. Только при выработке бурой Д. м. или крафт-целлюлозы, где присутствие темных частиц не играет большой роли, барабанная очистка имеет преимущество; для получения же белых сортов дополнительная очистка необходима, и ей обычно подвергают до



Фиг. 6.

20% всего пропущенного через барабаны баланса, а при очень сухом балансе—даже до 50%. Такая дополнительная очистка влечет уже потерю хорошей древесины, составляющую, по нек-рым данным, 1,7÷3,2%, а при балансе с непродороженной ранее корой иногда даже 12÷15%. Надо отметить, что значительная потеря древесины получается еще вследствие отколов и отломов баланса во время ударов поленьев друг о друга.

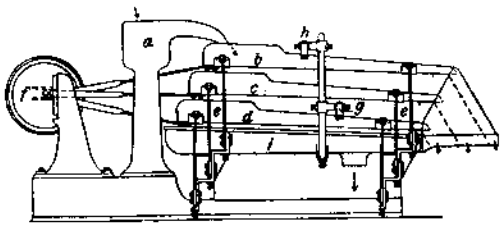
Недавно появился новый тип корообдирок (Торне), основанный на том же принципе самоочищения баланса и могущий повидимому рассчитывать на успех в тех случаях, где не требуется абсолютной чистоты Д. м. Корообдирка такого типа изображена на фиг. 6. Грубо подсортированные по диаметрам бревна поступают последовательно в три кармана *A*, *B* и *C*, имеющие в нижней своей части прорези *D*. Сквозь эти прорези (на изображенной машине их по 4 в каждом кармане) внутрь карманов выступают жестко укрепленные на валах кулаки *E*, которые то приподнимают, то опускают массу бревен, сообщая ей в то же время поступательное движение к выходу из последнего кармана. При этом движении бревна трутся друг о друга и сдирают находящуюся на них кору. Льющаяся из спрысков на бревна вода пропитывает кору, чем облегчается ее отделение от заболони и удаление сквозь нижние прорези карманов. Кулаки 1 800 *мм* длиною и 150 *мм* толщиною вращаются со скоростью 15 об/м. Плохо окоренные бревна особым транспортером возвращаются обратно в первый карман. Общий вал корообдирки, получающий движение помощью шкива *F* от мотора в 175 *HP*, передает его тремя конич. шестернями *G* и тремя парами цилиндрических шестерен *H* трем кулачным валам *I*. Производительность таких корообдирок гарантируется до 70 $м^3$/ч. Отличие

этой корообдирки от предыдущих заключается еще в том, что, в то время как предыдущие требуют предварительной распиловки бревен, здесь бревна предварительно окоряются и затем уже поступают на многопильный станок для распиловки.

2. Дефибрирование древесины. Очищенный от коры и разрезанный баланс в прежнее время освобождался от сучков и раскалывался на более тонкие поленья, но в настоящее время ни то ни другое уже не практикуется, т. к. применение больших давлений, а равно увеличение размеров дефибрерных прессов устранило надобность в этих операциях, и только в исключительных случаях, при особенно толстых поленьях, приходится производить их расколку (см. *Дефибрер*). Подача баланса к дефибрерам должна производиться исключительно механич. путем: цепным, чешуйчатым или ленточным транспортером, роликами или водою по жолобу. Выбор системы дефибрера определяется мощностью предприятия и назначением Д. м.

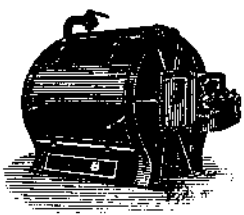
3. Очистка и сортировка Д. м. Полученные при дефибрировании волокна проходят через щеполовку (см. *Дефибрер*) и, отделенные от щепы, уносятся водным потоком к насосу, который подает их на т. н. сортировки, т. е. машины, механически отделяющие хорошее волокно от оставшихся неразделенными пучков волокон, от грубо измельченных сучков и от щепы, не задержанной щеполовкой. Существенной частью каждой сортировки является перфорированная доска, через отверстия к-рой проходят тонкие взвешенные в воде волокна, но не проникают более грубые частицы. По своей форме сортировки разделяются на плоские и круглые; первые представляют собою плоскую, закрепленную неподвижно в продолговатом ящ ке доску, образующую его ложное дно; у вторых доска является боковою поверхностью горизонтальн. цилиндра. Фиг. 7 изображает америк. тип плоской сортировки, деревянный ящик к-рой состоит из двух половин, соединенных на одной стороне шарнирами, а на других—болтами; между этими двумя половинками зажимается ряд бронзовых перфорированных досок. Под перфорированным дном находится другое дно, соединенное с боковыми стенками подвижно помощью резиновых или кожаных пластин и опирающееся на подвижные стойки, к-рые связаны своими нижними концами с эксцентриком на нижнем приводном валу машины. При вращении вала подвижное дно получает ритмич. движение вверх и вниз. Поток волокнистой суспензии, оставив на решетке более крупные частицы, поступает в нижнюю часть ящика и выходит из него через особое отверстие в прикрепленный к ящику жолоб, отводящий волокно к обезвоживающим машинам. Уровень воды в жолобе устанавливается несколько выше ложного дна сортировки, благодаря чему нижняя часть ящика под ложным дном заполнена водой. Благодаря ритмич. движению подвижного дна, под ложным дном получается то всасывание, то нагнетание; при всасывании волокно проходит сквозь отверстия ложного дна, а при обратном движении крупные частицы, осевшие на прорезях, отталкиваются, освобождая место для прохода тонких волокон при новом всасывании в нижней части ящика. Тем не менее по мере скопления крупных частиц над решеткой, они уменьшают ее пропускную способность и д. б. удаляемы. В новейших конструкциях целый ряд сортировок соединяется в одну машину, представляющую т. о.

Фиг. 7.



Фиг. 8.

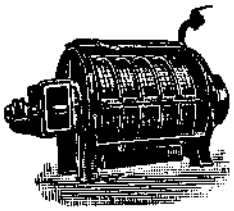
длинный канал с решетчатым дном. Последнее располагается с нек-рым уклоном в направлении потока, так что не прошедшие частицы скопляются на нижнем конце, откуда их периодически удаляют. Немецкий тип плоских сортировок изображен на фиг. 8. Здесь водный поток поступает в приемник *a*, из к-рого выливается на ряд расположенных одна под другой решеток *b*, *c*, *d*, поддерживаемых металлическими или деревянными пластинками *e*. Каждая решетка соединяется тягой с эксцентриком на общем валу *f*, дающим ей около 400—450 сотрясений в минуту. Суспензия проходит с одной решетки на другую, а задержанные на решетках крупные частицы, благодаря нек-рому уклону и сотрясению решеток, постепенно продвигаются к их краю и сваливаются с него в подставленные желоба. Верхняя решетка имеет круглые отверстия в 3,5—4,0 *мм* и предназначается для удержания щепы; поэтому там, где имеется щеполовка, эта решетка является излишней и достаточно двух нижних. Для лучшего промывания щепы и удаления крупных частиц имеются спрысковые трубки *g* и *h* с большим количеством отверстий, расположенных так, что струя воды бьет под углом около 45° к поверхности решетки, в противоположн. движению массы направлении. В чугунном корыте *i* собирается вода с прошедшими через отверстия нижней решетки волокнами и из него направляется к обе воживающей машине.



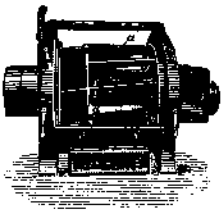
Фиг. 9.

Тип центробежной сортировки изображен на фиг. 9—11. На первой представлен ее внешний вид, на второй—внутренняя цилиндрич. решетка, состоящая из четырех свинченных вместе частей, а на третьей—

центральная движущаяся часть. Суспензия поступает внутрь машины через четырехугольное отверстие и выливается через прорези центральной цилиндрической насадки на вращающиеся со скоростью 150—460 об/м. лопатки *a*, к-рыми и отбрасывается с большой силой на внутреннюю сторону решетки.



Фиг. 10.



Фиг. 11.

Прошедшие сквозь отверстия решетки волокна уносятся через отверстие *в* (фиг. 9) к обезвоживающим машинам; крупные частицы уходят через отверстие в торцевой части машины (не показано на фиг.). Центробежные сортировки обладают большой производительностью, но так как Д. м. ударяется о решетку с большой силой, то крупные частицы плотно застревают в отверстиях, сильно сокращая рабочую поверхность решетки (иногда на 40%).

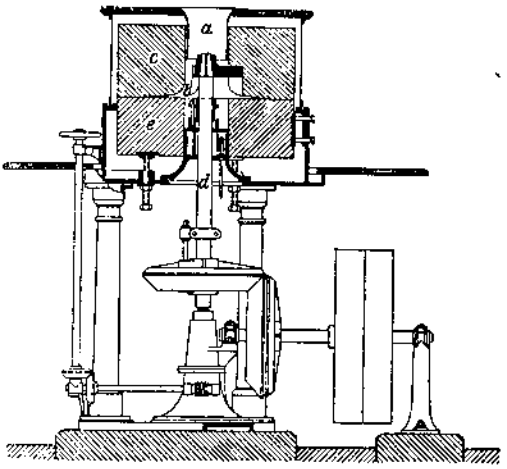
Прорези в сортировочных ситах делаются различными как по форме, так и по своему размеру. В америк. плоских диафрагмовых сортировках решетки имеют продолговатые прорези, около 50 *мм* длиной, расположенные на расстоянии ок. 5 *мм* одна от другой. Ширина прорезей, в зависимости от сорта массы, колеблется в пределах 0,25÷0,38 *мм*. Размеры отверстий в плоских сортировках приведены в табл. 2.

Табл. 2.—Размеры отверстий в решетках сортировок (в *мм*).

Тип сортировки	Для высокой Д. м.	Для грубой Д. м.	Для бурой Д. м.
Немецк. плоск.:			
Решетка *b* . . .	1,5	1,8—2,0	2,5
» *c* . . .	0,6	0,9—1,0	1,4
Центробежная:			
Для еловой Д. м.	0,9	1,3	—
» сосков. » »	0,5	0,8	—

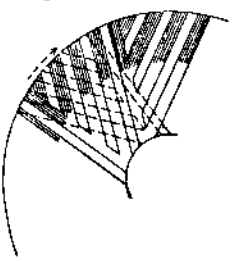
Для повышения производительности машин и улучшения качества сортировки в последнее время вводится двойная сортировка массы: сначала пропускают через сортировку с более крупными отверстиями, а затем прошедшая через них масса поступает во вторую—с более мелкими. Дальнейшее усовершенствование достигнуто в Америке введением предварительной сортировки Хауга и вторичной—Берда. Усовершенствование заключается в устранении форсированного пробивания суспензии через узкие отверстия. Здесь суспензия выходит через решетку благодаря незначительной разнице давления, обусловленной вращением лопастей внутри машины. Благодаря тому что масса не пробивается, а свободно проходит через отверстия, диаметр отверстий может быть значительно увеличен, что увеличивает и пропускную способность машины.

4. Рафинирование. Частицы, не прошедшие через отверстия сортировки, состоят из пучков волокон и отдельных пластинок древесины, непригодных для свойлачивания и формирования в листы. При холодном дефибрировании (см. ниже) количество этой массы значительно, и для ее размельчения применялись машины с песчаниковыми жерновами, к-рые были снабжены насечкой, наподобие мельничных поставов, с той лишь разницей, что размол волокон производился в воде с содержанием около 10% волокна. Фиг. 12 представляет конструкцию такого рафинера. Сконцентрированная до указанной кашицеобразной консистенции масса поступает в воронку *a* и затем в узкую щель *b* между движущимся верхним камнем *c*, закрепленным на валу *d*, и неподвижным нижним камнем *e*. Здесь Д. м., захваченная насечкой камня (фиг. 13),



Фиг. 12.

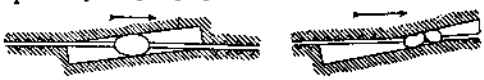
благодаря сдвигающейся к периферии точке пересечения насечек обоих камней (насечка верхнего камня обозначена пунктиром), а также под влиянием центробежной силы, измельчается и дефибрируется трением частичек между собой и о поверхность камней. Поступление массы в промежуток между насечками камней и дальнейшее ее измельчение при смещении насечек изображено на фиг. 14. Впоследствии песчаниковые камни стали заменять камнями из базальтовой лавы, а конструкция рафинера изменилась из вертикальной в горизонтальную, схематически изображенную на фиг. 15.



Фиг. 13.

Измельченная на рафинере масса снова разбавляется водой, сходящею с обезвоживающих машин, и примешивается к потоку волокна, поступающему на сортировки, находясь т. о. в непрерывном кругообороте до полного измельчения всех частиц. При измельчении на рафинере, как и при основном дефибрировании, значительная часть механич. работы переходит в теплоту, по к-рой

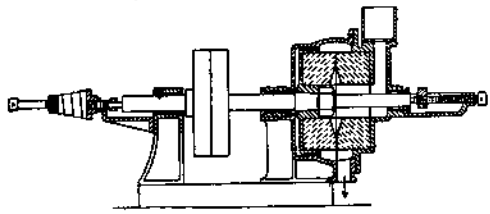
можно наощупь судить о правильной работе рафинера (сходящая с рафинера масса должна иметь $t°$ парного молока). При холодном дефибрировании ок. 8% всей силы, затрачиваемой на получение Д. м., шло на работу рафинеров. С переходом Америки к горячему дефибрированию и употреблению



Фиг. 14.

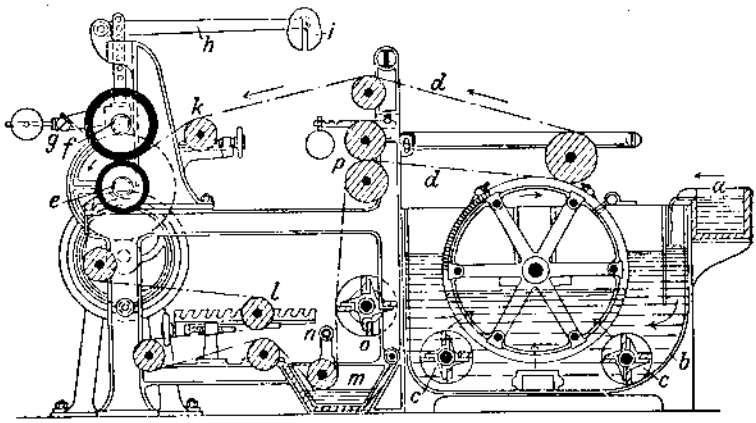
более широких прессов работа рафинирования волокна в значительной мере перешла к дефибреру, и отходы на сортировках настолько уменьшились, что американцы перестали употреблять рафинеры. На нашей новой ф-ке газетной бумаги в Балахне рафинеры установлены, и получаемое на них мелкое волокно, будучи смешано с остальным волокном, как показывает опыт, не отражается на качестве газетной бумаги при скорости бумагоделательной машины в 220 *м/мин*; как оно будет влиять при скорости 300 *м/мин*, покажет дальнейший опыт ф-ки.

5. Обезвоживание. Волокно, прошедшее через сортировки, сильно разбавлено водой, и содержание волокна в последней доходит до 0,25%. В таком виде оно неприменимо ни как полуфабрикат для переработки в бумагу на той же фабрике ни как товар для рынка и подлежит сгущению до содержания 1—3% волокна (для собственного потребления) или до 50—88% (для продолжительного хранения на фабрике или для продажи). Первоначальное обезвоживание производится простой фильтрацией через сетку из фосфористой бронзы, причем волокно задерживается на сетке, а излишняя вода проходит сквозь нее, унося с собой ничтожное количество очень мелкого волокна. Чтобы сделать процесс непрерывным, фильтрующая сетка надевается на барабан, обтянутый другой, редкой сеткой, служащей для нее поддержкой, и такой сеточный барабан помещается в ящике, куда поступает подлежащая обезвоживанию масса. Верхняя часть барабана остается непогруженной в волокнистую суспензию, и вода, фильтруясь сквозь погруженную часть, оставляет содержавшиеся в ней волокна на сетке. Когда при вращении барабана эта часть сетки с осевшим на ней волокном оказывается наверху, особым приспособлением—непрерывно движущимся сукном или валиком—волокно снимается с сетки, а освобожденная от него сетка снова погружается в суспензию для принятия нового количества волокна. Свое движение барабан получает от того же снимающего сукна, и в этом случае аппарат называется папочной (или картонной) машиной; если он приводится в движение независимо и волокно снимается катящимся по барабану валиком, а с последнего счищается особым шабером, то аппарат называется обезвоживающим барабаном, или сгустителем. Если сгущение массы нужно довести до состояния, при к-ром она сохраняет свою текучесть, то ни сукна ни валика с шабером не нужно, а потерявшая часть своей воды суспензия свободно переливается через выемку в стенке ящика, противоположную той, где она поступает в ящик. Фиг. 16 изображает папочную машину: масса поступает по жолобу *a* в ящик *b*; отфильтрованная вода через торцевые открытые части барабана выходит через прорезь в стенке ящика наружу. Гонялки *c* поддерживают волокно во взвешенном состоянии. Сукно *d*, принимающее на себя волокно, проходит между валами *e* и *f* (из закаленного



Фиг. 15.

чугуна), передавая волокно верхнему валу *f*, с к-рого оно снимается шабером *g*. Рычаг *h* с передвигаемым грузом *i*, нажимая на концы верхнего прессового вала, усиливает его давление на сукно и способствует отжиманию воды, к-рая проходит сквозь сукно и стекает с нижнего прессового вала в жолоб. Передав волокно верхнему валу, бесконечное сукно через ряд валиков возвращается к сеточному барабану. Валик *k* (правительный) удерживает сукно в одном положении,



Фиг. 16.

не позволяя ему сойти на сторону, а валик *l* (натяжной) поддерживает его в одинаково натянутом состоянии. Мелкие волокна иногда застревают в порах сукна, и для их удаления сукно проходит на своем пути через сукномойку, состоящую из корыта *m*, водной спрысковой трубки *n*, била *o* и двух отжимных валиков *p*, удаляющих избыток свежей воды после спрыска. Лопасти била

о слегка сотрясают сукно и тем помогают спрыску удалить волоконца из его пор. Для того чтобы вода из ящика могла проходить только сквозь сетку барабана и не уносила волокна через щели между горловинами барабана и стенками ящика, машина снабжена сальником (см. *Картонное производство*).

Сгуститель представляет собою только упрощенный тип папочной машины. Д. м. может быть снимаема с папочной машины помощью шабера в виде мелких кусков сырого волокнистого листа или же накатываться на верхний вал слоем в несколько *мм*; разрезав последний деревянным или медным ножом, можно снять Д. м. в форме листа, длиною соответственно рабочей ширине сеточного барабана, а шириною соответственно окружности верхнего прессового вала. В этом случае на поверхности вала имеется продольная борозда в 3—4 *мм* шириной и 5 *мм* глубиной, по которой рабочий быстро проводит ножом на ходу машины. Иногда устраивается также особое приспособление, позволяющее устанавливать определенную толщину листа и дающее рабочему звонком знать, когда эта толщина достигнута.

6. Сушка. Если Д. м. предназначается для транспортирования на большое расстояние, то она д. б. высушена до воздушно-сухого состояния. На небольших з-дах это делается в особых сушилках, где листы развешиваются рядами и просушиваются в токе подогретого воздуха, нагреваемого печами или калорифером под решетчатым полом сушилки; в крупных же предприятиях Д. м. сушится в особых механических сушилках (см. *Картонное производство*).

Хранение Д. м. Основной причиной порчи Д. м. при ее хранении являются грибки и другие микроорганизмы, которые попадают в нее из дерева. При известной влажности Д. м. и других условиях мицелий гриба портит волокна, причем в исключительных случаях потеря может достигать 20—25%, волокна ослабляются, цвет Д. м. темнеет и листы покрываются пятнами. Главная мера для предупреждения порчи Д. м.—содержание балансовой биржи в должном состоянии, для чего ее необходимо часто очищать и хорошо проветривать. Грибки не могут развиваться при влажности дерева ниже 20% и выше 65%. Наиболее надежный способ сохранения Д. м.—держать ее в виде водной суспензии при возможно низкой темп-ре.

Качества Д. м. и факторы производства. Древесномассное производство требует громадной затраты энергии, причем на полезную работу измельчения древесины идет только часть расходуемой энергии, остальная же преодолевает вредные сопротивления и обращается в теплоту. Если бы дефибрирование производилось в сухом состоянии, то от этого выделения тепла дерево загорелось бы. При смачивании же водой теплота отчасти поглощается водой, повышая $t°$ ее тем сильнее, чем меньше подается воды. Содержание влаги в дереве уже само по себе изменяет его свойства, а $t°$ влияет еще сильнее. Из свойств дерева, влияющих на количество Д. м., на первом месте стоят его уд. в. и плотность. Кроме того всякая древесина неоднородна в своей структуре: в зависимости от ширины годичных колец получается то более плотная и тяжелая, то мягкая и легкая древесина. Это сопровождается и разным сопротивлением скалыванию и измельчению. Сучки уменьшают выход Д. м., увеличивают расход энергии, портят поверхность камня и загрязняют продукт. Из вышесказанного понятно, что для получения Д. м. требуемого качества необходимо знать свойства дерева, подобрать камень и подготовить его рабочую поверхность так, чтобы обеспечить нужное соотношение между скалыванием (скоблением), разрезанием и перетиранием волокон, а затем установить давление между камнем и деревом и обеспечить необходимую для данного случая $t°$ подачей определенного количества воды.

Д. м. различают: в зависимости от породы дерева—хвойную и лиственную; по размерам элементов—длинноволокнистую, коротковолокнистую, тонко- и толсто- (грубо-) волокнистую; по характеру размола—тощую (садкую) и жирную; по механич свойствам—крепкую и слабую; по методу производства и цвету—белую и бурую. Между названными крайними качествами находится бесчисленное множество разновидностей. Ф. Мюллер разделяет Д. м. по качеству, нежности, назначению и способу производства на 4 сорта: I—высший, для самых лучших сортов печатной, художественной и автотипной бумаг; II—высокий, для хороших глазированных печатных и писчих бумаг; III—нормальный, для газетной и обойной бумаг, и IV—обыкновенный торговый, а также для картона (грубая Д. м.). Качество Д. м. зависит от породы, качества, возраста и влажности дерева, от рода камня и характера насечки, от давления на поверхность шлифования, длины шлифования по окружности камня, количества подаваемой на камень воды и $t°$ шлифования, от окружной скорости камня и от размеров отверстий сортировки. В конечном счете все качества Д. м. как и других волокнистых масс для бумаги, зависят от размеров элементарных волокон и их формы, т. е. от отношения их диаметра к длине. Чем длиннее и толще волокна, тем грубее масса; чем больше отношение длины к диаметру, тем, при достаточно малых абсолютных их размерах, масса жирнее и крепче, т. к. при этом сумма площадей поверхностей отдельных волокон в единице их веса (удельная поверхность) больше, и сами волокна плотнее укладываются и связываются между собой, обусловливая бо́льшую крепость слоя и затрудняя пропускание воды. Наоборот, при малом отношении длины к диаметру, и особенно если волокна крупны и недостаточно изолированы друг от друга, удельная поверхность будет мала, укладка волокон рыхла и связь между ними слаба, вследствие чего образуются относительно крупные поры и канальцы, через к-рые легко проходит вода; такая масса называется тощей. Размеры волокна в Д. м. грубо предопределяются величиной диаметра отверстий решеток сортировок. Удельная же поверхность, причина жирности Д. м., проявляющаяся в большей связи между волокнами в слое Д. м., обеспечивает большее сопротивление волокон разъединению, растаскиванию,

и тем самым бо́льшую крепость листа Д. м. Исходя из вполне допустимого предположения, что при многократном физическом делении однородного твердого тела (в данном случае древесины) внешняя работа, потребная для преодоления внутренних сил сцепления, на единицу площади поверхности остается постоянной, можно считать, что расход полезной работы на дефибрирование единицы массы д. б. пропорционален удельной поверхности волокна, т. е. сумме площадей поверхностей элементарных волокон, образующих единицу массы. При одних и тех же условиях, одинаковой древесине, одном и том же оборудовании, а следовательно при постоянной потере работы на вредные сопротивления и вспомогательные машины N_0 HP/m или A_0 kWh m (в 24 ч.), получим простую формулу удельного расхода энергии при гидравлическом многопрессовом дефибрере:

$$N = N_0 + \frac{J^\circ}{3\varphi^2}\ \text{HP},$$

$$A = A_0 + 6\frac{J^\circ}{\varphi^2}\ \text{kWh}$$

в 24 ч. на 1 m Д. м. нетто, т. е. за вычетом отхода от сортировок, причем качество определяется следующими параметрами: J°—градусами жирности и φ—диаметром отверстия сортировки, т. е. размерами волокна. Обыкновенно в настоящее время $N_0 = 50$ HP или $A_0 = 900$ kWh. При непрерывных дефибрерах весь расход энергии на 15—20% меньше. Отношение $\frac{J^\circ}{\varphi^2} = K$ можно назвать характеристикой сорта древесной массы (см. табл. 3).

Табл. 3.—Производственные данные (по Мюллеру и др.).

Производств. данные	Сорта древесной массы			
	I	II	III	IV
φ в *мм*	0,6	0,8—0,9	1,1—1,2	1,2—1,5
Средн. φ^2 в *мм*²	0,36	0,73	1,33	1,82
A в kWh	1 100	1 400	1 170	1 100
Камень	A_{00}—A_{00}	A_{00}—A_0	A_0—A_1	A_1—A_2
Насечка	Весьма тщат.	—	—	—
Древесина—ель	Плотная отборная	Плотная хорошая	Обыкнов.	Всякая
Выход в *кг*/*м*³ (склад.)	300—320	300	280—300	260—280
Средняя жирность J°	80	75	55	35
Отношение $J^\circ : \varphi^2$	220	100	40	20

Наиболее серьезные опыты по изучению дефибрирования были произведены в Мадиссоновской (Madisson) лаборатории по поручению Лесного департамента США и дали следующие результаты: 1) чем больше производительность дефибрера в единицу времени, тем меньше расход энергии на единицу вырабатываемой Д. м., и наоборот; 2) расход энергии на единицу выработки тем меньше, чем больше окружная скорость камня, но тем ниже и качество Д. м.; 3) то же имеет место и при увеличении давления между деревом и камнем; 4) при увеличении окружной скорости камня соответственным уменьшением давления между камнем и деревом можно достигнуть постоянного расхода энергии на дефибрер; 5) крепость бумаги, изготовленной из Д. м., тем больше, чем больше был удельный расход энергии на эту Д. м.; 6) определенный удельный расход энергии дает в общем определенное качество Д. м.; 7) при неизменном удельном расходе энергии, при большом давлении между деревом и камнем, при слабой насечке его получается тонкое и короткое волокно, а при слабом давлении и острой насечке камня—более грубое и длинное; 8) качество Д. м. предопределяется в первую очередь состоянием поверхности камня (род камня, род насечки и свежесть ее), потом—величиной давления между деревом и камнем и мало зависит от окружной скорости камня. Большинство этих выводов действительно в определенных пределах, обусловливаемых отчасти природными причинами, отчасти состоянием техники. Скорость камня не может превосходить 20—25 *м*/*сек*, так как при дальнейшем увеличении ее центробежная сила может разорвать камень. Слишком слабое давление совсем не вызывает на поверхности камня достаточной силы трения, чтобы преодолеть сопротивление дерева срезанию волокон, а слишком высокое давление приводит к разрушению камня, не говоря уже о понижении качества Д. м. Удельный расход энергии ограничивается максимальной жирностью Д. м., причем крепость изготовленной из нее бумаги не может превзойти крепости дерева, из к-рого была выработана Д. м. Род камня, характер и свежесть его насечки влияют на производительность, качество Д. м. и удельный расход энергии совместно и нераздельно. Несоответствие камня требуемому качеству Д. м. возможно устранить путем целесообразно выбранной насечки. На твердом камне насечка держится дольше, но ее труднее делать, причем для лучшего качества Д. м. приходится затуплять ее острые режущие кромки. На мягком камне насечка скорее срабатывается, но ее легче производить. В каждом частном случае следует экспериментальным путем искать оптимального соотношения всех факторов для достижения требуемого качества. При одинаковой насечке твердый крупнозернистый камень дает грубую массу, мягкий мелкозернистый—тонкую. При одном и том же камне глубокая, частая насечка дает большую производительность, но тощую, плохо разработанную массу при меньшем удельном расходе энергии. Мелкая и редкая насечка, наоборот, дает более жирную тонкую массу с уменьшением производительности и увеличением удельного расхода энергии. Не меньшее влияние оказывают тип и расположение нарезок на поверхности камня. В настоящее время повсеместно применяются четыре выработанных в Америке основных типа шарошек или роликов разной крупности: винтовой, прямой, шипообразный и спиральный, с комбинированием их в случае надобности (табл. 4).

Опыты с деревом, длиной 610 *мм*, при скорости камня 16,1 *м*/*сек* и 225 об/м. и давлениях между камнем и деревом 870, 1 160, 1 740 *г*/*см*², показали, что с увеличением остроты насечки производительность Д. м. увеличивается, удельный расход энергии падает, но крепость готовой бумаги уменьшается, причем с увеличением давления влияние характера насечки на удельный расход энергии ослабляется.

Давление между деревом и камнем является главным фактором в процессе дефибрирования дерева. При одинаковых прочих условиях потребная для дефибрирования мощность прямо пропорциональна давлению; выход Д. м. в единицу времени также увеличивается с возрастанием давления и при этом быстрее, чем мощность, а потому удельный расход энергии в известных пределах уменьшается. Качество Д. м.—жирность и крепость—с повышением давления снижается. Вследствие переменной площади соприкосновения между деревом и камнем при круглых чураках давление на единицу этой площади сильно колеблется, и следовательно нельзя получить идеально однородной по качеству древесной массы; приходится довольствоваться тем, что ее элементы, хотя и разных размеров, состоят количественно в постоянных отношениях. Бумага из такой древесной массы лучше, т. к.

Табл. 4.—Типы роликов для насечки.

Тип	Получаемый результат		
	волокно	щепа	потери в сточных водах
Винтовой	Корот., грубое	—	Бо́льшая
Прямой	Длин., грубое	Много	—
Спиральный	Лучше прямого	Меньше	—
Шипообразн.	Короткое	То же	Меньшая

часть волокон образует ее основную ткань, а более мелкие волокна служат заполнителем. Для расчетов среднего давления принимают площадь соприкосновения дерева и камня для мелких дров 0,66, для крупных—0,75 рабочей поверхности прессовой коробки дефибрера. Высокие давления (2,6 *кг*/*см*²)

применяют, когда энергия дешева; при дорогой энергии представляет интерес получать не столько максимум валовой выработки Д. м., сколько наибольший выход Д. м. на единицу затраченной энергии. Теоретич. анализ показывает, что между давлением x и выработкой Д. м. (на единицу энергии) y должна иметься зависимость:

$$y = \frac{\eta\gamma}{n}\left(m - \frac{n^2 + x^2}{nx}\right),$$

где η—коэф-т укладки дров в прессовой коробке, γ—плотность (удельная масса) дерева ~ 0,8 $г/см^3$, n—постоянное число в единицах давления $г/см^2$, m—некоторый коэф-т, зависящий от твердости камня и равный 2,5 для мягкого и 3,5 для жестного. Отсюда наибольшее значение y будет при $x=n$, а именно $y_{max} = \frac{\eta\gamma}{n}$. Увеличение скорости камня, как и давления, вызывает пропорциональное увеличение потребной мощности и еще большее возрастание производительности в единицу времени, отчего уменьшается удельный расход энергии. Качество Д. м. с уменьшением скорости вращения камня улучшается. Из ф-лы, аналогичной формуле для динамометра Прони, имеем:

$$N = \frac{\pi D n_0 \varphi P}{60 \cdot 75} = \frac{u\varphi P}{60 \cdot 75},$$

где n_0—число об/м., D—диам. камня в $м$, P—сила давления дерева на камень, u—окружная скорость в $м/мин$, φ—модуль относительной производительности дефибрера («коэф. шлифования» в нем. литературе, подобно коэф-ту трения). Мы видим, что при неизменных N, D и φ скорость u обратно пропорциональна общему давлению, а следовательно и среднему удельному давлению. Величина φ находится из условия равенства работ силы P, подающей дерево нормально к камню на величину h $см/ск$, и силы T, касательной к окружности камня и срезающей слой древесины на протяжении u $см/ск$, т. е. $P \cdot h = T \cdot u$, откуда $T = \frac{h}{u}P$. Обозначая $\frac{h}{u} = \varphi$, получим $T = \varphi \cdot P$, т. е. касательная сила T равна нормальному давлению P, умноженному на отвлеченное число φ, к-рое можно рассматривать как аналогичное коэфициенту трения; оно несколько падает с увеличением давления, напр. $\varphi = 0{,}27$ при давлении 0,6 $кг/см^2$ и $\varphi = 0{,}23$ при давлении 1,76 $кг/см^2$ площади пресса, но при этом φ оказывается прямо пропорциональным максимальной величине удельной производительности Д.м.; так. обр., установив возможный максимум отношения $\frac{h}{u} = \varphi$, можно тем самым отрегулировать дефибрер на оптимальную работу. Отсюда вытекает весьма важный теоретический вывод, что $\varphi = \infty$ при $u = 0$, т. е. производительность на единицу энергии бесконечно велика. Практически это подтверждается тем, что при раздавливании неподвижного дерева сжатием расход энергии много ниже, чем при дефибрировании. На этом основан ряд способов получения Д. м. раздавливанием древесины в полусухом состоянии (напр. давильный способ Раша и Кирхнера).

Фактически полного равенства работ внешней и сопротивлений внутренних сил древесины нет; энергии затрачивается больше, чем требуется, и этот избыток, равный 40—60% всей работы, обращается в теплоту, идущую на нагревание. Тепловая энергия содействует размягчению инкрустантов дерева и облегчает дефибрирование, уменьшая удельный расход энергии и улучшая качество Д. м. Для получения повышенной $t°$ при шлифовании достаточно уменьшить приток воды, но уже при 80° Д. м. получается настолько сухая, что облепляет камень и сваливается с него кусками. Обычно $t°$ горячего дефибрирования 55—65°. Опыты показали, что между t—температурой на камне дефибрера, t_0—темп-рой воды в спрысках и i-кратным разжижением Д. м. имеется зависимость $(t - t_0) \cdot i = C$ (из опытов $C = 2\,000$) и что крепость a образцов папки из Д. м. при разных темп-рах, выраженная произведением т. н. разрывной длины на относительное удлинение при разрыве, м. б. выражена в пределах опыта формулой:

$$a = A - k\sqrt{t - t_0};$$

в данном частном случае $A = 87$, $k = 0{,}425$, $t = 60°$. При обыкновенном давлении и температуре воды в спрысках $t_0 = 10°$, достаточная температура дефибрирования получается уже при 50-кратном разжижении; 100-кратное разжижение ставит условную грань между холодным и горячим способами. В табл. 5 показано соотношение между концентрацией и $t°$ дефибрирования.

Табл. 5.—Степени разжижения и $t°$ дефибрирования (по Гофману).

Трехпрессовый дефибрер на 450 kW*1			Непрерывный дефибрер на 250 kW*2		
$t°$	Концентрация	Степень разжижения	$t°$	Концентрация	Степень разжижения
18	0,87	1 : 115	20	0,84	1 : 120
25	1,56	1 : 64	—	—	—
33	2,40	1 : 44	32	1,40	1 : 72
40	2,89	1 : 35	—	—	—
46	3,63	1 : 28	45	1,55	1 : 65
57	4,58	1 : 22	55	2,0	1 : 50
60	4,90	1 : 20	65	4,6	1 : 22
64	5,20	1 : 19	70	5,3	1 : 19
			75	5,6	1 : 18

*1 Шир. поверхности пресса 1 $м$, высота 0,563 $м$; давление на 1 $м^2$ пресс. поверхности 0,684 $кг$.
*2 Камень искусственный A_0; ширина шахты 0,550 $мм$, длина 1 $м$.

Бо́льшая эффективность как в количественном, так и в качественном отношении магазинных и непрерывных дефибреров, в частности значительно меньший процент рафинерной массы (2—6% против 10—12% прессовых), объясняется тем, что теплота от дефибрирования и пар подогревают и распаривают находящиеся выше в шахте дрова. В настоящее время в целях экономии применяют для спрысков заранее подогретую (каким-либо отбросным теплом) воду и даже затопляют дрова в шахте и самый камень теплой водой. Имеются предложения и на подогрев дров в отдельном аппарате.

Отбелка Д. м. Как продукт механическ. производства белая Д. м. сохраняет большую часть физич. и химич. свойств древесины, из к-рой она получена, не исключая и цвета. Естественный цвет древесины желтовато-белый с оттенками для разных пород. Цвет Д. м., по данным Винклера, в непрессованном виде, при доступе воздуха и $t°$ 0—10° изменяется след. обр.:

Порода дерева	В свежеприготовлен. виде	Через несколько недель хранения
Пихта	Светложелтый	То же, но темнее
Ель	Желтый	» » »
Сосна	Зеленовато-бел.	Грязновато-белый
Лиственница .	Светложелтый	То же, но темнее
Осина	Желто-белый	Желто-белый
Липа	Серо-белый	Серо-белый
Клен	Желтовато-бел.	То же, но темнее
Бук	Горохово-желт.	С поверхн. краснов.
Береза	Желто-белый	Мясно-красный
Ольха	Глубокожелтый	Кирпично-красный

Для придания Д. м. более белого цвета ее отбеливают сернистой кислотой или растворами кислых сернистокислых солей кальция или натрия (бисульфиты). Этот способ основан на способности SO_2 бисульфитов реагировать с естественными красящими веществами древесины, давая более светлые и легче растворимые соединения. При этом

инкрустирующие вещества не устраняются и цвет получается не такой яркобелый, как при отбелке древесной целлюлозы хлором. Отбелка газообразной сернистой к-той производится в больших наглухо закрытых камерах, загружаемых Д. м. в виде измельченных влажных листов или вертикально размещенных валиков. Отбелка Д. м. на предприятиях, на к-рых одновременно производится сульфитцеллюлоза, выполняется содержащими SO_2 газами, выходящими из варочных котлов и пропускаемыми через раствор соды. Теперь для отбелки Д. м. почти исключительно применяется бисульфит натрия в виде раствора крепостью 38—40° Bé, т. е. содержащего 100 *кг* соли на 160 *кг* воды. На отбелку 100 *кг* воздушносухой Д. м. расходуется 2,5 *кг* раствора, разведенного до 2—3%. При этом раствор бисульфита 7—10° Bé, налитый в опаянный свинцом деревянный резервуар над верхним (форматным) валом папочной машины, выходит через ряд отверстий или стекает по полоске сукна на слой Д. м.; избыток отжимается вместе с водою и собирается в корыте под столом машины. Применяются также круглошеточная брызгалка, спрыски и суконные валики. Д. м. долго сохраняет свежий цвет, но постепенно опять приобретает естественный. Если отжатую на папочной машине Д. м. сразу размалывать в бегунах с новым добавлением одной десятой части бисульфита (7° Bé), то свежий цвет вновь восстанавливается и более не исчезает. Беленую т. о. осиновую Д. м. по цвету трудно отличить без микроскопа от лучшей белой соломенной целлюлозы. Во избежание порчи металлич. частей папочной машины отбелку проводят в особых камерах, где выдерживают Д. м. в виде пачек или валиков в растворе бисульфита 24 ч. и дольше. Для усиления действия связанную SO_2 выделяют из бисульфита натрия при помощи серной к-ты или сернокислого алюминия.

Бурая Д. м. Использование тепловой энергии для облегчения дефибрирования имеет место при производстве бурой Д. м., где чураки дерева до дефибрирования загружаются в котлы и пропариваются (или провариваются горячей водой) в течение 4—20 ч. Такая Д. м. называется бурой (или желтой) потому, что древесина темнеет по мере пропаривания поленьев; после 6-час. пропарки она получает желтый цвет, после 8—10 ч.—среднебурый, после 14—17 ч.—темнобурый. Эту окраску можно объяснить образованием гуминовых веществ, к-рые возникают, по мнению некоторых авторов, при действии продуктов разложения лигнина (муравьиной и уксусной кислот) на сахаристые вещества древесины. При этом разрушаются смолы, что дает возможность употребления и более смолистых пород, напр. сосны. После пропаривания древесины волокна легче разъединяются и, при прочих равных условиях, бурая Д. м. дает значительно более длинное, тонкое и крепкое волокно, способное образовать достаточно прочную бумагу без добавления других волокнистых материалов, тогда как самый длинноволокнистый сорт белой Д. м. может дать слабую газетн. бумагу при условии добавки 25% целлюлозы. Картон из бурой Д. м. отличается крепостью и гибкостью, тогда как картон из белой Д. м. слаб и ломок.

Дрова для бурой Д. м. могут начисто не окоряться. Котлы, вертикальные или горизонтальные цилиндрич., диаметром 1,5—2,5 *м* и длиною 3—8 *м*, вмещают до 0,75 скл. $м^3$ дерева на каждый $м^3$ объема. Закладка дров в горизонтальные котлы производится вручную, но в последнее время для больших котлов дрова завозят в котлы на тележках, что весьма сокращает время загрузки (до 10 м. вместо 1—1½ ч.). Вертикальные котлы загружаются механически транспортером, сбрасывающим поленья в верхнюю горловину котла, или же при помощи опускания подвешенного на цепи ложного дна. Изредка встречаются и вращающиеся шаровые или цилиндрич. котлы. Материал котлов должен противостоять действию кислот. Обычно применяется железо с 3,5—4-*мм* медной внутренней обкладкой; вертикальные котлы делаются чугунные без медной футеровки. Встречается и футеровка из кислотоупорного бетона. Снаружи котлы снабжаются тепловой изоляцией. При нескольких котлах, в целях экономии тепла, пар из готового к выгрузке котла иногда пропускают во вновь загруженный, пока не сравняется давление; затем в последний котел дают в течение 1 ч. свежий пар при давлении ~ 6 *atm*. После этого приток пара прекращается, и в течение следующих 4 ч. через каждый час спускают конденсат. К концу варки давление в котле снижается само собой до ~ 2 *atm*. В целях нек-рого смягчения цвета в котел пускают воду при давлении в 1 *atm*, пропаривают 3 ч., затем воду спускают и, вновь дав пар, держат котел еще 5 ч. Вместо 7—9 ч. процесс при этом длится 12—13 ч., требуется больше пара (на нагрев воды), но облегчается дефибрирование и получается более крепкая и светлая бумага. Расход пара (6 *atm*) при пропаривании (без воды) в неизолированном котле объемом 20 $м^3$, вмещающем 15 скл. $м^3$ сосны, при средней длительности 7—9 ч., составляет ок. 90 *кг* на 1 скл. $м^3$ дерева, или 0,4 *кг* на 1 *кг* воздушно сухой Д. м., считая и потери в паропроводах. При изоляции котла расход пара составляет ок. 0,37 *кг*. Таким образом в зависимости от условий расход пара м. б. весьма различен.

Экономика. В табл. 6 приведена калькуляция себестоимости 1 *т* Д. м. в 1913 году (Союз писчебумажн. фабрикантов), при цене баланса 4 р. 13 к. за $м^3$ и выходе воздушносухой Д. м. 254 *кг*/$м^3$, т. е. расходе 3,94 $м^3$/*т*. Современные калькуляции для з-дов СССР, при цене баланса 5 руб. за $м^3$ и расходе строганого баланса 3,4 $м^3$/*т* (при паровой силе), приведены в табл. 7. В табл. 8 сопоставлены технические коэфициенты по заграничным данным.

При суточной производительности 33 *т* на 2 непрерывных дефибрерах завод Д. м. требует 0,5—0,6 $м^2$ площади пола и 0,45—0,5 $м^3$ объема здания. Стоимость з-да без силовой станции при 10 магазинных дефибрерах 59 р. на *т* выработки в год. В современных условиях СССР при выработке 33 *т* в 24 ч. на 2 непрерывных дефибрерах стоимость з-да составляет 50—70 р. на *т* в год,

Табл. 6.—Калькуляция 1 *т* древесной массы в 1913 г. (в рублях).

Статьи расхода	В России: На паровой силе (1Р—33 к.)	В России: На водяной силе (1Р—10 к.)	За границей: На паровой силе (1Р—22 к.)	За границей: На водяной силе (1Р—7 к.)
1. Баланс	15,85	15,85	15,85	15,85
2. Сила (и пар)	25,00	7,62	16,45	6,10
3. Зараб. плата	6,10	6,10	4,58	4,58
4. Сукна, сетки, камни	1,83	1,83	0,915	0,915
5. Ремонт	2,44	2,44	1,22	1,22
6. Амортизация и % на капитал	6,10	4,26	2,44	1,83
Итого	57,32	38,10	41,455	30,495

в том числе – 15% здания и 85%—оборудование.

Мировое производство Д. м. В 1883 г. в Европе насчитывалось 899 древесномассных з-дов с 2 064 дефибрерами, вырабатывавшими 350 000 *т* Д. м. в год, т. е. 390 *т* на з-д; в 1922 г. средняя производительность з-да достигла 3 400 *т* в год. В 70-х гг. прошлого века начали появляться 420 *т* на з-д. В 1923 г. в СССР было 31 предприятие с годовою выработкой 53 700 *т*, или 1 740 *т* на з-д. На мировое производство всех видов древесного волокна в 1926 г. ушло около 75 млн. *м*³ дерева (по данным Дрезденской бумажной выставки 1927 г.), что составляет не более 3—4% всего мирового потребления древесины для всех целей. Из них $^1/_3$ перерабатывалась в Д. м. и $^2/_3$ в целлюлозу, что дает приблизительно равное количество выработки обоих видов полуфабрикатов, по 7 млн. *т*. Мировое производство древесного волокна на 1922 г. характеризуется следующими цифрами:

	Механич. древ. масса	Целлюлоза
Число предприятий	1 413	547
Годовая выработка в *т*	4 763 400	5 776 400
В том числе:		
Европа	43%	53%
Америка	54%	45%
Выработка на 1 предпр. в *т*:		
Средняя	3 400	10 500
Максимальная	22 000 (Канада)	27 000 (Нью Фаундленд)

Годовой расход древесины на эту выработку составлял около 60 млн. *м*³. В СССР в

Табл. 7.—Современная калькуляция 1 *т* древесной массы (в рублях).

Статьи расхода	Производительность в 24 ч. —5 *т*		Производительность в 24 ч. —100 *т*	
1. Баланс строганый еловый		17,00		17,00
2. Сила: электрич. энергия	1 200 kWh×0,02=24,00		1 050 kWh×0,02=21,00	
пар на отопление	3,00	27,00	3,00	24,00
3. Заработная плата	3 чв-д.×2,00=6,00		0,1 чв-д.×2,50=1,00	
Начисления, 25%	1,50		0,25	
Служащие	1,00	8,50	0,10	1,35
4. Сукна, сетки, камни	1,20		0,90	
Ремни, канаты, смазка	0,50		0,50	
Разные материалы	0,80	2,50	0,60	2,00
5. Ремонт 5% себестоимости		3,20		1,00
6. Амортизация (3%) и % на капитал (6%)	5,40		4,30	
Общезаводские, 5%	3,20	8,60	2,50	6,80
Итого		66,90		52,15

Табл. 8.—Составные части стоимости 1 *т* воздушносухой древесной массы.

Статьи расхода	Германия (по Гофману, 1925 г.)	США (по Уитаму, 1916 г.)	Канада (по Кларку, 1928 г.)
Баланс	3,70 *м*³	68,85%	
Энергия	—	3,98%	
Заработная плата	90 чв-ч.	14,12%	При выработке 150 *т* в 24 ч.:
Сукна	0,2 *кг*	0,57%	Баланс—3,65 *м*² по 9,70 р.=35,40 р.
Сетки	0,05 *м*²	0,27%	Энергия 1 770 kWh по 1,35 к.=23,90 р.
Камни	5,0 *кг* (в *м*³—2 100 *кг*)	0,92%	(при своей водяной силе 0,25 к. за kWh, при покупке от чужой гидростанции 0,6—0,7 к.)
Ремни	—	0,34%	Нода 30,3 *м*³
Смазка	2 *кг*	0,44%	Заработная плата 0,286 чв-д.
Разные	—	2,28%	При водяной силе стоимость 1 *т* древесной массы 50—54 р.
Ремонт	12,5 чв-ч.	4,65%	
Амортизация и % на капитал	30 чв-ч.	1,49%	
Общезаводский расход	30 чв-ч.	2,36%	
Провоз	7,5 чв-ч.	—	

и в России мелкие заводы Д. м. на водяной силе, но вследствие своей малой производительности (60—120 *кг* в сутки) они существовали недолго. В 1900 г. в России имелось 48 древесномассных з-дов с выработкой ок. 20 000 *т* в год, т. е. в среднем по 1926/27 г. было выработано 73 200 *т* механич. Д. м. и 75 000 *т* целлюлозы и израсходовано около 780 000 *м*³ окоренного дерева, т. е. 1,3% мирового расхода.

В 1927/28 году было выработано в СССР 86 251 *т* механической древесной массы и

76 559 *т* древесной целлюлозы, не считая 8 911 *т* соломенной целлюлозы, и израсходовано 796 000 *м*³ баланса. Пятилетний план развития производства древесных полуфабрикатов запроектирован ВСНХ СССР с расчетом в первую очередь покрытия потребности в них бумажной промышленности, а именно (в тыс. *т*):

Действующие предприятия и начатые постройкой до 1928/29 г.

Годы	I вариант Целлюлоза	I вариант Механич. древ. масса	II вариант Целлюлоза	II вариант Механич. древ. масса
1927/28	83,5	93,0	76	73
1928/29	127,0	154,0	120	155
1929/30	175,0	200,0	162	193
1930/31	204,0	230,0	218	234
1931/32	209,5	252,0	260	287
1932/33	209,5	254,0	350	360

Новое строительство

	Целлюлоза	Мех. древ. масса
1930/31	3,0	2,0
1931/32	49,5	32,8
1932/33	124,5	96,0

Выработка бумаги и картона по тому же плану выражается следующими цифрами:

Годы	I вариант Бумага	I вариант Картон	II вариант (позднейший) Бумага	II вариант (позднейший) Картон
1927/28	282,0	46,0	251	41
1928/29	357,0	55,0	360	51
1929/30	433,5	55,0	416	54
1930/31	506,5	55,0	507	54
1931/32	599,0	63,0	587	61
1932/33	715,0	85,0	712	85

В приведенных цифрах не принята в расчет предстоящая постройка мощного сульфитцеллюлозного завода в Архангельском районе на 100 000 *т* в год и ряда проектируемых сульфитцеллюлозных з-дов для переработки отбросов лесопиления (по планам лесной промышленности) общей мощностью на 75 000 *т* в год.

Гигиена труда. Из всех отраслей бумажной промышленности, вообще требующих немногочисленного обслуживающего персонала, производство белой Д. м. является наименее трудоемким и к тому же одним из наиболее нормальных по условиям производственной обстановки в гигиенич. отношении. Число производственных рабочих, находящихся одновременно в рабочем помещении, при суточной производительности 3—9 *т* и 70—550 *т* и при числе дефибреров 1—2 и 8—24, составляет соответственно 4—10 и 20—30 чел. По америк. данным, на 1 *т* суточной выработки на з-де средней мощности приходится 30 *м*³ объема производственного помещения, что на одного находящегося здесь рабочего дает ок. 240 *м*³ в смену или 30 *м*³ в час, цифру, близкую к гигиенич. минимуму (32 *м*³ на взрослого человека в час—по проф. Ф. Гюппе), т. е. норму, достаточную без искусственного обмена при отсутствии иных причин загрязнения воздуха, кроме дыхания человека. Темп-ра рабочего помещения ок. 20°, влажность 77—78%, т. е. несколько выше нормы (18° и 65%); при горячем дефибрировании на мощных дефибрерах $t°$ и влажность м. б. еще выше, но обычно такие установки имеют обширное помещение, где теплота и влажность распределяются в большем объеме воздуха. Слабый естественный запах истираемого дерева также не м. б. отнесен к факторам порчи воздуха. Неизбежная сырость на полу помещения, специфич. вредность бумажной промышленности, имеют место и в производстве Д. м.

В производстве бурой Д. м., при пропарке дерева, производимой обыкновенно в отдельном помещении, условия труда значительно менее благоприятны, особенно при разгрузке пропарочных котлов. Темп-ра в котлах достигает 150°; в целях сокращения времени оборота котла и экономии тепла разгрузка и последующая зарядка производятся почти немедленно по окончании пропарки, т. ч. рабочим приходится вдыхать насыщенный парами воздух со специфическим запахом пропаренной древесины. Т. к. длительность ручных операций выгрузки и загрузки составляет 15—20% от всего оборота котла, то при поочередной работе нескольких котлов обычно 2—4 рабочим приходится почти непрерывно находиться в такой атмосфере, что отражается и на производительности труда и на здоровьи. Приточно-вытяжная вентиляция всего помещения здесь не улучшает положения и лишь увеличивает тепловые потери. Более целесообразно устройство вытяжных колпаков над загрузочным отверстием; вытяжка (вентилятором) производится лишь в период выгрузки и загрузки. В новейших установках длительность этого периода сокращается до 15—20 мин. загрузкой котлов целым составом заранее нагруженных вагонеток, которые столь же быстро удаляются из котлов после пропарки.

В подготовительном отделении, где производятся окорка и распиловка балансов, воздух загрязняется мелкой древесной пылью, что вредно влияет на дыхательные пути и на глаза. Темп-ра помещения, в виду постоянной подачи балансов извне, в холодное время держится ниже нормы; кроме того бывают сквозники от открываемых дверей и усиленной вытяжки. При очистке коры мокрым способом в барабанах возможна повышенная влажность воздуха. Наиболее радикальным гигиенич. мероприятием в этом отделении является возможно бо́льшая механизация транспорта и производственных операций для уменьшения числа занятых здесь постоянно рабочих. Остающийся необходимый штат должен быть снабжен соответствующими предохранительными средствами (очки-консервы, аспираторы, спецодежда).

Сушильное отделение, кроме несколько повышенной $t°$ вблизи сушильных устройств, представляет вполне благоприятные условия для работы, особенно при новейшем оборудовании.

Механич. повреждения рабочих свойственны производству Д. м. в виду неизбежного соприкосновения их с тяжелым сырьем—балансом (ушибы при падении дров и тележек или клеток, а также при операциях смены дефибрерных и рафинерных камней). При отсутствии предохранительных приспособлений возможны разнообразные повреждения, обычные для всех механических и механизированных производств.

Воздействие условий производства Д. м. на психику нельзя признать вполне благоприятным. Непрерывный шум, свойственный этой отрасли производства (корообдирки, пилы, характерный гул дефибреров, рафинеров и центробежных сортировок), действует утомительно. Монотонность основных операций, требующих не особенных физич. усилий, а значительного напряжения внимания, вызывает усталость, особенно при работе у многопрессовых дефибреров.

Лит.: «Бумажная промышленность», М., 1922—28, Гюппе Ф., Руководство гигиены, пер. с нем., СПБ, 1900; Schubert M., Die Holzschliff-Fabrikation, 3 Aufl., B., 1925; «La papeterie», P., 1924, *3*; «U. S. Depart. of Agric., Bull.», Wsh., *343*; Hofmann K., Prakt. Handb. d. Papierfabrikation. Holzschleiferei, p. 76, B., 1926; «Le papier», P., 1927, *2*; «Pulp a. Paper Magazine», N. Y., 1916; Müller F., Papierfabrikation u. deren Maschinen, B. 1—2, Biberach-Riss, 1926—28. **Ф. Бобров.**

ДРЕВЕСНАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗА, см. *Целлюлоза*.

ДРЕВЕСНАЯ ШЕРСТЬ, мелкая деревянная стружка, составляющая предмет особого производства. Д. ш. употребляют в качестве упаковочного материала для яиц, фруктов, посуды и т. д. Мелкая Д. ш. идет на набивку матрацев, мебели, на подстилку для скота и т. д. Из Д. ш. изготовляют также канаты, применяемые напр. для упаковки мебели и в литейном деле. Для изготовления Д. ш. дерево предварительно распиливают на куски длиной в 250—500 *мм*. С полученных поленьев снимают кору и высверливают большие сучья, после чего поленья поступают на станки для строгания Д. ш. Конструкция этих станков довольно разнообразна, но в основу их положена общая идея, заключающаяся в том, что дерево прижимается к движущейся платформе, на к-рой закреплен ряд ножей, делающих на дереве продольные надрезы, и помещены поперечные резцы, которые снимают стружку, распадающуюся по надрезам на узкие ленты. Толщину этих лент можно регулировать в пределах от $^1/_{15}$ до $^1/_2$ *мм*. Дерево для Д. ш. должно быть достаточно сухим, т. к. сырое дерево плохо строгается. Вспомогательными станками в производстве Д. ш. являются точильные станки для точки резцов, круглые пилы для поперечной распиловки дерева и упаковочные прессы для прессования Д. ш. Прессование Д. ш. необходимо как для транспортирования, так и для лучшего ее сохранения, так как непрессованная Д. ш. быстро высыхает и становится хрупкой. См. *Волокна прядильные*, лесная шерсть, сосновая шерсть. **А. Золотарев.**

ДРЕВЕСНОЕ МАСЛО, тунговое масло, получается из семян плодов лакового дерева, Aleurites cordata Müll., принадлежащего к сем. Euphorbiaceae, произрастающего в Китае и Японии. Поповым доказана возможность разведения этого дерева на Черноморском побережьи Кавказа, вблизи Батума (Чаква). По анализам франц. Jardin colonial, ядро семени содержит до 57,4% жира; по анализам Киселева и Козина, ядро семени чаквинского лакового дерева имеет 63,8% жира. Ядро составляет 60,55% семени. Физико-химич. константы, указываемые разными авторами, имеют колеблющуюся величину: так, по Фариопу, уд. вес масла 0,936—0,944, $t°_{заст.}$ −17÷−18°, иодное число 154—170, число омыления 190—197. Д. м. принадлежит к числу высыхающих масел; скорость высыхания при 16° равна 96 час. Особенность Д. м. заключается в том, что оно высыхает не с поверхности, как льняное, а во всей своей массе. При обработке серою (вулканизации) масло дает прочный фактис. По своему химическому составу Д. м. представляет собою главным образом глицериды кислот олеиновой $C_{18}H_3O_2$ и элеостеариновой $C_{18}H_{32}O_2$. Цвет Д. м., смотря по способу добычи, — от светложелтого до темнобурого. Д. м. отличается неприятным запахом, трудно устранимым даже продуванием паром; применяется исключительно для выделки *олифы* (см.).

Лит.: Киселев В. С., Олифа и лаки, М.—Л., 1926; Лялин Л. М., Жиры и масла, 2 изд., Л., 1925; Киселев В. С. и Козин П. И., «Протоколы маслобойной секции НТС ВСНХ», М., 1928, январь; Technologie der Fette und Öle, Handbuch der Gewinnung u. Verarbeitung der Fette, Öle u. Wachsarten des Pflanzen- u. Tierreichs, hrsg. v. G. Hefter, B. 2, Berlin, 1928. **Л. Лялин.**

ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНЫЕ МАССЫ, общее название для пластических масс, состоящих из древесной муки или мелких древесных опилок и минеральных связующих веществ. К Д.-ц. м. относятся: доломент, дурамент, гермалит, лигнолит, линол, линолит, линотол, минералит, мирамент, папиролит, терралит, торгамент и др. Д.-ц. м., благодаря малой теплопроводности и звукопроводности, незначительному весу и механич. прочности, широко применяются в современной строительной технике или в виде готовых прессованных под большим давлением изделий—плиток для полов и панелей, ступеней и перил для лестниц, подоконников, орнаментов, карнизов, или как облицовочный цемент (Holzzement)—для непосредственной ручной обкладки стен, настилки полов, ступеней и т. д. Употребление древесно-цементных масс в качестве облицовочного цемента экономически не выгодно.

Материалы для изготовления Д.-ц. м. следующие: 1) Окись магния, MgO—получается умеренным прокаливанием минерала магнезита $MgCO_3$ во вращающихся печах. Реакция идет с выделением углекислого газа по ур-ню $MgCO_3 = MgO + CO_2$. Еще горячий продукт быстро перемалывают на шаровой мельнице до тонкого порошка. 2) Хлористый магний, $MgCl_2$—получается из обработанных маточных рассолов на соляных озерах или как побочный продукт при производстве поташа. Хлористый магний не должен содержать солей кальция. Употребляется в виде водных растворов крепостью в 15—25° Bé. 3) Древесная мука (среднего помола)—м. б. частью заменена пробковой, кожаной, соломенной мукой, текстильными отбросами, порошкообразным торфом, сапропелем или мелко молотыми минеральными инертными веществами: мелом, каолином, асбестом, инфузорной землей и др. Для изготовления муки предпочитают твердые и несмолистые древесные породы. Перед употреблением муку иногда немного смачивают водой или растворами мыла, сульфитного щелока, креозота (как антисептические вещества). 4) Минеральные красящие вещества (толченый кирпич,

сурик, охра и другие)—прибавляются к древесной муке в количестве 5—20%.

Для изготовления плиток или орнаментов применяют смесь из окиси магния, хлористого магния, древесной муки, краски и т. д., к-рую тщательно размешивают в барабанах, а затем помещают в стальные матрицы и подвергают сжатию в гидравлических прессах до 300 *atm*. Чтобы изделие вышло более однородным, сжатие надлежит производить медленно и постепенно, лучше в две стадии: первая, предварительная, для формовки на слабом прессе, и окончательная—на гидравлическом. Последнее давление поддерживается несколько часов (иногда 20—24 ч.), в течение к-рых объем массы уменьшается больше, чем на половину первоначального, причем прессованием удаляют избыток раствора хлористого магния, а оставшийся $MgCl_2$ реагирует с окисью магния по ур-нию:

$$MgCl_2 + MgO = Mg_2OCl_2,$$

и цемент т. о. твердеет. Спрессованные изделия сушат сначала на воздухе при обыкновенной $t°$, а потом в сушильной камере при 40—70°, после чего, если нужно, их обтачивают и полируют.

Смеси для Д.-ц. м. изготовляют по следующим рецептам: 1) магнезии (окиси магния) 90 *кг*, древесных опилок (сухих) 80 *кг*, охры 2—4 *кг* (или железного сурика 3—4 *кг*, или сажи печной 3—5 *кг*), водного раствора хлористого магния 24° Bé 100 *кг* (около 270 *л*); 2) магнезии 90 *кг*, древесных опилок 80 *кг*, охры (или других красок) 2—4 *кг*, смеси из раствора 6 *кг* железного купороса ($FeSO_4$) в 23 *л* воды и 42 *л* водного раствора хлористого магния 24° Bé.

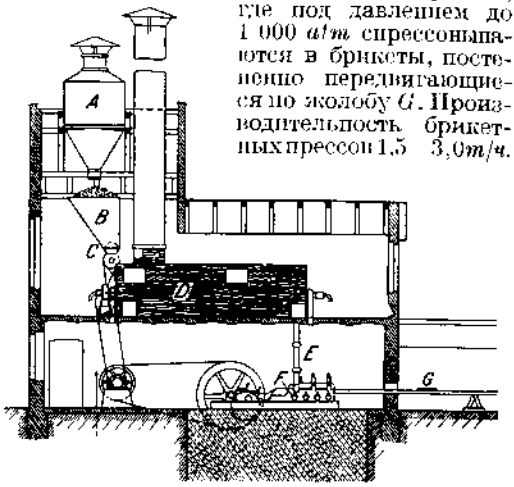
Для непосредственной ручной обмазки (стен, полов, подоконников и т. д.) массу готовят на месте работ и употребляют тотчас же после тщательного размешивания. При размешивании важно, чтобы раствор хлористого магния был распределен равномерно по всей массе, поэтому его приливают тонкой струйкой или, еще лучше, пульверизируют. Чтобы масса крепче держалась, ее накладывают на ранее подготовленный грунт: если грунт каменный, кирпичный или цементный, его предварительно штрихуют (насекают), если деревянный—в него набивают гвозди. Если же грунтом служит земля, ее сначала цементируют магнезиальным цементом ($MgO+MgCl_2$), затем покрывают Д.-ц. м. из грубых опилок, с большим содержанием минеральн. наполнителей, и только после этого накладывают слой из Д.-ц. м., напр. по рецепту: магнезии жженой 90 *кг*, опилок древесных 50 *кг*, водного раствора хлорист. магния 25° Bé 30 *кг* (80 *л*); опилки перед употреблением д. б. увлажнены. Этот рецепт не является обязательным: опилки м. б. частично заменены асбестом, тальком, инфузорной землей, шлаком и т. д. Для уменьшения гигроскопичности массы прибавляют: карболинеум, масло растительное или минеральное, олифу, смолу, гудрон. Примерами таких рецептов могут служить следующие: 1) магнезии 90 *кг*, древесной муки 34 *кг*, минеральной краски 10—30 *кг*, талька 15 *кг*, масла 35 *кг*, водного раствора хлористого магния 20° Bé 40 *кг* (120 *л*); 2) магнезии 105 *кг*, древесной муки 17—18 *кг*, пробковой муки 20 *кг*, инфузорной земли 3,2 *кг*, минеральной краски 10—30 *кг*, масла 15 *кг*, раствора хлорист. магния 20° Bé 35 *кг* (110 *л*).

Вследствие разнообразия в составе и способах изготовления механич. и химич. свойства Д.-ц. м. варьируют в широких пределах. Для прессованных масс, состоящих только из магнезиального цемента и древесных опилок или муки, за норму принимается: уд. в. около 1,5, сопротивление разрыву 250—275 *кг/см²*, сопротивление сжатию 750—900 *кг/см²*. Кроме того прессованные массы обычно очень прочны в отношении атмосферных влияний и воды, не горючи, легко обрабатываются на станках—шлифуются, точатся и т. д. Наоборот, наложенные массы, не прессованные, механически значительно слабее и легче разрушаются от атмосферных влияний и воды.

Лит.: Fritsch J., Fabrication des matières plastiques, p. 234, P., 1926; Hächer H., Plastische Massen, p. 22, Lpz., 1924; Haas B., «Ch.-Ztg.», 1923, B. 47, p. 809; Fasse R., «Kunststoffe», Mch., 1923, p. 17; Müller K., Ausführliche Anleitung f. d. Herstellung u. Verwendung v. Kunstholz, resp. Steinholz, 3 Aufl., Gommern, 1908; Stettbacher A., Neuerungen u. Eigenverfahren in d. Magnesiazementplastik. «Kunststoffe», Mch., 1919, p. 173; Stettbacher A., Vom Steinholz und dessen Bodenbelägen, «Kunststoffe», München, 1920, p. 153; Kuhlmann E., Steine u. Erden, Handwörterbuch d. techn. Waren u. ihrer Bestandteile, hrsg. v. P. Krais, B. 3, p. 299, Lpz., 1921. **Б. Максоров.**

ДРЕВЕСНЫЕ ОПИЛКИ, механически измельченная древесина в виде мелкозернистого сыпучего материала; размер частиц (зерен) от нескольких долей *мм³* до 3 *мм³*. Д. о. получаются как отход в лесопильном и других производствах по механич. обработке древесины, составляя от 6 до 30% общего количества обрабатываемой древесины, и идут гл. обр. на топливо для котельных на тех же лесопильных з-дах или на расположенных поблизости силовых станциях. Обычно Д. о. поступают в топку в естественном виде и даже без подсушки, но требуют применения топок специальных конструкций: конусных (проф. Кирша) и шахтных с наклонными или ступенчатыми колосниками. Д. о. поступают в топку автоматически, непрерывным ручьем, но с разброской, т. к. они принадлежат к мало воздухопроницаемому топливу, имеют свойство сбиваться в кучки или сводики и при толстом слое создают в топке плохую тягу. Испарительная способность Д. о. составляет 1,25—2,20 *кг* пара на 1 *кг* сжигаемого топлива, т. к. они имеют влажность 30—55%. Из лесопильного з-да Д. о. подаются к кочегарке либо цепными транспортерами с деревян. скребками, движущимися в жолобе (т. н. тараканы), либо пневмат. транспортерами (экгаустерами); если же силовая станция расположена не в непосредственной близости от завода, то применяется канатная подвесная дорога. Опилки можно сжигать в топках в чистом виде или в смеси с дробленой древесиной (щепой, стружками), что повышает коэф-т использования теплотворной способности опилок; их можно также употреблять в виде брикетов. Брикетирование Д. о. (гл. обр. хвойных пород) сводится к следующему (см. фиг.). Опилки собирают для производства в бункер или сепаратор *A*, откуда они поступают самоте-

ком по трубе *B* в барабанное сито *C* (20 отверстий на дм.) для очистки опилок от крупных частей древесины и коры. Из барабана опилки автоматически подаются в цилиндрич. сушилки *D*, где и подсушиваются до влажности в 6—8%. Отсюда в подогретом состоянии (70—85°) опилки, также автоматически, по трубе *E*, ссыпаются в питатели-бункеры *F* брикетных прессов, где под давлением до 1 000 *atm* спрессовываются в брикеты, постепенно передвигающиеся по жолобу *G*. Производительность брикетных прессов 1,5—3,0 *m/ч*.



Размеры брикетов обычно: 5×2,5×1,75″ или 7×3,5×2,5″. Стоимость брикетирования, не считая стоимости опилок, на лучших установках составляет 2,20—3,00 р. за *m* франко завод. Опилки брикетируют не только в их естественном виде (хвойные), но и с примесями, напр. с угольной пылью, а также с разного рода связующими веществами: дегтем, смолами, отработанными щелоками целлюлозного производства и др. Эти примеси, равно как и сильный подогрев опилок до степени частичной их карбонизации, удорожают процесс брикетирования; поэтому последнее не имеет коммерч. успеха, тем более, что по калорийности цена брикетов равна примерно цене березовых дров.

Из других применений Д. о. на первом плане стоит употребление их в естественном виде в металлич. производствах а качестве шлифоночного материала для чистки и полировки мелких металлических изделий, стальных перьев, проволочных изделий, алюминиевой посуды, листового алюминия и т.п. Требования, предъявляемые в этих случаях к Д. о.,—сухость и однородность; последняя играет решающую роль, т. к. опилки различных пород далеко не одинаковы по крепости и полирующим свойствам, а также по способности впитывать жиры и масла. Далее, Д. о. применяются в кожевенной и меховой пром-сти. В первой они употребляются для увлажнения и лощения высших сортов телячьих и козьих шкур, особенно после их окраски в спетлые тона. В этих случаях опилки д. б. однородны как по породе, так и по зернистости, т. е. хорошо просеяны и достаточно мягки, чтобы не царапать глянца кожи. Лучшими считаются кленовые опилки. Таких пород, как дуб, следует совершенно избегать, т. к. опилки могут передать коже свой цвет, сделать ее пятнистой или испортить чистоту тона. При т. н. масляном дублении Д. о. играют роль наполнителя. В меховой пром-сти опилки употребляются при мягчении и окраске мехов, а после окраски—для полировки их, т. е. для очищения волоса от грязи и жира и для придания ему лоска и пушистости. Здесь также опилки д. б. тщательно и мелко просеяны (40 отверстий на дм. сита) и преимущественно лиственных пород. Иногда Д. о. смешивают предварительно с различными ингредиентами и продают как патентованную смесь.

При постройке зданий Д. о. применяются как изоляционный материал. Для этого их засыпают между стенами зданий легкого, барачного типа или же слегка утрамбовывают между полом и потолком. Изоляционные свойства опилок как и отношении тепла, так и звука вполне удовлетворительны. По данным америк. Бюро стандартов, слой Д. о. в 1″ соответствует по теплоизоляционным свойствам следующей толщине других употребительных материалов:

Пробковая пластина	0,86″
Полотно из растительных волокон (льняные очески)	0,81″
Пробковая крошка ($d>^1/_{16}$″)	0,73″
Асбестовая бумага	1,23″
Доски из жесткого картона	1,23″
«Insulex» (пористый цементирован. асбест)	1,39″
Кровельный (пропитан. асфальтом) войлок	1,75″

Изоляционные свойства Д. о. понижаются при увеличении влажности, и потому необходимо в этом случае защищать опилки от сырости обкладкой из толевого картона.

В строительной промышленности Д. о. кроме того находят следующие применения. 1) Для увлажнения бетонных поверхностей в период схватывания и твердения бетона, для чего влажные опилки насыпаются поверх бетона слоем в 2,5—5 *см* толщины и периодически поливаются в течение 10—14 дней водой. Не следует употреблять дубовых опилок, оставляющих на бетоне темные пятна. Этот способ увлажнения бетона особенно хорошо зарекомендовал себя при устройстве бетонных шоссе. 2) Как наполнитель при изготовлении так наз. гипсовых или алебастровых досок, употребляемых для внутренних мелких перегородок и накладок стенных борозд. С этою целью опилки замешивают с гипсом в количестве 4—5% по весу, причем опилки не д. б. заражены синевой, т. к. последняя проходит сквозь гипс и дает пятна на поверхности досок. Опилки употребляются сеяные, средней зернистости (15—20 отверстий на дм. сита). 3) При изготовлении так наз. ксилолитовых или эвболитовых полов, когда для их нижнего основания идут Д. о. крупной и средней зернистости. 4) Как наполнитель в разного рода черепицах, патентованных бетонных плитках для полов и т. п., где требуется легкость. 5) Для изготовления легкого, т. н. пористого, кирпича и облицовочной плиты, причем опилки смешиваются с глиной в количестве 5—20%.

В садоводстве и лесоводстве Д. о. находят применение как посыпной материал на цветочно-плодовые гряды и гряды питомников для предупреждения развития сорников; для защиты корней деревьев и кустарников

при перевозке их в рогожах по жел. дор.; для упаковки и сохранения винограда (еловые и пихтовые опилки). Опыты показали, что в последнем случае Д. о. имеют преимущество даже перед пробковой крошкой благодаря большей гигроскопичности и дешевизне. Они д. б. тщательно просеяны на среднюю зернистость и высушены до 4—6% влажности. На 32 *кг* винограда идет ок. 15 *кг* опилок. Опилки служат также хорошим упаковочным материалом для бутылок с жидкостями, в целях предохранения их от боя или мороза. Кроме того можно отметить применение Д. о. для поглощения жидкостей в санитарных целях—на общественных базарах, бойнях, в уборных, при чистке паркетов и полов—и как топливо при копчении мяса (гл. обр. опилки твердых лиственных пород).

Заслуживает упоминания употребление Д. о. в качестве кормового средства для скота. С этою целью хвойные опилки обрабатывают горячей серной или соляной кислотой под давлением 8 *atm*, в результате чего часть древесины переходит в целлюлозу, осахаривается и растворяется. Жидкость, полученную в результате варки, вместе с остатками опилок нейтрализуют известью и выпаривают. Полученный продукт, измельченный, темнокоричневого цвета, с легким сладким запахом и вкусом, напоминающим сырую древесину, имеет довольно низкую питательность, и животные едят его неохотно и только в смеси с зерном. Усвояемость древесного корма $^1/_3$—$^1/_2$ дачи, но норма дачи этого корма не может превышать 2 *кг* в день. В настоящее время этот продукт экономической ценности не имеет.

Утилизация опилок в химич. промышленности. Сухая перегонка опилок в чистом виде хотя и вполне возможна, но экономически мало выгодна, т. к. опилки отличаются большой объемностью и требуют громоздкой аппаратуры. Лучший эффект дает смесь опилок со стружкой или дробленой щепой в отношении 45% опилок и 55% щепы и стружки. Известны вполне рентабельные установки в США по патенту Стаффорда и в Швеции газогенераторные установки Акц. об-ва Юхсне-Вохсне на берегу Ботнического залива. Рентабельность подобных установок зависит от масштаба производства, т. к. требует больших капитальных затрат. Экстрагирование хвойных опилок бензином, щелочами (рус. патенты проф. Лотова и Курсанова, проф. Жеребова и ряд иностранных патентов) с успехом применяется в скипидарно-канифольном производстве. Экстрагирование опилок каштана, дуба, сумаха, мимозы также вполне рентабельно для получения концентрированных дубильн. экстрактов (Дюшен и Нуайе).

Проблема получения сахара из опилок технически была разрешена методами Геглунда, Рейнау, Бергиуса, Вильштеттера и др. При этом получается продукт желто-белого цвета, содержащий: 89% сахара, 1% соляной кислоты, 7% воды и 2% солей. Осахаривание опилок в диффузорах по способу Рейнау считается наиболее простым и дающим наибольшие выходы: 60% от веса опилок (при теоретически возможном в 68%). Однако трудность дальнейшей очистки и дороговизна продукта по сравнению с свекловичным сахаром делают это производство мало рентабельным. Выработка щавелевой к-ты из опилок существовала до последнего времени, но с изобретением более экономич. синтетич. способа ее получения это производство совершенно упало. Существуют также патенты по добыванию из опилок красящих веществ группы солей сероводородной к-ты, но распространению их мешает производство более дешевых красящих веществ анилинового ряда. Опилки употребляют также при изготовлении искусственных абразионных материалов: влажные опилки смешивают с составом из кокса, песка и соли, и смесь закладывается в электрическую печь для сплавки состава. Опилки делают сплав пористым и тем предотвращают возможность взрывов. При обработке Д. о. NaOH, $Ca(OH)_2$, серинстой к-той и т. п. получается своеобразный распад древесины на отдельные волокна, получивший на герм. рынке название гемицеллюлозы. Из 100 *кг* древесины получается ок. 70—80 *кг* гемицеллюлозы, т. е. почти в два раза больше, чем целлюлозы. Промышленного значения этот процесс еще не получил за отсутствием дешевой и портативной аппаратуры. Гемицеллюлоза хотя и ниже по качеству, чем просто целлюлоза, но вполне пригодна для производства низших сортов бумаги и разного рода пластических масс.

В последнее время опилки, наравне со стружками, служат сырьем для получения пластич. масс. Наиболее интересным патентом является патент Уильяма Мезона, применяемый на з-де Mason Fiber Co. (США), пущенном в ход в сентябре 1926 г. Сущность процесса заключается в том, что опилки в сыром виде закладываются в особые аппараты, т. н. пушки, емкостью 5,7 $м^3$, где и подвергаются действию свежего пара давлением 13 *atm* в течение 10—15 ск. Размягченное действием пара волокно опилок подвергается затем действию пара под давлением в 70 *atm* в течение 3—5 ск. Затем гидравлич. клапан пушки быстро открывается в особый сепаратор, и опилки благодаря резкому понижению давления и $t°$ подвергаются действию внутреннего взрыва и с огромной силой и скоростью выбрасываются в сепаратор в сильно размельченном состоянии (мацерация фибрилл). Из сепаратора, по удалении пара, мелковолокнистая древесная масса поступает в резервуары, где остывает до определенной $t°$, после чего смешивается с водой. Благодаря сильному измельчению масса становится пластичной и легко принимает желаемый вид формованием и прессованием. Указанный з-д в первый же год своего существования выпустил около 250 тыс. $м^3$ искусственных досок, нашедших самое разнообразное применение в строительном деле и в столярном производстве. Изготовление изделий из подобной пластичной массы совершенно изменило взгляд на Д. о., и их начинают считать не отбросами, а весьма ценным сырьем. Этому производству предстоит большое будущее, т. к. согласно подсчетам изготовление деревянных изделий из древесины путем распилов-

ки ее и последующей механич. обработки, сопряженное с большими потерями сырья (до 60—75% древесины), требует энергии и времени на 300—800% больше, чем изготовление тех же предметов литьем и прессованием из пластич. массы при 100%-вом использовании древесины. О применении Д. о. см. *Дерево искусственное*, *Древесно-цементные массы* и *Линолеум*.

Разновидностью опилок является древесная мука.

Лит.: Sawdust and Wood Flour. Report of the National Commitee on Wood Utilisation in the U. S. A., Wsh., 1927; «Chemical a. Metallurgical Engineering», N. Y., 1927.

ДРЕВЕСНЫЙ СПИРТ, см. *Метиловый алкоголь*.

ДРЕВЕСНЫЙ УГОЛЬ, продукт, получаемый из древесины путем ее нагревания до высоких $t°$ (350—600°) без доступа или при незначительном доступе воздуха. Чем больше доступ воздуха при углежжении, тем ниже выход угля из древесины, тем рыхлее и легче самый уголь (см. *Дерево*, сухая перегонка). Настоящий черный Д. у., вполне пригодный для употребления, получается при $t°$ 350° и выше. Содержание углерода в Д. у. зависит не от породы дерева, а исключительно от темп-ры переугливания. Влияние температуры на разложение древесины и химический состав получающегося угля представлены в табл. 1, по новейшим данным В. А. Коробкина.

Табл. 1.—Влияние $t°$ обугливания на состав угля.

Температура	Химич. состав органич. части в %			Примечания
	углерод	водород	кислород с азотом (0,1%)	
110	50	6	44	Высушенная древесина
150	52	6	42	
200	54,5	5,5	40	
250	60,5	5	34,5	Бурый уголь
300	73	4	23	
350	76	4	20	Черный уголь печной
400	80	3,5	16,5	
450	85	3	12	
500	89	3	8	
600	94,5	2	3,5	Черный уголь костровый
700	95,5	1,5	3	
800	97	1	2	
900	97,3	1	1,7	
1 000	97,6	0,7	1,7	
1 135	98,1	0,3	1,6	
1 500	99,7	0,1	0,2	

Отсюда видно, что даже при 1 500° нельзя нацело освободить уголь от газовых составных частей древесины—водорода и кислорода, в обычном же угле их содержание немногим меньше 25%. Из этой таблицы следует, что поднимать $t°$ углежжения выше 600° нерационально, т. к. последующие интервалы в 100° незначительно увеличивают содержание ценного углерода. Объемный уд. в. значительно колеблется в зависимости от способа, $t°$ и скорости обжига, составляя в среднем для угля из печей Шварца Нижне-Тагильского округа на Урале: елового 0,235, соснового 0,267, осинового 0,289 и березового 0,365 с колебаниями до 50%. Истинный уд. вес, определенный на мелкоистолченном угле, дает для тех же углей величины ок. 1,3—1,4. Вычисленная пористость угля составила 70—80%. В табл. 2 приведены соотношения между содержанием углерода, пористостью и уд. весом угля из разных пород леса. При прямом соприкосновении с водой уголь впитывает ее от 200 до 300%, считая по весу высушенного при 105° угля. Вес лежалого угля из печей Шварца составляет в среднем: елового 120 *кг*, соснового 140 *кг*, осинового 150 *кг* на один складочный $м^3$. Механич. прочность угля (из печей Шварца) на сжатие приблизительно в четыре раза

Табл. 2.—Сопоставление данных о составе, пористости и уд. в. для угля из разных пород леса.

Название угля	Химический состав					Пористость в %	Уд. вес в куске
	Углерод			Летучие вещества	Зола		
	летучий	нелетучий	всего				
Березовый кучной	5,63	83,22	88,85	16,10	0,68	80	0,438
Березовый печной	7,37	78,02	85,39	21,07	0,50	72,8	0,370
Сосновый печной	8,86	73,41	82,27	25,62	0,97	80,6	0,230
Еловый печной	12,18	64,37	76,55	34,80	0,83	84,7	0,190

меньше первоначальной крепости соответственного дерева. Теплопроизводительность Д. у. вдвое выше теплопроизводительности древесины, из к-рой он получен, и для хороших сортов превышает 7 000 Cal. Пирометрич. эффект сжигания угля тоже значительно выше дров. В табл. 3 приведены химич. состав и физич. свойства печного угля. На тепловых свойствах Д. у. и на его химич. составе (отсутствие примесей, вредящих качеству продукта, низкое содержание неспекающейся и не требующей флюса золы) основано употребление угля в доменных печах для выплавки чугуна из железных руд, для вагранок при чугунном литье, для производства цементной стали, для кузнечных горнов при горячей обработке и сварке железа. Лучшим углем для доменной плавки считается смешанный уголь—смесь березового, соснового и елового углей. Хороший Д. у. по внешнему виду отличается блестящим черным цветом, плотностью, издает при падении звенящий звук, горит без пламени и дыма и не пачкает рук.

По способу получения различают: 1) ямный Д. у., 2) костровый, или кучной, 3) печной и 4) ретортный, или казанный. Эти угли значительно отличаются друг от друга по своим химич., физич. и механич. свойствам.

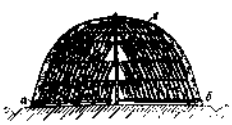
Ямный способ. В сухом грунте вырывается круглая яма диам. около 2 *м* и глубиной 1,5 *м*. На дно забрасывают мелкие сухие сучья и зажигают костер. Когда сучья разгорятся, на них наваливают обугливаемый материал и, постепенно подбавляя его, наполняют всю яму горящей древесиной. После этого сверху накидывают дерн и землю, уплотняют покрышку трамбованием и

Табл. 3.—Химический состав и физические свойства печного елового угля.

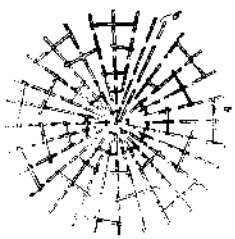
Химический состав					Теплотв. способность, Cal	Раздавл. груз, кг/см²	
H_2O	зола	C	H	O+N		вдоль волокон	поперек волокон
1,78	1,13	68,54	4,54	23,98	5 989	68,0	10,0
1,32	1,01	72,66	4,34	20,67	6 370	64,8	10,0
1,69	0,92	77,42	3,98	16,00	6 826	56,4	9,5
1,96	1,17	81,90	3,63	11,34	7 176	45,8	7,5
2,32	0,90	87,20	3,17	6,41	7 715	57,5	7

оставляют яму закрытой. Через сутки можно уже выгребать готовый уголь. Сохранившиеся очаги тлеющего угля заливают при выгребе водой. Уголь получается мелкий, рыхлый с низким уд. в. Выходы по весу составляют 10—12%, а по объему 30—35%. Такой уголь употребляется для деревенских кузниц и для домашних надобностей. Кустари-углежоги в южных частях РСФСР употребляют для ямного способа только сучья и вершины деревьев. В Ленинградской области и в Центрально-промышленном районе на углежжение идут дрова, причем здесь ямный способ видоизменен: дрова укладывают плотными рядами в продолговатую яму, покрывают их ветвями и дерном и уже после этого зажигают через оставленное в покрышке отверстие. Под конец процесса отверстие засыпают, поверхность ямы утрамбовывают и, когда уголь остыл, выгребают его. При этом способе улучшается качество угля и увеличивается выход.

Костровый способ углежжения дает промышленный металлургич. уголь лучших качеств. Тем не менее на Урале костровый уголь в настоящее время выжигается только в размере 5%, тогда как в Швеции, где потребление Д. у. металлургией немногим уступает Уралу, до сих пор еще более двух третей всего угля производится костровым способом. Костры, или кучи, бывают стоячие, с вертикальным положением дров, или лежачие, с горизонтальным расположением. Наиболее распространенными и более совершенными являются стоячие костры. На Урале очень часто встречается тип костра, изображенный в разрезе на фиг. 1. На специально выбранном сухом участке выравнивают ток и в центре его забивают высокий кол. Если место сыровато, то необходимо обрыть место костра канавой, а под самый костер устроить настил из расколотых дров—мостонник *а* (фиг. 1 и 2), но избежание получения большого количества плохо обугленного копытника. В одну сторону от кола дрова укладывают так, чтобы образовался зажигательный канал *б*. Дрова для костра берутся сухие, годовалые, длиной в 1 *м*. Самый верхний ярус *в* носит название чепца, но иногда его не делают, укладывая дрова третьего яруса с бо́льшим наклоном к центру костра. По укладке дров сверху костер покрывают хвойными ветвями и на них укладывают еще земляную покрышку. Вверху слой покрышки тоньше, нежели на боках. От состава покрышки зависит успех углежжения и наилучшим — считается суглинистая земля, смешанная с золой и мелким углем, оставшимися от предыдущего углежжения. Глинистая земля растрескивается, а песчаная при высыхании осыпается с боков. Обычно уральский костер вмещает 100—120 $м^3$ дров. Зажигание костра производится через канал *б*. В первое время из дров обильно выделяется влага, к-рая частично оседает на покрышке (потение костра). Если высыхание дров совершается медленно, то углежог снимает часть земляной покрышки с чепца, а внизу у мостовника пробивает с подветренной стороны отверстия (подвалы, или пороги) для увеличения доступа воздуха. Когда желтый дым сменяется прозрачным, синеватым и вершина костра начинает оседать, процесс углежжения в вершине костра закончен; углежог увеличивает здесь слой покрышки, стремясь прекратить доступ воздуха к готовому углю. Огонь переводят во второй ярус дров, уменьшая здесь слой покрышки или пробивая в ней ряд мелких отверстий. Здесь тоже сначала получается желтый дым, к-рый постепенно синеет, и тогда огонь переводят в нижний ярус, регулируя ход углежжения в последней стадии открыванием или засыпкой подпалов. В первой стадии процесса в разных частях костра могут образоваться взрывчатые смеси газов, и костер «стреляет», сбрасывая местами покрышку и выкидывая иногда дрова. При неправильной кладке костра или при недостатке надзора уголь в нек-рых местах выгорает, и получаются провалы. Во всех таких случаях углежог должен тотчас же заполнить свежими дровами образовавшиеся пустоты (кормление костра) и возобновить полностью первоначальный слой покрышки. По окончании обжига засыпают все подвалы, дают куче охладиться, на что требуется 1—2 суток, и приступают к разборке кучи, начиная с чепца. Разборка производится только в сухую погоду, чтобы не испачкать готового угля. Когда уголь окончательно охладится, на грохоте отсеивают мелочь (пать л) и укладывают уголь либо в рогожные кули либо в плетеные из прутьев короба для отвозки на чугуноплавильные з-ды. Короб на Урале служит учетной единицей, вмещая 2 $м^3$ угля. Углежжение продолжается, в зависимости от погоды, 8—10 дней, да еще столько же уходит на устройство кучи, ломку и уборку угля. Всего для костра в 120 $м^3$ требуется до 50 чв-д.



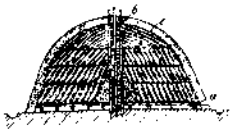
Фиг. 1.



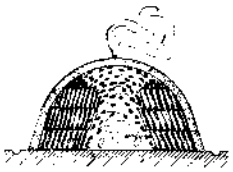
Фиг. 2.

В З. Европе стоячие костры устраиваются немного иначе (фиг. 3). Ток делается на искусственном возвышении с подъемом к центру, причем мостовник *а* устраивается при всяком грунте. Зажигательный канал *б* делают вертикальный из четырех вбитых на нек-ром

расстоянии кольев. В центре костра складывается значительное количество зажигательного материала *в*, для того чтобы сразу дать энергичный ход углежжению. Чепец *г* выкладывается особо тщательно, так как пра-



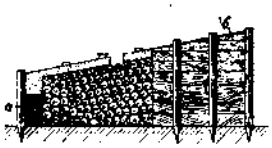
Фиг. 3.



Фиг. 4.

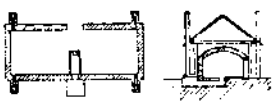
вильность его формы способствует нормальному ходу процесса. Вместимость такого костра вдвое больше уральского (250 $м^3$). Ведение углежжения в общем аналогично уральскому, но благодаря особенностям устройства костра распространение процесса образования угля идет по параболоиду (фиг. 4). Надзор за ходом «немецкого» костра ведется более внимательно, и особенно часто практикуется кормление костра. Выход угля в уральских стоячих кострах составляет 20—22% по весу и 50—55% по объему от воздушносухих годовалых дров; выход в немецких кострах выше, составляя 24% по весу и 60—65% по объему. Хвойные породы, особенно ель, дают более высокие выходы; береза же дает ок. 18% по весу и 45% по объему. Темп-ра углежжения в кострах 500—600°, и в соответствии с этим костровый уголь содержит ок. 90% углерода по элементарному составу, причем количество нелетучего углерода составляет 82—84%. Последняя цифра особенно важна для доменного процесса, т. к. именно содержание нелетучего углерода обусловливает количественный выход чугуна, летучий же углерод способствует увеличению выхода и улучшению состава лишь колошниковых газов. Если эти последние не находят использования, то выход чугуна является единственным критерием для оценки качеств угля, и в этом отношении костровый уголь имеет наилучшие показатели. Объемный удельный вес кострового угля и механические свойства его выше, чем у других сортов Д. у.

Лежачие костры (фиг. 5) устраивают между вбитыми по краям кольями. Ширина костра немного более длины поленьев, а длина м. б. произвольной (в 3—5 раз больше ширины); высота около 2 *м*. К кольям прислоняют доски и одновременно с укладкой поленьев между досками и торцами поленьев делают земляную засыпку. К одному концу костра дрова укладывают выше, чтобы создать направление тяги. Зажигание костра начинают с низкого края *а*, к-рый носит название п о д о ш в ы, и направляют огонь к высокому краю *б*—п а р у с у, путем пробивания отверстий в верхней покрышке костра. При ведении процесса руководствуются теми же признаками, что и в стоячих кострах. Выходы угля получаются немного меньше, чем в стоячих кострах, но самый уголь оказывается более измельченным, т. к. крепость его в направлении, перпендикулярном волокнам, приблизительно в 5 раз меньше по сравнению с крепостью в направлении, параллельном волокнам, и при горизонтальном расположении поленьев много готового угля раздавливается в нижних рядах.



Фиг. 5.

Трудность управления ходом процесса при костровом углежжении, зависимость от погоды, краткость углевыжигательного сезона, необходимость каждый раз устраивать покрышку для костра, поддерживать ее в исправности во время углежжения и разбирать по окончании побудили техников ввести у г л е в ы ж и г а т е л ь н ы е п е ч и. Примером такой печи может служить печь Шварца (фиг. 6), к-рая представляет собою прямоугольную продолговатую камеру с топкой, расположенной под серединой продольной стенки. Топка без колосников находится под кирпичным подом печи, и топочные газы поступают в углевыжигательную камеру через отверстие в центре пода. Против топки в другой продольной стенке имеется загрузочное отверстие, вместо к-рого для ускорения загрузки иногда устраивают два отверстия в поперечных стенках печи. По углам печи имеются 4 вытяжных деревянных трубы. Печь перекрыта легкой крышей на деревянных столбах, которые вместе с тем служат и для связи печи. Плотно загружен печь дровами, расположенными внизу вертикально (с т а в), а под сводом горизонтально (з а б о й к а), закрывают загрузочное отверстие железной заслонкой и швы промазывают глиной. В топке разводят огонь, и горячие топочные газы, проникнув в печь, постепенно повышают t° углевыжигательной камеры. Через вытяжные трубы сначала идет белый дым, потом желтый, а появление синеватого прозрачного дыма служит признаком окончания процесса, после чего топочные и вытяжные отверстия плотно закрываются, и печь стынет несколько дней. После выгрузки угля печь готова для новой загрузки. При емкости печи в 50 $м^3$ дров она делает $3^1/_2$ оборота в месяц; печь в 70 $м^3$ делает 3 оборота и печь в 100—120 $м^3$—$2^1/_2$ оборота. Производительность выше у печей малого объема, но обслуживание и затрата топлива на печах большого объема дают более экономичные результаты, почему наиболее выгодными в среднем являются печи в 60—80 $м^3$. Для топлива можно употреблять самые плохие дрова, сучья, щепу и т. п. Расход топлива составляет 6—10% от объема загружаемых дров, и выходы угля, включая подтопочные дрова, достигают в печах Шварца для ели 88% по объему и 26% по весу, для сосны соответственно—80 и 25% и для березы—58 и 23%. Учет объемного выхода производится коробами, в которых однако между кусками угля остается много пустот. Содержание общего углерода—76—80% при 67% нелетуч. углерода. Такое низкое содержание углерода в угле всецело обусловливается, как впервые указал Юон, низкой t° в печах



Фиг. 6.

Шварца, составляющей только 350—400°, против 500—600°, достигаемых в кострах.

Для повышения $t°$ обжига в печах и улучшения качества угля прибегают к газовому топливу, имеющему более высокий пирометрич. эффект, при помощи газовников, направляющих газообразные продукты разложения в топку, или устраивая газогенераторные топки. Ф. Н. Суханов усовершенствовал топку Шварца и ввел приспособление для дутья воздуха, благодаря сему газообразные продукты разложения древесины сгорают на месте их образования и тем сильно поднимают $t°$ процесса; $t°$ под сводом в этих печах превышает 700°, уголь получается качеством не ниже хорошего кострового, но объемные и весовые выходы значительно ниже, чем в печах Шварца.

Тот же принцип утилизации образующихся горючих газов на нагрев древесины осуществлен в ретортных печах (см. *Дерево*, с у х а я п е р е г о н к а).

Для увеличения массового выхода угля и удешевления его вводятся печи непрерывного действия с утилизацией жидких продуктов. На Урале стоимость угля из печей непрерывного действия превысила вдвое стоимость угля из печей Шварца, а утилизация спирта и уксусной к-ты была бы рентабельной только при березовых дровах. До 1914 г. Урал расходовал для выжигания древесного угля по ти 12 млн. $м^3$ древесины, и в 1928/29 г. потребление металлургич. угля составит уже ок. 85% этого количества. Если учесть, что сухая перегонка дерева лиственных пород по всей РСФСР потребляет только 400 000 $м^3$ древесины, то становится понятным все значение Д. у. в народном хозяйстве Союза. Древесноугольный чугун при переработке дает специальные сорта железа и стали, которые по качеству значительно превосходят таковые из коксового чугуна.

Лит.: Ф и л и п п о в Н. А., Лесная технология. Пирогенетич. производства, стр. 9—44, СПБ, 1910; А р н о л ь д Ф. К., Русский лес, т. 2, ч. 2, стр. 348—373, СПБ, 1899; Ю о н Э., Древесный уголь и химия углежжения, «Горный журнал», М., 1908, 3; Н а д е ж и н А. А., Основные виды топлив России и их характеристика, стр. 25—27, М., 1925; Н о г и н К. И., Сухая перегонка дерева листв. и хвойных пород, стр. 82—132, Л., 1926; «Труды 1 Уральского съезда деятелей по углежжению», стр. 8—242, Свердловск, 1926; D e n z F., Die Holzverkohlung u. der Köhlereibetrieb, p. 5—290, W., 1910; B e r g s t r ö m H. och W a s s l e n G., Om Träkolning, p. 1—180, Stockholm, 1922. **В. Петровский.**

ДРЕВОТОЧЦЫ, бабочки из сем. Cossidae, гусеницы к-рых живут в древесине различных лиственных, редко хвойных, деревьев, проделывая в них длинные ходы и приносят этим ф и з и о л о г и ч е с к и й и т е х н и ч е с к и й вред. Наибольшее значение как вредители имеет бабочки—д р е в о т о ч е ц п а х у ч и й (Cossus cossus L.) и д р е в е с н и ц а в ъ е д л и в а я (Zeuzera pyrina L.). Генерация этих бабочек—двухгодичная. Меры борьбы с пахучим Д.: 1) обмазывание основания стволов смесью глины с известью и с коровьим пометом, иногда с примесью карболинеума; 2) введение в ходы гусениц шариков ваты или пакли, смоченных сероуглеродом (CS_2), с последующим замазыванием глиной отверстий ходов; 3) своевременное удаление (сжигание) сильно пораженных и погибающих деревьев. Д р е в е с н и ц а в ъ е д л и в а я вредит преимущественно на Ю. и Ю.-В. Европейской части СССР; ее гусеницы повреждают лесные насаждения и плодовые деревья; вред особенно силен в молодых насаждениях (кроны и стволики). Меры борьбы: тщательный контроль над посадочным материалом, надзор за питомниками и садами. Истребление гусениц ведется посредством введения длинной заостренной проволоки в отверстие ходов или впускания туда сероуглерода, а также путем вырезания и сжигания пораженных ветвей и частей их в первый же год заражения.

Лит.: Ш р е й н е р Н., Древесница въедливая и древоточец пахучий, «Труды Бюро по энтомологии при Гл. управлении земледелия», т. 6, СПБ, 1905; W o l f f M. u. K r a u s s e A., Die forstlichen Lepidopteren, Jena, 1922. **В. Бондаров.**

ДРЕДНОУТ, см. *Военные суда.*

ДРЕЗИНА, п у т е в а я (ручная), механическая тележка, передвигаемая по рельсовым путям силою едущих на ней людей и предназначенная для служебных поездок по линии ж.-д. служащих. Чаще всего применяют ручные Д. одно- и двухместные. Скорость движения обыкновенной Д., приводимой в движение человеческой силой, не должна превосходить 20 *км* в час. Обыкновенная Д. должна в путь возможно легко сниматься вручную обслуживающими ее лицами. При приближении поезда Д. каждый раз должна сниматься с рельсов в сторону за пределы габарита подвижного состава, не вызывая не только остановки поезда, но и уменьшения его скорости. Перед выездом на путь Д. должна снабжаться: днем красным сигналом (щитком или флагом), а ночью—двусторонним красным фонарем; выезжая со станции, уполномоченный на пользование Д. агент выдает дежурному по станции письменное заявление о выходе на перегон Д., о чем дежурный данной станции уведомляет соседнюю станцию и бригады всех поездов, отправляющихся на занятый Д. перегон. Машинист поезда, проходящего на этом перегоне, должен давать возможно частые предупредительные паровозные сигналы, особенно в местах плохой видимости.

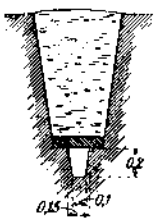
Дрезина м о т о р н а я, см. *Автомотриса* (автовагов). **Н. Миллингаузен.**

ДРЕЛЬ, инструмент для сверления металла, дерева, кости и некоторых других материалов сверлами ⌀ от 0,1 до 5 *мм*. Существуют следующие типы Д. 1) С м ы ч к о в а я Д.—металлич. стержень (вьюшка), верхний заостренный конец к-рого свободно вращается в ручке, а нижний снабжен отверстием для сверла. На середине стержня наглухо насажена катушка, соединенная со смычком ремнем или струной. Нажимая на Д. и двигая смычок вправо и влево, приводят Д. во вращение. 2) В и н т о в а я Д.—стержень с крутой винтовой нарезкой, вращаемый посредством движения вверх и вниз муфты с внутренней нарезкой. В крупных Д. на конец стержня насаживается американский патрон. Недостаток указанных Д.—попеременное вращение сверла в разные стороны, вследствие чего приходится применять перовые сверла с противоположно расположенными режущими гранями. Есть Д., в которых этот недостаток устранен посредством устройства на стержне одно-

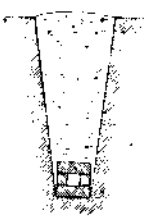
временно правой и левой нарезки. Сообразно с этим муфта имеет двойную гайку с правой и левой нарезкой: при движении муфты вниз работает одна часть гайки, сообщая вращение стержню, другая же часть гайки при этом свободно вращается в муфте; при движении муфты вверх работает другая часть гайки, вращая стержень в ту же сторону. 3) Американская Д. приводится в движение помощью конических шестерен, из которых меньшая насажена на стержень Д., а бо́льшая вращается с помощью рукоятки на валике, перпендикулярном стержню. Нажим на Д. производится рукой (ручные Д.) или грудью (грудные Д.). **С. Ананьин.**

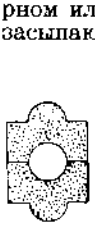
ДРЕНАЖ, способ осушения болот и переувлажненных земель помощью подземных каналов. Если под слоем земли, в котором обычно распространены корни растений, или под грунтом, где закладывается фундамент, залегают породы, плохо пропускающие воду (глины, твердые породы и т. п.), то дождевая вода задерживается на поверхности земли и почва чрезмерно пропитывается водой. Чтобы освободить такую переувлажненную почву от излишков воды, роют осушительные канавы или устраивают подземный отвод воды, укладывая по дну вырытых канав водопропускающий материал или трубы и засыпая их сверху землею. Последний способ осушки обычно применяют там, где по технич. соображениям нецелесообразно проводить открытые канавы, напр. в черте городов или там, где осушение заболоченных и заболачивающихся сел.-хоз. угодий имеет целью последующую их обработку. Система подземных канав для осушки таких территорий и носит название Д. Для устройства дренирующего слоя применяют различные материалы: торф, камень, дерево и трубы.

Виды Д. Дренаж из земли и торфа (ступенчатый) изображен на фиг. 1. Канаву отрывают шириной: по верху 0,7—1,0, а по низу 0,5 *м*; глубина рва—не менее глубины промерзания. Дно рва на одну треть его ширины углубляют на 0,20 *м*. Эту канавку по дну рва перекрывают дерном или лещадным камнем, а затем все засыпают



Фиг. 1.


Фиг. 2.

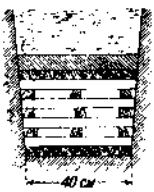

Фиг. 3.

землей в уровень с поверхностью дренируемой площади. Образовавшаяся пустота служит пространством для отвода воды. Применение ступенчатого Д. ограничивается гл. обр. торфяными почвами; в минеральных почвах ступенчатый земляной Д. закладывается редко и только в случаях временного отвода воды (при голланд. способе разработки болот). Более рациональный прием дреанирования заключается в том, что по дну канавы укладывают торфяные кирпичи так, чтобы между ними оставалось пространство для отвода воды и притока воздуха (фиг. 2). Размер торфяных кирпичей соответствует размерам строительного кирпича. В Германии иногда применяются кирпичи особой формы (фиг. 3), которая способствует более равномерному поступанию воды в образующееся между кирпичами пространство и следовательно уменьшает размывание. Для выделки таких кирпичей пользуются особой лопатой—резаком (фиг. 4). Торфяной Д. недолговечен, а потому мало выгоден.

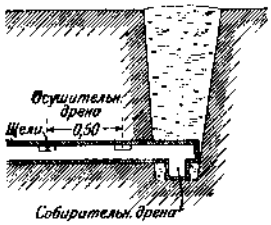
Дренаж из лесных материалов. Если местность покрыта кустарником, то по дну дренажа рва (шириною по низу 0,35—0,40 *м*) набрасывают свежесрубленный хворост и покрывают его сверху слоем дерна, обращенного травою вниз. Хворост укладывается по длине и высоте с одинаковой плотностью комлями вверх по течению. Хворостной Д. с течением времени начинает действовать медленнее вследствие уменьшения площади сечения пустот. Чтобы сделать его более надежным, а главное, чтобы увеличить его пропускную способность, хворост кладут не на дно дренажного рва, а на деревянные крестовины, расставленные по длине рва через 0,5—0,6 *м*. Крестовины состоят из деревянных кольев толщ. 6—10 *см*. Верхняя развилина козел заполняется до обреза хворостом и прикрывается сверху слоем дерна. Более надежный результат, особенно в иловатых грунтах, дает Д. из хвороста, связанного в фашины, т. е. пучки, перевязанные через 30—40 *см* вицами (жгутами). Длина фашин 4—6 *м*; число и диаметр их находятся в зависимости от количества отводимой воды; Д. может состоять из одной фашины диам. 25—30 *см* или из трех фашин диам. 15—20 *см* каждая. При хворостяном и фашинном Д. необходимо брать свежесрубленный, длинный хворост, без листьев. Фашинный Д. перекрывается сверху дерном, мхом, вереском и т. п. Дренаж из хвороста и фашин применяют на старых канавах. Если местность лесистая и имеется в наличии дешевый лесной материал, целесообразнее и проще хворост и фашины заменять жердями или пилеными материалами. Простейшим типом является Д. из ровных и длинных жердей толщиной 7—10 *см*, уложенных рядами, отделенными друг от друга поперечными перекладинами через каждые 0,6—0,7 *м*. Укладка жердей проще, и сток через образуемые ими пустоты надежнее. Для увеличения пустот жерди кладут не на поперечины, а на козлы. Козлы расставляют через 0,75—1,0 *м*. Крестовины делают из круглых жердей длиною 50—70 *см*, причем верх жердей перекрывается дерном или досками. Жерди заполняют дренажный ров на высоту 30—50 *см*. Для надежности действия Д. и предохранения его от заиления между дерном и жердями прокладывают слой хвороста. Более дорогим, по сравнению с жердевым, является Д. брусковый, реечный и из решетки. Для образования пустот опиленный лесной материал укладывают в виде штабелей, причем поперечными лежнями служат

Фиг. 4.

короткие обрезки брусьев или досок. Д. из опиленных материалов менее подвержен засорению и работает поэтому более продолжительный срок. Целесообразный тип Д. из полуобрезных материалов показан на фиг. 5. В Германии за последние 25 лет стали применять для Д. доски или горбыли. Простейшей формой Д. из досок является деревянная труба, сколоченная из трех досок и уложенная на дно дренажного рва, или труба, сколоченная из толстых горбылей или пластин, обсыпанных камнем и закрытых поверх камня дерном. Т. к. соединение досок под острым углом при устройстве труб треугольного сечения представляет ряд неудобств для глубоких торфяных болот, то Бутц предложил устраивать трубы



Фиг. 5.



Фиг. 6.

четырехугольного сечения, шириной в 5—15 *см* и толщиною досок в 2,5 *см*. Доски берутся длиною 4 *м* и соединяются проволочными гвоздями. Внутренние размеры деревянных труб приняты в Австрии: по ширине в 7, 10, 12 и 15 *см*, а по высоте соответственно в 5, 7, 10 и 12 *см*. Укладка деревянных труб по дну рва и соединения их между собою указаны на фиг. 6. Вода в трубы проникает в местах долевых стыков досок и кроме того через специальные вырезы-отверстия размером 2,5 × 3 *см* в верхней части боковых досок. Эти вырезы расположены по длине труб через 0,5 *м*. Дренаж Бутца прост, легко укладывается, и потому в торфяных почвах в З. Европе ему отдают предпочтение перед другими типами. В Америке Д. из деревянных труб имеет также большое распространение, но, в отличие от Д. Бутца, в трубах отсутствует нижняя доска, так что вода в них поступает гл. обр. через дно.

Д. из каменных материалов применяется в тех местностях, где камень м. б. добыт на месте работ. При этом Д. нижнюю треть рва (по высоте) заполняют плиточным (лещадным) или булыжным каменным материалом. Дно рва для каменной наброски д. б. глинистым или каменистым. Каменная наброска сверху перекрывается слоем дерна. Если просачивающаяся в дрены вода содержит илистые части, то более крупный камень укладывают под более мелкий, доводимый вверху до величины галечника; последний сверху перекрывают дерниной, обращенной травою вниз. В местностях, где легко и дешево можно достать лещадный камень, полезно из таких плит выкладывать желоба в нижней части каменной наброски. Камень в нек-рых случаях м. б. заменен кирпичом. Каменный и кирпичный Д., по сравнению с деревянным, более долговечны и работают исправно, если имеют достаточные внутренние размеры для отвода воды и расположены на мало размываемом грунте. Из типов каменного Д. наилучшим следует считать каменный Д. в виде желобов. Д. из кирпичей представляет меньше препятствий для стока воды и в нек-рых случаях (близость кирпичных з-дов) обходится не дороже Д. из камня. При ограниченном количестве деревянных и каменных материалов в районе работ прибегают при устройстве Д. к комбинации дерева и камня.

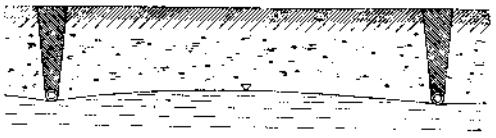
Д. из труб. Во всех перечисленных типах Д. стараются дренирующий материал располагать так, чтобы его расходовалось возможно меньше при достаточных размерах пустот для стока воды и устойчивости дренажной системы в отношении размывающего действия просачивающейся и текучей воды. Сочетанию указанных требований минимума материала и максимума пустот удовлетворяют дрены в виде круглых гончарных или бетонных труб. Уложенные в землю ниже глубины промерзания грунта гончарные трубы представляют собою наилучший способ отвода воды на почвы и сохраняются в ней долгое время. Бетонные трубы применяются в том случае, если дренируемая почва содержит в растворе более 1% соляной, угольн. и азотной кислот. Гончарные дренажные трубы изготовляются из глины на станках особой конструкции, высушиваются на воздухе и обжигаются в кирпичеобжигательных печах. В зависимости от диаметра они делаются длиною от 30 до 90 *см* и укладываются по дну рва впритык с зазором в 0,5—1,0 *мм*; работа дрен происходит через стыки, а не через стенки труб. Трубы д. б. хорошо обожжены, издавать при ударе звонкий звук (не изменяющийся и в том случае, если труба пропитается водою), иметь вполне определенные и одинаковые по всей длине диаметр и толщину стенок, иметь внутри и в обрезах гладкие и в осевом направлении прямолинейные стенки. Впитывание воды трубою в продолжение 24 ч. не д. б. свыше 15% по объему. В изломе труба должна иметь однородное строение и не содержать включений извести и камня. Хорошие трубы должны надрезаться ножом на глубину не более 1 *мм*. Толщина стенок существующих размеров при обычной глубине закладки до 1,4 *м* вполне выдерживает давление находящегося над трубой слоя земли. Размеры и вес 1 000 шт. гончарных дренажных труб приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Размеры и вес гончарных дренажных труб.

Внутр. диаметр труб в *см* . . .	4	5	6,5	8	10	13	16	18	21
Толщина стенок в *мм*	12	13	15	16	18	21	24	26	29
Вес 1 000 штук в *т*	0,95	1,25	1,75	2,35	3,20	4,80	7,00	8,50	12,00

Потребное на один *га* дренируемой площади количество труб зависит от принятого расстояния между дренами. При нормальных условиях дренирования тяжелых почв через 20 *м* на один *га* требуется около 2 000 штук дрен, считая в том числе на неизбежный

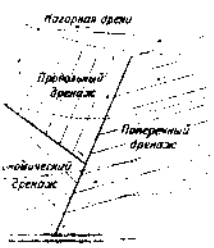
бой 5%. Шевиор (Schevior) исчисляет на один *п. м* дрен 3,3—3,5 штуки. Дренажная линия из ряда трубчатых дрен распространяет свое действие в обе стороны от дрены на расстояние, зависящее от свойства почвы, т. е. от способности почвы удерживать воду, и от глубины закладки дрен. В глине вода отводится медленнее, в песке и песчаном



Фиг. 7.

грунте быстрее; чем глубже заложен Д., тем дальше в стороны он действует. Элементарная схема действия Д. на понижение горизонта почвенных вод показана на фиг. 7. Для с.-х. целей дрена д. б. проложена так, чтобы горизонт понижения воды в середине между дренами соответствовал горизонту, при к-ром происходит наилучшее развитие растительности (для пашни на глубине 70 *см*, луга—50 *см* и сенокоса—34—40 *см*).

Системы Д. Совокупность проложенных на определенной длине труб или дренирующих материалов составляет дренажную линию. Избыточная вода из почвы поступает в дрену, к-рая в этом случае носит название осушителя или осушительной дрены; отсюда вода поступает в собирательные дрены, или т. н. коллекторы, и далее—в водоприемник. Все описанные типы Д. по отношению к горизонталям местности располагаются тремя способами (фиг. 8). 1) Поперечный Д. получается, когда коллектор располагается по наибольшему уклону местности, а всасывающие (осушительные) дрены—по направлению горизонталей. При таком устройстве достигается полное перехватывание воды и отчасти исключается необходимость прокладки более частого Д. 2) Продольный Д. получается, когда

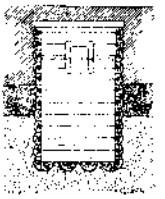


Фиг. 8.

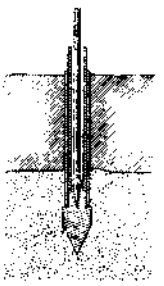
Фиг. 9.

осушительные (регулирующие) дрены располагаются по наибольшему уклону местности, а коллекторы—по направлению горизонталей; при этом часто не захватывается вся площадь между дренами. Продольный Д. применяют в случае наличия на дренируемой площади постоянного притока почвенной воды. 3) Экономич. Д.—когда осушители располагаются под углом ок. 45° к горизонтали местности. Этот тип Д. дает возможность быстро отводить воду. Параллельное и равномерное расположение осушителей, собранных в группы, применяется в случае осушения угодий или местности с равномерными условиями почвенной сырости. На участках с неравномерной степенью влажности и заболоченности осушители располагаются неравномерно и непараллельно (фиг. 9). Все указанные виды Д. относятся к категории горизонтальных Д.

Вертикальные (голландские) Д. представляют собою колодцы или вертикальные трубы, верхние части к-рых всасывают почвенную воду, а нижние—отводят ее в водопоглощающие слои. Вертикальный Д. устраивается в виде скважин, заполненных хворостом, в виде шурфов или колодцев, заполненных камнем или обделанных срубом (фиг. 10), или же в виде опускных колодцев из дренажных труб (фиг. 11). При большой глубине водопоглощающ. слоев дренажная вода м. б. спущена водопоглощающими буровыми скважинами (фиг. 12) или колодцами с фильтрами (фиг. 13). Устройство вертикального Д. возможно лишь при отсутствии напорных вод выше скважины.

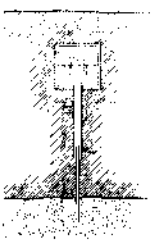


Фиг. 10.



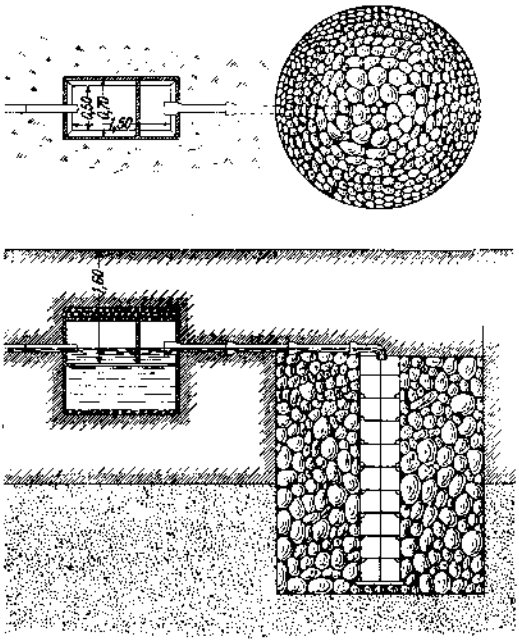
Фиг. 11.

Глубина заложения дренажных линий. Дренажные осушители закладываются на такую глубину, при к-рой достигалось бы понижение воды, требуемое хозяйственными или санитарно-технич. условиями. Заложение дрен прежде всего д. б. ниже глубины промерзания почвы. Глубина заложения дрен для улучшения водно-воздушных и темп-рных условий почвы д. б. около 1,4—1,5 *м*. Глубина заложения дрен в садах, на плантациях свеклы, хмеля, люцерны, гороха и других растений, дающих длинные корни, должна быть в пределах 1,5÷2,0 *м*. Глубина заложения осушителей при осушении угодий, предназначаемых под луг, ок. 1,0 *м*, а угодий, предназначенных под возделывание плугом, 1,25 *м*. Д. закладывается глубже указанных величин в том случае, если необходимо заложить его в твердый грунт или достигнуть водоносного слоя, являющегося причиной заболачивания. Такие дрены устраиваются например при перехватывании водоносных пластов, выклинивающихся у подошвы склона водораздельной возвышенности. Такие перехватывающие дрены носят название ловчих, нагорных, голопных дрен. При закладке Д. для очистки сточных жидкостей на полях орошения или на полях фильтрации глубину заложения дрен берут в зависимости от состава почв и происходящих в них биологических процессов в пределах глубины, допускающей полную очистку сточной жидкости. Более глубоко закладывают



Фиг. 12.

дрены в случае добывания питьевой воды. Минимальную глубину закладки дрен считают 70 *см* от поверхности земли. При



Фиг. 13.

закладке дрен в торфянистых почвах необходимо увеличивать глубину, учитывая неизбежную осадку торфов в 15—20%.

Расстояние между дренами. От правильно выбранного расстояния между дренами зависят быстрота и равномерность осушения дренируемой площади и средняя стоимость осушки 1 *га*. При очень больших расстояниях между дренами в средней полосе между ними остается недоосушенное пространство; если же это расстояние уменьшить, то хотя осушка будет полная, но стоимость ее будет велика и несоразмерна с интенсивностью эксплоатации участка. Расстояние между дренами увеличивается при увеличении глубины закладки дрен. На фиг. 14 показана зависимость понижения уровня почвенной воды от расстояния между дренами, а на фиг. 15— от глубины их расположения. Т. к. с глубиной, по практич. соображениям, можно оперировать в узких пределах, то изменяют гл. обр. расстояния

Фиг. 14.

между дренами в зависимости от величины атмосферных осадков и их распределения, от затопляемости дренируемой площади речными водами, от уклона дренируемой площадки, от системы Д., от характера почвы (песчаная, супесчаная, суглинистая или глинистая), от степени ее водопроницаемости и от содержания в ней извести, углекислого кальция, гумуса и железа. Расстояние между дренами определяют в зависимости от

Фиг. 15.

наличия в почве промывных и глинистых частиц. Расстояние между дренажными осушителями, в зависимости от содержания в дренируемой почве промывных частиц не крупнее 0,04 *мм*, указано в табл. 2.

Табл. 2.—Расстояние между дренажными осушителями (по Корнелла).

Содержание промывных частиц не крупнее 0,04 *мм* в %	Расстояние между дренажными линиями в *м*
100—80	8—10
80—60	10—12
60—40	12—14
40—30	14—16
30—20	16—18
20—10	18—20
10—0	20—24

Копецкий определяет расстояние между дренами при глубине заложения дрен в 1,3 *м* в зависимости от количества промывных частиц величиною менее 0,01 *мм* (табл. 3).

Табл. 3.—Расстояние между дренами (по Копецкому).

Характер подпочвы	Содержание промывных частиц < 0,01 *мм* в %	Содержание глинистых частиц в %	Расстояние между дренами в *м*	Расстояние, выраж. в частях глуб. заложения
Тяжелые глины и суглинки	Свыше 70	Свыше 55	8—9	В 7 раз больше глубины
Слабо песчаные	70—55	55—40	9—10	7,5
Песчаные глины	55—40	40—25	10—12	7,5—9
Плотные суглинистые или песчано-глинистые слои	40—30	25—15	12—14	9—10,5
Сильно песчанистые глины	30—20	15—7	14—16	10,5—12
Сильно глинистые пески или перегнойно-песчаные почвы (свыше 5% перегноя)	20—10	7—2	16—18	12—14
Слабо глинистый песок	Ниже 10	Ниже 2	18—20	14—15
Песок	—	—	20—24	—

Винцент (Vincent) предлагает при глубине заложения дрен в 1,25 *м* брать расстояние между ними для мокрой суглинистой почвы в 12, а в проницаемой почве и 15 раз больше против глубины их заложения. Леклерк берет следующие расстояния:

В крупном песке . . . . . 16—18 *м*
» » железистом песке . . . . . 13—15 »
» мелком землистом песке . . . . . 10—12 »
» глинистом песке . . . . . 12—14 »
» пластичной глине . . . . . 6— 7 »
» обыкновенной глине . . . . . 9—10 »
» песчанистой глине . . . . . 11—14 »

Сан. комитет Лондона установил след. нормы расстояния и глубины дрен (в *м*):

	Расстояние	Глубина
Очень дикие и тяжелые почвы	4,57—6,40	0,76—0,84
Средние почвы	6,71—9,15	0,92—0,99
Легкие почвы	10,06—20,13	1,07—1,37

По более поздним англ. данным, расстояние между осушительными дренами надлежит брать для тяжелых глинистых почв равным 4—6-кратной глубине заложения, для суглинистых 6—8-кратной, а для легкой почвы 8—10-кратной. В табл. 4 указаны расстояния между дренами, принятые Силезской генеральной комиссией, в зависимости от системы Д., при глубине заложения дрен: 1,25 *м* на полях и 1,0 *м* на лугах, при минимальном уклоне от 1 : 250 до 1 : 300.

Табл. 4.—Расстояния между дренами по нормам Силезской генеральной комиссии.

Характер почвы	Продольный дренаж в *м*	Поперечный дренаж в *м*
Песчаные почвы	24—30	29—36
Супесчаные почвы	20—24	24—29
Песчаные суглинки	13—20	19—24
Песчаная почва с валунами	14—16	17—19
Тяжелый суглинок	12—14	14—17
Тяжелая глина	10—12	12—14

В зависимости от содержания извести расстояние увеличивают следующим образом:

Содержание извести в %	15	30	50
Увеличение расстояния в *м*	0,5—2,0	1,0—2,0	2,0—3,0

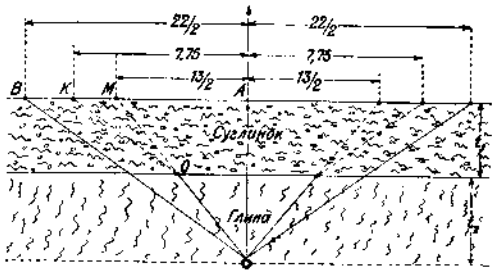
При этом меньшие цифры соответствуют тяжелым почвам, а большие—легким. При обильном содержании железа расстояние между дренами уменьшается. При значительном содержании гумуса, для песчаных почв расстояние уменьшается, а для глинистых почв увеличивается. Брейтенбах кроме того ставит расстояние между дренами в зависимость от гигроскопичности почв, причем для глубины дрены в 1,25 *м* расстояние E между дренами он определяет по формуле:

$$E = \frac{1,621 - \lg H}{0,055},$$

где H—значение гигроскопичности в %.

При разнородных грунтах для определения расстояния между дренами Блаут (Blauth) дает следующий графическ. метод. Пусть дренируемый слой (фиг. 16), за исключением перегнойного слоя, состоит из двух разнородных грунтов мощностью t_1 и t_2, требующих по каким-либо нормам расстояния между дренами 22 и 13 *м*. Отложив от вертикальной оси, проходящей через дрену D, в обе стороны расстояния $\frac{22}{2}$ и $\frac{13}{2}$, находят указанным на фиг. 16 построением точки B, M и O. Для того чтобы точно определить среднее расстояние, соответствующее какому-то среднему грунту, необходимо из точки O провести до пересечения с поверхностью почвы параллельно линии DB линию OK. Расстояние AK и будет равно половине того среднего расстояния, которое нужно взять для данных почв.

Расстояния между дренами т. н. экономического Д. определяются графически след. образом. На продольн. профиле, представляющем изображение дренируемой площадки, наносят верхнюю дрену D на глубине от поверхности t и из точки D проводят горизонтальную прямую до встречи с поверхностью земли в точке K. В точке K опять закладывают дрену на глубину t и опять, проводя горизонтальную прямую, определяют расстояние $D'K'$ и т. д. Отрезки KD и $K'D'$ и



Фиг. 16.

будут искомыми расстояниями между дренами. При выборе расстояний между осушителями лучше брать как правило большее расстояние между дренами, так как впоследствии в случае необходимости легче будет проложить промежуточную дрену.

Расчет и проектирование Д. Количество осадков, попадающих в Д. Для правильного подбора поперечного сечения дрен необходимо знать наибольшее количество отводимой при посредстве дрен с единицы площади в единицу времени воды, или т. н. модуль дренажного стока. Количество попадающих в дрены осадков зависит гл. обр. от продолжительности и величины осадков, от проницаемости, влагоемкости и слоистости почв, от величины испарения, от характера растительного покрова и от количества воды, попадающей в дрены из водоносных пластов. Количество воды, поступающее в дрены, различные специалисты определяют различно. Леклерк находил, что при максимуме осадков в 10 *мм* за день просачивается через почву и достигает дрен 74,5% этих осадков. Период стока последних равен 36 часам, что составляет 0,75 *л/сек* на *га*. По Мангону и Дебову (Débauve), количество просочившихся в дрены осадков равно не 74,5%, а 50%, что дает при том же сроке отводимой воды 0,375 *л/сек* с *га*. Стивенсон (Stephenson) принимает сток с *га* в 1,31 *л/сек*. Винцент считает, что месячное количество осадков в 60—80 *мм* отводится Д. в 14 дн., что дает с *га* 0,6 *л/сек*. Фридрих принимает: для тяжелых глин 0,65 *л/сек* с *га*, для проницаемых почв—0,75 *л/сек* и для почв очень проницаемых 1,0 *л/сек*. Проф. Шпетле (Spöttle) считает: для проницаемых почв 0,70—2,10 *л/сек*, для обычно дренируемых почв 0,5—0,70 и для очень тяжелых глинистых почв 0,35—0,50 *л/сек*. У нас, особенно в зап. половине Союза, подсчет поперечного сечения дрен целесообразно вести на расход воды, исчисляемый по методу Фаузера, к-рый принимает расчетное количество осадков за время декабрь—март, а период стока в 14 дней, причем считает, что для среднетяжелых почв просачивается осадков:

При уклоне	от 0	до 2%	. . . . .	50%
»	» 2	» 8%	. . . . .	45%
»	» 8	» 14%	. . . . .	40%
»	» 14	» 20%	. . . . .	35%
»	свыше	20%	. . . . .	30—20%

Расчет трубчатого Д. Расчет поперечного сечения дрен обычно ведут только для Д. из труб; для других типов Д., имеющих более значительное сечение, расчеты не делаются за исключением очень немногих случаев, напр. для дрен на полях сушки гидроторфа, на полях фильтрации сточных вод и т. п. Скорость течения воды по дренажным трубам берут в пределах от 0,20 до 1,0 *м/сек* и для этих предельных величин скоростей определяют уклон труб, принимаемый в пределах от 0,005 до 0,03. Скорость течения воды по трубам (в *м/сек*) определяют по ф-ле Шези (Chézy):

$$v = c\sqrt{RJ},$$

где R—гидравлич. радиус в *м*, $J = \frac{h}{l}$—уклон труб, c—коэф-т скорости, причем, по Базену (Bazin),

$$c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}},$$

где $\gamma = 0{,}19 \div 0{,}21$. При $R = \frac{d}{4}$ получим:

$$c = \frac{87}{1 + \frac{2\gamma}{\sqrt{d}}}.$$

Скоростной коэф-т c можно определить по сокращенной формуле Гангильс-Куттера (Ganguillet-Kutter):

$$c = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}},$$

где m—постоянная величина, равная (по Шнетле) 0,27. При работе труб полным сечением, но без напора

$$v = c_0\sqrt{dJ},$$

где $c_0 = \frac{c}{2}$, а $c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} = \frac{87}{1 + \frac{2\gamma}{\sqrt{d}}}$.

Значения коэф-та c_0 для различных диаметров указаны в табл. 5.

Табл. 5.—Значения коэфициента c_0 при различных диаметрах дрен.

Автор	Диаметры дрен в см					
	4	5	8	10	13	16
Крюгер . . .	12,5	13,6	16,0	17,3	18,8	20,0
Базен $\gamma=23$ . .	13,0	14,0	16,4	17,5	18,9	20,0
» $\gamma=0{,}19$.	15,0	16,1	18,6	19,7	20,2	22,3
Гергардт . . .	17,2	18,2	20,5	21,2	22,3	22,7

В Германии для определения скорости течения воды в дренах часто пользуются формулой Винцента:

$$v = 3{,}59\,k\sqrt{\frac{50\,dh}{l + 50d}},$$

где k—дренажный коэф., к-рый при $d = 4$, 5, 8, 10, 13, 16, 18 и 20 *см* соответственно равен 0,71, 0,75, 0,80, 0,83, 0,86, 0,88, 0,90, 0,91; h—уклон в *м* на длину l в *м*, а d—диаметр труб в *м*. При $l = 100$ *м* имеем:

$$v = 3{,}59\,k\sqrt{\frac{dh}{2 + d}},$$

где h—уклон в процентах.

В Америке расчет дренажных труб ведут по формуле Маннинга:

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}},$$

где R—гидравлич. радиус в *м*, J—уклон и n — коэф-т шероховатости $= 0{,}011 \div 0{,}013$. Подставив в эту ф-лу среднее значение n по опытам америк. департамента земледелия, получим т. н. формулу департамента земледелия (U. S. D. A.):

$$v = 90\,R^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}}.$$

Ф-ла испытана для дренажных труб диам. 100—300 *мм* и дает на 10—15% преувеличенный результат для труб малого калибра. Проф. Дизеренс (Цюрих) для малых диаметров берет коэф-т равным не 90, а 62,5.

Расход воды, на который д. б. рассчитаны дрены, равен

$$Q = \omega q,$$

где q—поступление воды в дрену в $м^3/сек$ с 1 *га*, ω—площадь в *га*, с к-рой поступает вода. Пропускная способность дрен рассчитывается при заполнении сечения на 81,1% соответственно наибольшей средней скорости, или на 94,5% соответственно наибольшему расходу. Зная поступающее в дрену количество воды Q и уклон J дренажной линии, можно определить нужный диаметр дрены d по формуле:

$$Q = 0{,}32\,f \cdot d^{\frac{8}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}},$$

где f равно $62{,}5 \div 90$. Для упрощения подсчетов можно пользоваться графиками, изображенными на фиг. 17.

Наименьшие и наибольшие уклоны. Уклоны дренажных труб берутся в пределах $0{,}005 \div 0{,}030$ и значительно превосходят уклоны для открытых осушительных канав, так что при слабых уклонах местности приходится отказываться от трубчатого Д. и переходить к каменному или деревянному Д., которые вследствие большего сечения представляют меньшую опасность заиления, а потому могут иметь меньшие уклоны (0,001—0,005). Значение уклона, соответствующее той или иной скорости, можно найти из формулы

$$J = \frac{v^2}{c^2 \cdot R} = \frac{v^2}{c_0^2 \cdot d},$$

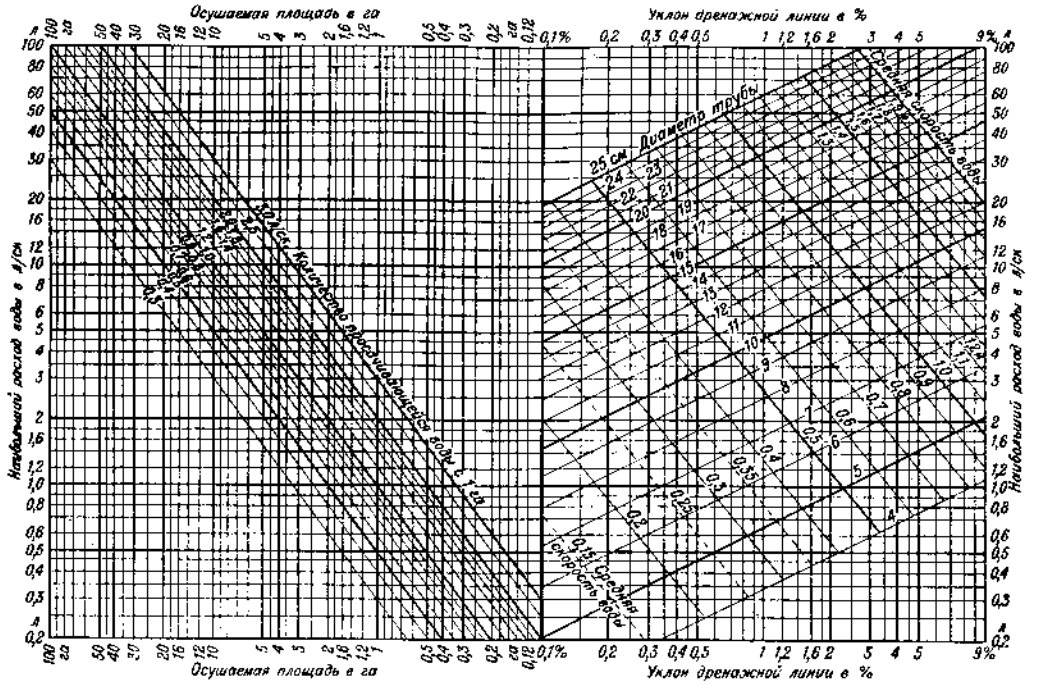
полученной из первоначальной ф-лы Шези, где v—скорость в *м/сек*, c_0—значение коэф. по табл. 5, d—диам. в *м*. Предельные максимальные и минимальные уклоны, высчитанные по этой ф-ле для диаметров дрен от 4 до 16 *см* в предположении $v_{min} = 0{,}20$ *м/сек* и $v_{max} = 1{,}0$ *м/сек*, указаны в табл. 6.

Табл. 6.—Предельные уклоны дренажных труб.

d в см	J_{max}	J_{min}
4	0,080	0,0032
5	0,056	0,0023
6,5	0,040	0,0019
8	0,035	0,0013
10	0,024	0,0009
13	0,017	0,0007
16	0,013	0,0005

Как общее правило дрены укладываются с наибольшим уклоном. На моховых боло-

тах дренам можно давать уклон 0,001—0,002, но не меньше. В американской практике принимают следующие минимальные



Фиг. 17.

уклоны дрен для 100-*мм* труб: при глинистых почвах—0,002, при песчаных—0,003; для коллекторов диаметром до 300 *мм*—0,0015, а свыше—0,005.

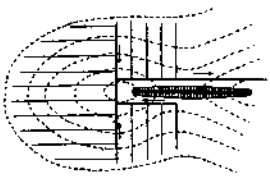
Наибольшая длина осушительных (регулирующих) дрен определяется рельефом местности, системой Д. и диаметром дрен. Аналитич. зависимость между отдельными элементами, влияющими на длину дрен, выражается ф-лой:

$$l = \frac{\pi d^2 v}{4bq},$$

где l—длина регулирующей дрены в *м*, b—расстояние между дренами, v—скорость течения воды, d—диаметр, q—модуль внутреннего (дренажного) стока. Обычно для поперечного Д. длина дрены берется от 80 до 150 *м*, а для продольного Д. 150÷250 *м*. При необходимости придать дренам искусственный уклон верхний конец дрены должен возвышаться над нижним не более чем на 0,3 *м*. Длина коллекторных линий может достигать 1 000 *м*.

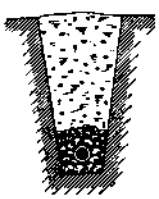
Проектирование и устройство дренажа. Для составления проекта Д. требуется план топографической и нивелир. съемки в масштабе 1/2000—1/2500 с горизонталями через 0,1—0,2 *м*, а при более крутых склонах—через 0,25—0,50 *м*. Кроме того по отдельным характерным участкам или будущим дренажным линиям требуется иметь разрезы почв, по к-рым можно было бы получить представление о водоспускных и водонепроницаемых слоях почвы и подпочвы, их мощности и глубине залегания, а также о площадном распространении их по территории дренируемого участка. Для составления почвенно-геологич. разрезов делают буровые скважины или роют шурфы. Число шурфов и скважин определяется геологич. строением дренируемой территории. По данным галицийских работ, берут один шурф на 5 *га*. При изыскании под опытные участки и застройки берут по одному шурфу на *га*. На плане или в пояснительной записке указывают: расположение водоприемника и всех сооружений на нем, отметки горизонта воды, соответствующего меженнему и высокому уровням воды, и, по опросам жителей или гидрометрическ. наблюдениям, продолжительность стояния в водоприемниках высоких вод. Кроме технич. и естественно-исторических данных следует также выявить данные экономич. и с.-х. порядка, чтобы была возможность точно выяснить интенсивность будущего Д. и нормы понижения грунтовых вод. Когда т. о. будут выяснены все необходимые данные, приступают к составлению проекта. Определяют положение коллекторов, главных и второстепенных, и осушителей, группируя их в отдельные системы. Устанавливают величину площади, обслуживаемой отдельным коллектором, и впадающих в него осушителей, расстояние между осушителями и глубину закладки осушителей и коллекторов. При выборе направления коллекторов следует руководствоваться тем, чтобы число их было минимальным. Устье дренажных коллекторов или непосредственно примыкает к водоприемнику или соединяется с ним при помощи канав. Диаметр дренажных труб д. б. так подобран, чтобы от вершины к устью скорость увеличивалась. Сдвоенные дрены располагают не рядом, а на расстоянии,

принятом для осушителей. При проектировании необходимо соблюдать скорости в пределах 0,20÷1,0 *м/сек*, беря в крайнем случае как минимум: для обычных почв 0,15 *м/сек* и для сыпучего песка 0,35 *м/сек*.

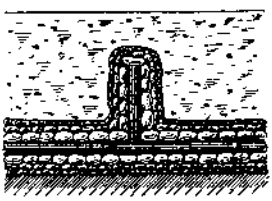


Фиг. 18.

Диаметр всасывающих линий следует брать не меньше 5 *см*, длины осушителей не больше 200 *м*. При дренировании однородных и равномерно заболоченных почв дренажные осушители прокладывают параллельно друг другу. Для осушения неравномерно увлажненных почв прокладку дренажа ведут зонально, перехватывая ключи (фиг. 9) или способствуя отводу воды из западни (фиг. 18), причем наиболее успешный отвод ключевых

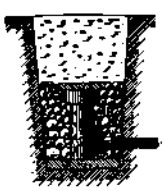


Фиг. 19.

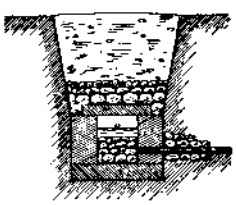


Фиг. 20.

вод достигается перекрытием дрен щебнем или гравием (фиг. 19—22) или прокладкой дрен с отверстиями в верхней половине трубы. Прокладку дренажных линий нельзя производить по дну, под дном или же вблизи водоотводных канав. Недопустимо также

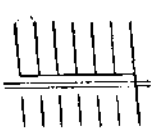


Фиг. 21.



Фиг. 22.

пересечение собирательных канав. Если это представляется неизбежным, то располагают выше канав коллектор и пересекают канаву в одном каком-либо месте (фиг. 23), укладывая здесь канализационные трубы или надевая муфты на стыки гончарных труб, с заделкой стыков в обоих случаях. От древесных насаждений коллектор д. б. расположен на расстоянии не менее как в 15—20 *м*, во избежание прорастания корней деревьев в коллектор. В случае надобности произвести осушку полосы, обсаженной деревьями, осушительные дрены делают короткими и располагают на расстоянии 6—10 *м* от деревьев (фиг. 24). При дренировании больших площадей парков и садов иногда применяют дренаж Ролля (фиг. 25), устанавливая через каждые 5 *м* по длине осушителя вертикальные отводы, идущие в ямы, заполненные камнем. Собирающаяся в

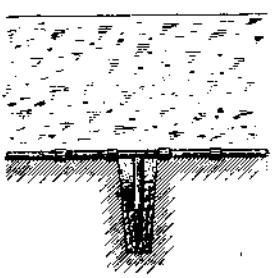


Фиг. 23.

этих ямах вода поднимается по вертикальным трубам в осушители и отводится ими в коллектор; трубы осушителя соединяются надвижными муфтами. При пересечении осушителями дорог отвод воды производится таким же способом, как и при пересечении канав.

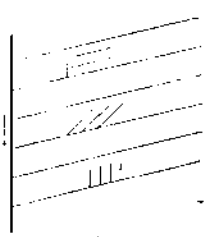
Фиг. 24.

В целях предохранения труб от неизбежного заплывания при прокладке их в плывучих грунтах, стыки перекрывают толем шириною в 10—15 *см*, обертывая им трубы 1,5—2 раза и прикрепляя туго натянутой проволокой. Дренирование почвы, содержащей ключи, производят при помощи коротких дрен (фиг. 26), если ключи при отрытии рва постепенно уменьшают свой дебит; если же в прокопанный ров вода из ключей поступает равномерно, не уменьшая дебита, то дренирование ключей производят посредством расходящихся коротких осушителей (фиг. 27) или собирают ключевую воду при помощи дренажных колодцев (фиг. 21 и 22). При оплывах и сдвигах земляных сооружений, вследствие присутствия в них водопроводящих слоев, последние перехватывают дренажем (фиг. 28—31). При осушении полотна обыкновенных дорог применяют вертикальный Д., состоящий из заполненных щебнем, песком или фашиной ям диам. 0,3—0,7 *м* и глубиною 0,6—2,0 *м*, отрытых через каждые 10—20 *м* по оси дорог. В торфяном грунте укладку труб делают по предварительной наброске вереска на дно рва и уплотнении его круглой деревянной трамбовкой; сверху трубы также забрасывают вереском. Наилучший уклон для таких дрен 0,0010—0,0025.

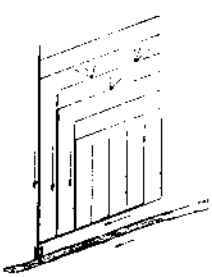


Фиг. 25.

Для надзора за правильным действием дренажной сети необходимо в местах соединения нескольких коллекторов устраивать



Фиг. 26.



Фиг. 27.

дренажные колодцы из бетонных или глазурованных труб (фиг. 32) или настоящие каменные и бетонные колодцы (фиг. 33). В местах перепадов устраивают перепадные колодцы из глазурованных труб (фиг. 34) или бетонные (фиг. 35). Д. успешно применяется для устранения сырости в зданиях. Причиной сырости в зданиях часто яв-

ляется кроме недоброкачественности материалов близость почвенной воды и недостаточный отвод дождевой воды с крыш. Д. для осушения зданий закладывается ниже фундамента на расстоянии 1 *м* от стен здания;

Фиг. 28.

Фиг. 29.

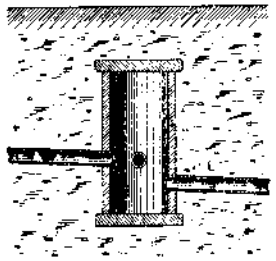
материалом служат обыкновенные дренажные гончарные или цементные трубы. Для более успешного действия Д. снабжают вертикальными дренами или колодцами. Поступление в осушительные дрены дождевых

Фиг. 30.

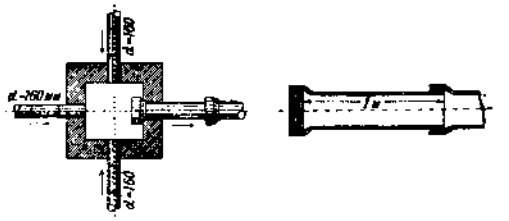
Фиг. 31.

вод нежелательно, и для последних лучше делать в сырых зданиях самостоятельные отводы.

Разбивка и производство работ. Разбивку Д. ведут след. образом: через 10 *м* намечают кольями направление канав; на расстоянии 1,5 *м* от этих кольев забивают другой ряд кольев, намечая на них принятую проектом глубину закладки дрен или дна рва. Место устья коллектора отмечают забивкой кола в уровень с поверхностью земли; уровень этот отвечает дну устья коллектора. Отрывку начинают от устья коллектора. Ров роют шириною по верху 0,7 *м* и по низу 0,25 *м*. Дно выравнивают под рейку. Землю из рвов при отрывке сбрасывают по обе стороны дренажного рва. Дерновой слой откладывают в сторону, чтобы в случае надобности можно было воспользоваться им для перекрытия стыков дрен. При

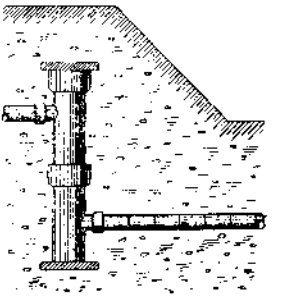


Фиг. 32.

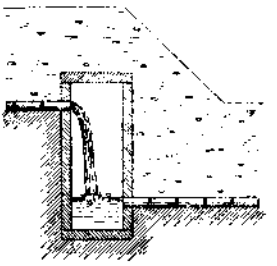


Фиг. 33.

укладке дрен необходимо следить, чтобы обвалы земли со стенок были минимальными. Трубы укладывают вручную, стоя на дне рва, или при помощи шеста, опираясь на бровки рва. Укладка труб ведется по возможности по прямой линии, причем одна труба прикладывается к другой так плотно, чтобы ни одна дрена из готовой дренажной линии не могла быть приподнята без соседних дрен. Если трубы несколько искривлены, то они располагаются искривлениями в противоположные стороны. Если дно рва под давлением почвы дает осадку, и притом неравномерную по длине, то целесообразно заложить ростверк из двух продольных досок толщиной 25 *мм* и шириной 9 *см*, скрепленных через 0,7 *м* длины стеллажей поперечными планками такой же ширины и толщины. Между продольными досками оставляется просвет шириною от 5 до 7 *см*, куда и укладывают дренажные трубы. В грунтах, подверженных переменной сухости и влаге, дощатые настилы целесообразно заменять слоем тщательно утрамбованного щебня или песка. Если по линии дрен встретятся валуны или камни значительного объема и веса, то их огибают обходной дреной (фиг. 36); если же нижняя поверхность камня находится на одном уровне с дном рва или выше его, то дрену прокладывают под камнем (фиг. 37). Засыпку рвов ведут слоями в 20—30 *см*, избегая, особенно в первом слое, сбрасывания камней на трубы. Перекрытия стыков труб каким-либо материалом (соломой, хворостом), выполняющим роль фильтра, следует по возможности избегать, так как сгнивший материал может повлечь закупоривание дрен. Устья осушительных дрен оставляют временно незасыпанными для их последующего соединения с коллекторными дренами. Для соединения дрен в них пробивают отверстия. Конец осушителя при соединении с коллектором закрывается кирпичом или плоским камнем (фиг. 38). Более тщательное соединение труб производится при помощи фасонных частей. Из соединений такого типа можно указать: сопряжение Водички (фиг. 39) и сопряжение Блаута (фиг. 40, 41). Переход от большего диаметра дрен к меньшему делается при помощи переходных труб разных диам. (фиг. 42).



Фиг. 34.



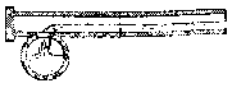
Фиг. 35.

Фиг. 36.

Обделка устьев нетрубных Д. должна быть выполнена особенно тщательно. Простейшим типом устья (фиг. 43) является деревянная труба квадратного сечения длиною ок. 1,5 *м* и внутреннего размера, соответствующего внутреннему диаметру дренажной трубы. Так как дренажные деревянные трубы, соприкасаясь с воздухом, быстро гниют, то их

пропитывают (см. *Дерево*, пропитка) или просто тщательно промазывают смолой. Лучше же всего деревянные трубы в устьях

Фиг. 37.

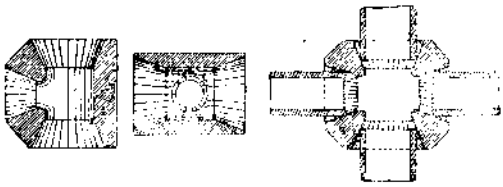


Фиг. 38.

заменять железными (фиг. 44) или бетонными трубами; на фиг. 45 показано устье в виде бетонного ящика. Наиболее совершенные и долговечные устья выполняют из камня и бетона (фиг. 46, размеры в *м*, и фиг. 47).

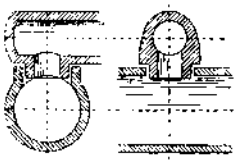
Дренажные рвы для укладки в них дрен целесообразно отрывать с помощью машин, например дренажных плугов.

Стоимость Д. Стоимость 1 *га* Д. колеблется в широких пределах в зависимости от глубины Д., густоты сети, длины коллекто-

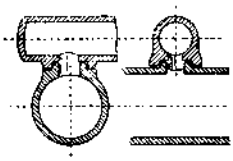


Фиг. 39.

ра, расстояния до водоприемника, стоимости труб и их подвозки. Стоимость Д., выполняемого с санитарными целями в черте городских построек, зависит кроме того от сложности и возможности присоединения его к стокам и от стоимости вспомогательных работ. До 1914 г. стоимость дренирования 1 *га* составляла 60—150 р., причем меньшая цифра относится к районам наибольшего распространения, а бо́льшая — к районам малого распространения Д. Стоимость дренирования минеральных почв в западных губерниях составляла около 100 р. на *га*. По



Фиг. 40.



Фиг. 41.

отдельным работам эта стоимость приблизительно распределяется след. обр.: 20 р. на съемку, нивелировку, проектирование и технич. надзор; 9 р. 60 к. на отрывку канав;

Фиг. 42.

Фиг. 43.

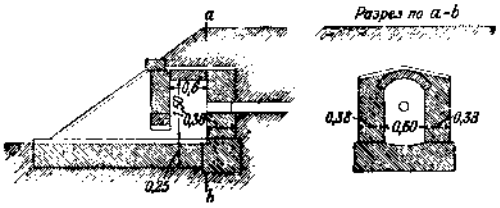
2 р. на укладку труб; 2 р. 40 к. на засыпку дрен; 43 р. на приобретение дренажных труб; 16 р. на оплату поденной работы по планировке, отводу воды и пр. Ремонт дренажной сети, по сравнению с открытыми канавами, прост и дешев. При Д. не требуется ежегодного ремонта, и единственной работой является уход за состоянием водоотводных канав и устьев дренажн. коллекторов, особенно если они сделаны из дерева. Капитальная смена деревянных устьев требуется через 5—6 лет. Правильно уложенный и сороектированный Д. действует десятки лет. Проникновение корней деревьев в трубы и закупоривание их—явление редкое и присущее только садам и паркам. Хорошо и высоко устроенное устье вполне гарантирует дренажные трубы от попадания в них рыб, лягушек и т. п. В случае закупорки дрен

Фиг. 44.

Фиг. 45.

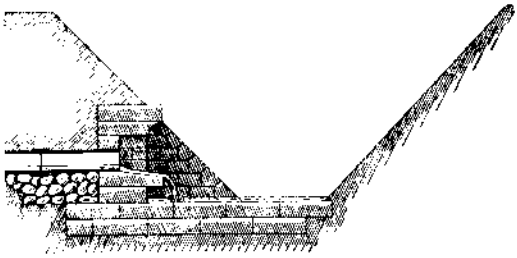
делают разборку Д. Возможность отложения в дренах водорослей, окиси железа и извести д. б. предусмотрена. При эксплоатации Д., особенно в первые годы после его устройства, через дренажные рвы, еще окончательно не осевшие, могут легко проникать дождевые воды и образовать поронкообразные ходы. Это—явление весьма нежелательное, и мерой борьбы с ним является подсыпка земли и легкое трамбование.

Рентабельность Д. Рентабельность дренажных мелиораций выражается в повышении валовой производительности дренированных угодий и уменьшении затрат по обработке, а в случае Д. санитарно-технич. назначения—в улучшении санитарно-гигиенич. условий. В Австрии напр. среднее по-



Фиг. 46.

вышение урожайности от дренирования выражается следующими числами: для пшеницы—40%; ржи—41%; ячменя—64%; овса—45%; картофеля—93%; сахарной свеклы—78%; красного клевера—23%; тра—25%. У нас следует считать повышение уро-



Фиг. 47.

жайности в отдельных хозяйствах в среднем в 15—20%. При опытах 1923 г. в Московской губ. повышение урожайности выразилось при расстоянии между дренами в

20, 15 и 10 *м* соответственно для клевера 6, 7, 9 и 19,2%; вико-овсяной смеси—16,2, 22,2 и 27,7%; овса—14,3, 15,8 и 23,9% и пшеницы—12, 14,9 и 29,7%. По данным Лифляндской практики, где еще в 1880—94 гг. был заложен Д. на 36% всей частновладельческой площади, валовой доход от Д. увеличился в первые четыре года после устройства Д. на 58%, а в последующие годы—на 72%, что соответствует приблизительно 12% чистого дохода на затраченный капитал и земельную ренту. Изменение урожайности ячменя, в зависимости от глубины заложения дрен и расстояния между ними, на тяжелых почвах, по данным германск. опытных станций, показано в % в табл. 7.

Табл. 7. — Зависимость урожайности ячменя от глубины заложения дрен и расстояния между ними.

Урожаи	Расстояние между дренами в *м*	при глубине залож. 1,5 *м*	1,2 *м*	0,9 *м*
		приращение урож. в %		
Зерна	16	30,1	25,0	24,9
Соломы . . .	16	36,3	27,6	28,8
Зерна	12	32,8	26,7	29,6
Соломы . . .	12	37,6	29,0	31,8
Зерна	8	34,7	29,3	29,6
Соломы . . .	8	36,4	30,2	32,3

Абсолютные цифры урожайности в *кг* на *га* для травяной смеси, по данным Болотной опытной станции Тома (Лифляндия), указаны в табл. 8.

Табл. 8. — Зависимость урожайности травяной смеси от материала дрен, глубины заложения их и расстояния между ними.

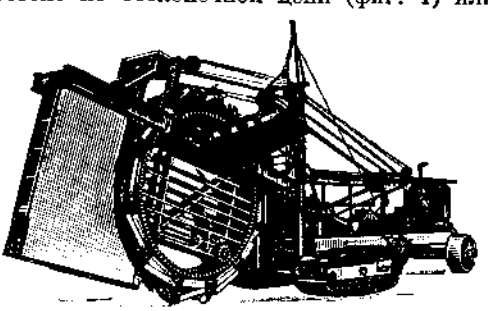
Глубина осушки	130 *см*		90 *см*	
Вид дренажа	трубы	жерди	трубы	жерди
Расстояние между дренами в *м*	*кг/га*	*кг/га*	*кг/га*	*кг/га*
40	5 252	3 510	2 850	3 205
30	5 163	3 343	2 756	3 543
20	4 719	2 862	3 487	3 700
15	4 141	2 861	3 499	4 006

Заболоченные и минеральные полевые угодья при неизбежной системе открытых каналов для сброса излишних вод естественно теряют часть своей площади. По точным подсчетам открытые канавы на заболоченных угодьях занимают 8,33÷11,6% всей площади. Помимо выигрыша в площади положительные результаты от дренирования с.-х. угодий объясняются следующими причинами: 1) В виду быстрого отвода излишков воды с поверхности почв уменьшается испарение, понижающее темп-ру, вследствие чего дренированная площадь оттаивает раньше и допускает более раннюю обработку. 2) В поры почвы, освобожденной от воды, легче и в большем количестве проникает воздух, что благотворно влияет на питание растений. 3) Д., способствуя разрыхлению почвы, дает возможность корням растений глубже проникать в почву и использовать для питания более глубокие слои. 4) На дренированной площади труднее развиваются сорные травы, т. к. отсутствие влаги отзывается неблагоприятно на их развитии. 5) В засушливые годы растения на дренированных почвах менее страдают от недостатка влаги, т. к. теплый воздух, проходя через дрены в нижние, более холодные слои, отдает им свою влагу, к-рая затем воспринимается корнями растений. 6) В силу того, что при Д. почва лишена избытка влаги, вносимый в почву навоз скорее разлагается и усвояется растениями. Учитывая положительные результаты дренирования, америк. практика установила в настоящее время за правило устраивать Д. на таких почвах, для к-рых годовое количество осадков превышает 500 *мм*.

Лит.: Костяков А. Н., Основы мелиорации, М., 1927; Шпётле, Осушение почвы подземным дренажем, пер. с нем., М., 1926; Blauth J., Дренаж и рациональное применение его на разных почвах, пер. с англ., СПБ, 1910; Фаузер О., Мелиорация, пер. с нем., Берлин—Рига, 1922; Руководство для составления и выполнения проектов дренажа, пер. с нем., СПБ, 1911; Калабугин А. Я., Дренаж с.-х. угодий, М., 1924; Берш В., Руководство по культуре болот, СПБ, 1914; Гергардт П., Дренаж, пер. с нем., М., 1907; Schewior G., Die Dränage, Lpz., 1912; Friedrich A., Kulturtechn. Wasserbau, B. 1, B., 1923; Krüger E., Kulturtechn. Wasserbau, «Handbibliothek für Bauingenieure», hrsg. v. R. Otzen, T. 3, B. 7, Berlin, 1921; Risler et Wery, Drainage et assainissement des terres, 4 éd., P., 1922; Elliot C., Engineering f. Land Drainage, N. Y., 1912.

А. Калабугин.

ДРЕНАЖНЫЕ МАШИНЫ, машины для рытья дренажных рвов. В америк. осушительной практике рытье траншей производится по преимуществу машинами; ручному способу отдают предпочтение лишь при отрывке небольших и неглубоких траншей и при работе в грунтах, не допускающих применения машин. Д. м. работают с паровыми или тепловыми двигателями-тракторами. Каждая машина состоит: а) из механизма для перемещения ее вдоль траншеи и б) из особого механизма для рытья траншеи, работающего независимо от движения машины. Механизм, служащий для рытья траншеи, состоит из бесконечной цепи (фиг. 1) или

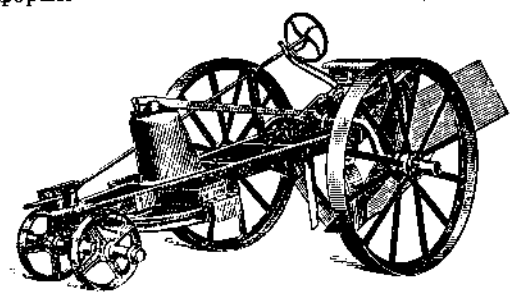


Фиг. 1.

из вращающегося колеса, снабженных особыми черпаками с режущими козырьками. Д. м. разрезают и размельчают грунт, а затем выбрасывают его на особый транспортер, которым земля откидывается в сторону от траншеи. При работе в мягких, насыщенных водой грунтах необходимо вслед за работающими Д. м. направлять особую партию рабочих для крепления стенок отрытого дренажного рва, чтобы избежать обвала откосов. Отрытые дренажн. машинами рвы

окончательно отделывают вручную. В зависимости от свойств грунта и мощности Д. м. последними можно в одну минуту отрыть ров длиною от 0,5 до 3,0 *м*.

Помимо Д. м.-тракторов для рытья дренажных канав применяются также дренажные плуги, несущие на особой стойке резак и специальное приспособление для удаления грунта в виде трапецевидной формы лопаты с отвалом. Таким плугом



Фиг. 2.

можно проложить ход (кротовину) диаметром ок. 75 *мм* на глубину 70—90 *см*. Делан на незначительной глубине кротовину как для отвода излишков воды, так и для притока в почву воздуха, плуги создают все условия, присущие тому или иному виду дренажа, но только недолговечного. На фиг. 2 изображен один из типов дренажных плугов, изготовляемых в Германии.

В настоящее время в Англии, Голландии, Германии и США получают широкое применение дренажные плуги особой конструкции, дающие возможность выполнить подземный ход требуемого диаметра, причем стенки этого хода остаются ничем не укрепленными, а лишь уплотненными. Эти ходы напоминают кротовые ходы, отчего и плуги называются «кротовыми». В основе конструкция кротового плуга следующая: на раме плуга в вертикальной плоскости расположен широкий нож, который при движении плуга разрезает почву на всю глубину дренирования; на нижнем конце ножа укреплен цилиндрический стальной с заостренным передним концом патрон (крот), который выдавливает в почве дренажный ход с диаметром, равным диаметру патрона; к заднему концу патрона на короткой цепи (2—3 звена) в некоторых плугах прикрепляется особый конической формы патрубок, служащий для лучшего уплотнения стенок дренажного хода.

Лит.: Костяков А. Н., Механич. дренирование почвы, «Опытно-мелиоративный вестник», М., 1928, т. 1, вып. 1, стр. 22—34; Ayres Q. a. Scoates D., Land Drainage a. Reclamation, N. Y., 1928; Schewior G., Die Drainage, Lpz., 1912; Jarnell D. L., Excavating Machinery used in Land Drainage, 2 ed., Wsh., 1915; Jarnell D. L., Tile-Trenching Machinery, Wsh., 1920. **С. Бриллинг.**

ДРЕНАЖНЫЕ ТРУБЫ, короткие прямые трубы без муфтовых расширений, преимущественно круглого сечения, применяемые для *дренажа* (см.). Специфич. условия работы Д. т. заставляют предъявлять к ним повышенные требования относительно правильности формы, одномерности их и прямоугольного среза концов. Америк. нормы предусматривают три типа Д. т.: 1) усадебный, для укладки на небольшой глубине и на коротких расстояниях, диам. 10÷58 *см*; 2) образцовый, для укладки на средней глубине и на более обширном пространстве, диам. 10÷107 *см* и 3) «экстра», для дренажа почвы на значительной глубине и на больших расстояниях; размер труб одинаков с предыдущим типом. Пригодность Д. т. по америк. нормам определяются внешним осмотром их (для установления достаточной правильности формы, одномерности и отсутствия заметных наружных и внутренних пороков—трещин, значительных неровностей и т. д.), а также физич. и химич. испытаниями. Физич. испытания состоят в определении механической (на излом) прочности, проверке степени пористости горячим водопоглощением и в испытании (не всегда обязательном) морозостойкости. Химич. испытание производится в тех случаях, когда почва или дренажные воды имеют определенно кислый или щелочной характер или ненормально высокую темп-ру. Важнейшие требования, предъявляемые к трубам всех трех типов, в зависимости от их диаметра, приведены в следующей таблице.

Характеристика дренажных труб.

Усадебный тип					Образцовый тип				«Экстра»-тип			
Внутр. ⌀, см*1	Минимум. времен. сопротивление сжатию, кг/см²	Макс. горячее водопоглощение, %		Морозостойкость*3	Минимум. времен. сопротивление сжатию, кг/см²	Макс. средн. горячее водопоглощение, %		Морозостойкость*3	Минимум. времен. сопротивление сжатию, кг/см²	Макс. средн. горячее водопоглощение, %		Морозостойкость*3
		Гончарные трубы*2	Бетонные трубы			Гончарные трубы*2	Бетонные трубы			Гончарные трубы*2	Бетонные трубы	
10	12,1	11—14	12	24	18,1	9—13	10	36	24,2	7—11	9	48
58	15,1	11—14	12	24	19,6	9—13	10	36	24,2	7—11	9	48
107	Размеры больше 58 см ⌀ не изготовляются				39,3	9—13	10	36	63,5	7—11	9	48

*1 Усадебный тип приготовляется 7 различных ⌀, остальные типы—16 различных ⌀. *2 Первое число относится к трубам, изготовляемым из огнеупорной глины, второе—к трубам из обыкновенных поверхностных, более тощих глин. *3 Допустимое наименьшее число замораживаний и оттаиваний без разрушения.

Изготовление гончарных Д. т. Наиболее пригодным сырьем являются обычные поверхностные, достаточно отошенные глины с умеренным содержанием извести и без каких-либо грубых включений. Такие глины образуют рабочую массу, легко выходящую из ленточного пресса, быстро и без деформаций высыхающую, обеспечивают сформованным изделиям ровную и гладкую поверхность и после обжига приобретают отличную механическ. прочность и сопротивляемость всяким разрушающим воздействиям. Добытая глина, достаточно тщательно для полноты смешения обработанная механически на вальцах или бегунах, поступает на горизонтальный ленточный пресс, где подвергается прессованию. В зависимости от диам. труб и величины пресса последний может одновременно выпускать от 1 до 5 труб. Трубы диам. в 15 *см* и выше формуются не на горизонтальных, а на вертикальных прессах, применяемых для изготовления канализационных труб. Выходящие из пресса трубы разрезаются вручную или автоматически, строго под прямым углом, на куски необходимой длины и направляются дальше для просушки. Наиболее крупных диаметров трубы сушатся стоймя. Когда изделия, теряя часть задельной воды, получат т. н. кожетвердое состояние, то трубы более крупных размеров подвергают небольшой отделке с целью придать их поверхности и концам большую гладкость. Последняя необходима для плотности стыков отдельных звеньев будущего трубопровода. В больших производствах обжиг осуществляется в кольцевых печах, причем Д. т. более мелких диаметров размещаются в более крупных. Изделия больших размеров обжигаются стоймя. Обжиг происходит при $t°$ ок. 1 000° в среднем. Для приготовления Д. т. могут быть использованы передвижные монтированные на платформе вальцевые прессы с автоматич. резкой, приводимые в действие электромотором.

Лит.: Pink V., Die Herstellung d. Drainröhren u. ihre Anwendung, B., 1926; «Tonindustrie-Ztg», B.; «Brick a. Clay Record», Chicago.

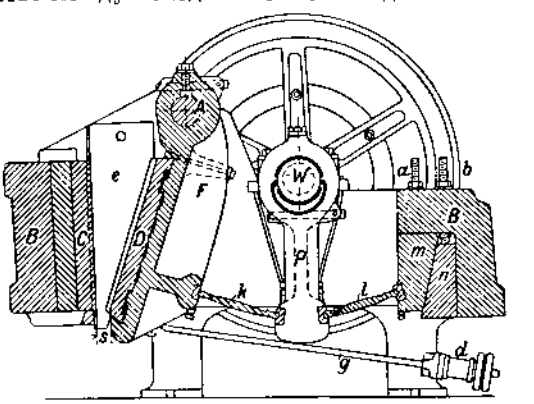
ДРОБИЛКИ, приборы для *дробления* (см.) различных материалов. В зависимости от конструкции и характера применяемых при дроблении усилий дробильные приборы носят различные названия: собственно дробилки (в которых раздавливание происходит путем прерывного нажатия), валки (непрерывное раздавливание), толчеи (удар), истиратели (преимущественно истирание), мельницы (раздавливание, истирание и удар), дезинтеграторы (удар и «свободный удар»), пульверизаторы (свободный удар). Последние два вида дробильных приборов, а также игловые Д., действующие по принципу раскалывания, применяются при дроблении хрупких и мягких пород; остальные виды Д.—при дроблении твердых пород.

Д. должны удовлетворять ряду условий, из к-рых главнейшие таковы: в отношении работы Д.—получение равномерного готового продукта; немедленное удаление раздробленных кусков из рабочего пространства; наименьшее пылеобразование; небольшой расход энергии на единицу продукции; в отношении конструкции—непрерывная и автоматич. разгрузка Д.; легко осуществимое изменение степени измельчения; возможность удобной смены изнашивающихся частей; наличие среди работающих частей Д. предохранительных частей—особо простых и дешевых, легко ломающихся при возрастании усилий сверх нормальных. Общее свойство всех дробильных приборов—уменьшение производительности с увеличением степени измельчения.

1) Собственно дробилки делятся на а) щековые Д. и б) конические Д.

а) Щековые Д. К этому классу относятся Д., сконструированные для дробления твердых и средней твердости пород и действующие раздавливанием путем прерывного нажатия; в новейших конструкциях, приспособленных для мягких пород, к раздавливанию присоединяется и истирание. Типичными представителями этого класса являются Д. сист. Блека, Доджа и Самсона.

Дробление кусков породы в Д. сист. Блека (фиг. 1) происходит в рабочем пространстве между неподвижной *C* и подвижной *D*



Фиг. 1.

щеками, снабженными съемными ребристыми плитами из специальной стали. Боковые стенки рабочего пространства также защищены съемными плитами *e*. Подвижная щека подвешена на оси *A* и приводится в качательное движение от эксцентрика, укрепленного на валу *W*, с помощью шатуна *P*, шарнирно связанного деталями *k* и *l* с этой щекой. Тяги *g* и пружины *d* создают в движущейся системе натяжение и обусловливают обратное движение щеки *D*. Пара клиньев *m* и *n*, положение которых м. б. изменено болтами *a* и *b*, регулируют ширину выпускной щели *s* и степень измельчения; *B*—рама дробилки, *F*—нажимной болт, удерживающий съемную плиту качающейся щеки в определенном положении. Д. сист. Блека строятся как для крупного, так и для мелкого дробления. Данные о размерах, производительности, расходовании энергии этой Д. приведены в табл. 1.

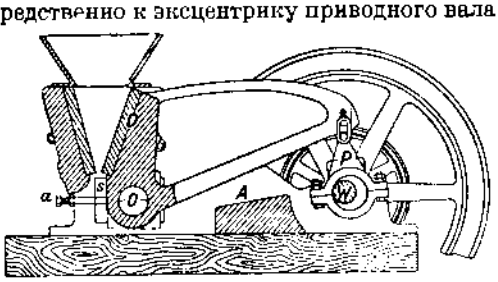
Д. сист. Доджа изображена на фиг. 2. В этой конструкции качающаяся щека *D* укреплена на коротком плече массивного рычага *A*, качающегося около оси *O*. Длинное плечо с помощью шатуна *P* соединено с эксцентриком вала *W*. Регулировка ширины

выпускной щели s производится парными болтами a, к-рые передвигают подшипники оси O в особых направляющих в раме Д. Данные об этой Д. приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Характеристика дробилок.

Размер пасти в *мм*	Ширина щели в *мм*	Степень измельчения	Производит. в т/ч	Число об/м.	Мощн. двигат. в *IP*
Дробилки Блека					
120×305	38,1	3,3	2,0	300	4—5
696×1 067	101,6	6,9	115	210—225	85—100
1 676×2 134	304,0	5,5	520	85—90	250—300
Дробилки Доджа					
152×229	25	6,0	3—5	250—300	4
178×280	38	4,65	6—8	250—300	7
280×382	51	5,6	10—20	250—300	15
Дробилки Самсона					
102×152	—	—	1—1,5	300	2
204×408	—	—	10—15	250	7
Дробилки Гетса					
127×508	22	5,8	4,5	600	4—6
456×1 174	70	6,5	110	375	65—100
1 070×3 460	228	4,7	1 300	300	225—280

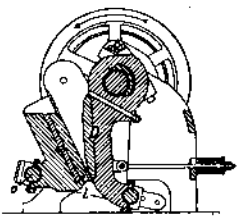
В противоположность дробилкам Блека и Доджа, подвижная щека к-рых имеет простое качательное движение, в Д. сист. Самсона подвижная щека D (фиг. 3) имеет сложное движение. Эта щека подвешена непосредственно к эксцентрику приводного вала;



Фиг. 2.

нижняя часть щеки шарнирно соединяется с парною тягой l, к-рая качается около оси o. Благодаря такой конструкции верхний конец щеки имеет круговое движение со значительным поперечным размахом. По мере удаления от эксцентрика вниз движение различных точек щеки переходит все более и более в эллиптическое с длинной осью, направленной по длине щеки. Данные Д. сист. Самсона приведены в табл. 1. Д. сист. Доджа и Самсона строятся небольшого размера—для среднего и мелкого дробления, причем Д. сист. Самсона пригодны как для твердых, так и для вязких пород.

Расчет щековых дробилок. В Д. сист. Блека имеет место чистое раздавливание, ибо все точки поверхности щеки движутся по дугам окружностей, центр которых O лежит в рабочей плоскости щеки (фиг. 4). Иное положение представлено на фиг. 5 и 6. На фиг. 5 ось качания лежит впереди рабочей плоскости, в силу чего является составляющая V_s скорости V, направленная вниз; на фиг. 6, обратно, ось качания находится за рабочей плоскостью, и появляется слагающая V_s, направленная вверх. Наличие обеих слагающих вызывает относительное перемещение дробимой породы и щеки и следовательно появление истирающего усилия и вследствие этого пылеобразование. В конструктивном отношении условия фиг. 6 выгоднее, т. к. здесь шейка качающейся щеки не закрывает загрузочного отверстия; однако вынос центра качания за рабочую поверхность имеет предел, определяемый величиной образующегося выталкивающего усилия. Найдем максимальную величину угла α между щеками, при котором возможен процесс дробления, т. е. при котором куски руды еще не выталкиваются из пасти дробилки. На фиг. 7 неподвижная щека A изображена вертикальной и составляет с подвижной щекой B угол α. Замечая, что давление P щеки на руду всегда направлено по нормали к плоскости касания в точке соприкосновения и что сила трения всегда направлена в сторону, обратную скорости рассматриваемого тела, можно отметить, что на тело будут действовать: равнодействующая давлений тела на подвижную и неподвижную щеки R, причем



Фиг. 3.

$$R = 2P \sin \frac{\alpha}{2},$$

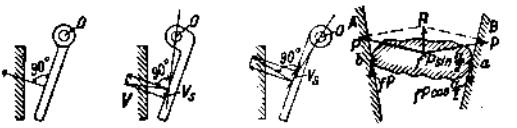
и две силы трения в точках a и b, направленные в сторону противоположную R и равные fP. Разлагая их на горизонтальную и вертикальную составляющие

$$fP \sin \frac{\alpha}{2} \quad \text{и} \quad fP \cos \frac{\alpha}{2},$$

из к-рых первые две взаимно уравновешиваются, получаем, что для возможности дробления необходимо, чтобы равнодействующая сил трения была больше силы R, т. е.

$$2fP \cos \frac{\alpha}{2} \geqslant 2P \sin \frac{\alpha}{2} \quad \text{или} \quad f = \operatorname{tg} \varrho \geqslant \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

а т. к. оба угла лежат в первом квадранте, это равносильно $\alpha \leqslant 2\varrho$. При $f = \operatorname{tg} \varrho = 0{,}3$ угол $\varrho = 17°$ и угол α д. б. меньше 34°. На



Фиг. 4. Фиг. 5. Фиг. 6. Фиг. 7.

практике угол α берут в пределах от 15 до 25°. На основании вышеизложенного становится ясным, что при данном угле α расположение щек по фиг. 5 затрудняет, а по фиг. 6 облегчает выталкивание дробимой породы. Число двойных качаний в минуту, равное числу оборотов вала дробилки, определяется по формуле:

$$k = 665 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{s}} = \frac{400}{\sqrt{s}},$$

где s—ход щеки (в *см*) у выпускного отвер-

стня, а угол между щеками $\alpha = 20°$. Производительность щековой дробилки в $m/ч$

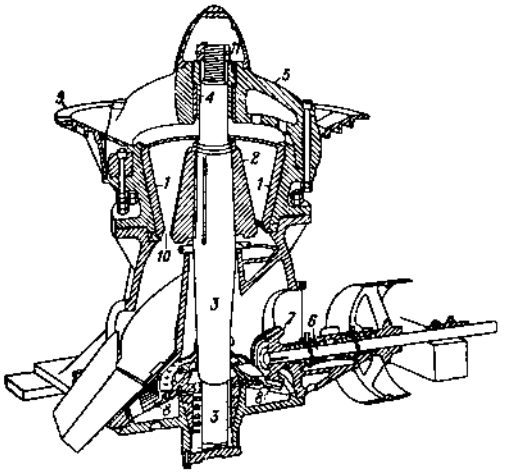
$$Q = 0{,}15\,\mu \cdot \gamma \cdot k \cdot b \cdot d \cdot s,$$

где μ—коэф. разрыхления (равный 0,5—0,7), γ—вес одного $см^3$ породы в $кг$, b—длина выпускного отверстия в $см$, d—поперечник кусков готового продукта в $см$; k, s—значения прежние.

По Трескотту, производительность щековой дробилки можно принять в среднем ок. 0,015 $m/ч$ на 1 $см^2$ площади выпускного отверстия. Расход мощности в щековой Д.

$$E = \frac{k \cdot \sigma^2 \cdot b \cdot (D^2 - d^2)}{1\,720\,000E},$$

где D и d—диаметры поступающих и выходящих из Д. кусков в $см$, σ—разрушающее усилие для дробимого материала в $кг/см^2$ и E—модуль упругости в $кг/см^2$; b, k—значения прежние. Расход мощности на 1 $m/ч$ руды можно принять для больших Д.—0,5, средних—1,0 и малых—2 HP. Производительность камнедробилок на 1 HP/ч равна 0,4—0,8 $м^3$ при камнях средней твердости и 0,3—

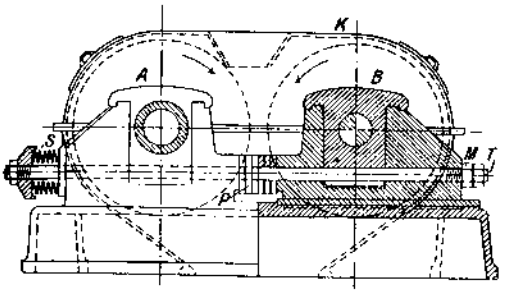


Фиг. 8.

0,5 $м^3$ при камнях большой твердости. Стоимость дробления (по данным американской практики) для малых дробилок равна 16—20 к. за m, для больших 4—6 к. за m.

б) Конические Д. Типичными представителями Д. этого класса являются Д. сист. Гетса (Gates). Принцип действия их—раздавливание путем прерывного нажатия. Конструкция Д. в главных чертах такова (фиг. 8): рабочее пространство образовано двумя усеченными конусами—наружным *1*, укрепленным в теле Д., и внутренним *2*, насаженным на главный вал *3*, и представляет постепенно суживающееся кольцевое пространство. Способ подвеса вала—помощью кольцевой цапфы *4*, помещающейся в крестовине *5*. Вращение вертикального вала производится от горизонтального вала *6* при помощи двух конич. шестерен *7* и *8*. Загрузка породы производится в загрузочную воронку *9*, разгрузка—через кольцевое пространство *10*, ширина к-рого, а следовательно и степень измельчения регулируются подъемом или опусканием вертикального вала при помощи разъемной гайки *11*. Внешний конус облицован съемными плитами, приготовляемыми, как и внутренний конус, из специальных сортов стали. Данные Д. сист. Гетса приведены в табл. 1.

2) Дробильные валки. Приборы этого класса действуют по принципу раздавливания путем постепенного и непрерывного нажатия. По конструкции своей (фиг. 9)



Фиг. 9.

они представляют пару валков *A* и *B* одинакового диаметра, к-рые вращаются на параллельных осях, расположенных в горизонтальной плоскости, навстречу друг другу. Порода поступает сверху из засыпной воронки, ущемляется валками и силою трения увлекается в щель между валками, постепенно раздробляясь на все меньшие и меньшие зерна. Цапфы одного из валков *A* укреплены в неподвижных подшипниках, цапфы другого *B*—в подвижных, могущих скользить по направляющим в фундаментной раме. Для координирования перемещений подвижные подшипники соединяются иногда подкововидной отливкой. Нажатие подвижного валка на неподвижный достигается натяжными болтами *T* с сильными пружинами *S*. Регулировка ширины щели между валками производится при помощи шайб *P*, вставляемых между подшипниками неподвижного и подвижного валков, или при помощи гаек *M*, действующих на натяжные болты *T*. Валки заключены в кожух *K*. Обычно валки снабжаются съемной рабочей частью—бандажами, к-рые делаются из специальных сортов стали. Валки приводятся в движение обычно ременной передачей при помощи шкивов, насаженных на концы валков. Ведущим является валок, покоящийся в неподвижных подшипниках, второй валок вращается во время дробления трением; тем не менее его привод в движение самостоятельной передачей необходим, чтобы не получался удар при начале дробления; по этой же причине крайне важно непрерывное питание валков рудой. Валки работают раздавливанием; но когда желательно получить истирающее действие, напр. при глинистом материале, валкам сообщают разную скорость вращения. Отношение скоростей не должно быть меньше 0,98, иначе неизбежно быстрое изнашивание валков. В табл. 2 приведены главнейшие данные о валках.

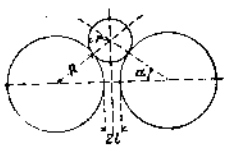
Валки применяются для среднего дробления и обычно при степени измельчения, равной 4, иногда для мелкого, почти тонкого дробления (вплотную поставленные валки) и редко—для крупного, так как в этом случае валки очень быстро получают слишком

Табл. 2.—Данные о валках.

Производственные данные	Размеры валков (диам.×шир.) в м		
	0,610×0,356	1,068×0,408	1,380×0,458
Размеры наиб. зерен в мм	28,7	51,0	64,0
Ширина щели при степени измельчения 4	7,2	12,7	16,6
Число об/м.	90	41	28
Мощность двигателя в IP	11	20	25
Часовая произв. в т	15,4	24,0	30,6
Вес в т	5,6	18,5	50

большие размеры. Стоимость дробления в валках колеблется, по Ригардау, от 7 до 15 к. на 1 *т* руды.

Расчет валков. Для возможности дробления угол захвата α (фиг. 10) должен быть меньше угла трения; при значении коэф-та трения $f = 0{,}3$ угол $\alpha = 18°$. Наибольший диаметр $2r$ зерен (предполагаются шарообразные), которые могут быть захвачены валками диаметром $2R$, раздвинутыми на расстояние $2l$, определяется (по Л. Б. Левенсону) следующим выражением:



Фиг. 10.

$$2r = \frac{2R\,(1-\cos\alpha)+2l}{\cos\alpha}.$$

При сдвинутых валках $2l = 0$. Размер конечного продукта в этом случае теоретически равен нулю, в действительности же он зависит от жесткости пружин, нажимающих на подвижной валок. Расход работы при дроблении в валках слагается из 1) работы раздавливания, 2) работы трения руды на валках и 3) работы трения цапф валков в подшипниках, и выражается формулой:

$$N = \frac{B\cdot R\cdot n}{13\,000}\left(\tau + \frac{R^2}{6\,000}\right),$$

где все размеры даны в *см*, n—число об/м., B—длина валков. Максимальная производительность валков в *т/ч* определяется по ф-ле:

$$Q_{max} = 0{,}2\,\varphi\cdot\gamma\cdot B\cdot R\cdot n\,(2l+p),$$

где φ—коэф. разрыхления загружаемой породы (для валков $\varphi = 0{,}3 \div 0{,}5$), γ—вес 1 *см*³ породы в *кг*, p—величина раздвигания валков, зависящая от жесткости пружины; B, R, l и p—в *см*. Необходимая сила нажатия пружин м. б. вычислена по ф-ле:

$$P = 0{,}021\,\frac{B\cdot R^2}{p},$$

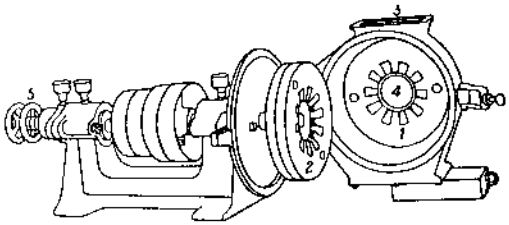
а число об/м. валков по ф-ле:

$$n_{max} = 308\sqrt{\frac{f}{\gamma\cdot\tau\cdot R}}$$

(значение буквенных обозначений прежнее).

3) Толчеи являются приборами, действующими путем удара, и применяются для мелкого и отчасти тонкого дробления твердых руд в кусках не свыше 50 *мм* до величины в 5—1,0 *мм*. Об их конструкции и характере работы см. *Толчеи*.

4) Истиратели. Типичным представителем этого класса дробильных приборов, работающих преимущественно истиранием, являются дисковые истиратели. Они применяются для тонкого измельчения материала в зернах не свыше 2—1 *мм* до состояния шламов при степени измельчения от 2 до 60. Применение истирателей для измельчения твердых пород очень ограничено по причине большого расхода энергии, т. к. в этих приборах кроме работы измельчения выполняется еще значительная работа трения. Для измельчения мягких пород, и особенно зерновых продуктов в сельском хозяйстве, истиратели, т. н. жернова, нашли широкое применение (см. *Мукомольное дело*). При обработке твердых пород и руд применяются истиратели как с вертикальными дисками, так и с горизонтальными. Первые употребляются чаще. В основном они состоят (фиг. 11) из неподвижного стального диска *1*,



Фиг. 11.

укрепленного в передней стенке рабочего пространства, и подвижного *2*, насаженного на горизонтальном валу, приводимом в движение от ременной передачи. Загружаемый материал через засыпную воронку *3* поступает в центральную полость дисков *4* и оттуда центробежной силой отбрасывается к периферии. Расстояние между дисками, а следовательно степень измельчения, регулируется установочным винтом *5*. Истиратели с горизонтальными дисками нашли себе применение для обработки золотых, и особенно серебряных, руд, где они применяются для тонкого измельчения с одновременным выполнением амальгамации.

5) Мельницы являются приборами, действующими раздавливанием, соединенным с истиранием. Они отличаются большим разнообразием конструкций. Дробление происходит между катящимися одна по другой поверхностями рабочих частей, из к-рых по крайней мере одна представляет поверхность тела вращения (каток), причем качение ее по другой поверхности (основанию) не может происходить без одновременного скольжения. Качение производит раздавливание непрерывным нажатием, а скольжение—истирающее действие. Мельницы применяются для мелкого и тонкого дробления и пригодны как для твердого, так и мягкого материала; по форме основания их можно разбить на дисковые и кольцевые; и те и другие конструируются с неподвижным и подвижным основанием (диском или кольцом), причем последнее делается горизонтальным или вертикальным. Наиболее распространенным типом дисковых мельниц являются *бегуны* (см.).

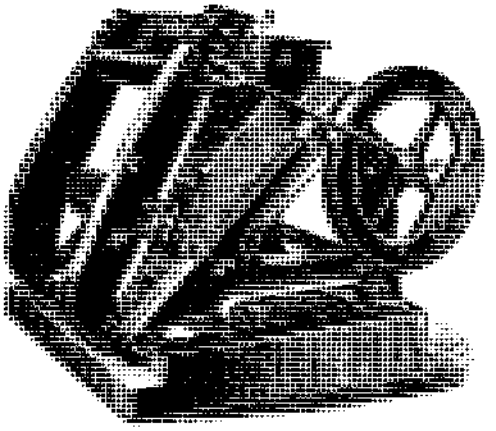
Типом кольцевой валковой мельницы является мельница фирмы Стюртевант с вер-

тикальным кольцом, вращаемым от привода горизонтальным валом и тремя шарообразными валками; последние вращаются трением о кольцо или породу. Размол их отличается большой степенью измельчения; эти мельницы применяются в цементном, кирпичном и других производствах, где требуется сухое дробление, а также при измельчении тонко вкрапленных руд. В мельнице Кента вращение сообщается одному из валков, к-рый и приводит в движение кольцо и остальные валки.

Шаровые и трубные мельницы—Д., действующие раздавливанием, соединенным с ударом и истиранием. Эти Д. применяются для мелкого и тонкого дробления наиболее твердых пород и пригодны как для сухого, так и для мокрого дробления. О конструкции их и характере работы см. *Шаровые мельницы*.

б) Для измельчения хрупких и мягких пород применяются дробильные приборы, разделяющиеся на 3 классов: а) Д., действующие раскалыванием, б) разрывом и в) свободным ударом.

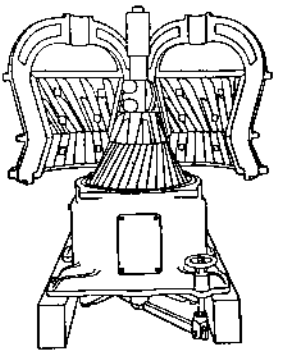
а) Представителем первого класса является игловая Д. сист. Гумбольта, приспособленная для крупного дробления гл. обр.



Фиг. 12.

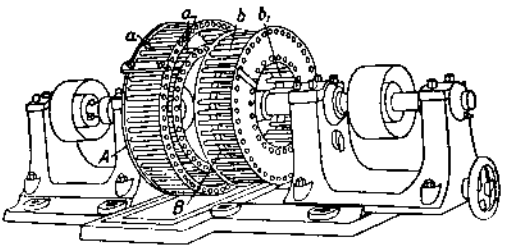
хрупких пород, например углей. Д. состоит (фиг. 12) из двух рабочих камер A и A^2, куда периодически входят иглы B, B^2, укрепленные в качающейся челюсти C, получающей движение от эксцентриков посредством шатуна a вала W. Т. о. дробление исполняется в два приема при степени измельчения не больше 2 за каждый прием. Между рабочими камерами помещается качающийся грохот, отделяющий готовый продукт после первого приема дробления. Производительность 15—30 *т/ч*, расход мощности 5 HP.

б) Д. второго класса применяются как для крупного, так и среднего дробления. К аппаратам этого класса относятся дробильные валки с зубчатой (для более крупного дробления) или рифленой (для мелкого дробления) поверхностью и конич. мельницы. Зубчатая поверхность валков либо образована накладными плитами с отлитыми зубцами либо составляется из литых кольцевых зубчатых валков. Величина и форма зубцов зависят от качества и крупности измельчаемого материала. Конич. мельница Стюртеванта (фиг. 13) применяется для измельчения мягких пород (шамот, фосфаты, кокс и т. д.) с значительной степенью измельчения. Она состоит из след. частей: верхней, представляющей опрокинутую усеченную коническую поверхность, нижней — прямую усеченную коническую поверхность, и внутреннего конуса, также состоящего соответственно из двух конических рабочих поверхностей. В верхней части поверхности снабжены более грубым нарифлением, чем в нижней, где острые ребра производят режущее действие. В верхней части производится предварительное разрыхление материала, а в нижней—мелкое дробление.



Фиг. 13.

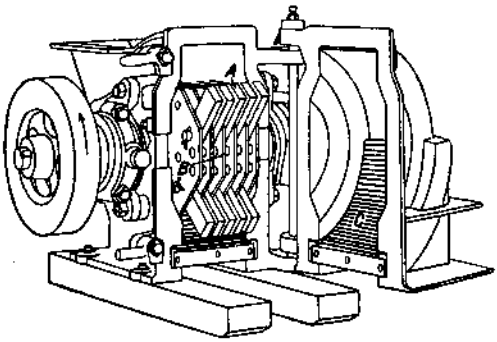
в) К последнему классу дробильных приборов относятся приборы, действующие ударом по кускам породы, находящимся в момент удара в движении. В результате такого свободного удара получается более равномерный продукт и минимальное пылеобразование. Эти Д. особенно пригодны для хрупких пород. К этому классу надо отнести *дезинтеграторы* (см.) и пульнеризаторы. В рабочем пространстве дезинтегратора Карра (фиг. 14) движутся четыре системы горизонтальных брусков, прикрепленных к вращающимся дискам A и B так, что две системы a, a_1 движутся в одну сторону, а две b, b_1—в обратную. Диски окружены кожухом. Материал поступает в центральную полость диска B. В процессе падения между быстро вращающимися в противоположных направлениях брусками материал получает ряд сильных ударов. Производительность дезинтеграторов от 2 до 45 *т/ч*; расход мощности 1 HP на *т/ч*. На фиг. 15 изображен пульверизатор Стюртеванта; в рабочей камере быстро вращается система



Фиг. 14.

ударных штанг A, укрепленных на оси между несколькими параллельными дисками B: последние укреплены на горизонтальном валу. Внутри рабочей камеры вставляют решетки C, расстояния между к-рыми определяют степень измельчения. Пульверизаторы пригодны для измельчения пород мягких, средней твердости и вязких. Производитель-

ность пульверизаторов при дроблении известняка, поступающего в кусках около 50 *мм* и измельчаемого до размеров в 3 *мм*, достигает 20—25 *т/ч* при затрате мощности в



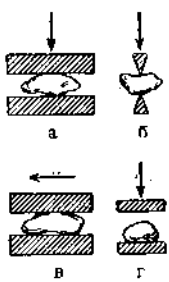
Фиг. 15.

20—25 HP, а для несортированного мягкого угля, измельчаемого до размеров в 6 *мм*, она достигает 250 *т/ч* при затрате мощности в 225—250 HP. В Америке пульверизаторы получили большое распространение.

Лит.: Чечотт Г. О., Обогащение полезных ископаемых, вып. 1, Л., 1924; Левенсон Л. Б., Машины для обогащения полезных ископаемых, вып. 3—Щековые дробилки, Л., 1926; его же, Дробильные валки, их теория, расчет и проектирование, «Труды Ин-та механическ. обработки полезных ископаемых», М., 1927, вып. 4; Richards R. H. a. Locke C. E., Textbook of Ore Dressing, N. Y., 1925; Taggart A. F., Handbook of Ore Dressing, N. Y., 1927; Peele R., Mining Engineers' Handbook, 6 ed., N. Y., 1927. **Е. Прокопьев.**

ДРОБЛЕНИЕ, измельчение, процесс уменьшения размеров кусков горных пород, руд, строительных материалов, с.-х. продуктов, сырья и полуфабрикатов в различных производствах. Термин Д. обозначает уменьшение размеров более крупных кусков, производимое главн. обр. раздавливанием, а термин измельчение—более мелких кусков преимущественно ударом и истиранием. Предел Д. определяется требованиями рынка, строительства, производства и величиной зерен полезного ископаемого, заключенного в горной породе. Степенью измельчения называется отношение поперечников наиболее крупных кусков (зерен) до Д. и после Д. в данном дробильном приборе; общая степень измельчения характеризует суммарный результат Д., исполненного в несколько приемов. За один прием Д. степень измельчения не превосходит для крупных и твердых кусков 2—6, для средних 5—10, для мелких 10 и более, а для самых мелких, превращаемых истиранием в пылам, степень измельчения достигает 50 и более. Принято называть Д. крупным, если оно производится в пределах от 1 000 до 100—150 *мм*, средним—от 120 до 25—10 *мм*, мелким—от 50 до 10—2 *мм*, тонким—от 2—1 до 0,1 *мм* и меньше.

Дробящие усилия. Д. осуществляется (см. фиг.) раздавливанием (а), раскалыванием (б) истиранием (в) и ударом (г); чаще эти дробящие усилия встречаются в комбинации одно с другим, напр. раздавливание и истирание; удар, раздавливание и истирание. Иногда к этим главным факторам присоединяются изгибающие и разрывающие усилия. Характер применяемого усилия, так же как и степень измельчения, определяется свойствами дробимых пород и величиной отдельных кусков. Для пород, отличающихся большой твердостью, более эффективными являются удар и раздавливание, для пород вязких—предпочтительнее истирание, для хрупких—раскалывание. Крупные куски обычно измельчаются раздавливанием, куски средней величины, а также мелкие—ударом или раздавливанием; тонкие—истиранием, соединенным с ударом и раздавливанием. При Д. надо соблюдать принцип—не дробить ничего лишнего. Для этого необходимо: 1) сопровождать Д. предварительным *грохочением* (см.) и 2) при большой степени измельчения выполнять Д. в несколько приемов. Соблюдение этого принципа в результате дает: 1) экономию в расходе энергии, 2) уменьшение износа дробильных приборов, 3) увеличение производительности дробильной установки и 4) при обработке ценных руд—уменьшение потерь на пылеобразование, а также потерь в процессе последующего обогащения, т. к. в последнем случае переизмельченный материал дает значительно больший % потерь при удалении хвостов от обработки. В тех случаях, когда измельчению подвергается руда, после каждого приема Д. может быть произведено обогащение, для чего удаляют штуфные куски руды и куски пустой породы. Д. бывает сухое, когда направляемый в Д. материал поступает в сухом виде, и мокрое, когда этот материал сопровождается некоторым количеством воды. Мокрое Д. наиболее употребительно при мелком и тонком измельчении материала. Кроме того в практику последнего времени вошло т. н. селективное, избирательное Д.; при последнем процессе Д. ведется так, что раздроблению подвергается лишь один из компонентов руды, обычно менее ценный (пустая порода), являющийся более хрупким и менее устойчивым в отношении применяемого дробящего усилия. Д. производится или ручным способом—молотками и балдами, или механическим—в дробильных приборах, называемых дробилками, валками, толчеями, мельницами, истирателями и пр.



Ручное Д. применяется как самостоятельная операция (напр. при подготовке щебня) и как вспомогательный процесс (напр. Д. крупных кусков, не помещающихся в пасть дробилки). Производительность одного рабочего при ручном Д. (по Риттингеру) 0,1—0,25 *т/ч* породы средней твердости до величины кусков в 65 *мм*; при Д. до величины кусков в 150 *мм* производительность достигает 0,58 *т/ч*. Ручное Д. производится на установках небольшой производительности; при увеличении производительности становится выгодным выполнять процесс Д. машинным способом, устанавливая специальные дробильные приборы (см. *Дробилки*, *Бегуны*, *Толчеи*, *Шаровые мельницы*). Дробильные з-ды в нек-рых случаях достигают колоссальной производительности; так, дро-

бильная установка золотопромышленного предприятия Alaska-Juneau Mining Co. в Аляске спроектирована на суточную производительность в 12 000 *т*. **Е. Прокопьев.**

Лит.: см. *Дробилки*.

ДРОБЬ, свинцовые шарики, употребляемые при стрельбе из охотничьих ружей. Д. разных размеров по диаметру изготовляется из лучших сортов свинца. Эти размеры и нумерация Д. в разных странах различны, но наиболее употребительная нумерация—немецкая, принятая и в Союзе ССР, определяет самый мелкий № (12) дроби в 1,25 *мм*, и самый крупный (6/0) в 5,5 *мм*. Разница между двумя соседними № дроби—0,25 *мм*. Д. крупнее 6/0 носит название картечи. Размеры картечи, имеющей также несколько номеров, определяются размером внутреннего диаметра гильзы того или иного калибра с таким расчетом, чтобы в один ряд плотно укладывалось известное количество картечи. Для предупреждения освинцовывания стволов ружья при стрельбе и для облегчения отливки в свинец присаживается незначительное количество мышьяка, главным образом в виде мышьяковистого ангидрида As_2O_3. Эта присадка вводится в литейные котлы перед самой отливкой Д.

Заводский способ изготовления Д. заключается преимущественно в отливке ее т. н. башенным способом, от к-рого и самая Д. получила торговое название б а ш е н н о й Д. Башня для литья Д., обыкновенно металлич. конструкции, строится высотой от 35 до 45 *м* и снабжается подъемником для подачи свинца. В верхней части башни расположено литейное помещение, в к-ром устанавливаны плавильные котлы емкостью около $^1/_2$ *т*. В центре пола литейного помещения имеется отверстие, над которым ставится литейный ковш. В нижней части башни находится бак с водой, куда падает отливаемая Д. В непосредственной близости от башни располагается отделочное помещение, где отлитая Д. подвергается отсеву, сортировке и окончательной отделке. Расположение отдельных частей дроболитейного з-да видно из прилагаемого разреза.

На фиг. показаны: *1*—склад свинца; *2*—дроболитейная башня; *3*—товаро-пассажирский подъемник; *4*—котел с обмуровкой для плавки свинца; 5—литейный ковш; *6*—приемник; *7*—элеватор от приемника к сушильному барабану; *8*—соединительный коридор; *9*—сушильный барабан; *10*—4-этажный каменный корпус; *11*—элеватор от сушильного барабана на 4-й этаж; *12*—бункер полировочного барабана; *13*—полировочный барабан; *14*—прокатки; *15*—отвод брака; *16*—бункеры; *17*—просевные барабаны; *18*—бункеры готовой Д. по номерам; *19*—развеска и упаковка; *20*—конвейер; *21*—склад готовой Д.; *22*—комната для хранения одежды; *23*—душ и ванная; *24*—комната для хранения спецодежды.

Процесс отливки Д. происходит следующим образом. Поданный на башню свинец расплавляется в котлах и доводится до нужной литейной *t*°: обычно 350—380° для мелких и средних номеров и 340—360° для крупных. Затем в котел присаживается сплав свинца с мышьяком, и свинец тщательно перемешивается. Во время плавки свинца и последующего перемешивания на поверхности котла всплывает окись свинца (PbO) в виде губчатой массы, к-рую собирают и закладывают в литейный ковш с таким расчетом, чтобы заполнить примерно $^1/_3$ его глубины, и в горячем виде припрессовывают слегка к дну и стенкам ковша, чтобы предупредить всплывания при литье. Эта губчатая масса, или, как называют ее в работе, «пенка», и является тем фильтром, через к-рый производится отливка и к-рый не позволяет свинцу течь из ковша струей, а способствует медленному образованию отдельных капель снизу ковша; капли, отрываясь от него, образуют по своему размеру готовые дробинки, остывающие при падении до нижнего бака литейной башни. Свинец из котла подается в литейный ковш через кран или же черпается литейщиком маленьким ковшом. Уровень свинца в литейном ковше поддерживается все время на одной высоте до конца слива. Отверстия в литейном ковше делаются

меньше, чем отливаемая из него дробь. Так, например, при диаметре дроби № 3 в 3,5 *мм* отверстие в ковше должно быть 1,5 *мм*, для дроби № 2 в 1,65 *мм*—0,15 *мм* и т. д. Отлитая дробь подается из бака в сушильный барабан, а затем в верхний этаж отделочного помещения, где она, непрерывно передвигаясь, проходит все стадии отделки: полировку, прокатку, отсев, и уже в упакованном виде подается на склад. Полировка Д. производится в барабане с графитом. Готовая Д. должна быть одинаковой по своему размеру, иметь правильную шарообразную форму и быть достаточно полновесной. Уд. вес Д. обычно не ниже 11,2—11,3. Особый сорт Д., т. н. каленая дробь, изготовляется тем же порядком, но только вместе с мышьяком примешивают небольшое количество сурьмы, сообщающей Д. значительную твердость. Картечь изготовляется путем вырубки на машинах из свинцовой проволоки. Вырубленные кусочки обкатываются на кругах с желобками нужного размера до получения шарообразной картечины. Последующие операции отделки те же, что и при производстве Д. Упаковка Д.—обычно 5 и 10 кг.

Примерное назначение Д. по ее размерам при охотничьем промысле, при правильном заряде и нормальной дистанции (35÷40 *м*), следующее: 6/0÷5/0—коза; 4/0÷3/0—журавль, дрофа, гусь на большие дистанции, глухарь; 2/0÷0—гусь, лисица, глухарь; 1÷2—тетерев на току, мелкий гусь, заяц, крупная утка; 3÷4—кряковая утка, тетерев зимой, крупный нырок, заяц; 5÷6—тетерев осенью, чирок, фазан, кряковая утка; 7÷8—куропатки всех пород, фазан, рябчик зимой, голубь; 9÷10—дупель, бекас, перепел, дрозд; 11÷12—жаворонок, гаршнеп, дрозд. При стрельбе на большие расстояния (до 55 *м*) употребляется дробь на один или два номера крупнее.

Необходимое количество Д. и картечи для удовлетворения охотничьего хозяйства СССР в настоящее время определяется примерно в 6 000 *т* в год. Изготовление Д. в СССР сосредоточено на 3 з-дах. Незначительное количество Д. изготовляется кустарным способом преимущественно на дальних северных окраинах. **Н. Перфильев.**

Техника безопасности. При производстве Д. свинец может легко проникнуть в организм в парообразном и пылеобразном состоянии; кроме того приготовление состава, который придает свинцу твердость, и рафинировка свинца—связаны с применением мышьяковистого ангидрида (As_2O_3)—белого мышьяка (токсич. доза, по Кравкову,—0,01 *г*, смертельная—0,06 *г*). Содержание свинца в осевшей пыли рабочих помещений достигает 42—44% (в помещении варки состава, дробосеялке). Просев Д. на обыкновенных открытых ситах, приводимых в движение кулачными передачами, сопровождается распылением свинцовой пыли (15—20 *мг* в 1 *м*³ воздуха); при сушке Д. на плите, переломачивании ее, ссыпке вручную и транспортировке на носилках с места на место свинец попадает в воздух, причем содержание его достигает 6,4 *мг* в 1 *м*³.

Для передачи полуфабрикатов и их обработки д. б. оборудованы механич. транспортеры, сушилки, сеялки и сепараторы. Варку состава из свинца с мышьяком необходимо производить в герметич. закрытых котлах. Основные меры оздоровления путем механизации д. б. дополнены устройством приточно-вытяжной вентиляции с местными вытяжками для паров и газов. Помимо этого должны строго соблюдаться меры личной гигиены, применяемые при других работах со свинцом. **А. Зильберник.**

ДРОВА, дерево всех пород, употребляемое как топливо. По своей массе Д. составляют свыше половины всего заготовляемого на лесосеках древесного материала. За исключением южных малолесистых областей, Д. в СССР учитываются по объему, для чего их выкладывают в поленницы. При таком способе измерения полноценность (полнодревесность) поленницы зависит от выкладки, причем нормальною считается такая выкладка, при которой древесная масса составляет 64% объема (см. табл.).

Д. различаются по породам деревьев, по длине и толщине поленьев и по способу доставки с лесосек. Т. к. теплопроизводительность Д. зависит от массы древесины, то наи-

Вес (в кг) 1 *м*³ нормально выложенных 0,5-*м* дров.

Порода	Сухие (25% влажности)	Сырые (50% влажности)
Дубовые	540	675
Березовые	470	590
Ольховые	390	490
Сосновые	390	505
Липовые	380	470
Осиновые	360	455
Еловые	355	465

лучшими считаются Д. с высоким уд. в., как то: грабовые буковые, дубовые и кленовые. В лесистых (средней и северной) частях РСФСР таких пород весьма мало, и здесь наилучшие Д. дают береза, лиственница и черная ольха; наиболее же низко расцениваются осиновые, тополевые, липовые, еловые и пихтовые. Типичный состав смешанных Д. в Ленинградском, Московском и Поволжском районах—50% хвойных пород, 25% березовых и 25% осины или липы.

По длине наиболее часто заготовляются Д.: для промышленности в 1 *м*, а для домашнего отопления — 0,7, 0,5 и 0,35 *м*; Д. длиною в 0,5 и 0,35 *м* называются швырком. По толщине различают: 1-й сорт—толще 15 *см* и обязательно расколотые (плашник); 2-й сорт толщиною от 7 до 15 *см*, к-рые обычно оставляются в круглом виде (кругляк), и 3-й сорт—топорник, образуемый более тонкими частями, не требующими пилы для разделки.

Выкладка Д. в поленницы кроме уменья и желания кладчика зависит от длины поленьев, их толщины, формы, очистки от сучьев. Чем поленья короче и толще, тем больше полнодревесность поленницы. Поэтому при распиловке метровых Д. на швырок получается «упил» в 3—5%, а при расколке толстых Д. получается «прикол» в 4—6%. Наиболее плотная кладка получается у еловых, пихтовых и буковых Д. (70%), а наименьшую полнодревесность (60%) дают грабовые поленницы. При недостаточной очистке от сучьев полнодревесность кладки может уменьшаться на 10% и более.

По способу доставки Д. с лесосек различаются г о р н ы е (не бывшие в воде) и с п л а в н ы е. Последние более сыры и расцениваются дешевле, т. к. влажность имеет большое значение как при хранении, так и при употреблении Д. Хранение Д. вообще, а сырых в особенности, требует известных предосторожностей, во избежание их гниения. С этой целью дровяные склады устраивают на открытых, обвеваемых ветром местах с низким уровнем грунтовых вод и по возможности на песчаной почве. Поленницы метровых Д. должны быть выложены на расстоянии 1 *м* одна от другой; при более коротких Д. допускается для большей устойчивости кладка двух поленниц впритык, с тем чтобы одна пара поленниц отстояла от другой на 1 *м*.

При сжигании в печах сырые Д. дают значительно меньшую теплопроизводительность не только вследствие затраты тепла на испарение воды, но и потому, что для поддержания горения приходится увеличивать тягу и вводить в топку повышенное количество воздуха, понижая тем самым пирометрич. эф-

фект. Даже в специальных шахтных печах с наклонными колосниками и горячим дутьем сырые Д. (с 50% влажности) дают теплопроизводительность на 10% меньше, чем воздушносухие (с 20% влажности). Насколько уменьшается тепловой эффект Д. в обыкновенных печах под влиянием влажности, показывают следующие цифры:

% влажности древесины	15	20	25	30	40	50	60
1 *кг* дров дает Cal	3 700	3 400	3 150	2 900	2 400	1 900	1 400

Древесина всех наших пород имеет весьма сходный химич. состав и содержит ок. 50% углерода. Поэтому их теплопроизводительная способность в абсолютно сухом состоянии при равном весе одинакова: ок. 4 500 Cal (по Кнршу 4 440 Cal) с отклонениями не более 3—5%. Удельная же теплопроизводительная способность различна для пород с разным уд. в. и в среднем составляет для абсолютно сухой древесины: дуба 3 000 Cal, березы 2 600 Cal, черной ольхи 2 000 Cal, сосны 1 800 Cal, ели и осины 1 700 Cal. Если принять за 100 теплопроизводительную способность 1 *м*³ еловых Д., то для 1 *м*³ сосны получим 110, для черной ольхи—120, для березы—140 и для дуба—160.

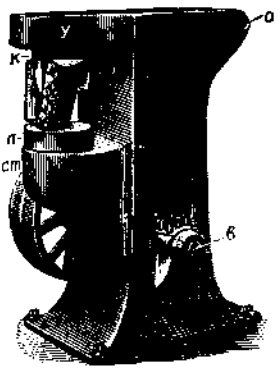
Помимо теплопроизводительной способности большое значение для оценки качества Д. имеет энергия их сгорания, и в этом отношении древесные породы располагаются уже в обратном порядке. Поэтому для паровых котлов особенно эффективными оказываются породы, занимающие среднее место, т. е. обладающие при достаточной теплопроизводительности хорошей энергией сгорания, а именно сосна и черная ольха. Одна весовая часть воздушносухих Д. испаряет 4 весовых части воды в стационарных паровых котлах, тогда как береза и дуб испаряют только 3,75 ч. Осиновые и еловые Д. с весьма большой энергией сгорания («горят, как порох») являются особо пригодными для газогенераторных топок стекольных и других з-дов. Ценность Д. с высоким уд. в. для комнатных и кухонных топок с коротким пролетом горячих газов в дымовых ходах еще более повышается в силу медленности сгорания таких Д., благодаря чему тепло отходящих газов более совершенно используется на нагрев печи. Пирометрич. эффект топлива при 20% влаги составляет ок. 1 300°, фактически же достигаемая в топках *t*° не превышает обычно 1 100°, а в комнатных печах падает до 700—800°. Для сравнения Д. с другими видами топлива нужно иметь в виду, что 100 *кг* Д. соответствуют по теплопроизводительной способности

Нефтян. остатков	31 *кг*	Торфа сухого	50 *кг*
Камен. угля	43 »	Торфа полусухого	120 »
Кокса	50 »		

Заготовки Д. производятся обычно вручную с гужевой вывозкой. Попытки применения механизации дровозаготовок встречают главное препятствие в разбросанности древесины на больших площадях. Наиболее благоприятные условия машины находят для разделки Д., заготовленных в лесу долготьем и доставленных сплавом на промежуточные склады у линии ж. д. или у судоходных рек. В этих случаях применяется механич. выгрузка из реки дровоподъемниками, распилка поленьев на окончательную длину круглой пилой и раскола дровоколкой (см. *Деревообделочные станки* и *Дровокольный станок*).

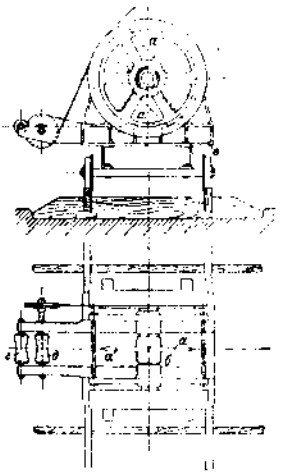
Лит.: Филиппов П. А., Лесная технология, стр. 60—76, СПБ, 1910; Арнольд Ф. К., Русский лес, т. 2, ч. 2, стр. 32—38 и 159—165, СПБ, 1899; Кирш Е. В., Дрова как топливо, стр. 1—48, Москва, 1919; «Товароведение», под ред. П. Петрова и Ф. Церетинова, т. 2, стр. 59—162, М.—Л., 1926; Надежин А. А., Основные виды топлив России и их характеристика, стр. 10—21, М., 1925; Зуев М. Д., Топливо и топливосжигание, стр. 268—283, Киев, 1927; Федорович И. И., Предпосылки к генеральному топливному плану, «ПХ», 1927, *8*, стр. 129—154; Майер В. И., Лесное хозяйство СССР, там же, *9*, стр. 174—187. **В. Петровский.**

ДРОВОКОЛЬНЫЙ СТАНОК, машина для механич. раскола дров. Д. с. строятся двух типов: 1) с прямолинейным или качающимся возвратным движением колуна и 2) с вращающимся колуном. Д. с. первого типа изображен на фиг. 1. Колун *к*, качающийся на оси *о*, приводится в движение шатуном от коленчатого вала *в*. Дрова ставятся вручную под колун на стол *ст*; подкладка *п* применяется для раскола более коротких поленьев. Упорка *у* скидывает с колуна при его подъеме заклинившиеся на нем поленья. Колун делает 100—120 ударов в мин.; потребляемая станком мощность 1—3 HP; производительность 600—1 000 кругляков в час, т. е. 9÷15 *м*³ 36-*см* дров, 13÷23 *м*³ 54-*см* и 18÷31 *м*³ 71-*см* дров. Дровокольные станки этого типа непригодны для колки более длинных дров, и кроме того их производительность зависит в сильной степени от ловкости обслуживающего персонала.



Фиг. 1.

Д. с. с вращающимися колунами (систем И. П. Володихина, М. А. Деневого и других) являются русским изобретением. Д. с. состоят из колуна *а—а* (фиг. 2), сидящего на валу *б* и вращающегося со скоростью 150÷200 об/м. Нижняя часть станины *в* снабжена V-образным вырезом, служащим опорой, и направляющими для раскалываемых поленьев. Вальцы *г* и *д* служат для механич. подачи раскалываемых дров к колуну. Вследствие того, что в Д. с. этой системы колун ударяет в боковую поверхность полена, на



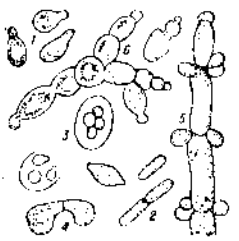
Фиг. 2.

нем м. б. раскалываемы дрова значительной длины, причем длина поленьев мало отражается на числе расколотых кругляков.

Производительность этих Д. с. равна 29÷39 *м*³ 1—2-*м* дров, около 24 *м*³ 71-*см* дров и 19 *м*³ 54-*см* дров. Расход мощности 8—10 HP. Недостатком этих станков является значительное количество получающейся при расколе щепы.

Лит.: Песоцкий Н., Лесопильное дело, 2 изд., вып. 13—15, Л., 1925; см. также *Дрова*.

ДРОЖЖИ, одноклеточные организмы, имеющие шаровидную или овальную форму и принадлежащие к простейшим сумчатым грибам (кл. Ascomycetes, сем. Saccharomycetes). В отличие от других грибов, лишь немногие Д. склонны развивать грибницу (мицелий). Размножение Д. (фиг. 1) происходит почкованием (*1*) и только в редких случаях делением (род Schizosaccharomyces, *2*). Характерным для Д. и одним из важных диагностических признаков является образование аскоспор, причем протопласт клетки (превращающейся т. о. в сумку) распадается на различное число (1—10) участков, одевающихся своей, в нек-рых случаях двойной оболочкой (*3*). В одних случаях (напр. Nadsonia, Zygosaccharomyces) образованию аскоспор предшествует копуляция (*4*), иногда (Schwanyomyces, Torulaspora) лишь намечающаяся, но не доходящая до слияния протопластов. Наоборот, у других Д. (у большинства технически важных) образование спор происходит без следов полового процесса. Известно однако большое число организмов, относимых различными авторами к семейству Saccharomycetes, во всех отношениях сходных с настоящими Д., но не образующих спор. К ним принадлежат виды Torula, часть которых принимает активное участие в образовании кефира, кумыса, айрана и т. п. напитков, затем, Mycoderma и патогенные Д.—Cryptococcus. Все они в настоящее время объединяются в семейство ложных дрожжей (Non-Saccharomycetes).



Фиг. 1.

Дрожжи широко распространены в природе, встречаясь на самых разнообразн. субстратах, содержащих органич. вещества, гл. обр. углеводы. Например большие скопления различных Д. наряду с др. микроорганизмами можно видеть весной на сочащихся ранах березы и других растений в виде розового слизистого налета. Число известных в настоящее время видов и рас Д. необычайно велико, но только немногие культурные расы нашли применение в производствах. Большинство же—дикие дрожжи—являются вредителями производств или в лучшем случае безразличным для них фактором. Известно также значительное число патогенных дрожжей, вызывающих кожные болезни (так называемые бластомикозы).

Роль Д. в производствах определяется гл. обр. их способностью сбраживать углеводы, расщепляя их в процессе брожения на спирт и углекислоту по общей ф-ле, установленной еще в 1815 г. Гей-Люссаком:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5 \cdot OH + 2CO_2.$$

При этом в одних случаях (виноделие, винокурение, пивоварение) ценными являются спирт и побочные продукты жизнедеятельности Д., обусловливающие так называемый «букет», в других—углекислота (разрыхление теста при хлебопечении). Во время войны 1914—18 гг., при недостатке жиров, дрожжи применяли в Германии для получения глицерина путем проведения процесса брожения в присутствии кислых сульфитов, связывающих один из промежуточных продуктов брожения—ацетальдегид—в виде трудно растворимого соединения:

$$CH_3.C\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown H\end{matrix}-OSO_2Na.$$

Брожение в этом случае идет не до конца, и в субстрате накопляется глицерина до 30% от взятого количества сахара. П. Линднер нашел близкий к Д. гриб (Endomyces vernalis), который при культуре на сахарном растворе накопляет в клетках масло и потому известен под именем питательных, или жировых, Д.

Способность к сбраживанию присуща различным Д. не в одинаковой степени; многие совершенно лишены ее (напр. пленочные). Столь же различно и отношение Д. к углеводам (что служит важным признаком для распознавания Д.). В этом отношении может быть установлено 5 групп, сопоставленных в приведенной таблице.

Группировка дрожжей по отношению к углеводам.*1

Группы	Декстроза	Левулоза	Сахароза	Мальтоза	Лактоза	Декстрин	Примеры
I	+	+	−	−	−	−	Saccharomyces apiculatus
II	+	+	+	−	−	−	S. fragrans
III	+	+	+	+	−	−	S. cerevisiae S. ellipsoideus
IV	+	+	+	−	+	−	Кефирные дрожжи
V	+	+	+	+	−	+	S. pastorianus Rees

*1 + расщепляют; − не расщепляют.

Наиболее важные в технике дрожжи относятся к III группе.

Д. подвержены значительным вариациям, гл. обр. в их физиологич. свойствах. Среди них насчитывается большое количество разновидностей или культурных рас, обладающих специфическими особенностями, важными в том или ином отношении, что создает весьма различную ценность различных рас в производствах. Однако отдельные расы, являясь часто лишь культурными разновидностями одного и того же вида, в весьма малой степени отличаются своими морфологич. признаками. Чтобы несколько ориентироваться в этом отношении, в *микробиологии*

технической (см.) приходится опираться на ряд сравнительно мелких признаков, связанных с физиологическими и культурными особенностями отдельных рас. По характеру развития на жидких субстратах отличают пленочные Д., растущие лишь на поверхности в виде пленки. В большинстве случаев они являются вредителями производств. Исключение составляют представители рода Willia, которые, как и другие пленочные Д., не образуют спирта, но принимают участие в создании «букета», т. к. обусловливают возможность образования сложных эфиров. В отличие от пленочных, большинство настоящих Д., к к-рым принадлежат и культурные, развиваются в жидкости в виде взвеси или осадка. Во время главного брожения они выносятся током углекислоты на поверхность, образуя более или менее мощную пену. Лишь спустя довольно долгое время после окончания главного брожения обозначается рост на поверхности с образованием б. или м. мощного развитого кольца на стенке сосуда с культурой Д. Время появления такого кольца при определенной $t°$ имеет значение диагностич. признака, ибо продолжительность развития колонии различных Д. до стадии образования кольца неодинакова. В таких старых культурах клетки часто остаются связанными, образуя своеобразный б. или м. ясно сформированный мицелий (фиг. 1, *5*). Далее, по характеру развития в период главного брожения, различают Д. низового и верхового брожения. Первые образуют хлопья, опускающиеся на дно; они лучше развиваются при низкой $t°$ (10—12°) и содержат энзим мелибиазу, вследствие чего рафинозу потребляют до конца (важный признак при контроле прессованных Д.); кроме того они оказывают влияние на клейковину зерен злаков, вследствие чего неприменимы в хлебопечении. Д. верхового брожения распределяются в жидкости в виде тонкой взвеси, постоянно поднимаясь с током углекислоты, дают обильную пену и при расщеплении рафинозы оставляют нетронутой мелибиозу. В нек-рых случаях для распознавания Д. можно пользоваться характером их роста в висячей капле. Большинство культурных Д. в этих условиях развивается, сохраняя связь между клетками (мицелий, фиг. 1, *6*); при этом пивные Д. верхового брожения дают симметричные фигуры, тогда как пивные Д. низового брожения и винные—асимметричные. Большинство диких Д. не дает подобных фигур, т. к. клетки их обособляются одна от другой, не образуя мицелия. Далее, Д. принято делить на два типа: сильно бродящие, называемые по месту первого нахождения—Frohberg, и слабо бродящие — Saatz. Наконец существенным признаком для распознавания Д. являются т. н. гигантские колонии, получаемые посевом большого количества молодых клеток в одно место поверхности питательной среды, напр. сусловой желатины.

Производство Д. раньше связывалось с производством спирта. Тот или иной затор подвергался нормальному спиртовому брожению (см. *Винокурение*). При нормальном ходе процесса через 14—19 ч. размножения Д. и развития главного брожения на поверхности образуется обильная зрелая пена, которая снимается, промывается через сито холодной водой для отделения от частичек зерен и отстаивается. Момент созревания пены узнается по начинающемуся опусканию ее у стенок чана и в центре. Затор после снятия пены доображивается и идет на получение спирта. В последнее время производство изменено в том смысле, что разведение Д. не связывается с производством спирта и ведется в сильно разведенном сусле или мелассе.

Применение Д. Для выпечки хлеба пригодны различные расы Д., но наиболее удобными для разведения на мелассе оказываются винные Д., сбраживающие различные имеющиеся в мелассе разновидности сахара. Непригодными, как указано, являются пивные Д. низового брожения. Во всяком случае, культивируемые в производстве Д. должны постоянно контролироваться на их подъемную способность пробной выпечкой хлеба. Для этого строго определенное количество Д. размешивается с известным количеством теста, приготовленного в определенных пропорциях из одного сорта муки, и подвергается брожению в формах при определенной $t°$. По подъему теста через определенный срок судят о качестве Д.

Для винокурения применяются Д. верхового брожения, лишь в слабой степени сбраживающие рафинозу. Они д. б. способны образовать большие количества спирта в возможно короткое время; кроме того они д. б. кислотоустойчивы, так как брожение всегда ведется в кислой среде. Из многочисленных рас Д. наибольшее значение в винокурении получили «раса II», изолированная П. Линдером (1889 г.), и особенно «раса XII», выделенная Метьюзом (1904 г.). Последняя с успехом применяется как в винокурении, так и в производстве хлебных Д. Раса XII характеризуется яйцевидной формой клеток и мало отчетливыми вакуолями; при культуре на твердых средах легко дает вытянутые клетки, так же как и в кольце старых культур; при культуре в висячей капле дает хорошие симметричные сцепления клеток; при культуре в жидкой среде клетки в большинстве случаев соединены по 3—6, легко распадаясь при центрифугировании и прессовании. На перебродивших жидкостях уже через 6 дней при 28° образуется толстоватая влажная белая пленка, распадающаяся при сотрясении на б. или м. крупные погружающиеся в жидкость хлопья. Обычный размер клеток $7 \times 6{,}8\ \mu$, но он подвержен колебаниям в разных условиях. Гигантские колонии имеют углубление в середине и радиально расходящиеся складки и бороздки, покрытые тонкой концентрической слоистостью. Края колонии—фестончатые. Раса II имеет клетки также яйцевидные, но несколько удлиненные (в среднем $7 \times 5{,}6\ \mu$), обычно с очень отчетливыми крупными вакуолями. В висячей капле клетки не дают прочных соединений, причем характерно присутствие клеток разной величины. Пленка образуется лишь на 13-й день и не обнаруживает соединения клеток, вследствие чего при сотрясении распределяется в жидкости в виде

тонкой взвеси. Гигантские колонии—плоские, цельнокрайние, обнаруживающие лишь слабую концентрич. исчерченность. Геннеберг рекомендует в винокурении пользоваться не одной расой, а смесью, в к-рую входят и пивные Д. низового брожения, особенно для сбраживания богатого рафинозой материала (меласса).

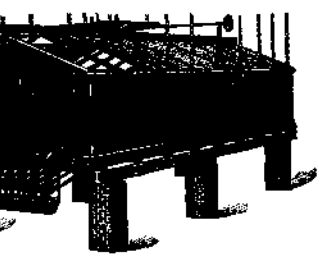
Пивные Д. подразделяются на Д. низового и верхового брожения. Первые представляют собой культурные дрожжи, приспособившиеся к низким $t°$. Благодаря клейким свойствам оболочки они дают только слабую муть в жидкости и образуют прочно лежащий на дне осадок, при встряхивании подымающийся в виде хлопьев. Клетки имеют яйцевидную форму; при культуре в висячей капле образуют несимметричные, легко распадающиеся, клеточные соединения. Низовые Д. относятся, вообще говоря, к слабым Д., образующим лишь незначительные количества алкоголя. Наиболее характерным их свойством является способность нацело сбраживать рафинозу. Гигантские колонии на сусловой желатине имеют форму низкого конуса с незначительной радиальной исчерченностью. Д. верхового брожения, наоборот, образуют лишь рыхлый, легко взмучивающийся в виде тонкой взвеси осадок. Во время брожения они увлекаются током углекислоты, вследствие чего жидкость делается значительно более мутной. При размешивании в воде Д. верхового брожения дают молочно-мутную жидкость, тогда как Д. низовые распределяются хлопьями, быстро оседающими на дно. При культуре в висячей капле образуются симметричные цепочные соединения клеток, располагающиеся б. ч. в плоскости. Споры образуются скорее и в большем количестве, чем у Д. низового брожения (при 25°—уже через 20 час., тогда как низовые лишь через 30—40 час.). Рафинозу расщепляют лишь до мелибиозы, к-рая дальше не сбраживается. Гигантские колонии более плоски, имеют в середине широкое углубление, отграниченное валиком и круговой бороздкой от плоского, постепенно снижающегося края. У некоторых рас имеются концентрически и радиально расположенные углубления на краевой зоне.

Лит.: Henneberg W., Handbuch d. Gärungsbakteriologie, 2 Aufl., B. 1, Berlin, 1926; Guilliermond A., The Yeasts, New York, 1920; Janke A., Allgemeine technische Mikrobiologie, T. 1, Dresden—Leipzig, 1924.

В. Шапошников.

Производство прессованных пекарских Д. подразделяется на следующие стадии: 1) изготовление питательной среды для размножения Д., 2) засев в эту среду семенных Д., 3) выращивание и размножение Д., 4) сбор жатвы, 5) примешивание к Д. картофельного крахмала 6) формование Д. в виде брусков и наконец 7) упаковка.

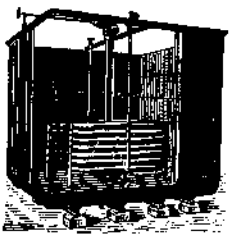
Наиболее употребительными исходными материалами для заторов служат: ячмень, превращенный в зеленый солод 9—10-дневного взращивания, наклюнувшаяся или же соложеная рожь, кукуруза, ячменно-солодовые ростки и (в последнее время) отброс свеклосахарного производства — меласса. Фабрикация прессованных Д. происходит в СССР 1) по так наз. воздушному (вернее, воздуходувному) дрожжево-винокуренному, 2) по хлебно-приточному и 3) по мелассово-приточному способам. По воздушному способу, ростки и измельченные на солододробилке ячменный зеленый солод и рожь засыпают в заторный чан (см. *Винокурение*) в холодную воду, слегка подкисленную серною кислотою, и после тщательного размешивания выдувают в чан отваренную в генце кукурузу, не допуская повышения $t°$ выше 52°. Эта $t°$ благоприятствует действию энзима—пептазы, находящейся в солоде и частично переводящей высокомолекулярные белки хлебных припасов в продукты их расщепления. Заторная масса размешивается при этой $t°$ в течение $^1/_2$—1 ч. и затем разогревается до 63—64°. При этом разогревании энзим—диастаз превращает до 80% наличного крахмала в мальтозу (осахаривание) и ок. 20% в декстрины. По окончании осахаривания, определяемого при помощи иодной реакции, заторной массе дают постоять при 64° еще 2—3 часа с целью подавления жизнедеятельности населяющих ее микроорганизмов, после чего, пропуская через медный змеевик заторного чана холодную воду, понижают $t°$ до 58° и заквашивают затор разводкой молочнокислых бактерий B. Delbrücki, к-рым дают развиваться



Фиг. 2.

в течение 15 ч. и более, не допуская свижения $t°$ ниже 55°. При таких условиях образуется молочная к-та; кислотность доходит обыкновенно до 1,2° по Дельбрюку. Вместе с тем, благодаря действию пептазы молочнокислых бактерий, возрастает содержание растворимого азота в заторной массе. По достижении желательной кислотности, затор нагревают до 70°, и эту $t°$ поддерживают 20 мин. с целью умерщвления молочнокислых бактерий, к-рые в противном случае могли бы вредить Д. при брожении. При 70° погибает однако и диастаз солода, и если тем не менее в квасильном чане и сбраживается некоторое количество декстринов, то лишь благодаря дрожжевым энзимам—мальтазе и инвертазе. По прошествии указанных 20 мин. сусло спускают в фильтрационный чан (фиг. 2). Последний изготовляется из железа в 6 *мм* толщины и имеет обыкновенно четырехугольную форму. В нем на расстоянии 20—25 *мм* от дна расположены бронзовые фильтрационные днища с щелеобразными или круглыми отверстиями. Днища—составные, обычно из квадратных плит в 1 $м^2$, плотно прилаженных одна к другой. В дне чана под каждой плитой сделано отверстие для спуска отцеживаемого сусла; два отверстия соединены обыкновенно в одну трубку, снабженную спускным краном. Краны находятся на одной прямой линии, и под ними

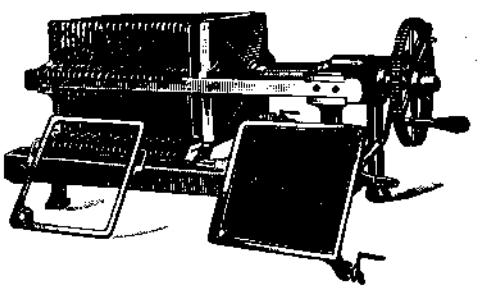
помещается жолоб, в к-рый втекает отфильтровываемое сусло. Кроме того чан снабжен люком для спуска остающейся после фильтрации дробины (гущи), подхватываемой шнеком и выгружаемой на двор завода. Эта дробина служит прекрасным кормом для коров. Фильтрация имеет целью отделение жидкой части заторной массы от гущи. На 100 *кг* заторного сырья необходима фильтрационная площадь в 1 $м^2$, что делает возможным окончание процесса фильтрации в 4—4½ ч. Первоначально стекающая прозрачная жидкость носит название основного сусла и показывает концентрацию ок. 11° Баллинга. Гуща выщелачивается горячей (70°) водой до полного извлечения всего экстракта. Стекающее из фильтрационного чана прозрачное сусло направляется через трубчатый противоструйный холодильник Бома в железный квасильный чан (фиг. 3), снабженный медным змеевиком, через к-рый пропускают холодную воду для регулирования $t°$ брожения, и медными перфорированными трубками, через которые посредством воздуходувок продувают во время брожения воздух в количестве 7—8 $м^3$ на 100 *л* сусла в 1 час.



Фиг. 3.

Брожение в квасильных чанах возбуждается т. наз. задаточными, или семенными, Д. Последними служат либо прессованные Д., разведенные в небольшом количестве воды и применяемые в количестве 6% по отношению к весу засыпанных в затор припасов, либо тоже прессованные Д., но подвергшиеся подготовительному брожению (подмолаживанию). В последнем случае отбирают при фильтрации в особый чанок некоторое количество основного сусла, исходя из расчета 50 *л* на 100 *кг* заторных припасов, засевают в него прессованные Д. в количестве 4% веса заторных припасов и подвергают брожению, без продувания воздуха, в течение 12—24 ч. при $t°$ 17,5—22,5°. Особенно пригодными для воздушного способа оказались расы XII и M Берлинского ин-та бродильных производств. В квасильном чане засев Д. производят, как только фильтруемое сусло прикроет воздухораспределительные трубки, и тотчас же начинают слабо продувать воздух. Количество воздуха постепенно увеличивают по мере усиления поступления прозрачного сусла. Засев дрожжей происходит при 25°, и к концу фильтрации $t°$ достигает 26°. По окончании фильтрации на 1 *кг* заторных припасов в квасильном чане получается 15—18 *л* прозрачного сусла с плотностью 3—4° Баллинга и кислотностью 0,4—0,42° по Дельбрюку. Указанную кислотность увеличивают прибавлением серной к-ты до 0,46—0,50°, чтобы гарантировать сусло от заражения пленочными дрожжами (микодермой), сильно понижающими качество прессованных дрожжей, так как они не в состоянии поднимать хлебного теста. Во время брожения выделяется теплота, и $t°$ сусла возрастает. Осторожным пропусканием холодной воды через змеевик квасильного чана регулируют $t°$ сусла с таким расчетом, чтобы она повышалась в течение 1 ч. на 0,6°. По достижении 30° эту $t°$ поддерживают еще 1 ч.; затем уменьшают приток воздуха на три четверти и по возможности быстро понижают $t°$ до 25°, давая дрожжам дозревать при этой $t°$ в продолжение 2 ч. Брожение длится при указанных $t°$ около 11 ч., а при более низких—до 16 ч. Во время дозревания Д. можно проследить под микроскопом постепенное исчезновение почкующихся дрожжевых клеток и все возрастающее количество одиночных зрелых клеток, заметно увеличивающихся в объеме.

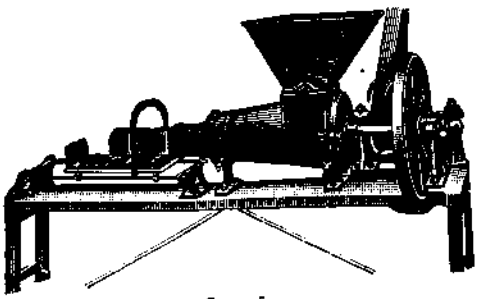
По окончании брожения в квасильных чанах содержимое их направляется на дрожжевые сепараторы. Последние представляют собою центрифуги. Дрожжи, как более тяжелые, отбрасываются от центра к периферии сепаратора и удаляются из последнего в виде густой жидкости консистенции сливок. Новейшие сепараторы шведской фирмы Альфа-Лаваль делают до 5 000 об/м. и обладают пропускной способностью около 8 000 *л* бражки в час. Освобожденная от Д. бражка стекает из верхней трубы сепаратора в особый жолоб, ведущий к сборнику для бражки у брагоперегонного аппарата (см. *Винокурение*). Из нижней трубы сепаратора вытекают сепарированные Д. в жолоб, направляющий их на стенчатый или круглый оросительный холодильник. Дрожжи стекают по поверхности холодильника, к-рый изнутри орошается холодною водою. При этом Д. охлаждаются до 15°, после чего их окончательно освобождают от бражки путем прессования на фильтр-прессах (фиг. 4),



Фиг. 4.

представляющих собою ряд металлич. рам и плит, обтянутых фильтр-прессной тканью (бельтинг). Рамы плотно сдвинуты и сжаты особым винтом. В пространство между рамами накачивают насосом сепарированные Д., постепенно увеличивая давление до 7—10 *atm*. Прессование длится от 2 до 3 ч. Сухо-спрессованные Д. содержат обыкновенно ок. 75% влаги и лишь 25% сухого вещества и имеют следующий состав (раса XII): 8,13% золы, 50,28% азотистых веществ, 41,59% безазотистых веществ. Зола содержит 52,72% фосфорной кислоты, 0,6% калия и 4,79% магнезии. К прессованным Д. примешивается в особой тестомесильной машине картофельный (иногда и маисовый) крахмал самого высшего сорта с целью придать им бо́льшую стойкость при хранении.

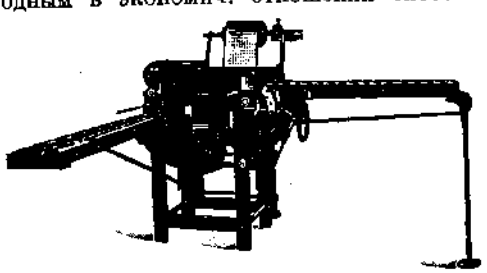
Прессованные Д. продаются в виде брусков весом в 500 и 100 *г*, с содержанием не более 10% крахмала. Бруски вырабатываются особой формовочной машиной (фиг. 5), представляющей собою металлич. конус, из к-рого шнек вытесняет дрожжевую массу в бронзовый мундштук, придающий ей требуемую форму. Д. завертываются в парафинированную бумагу, поверх которой накладываются плотный бумажный этикет и установленная акцизная бандероль. За последнее



Фиг. 5.

время входит в употребление автоматы для упаковки Д., с производительностью в 50—60 пакетов в 1 мин. (фиг. 6). Упакованные Д. складываются в деревянные ящики вместимостью 4 *кг* Д. и хранятся в сухих кладовых, в которых искусственным охлаждением поддерживается $t°$ около 2,5°. Зимой ящики с Д. для предохранения от замерзания во время транспорта укутывают в войлок и кроме того зашивают в рогожу.

По описанному воздуходувному способу получается выход ок. 35—40% бескрахмальных Д. и 10—12% алкоголя. За последние годы указанный способ фабрикации Д. постепенно вытесняется значительно более выгодным в экономич. отношении способом,



Фиг. 6.

возникшим в Германии во время войны. Этот способ применим как при хлебно-фуражном, так и при мелассовом сырье и носит название приточного метода. По хлебно-приточному способу основное сусло и первая промывная вода собираются в особом (приточном) чане, тщательно смешиваются, и получившаяся питательная среда медленно (8—10 час.) и постепенно спускается непрерывным потоком в квасильный чан, доставляя развивающимся Д. свежую и легко усвояемую пищу. Брожение ведется в более разбавленном водой сусле, чем при воздушном способе, причем на 1 *кг* исходного сырья приходится в квасильном чане 20—22 *л* жидкости, смешанной с большим количеством воздуха (до 11 $м^3$ в 1 ч. на 100 *л* жидкости). При этом следят, чтобы пронизываемый воздухом столб жидкости в квасильном чане имел высоту в 3,2 *м*. Эта предосторожность основана на том наблюдении, что при очень сильном разбавлении питательной среды водою и обильном притоке воздуха зимаза не в состоянии полностью выполнять своей основной функции—разложения сахара, к-рый в этом случае при чрезмерной интенсивности окислительного процесса повидимому сгорает в углекислоту.

Рост и размножение Д. сопряжены с процессом дыхания, в результате к-рого высокомолекулярные белковые вещества расщепляются на углеводную и азотистую группы. Азота однако недостаточно для получения больших выходов Д., пригодных для хлебопечения. Поэтому органич. азот сусла приходится пополнять еще неорганич. азотом, усвояемость к-рого Д. установлена еще Пастером. Азот вводится в форме аммонийных солей или аммиака. Помимо азота приходится пополнять состав затора также еще и фосфором. Для засева приточных заторов применяют прессованные дрожжи в количестве ок. 15% веса исходного сырья, чтобы сразу обеспечить им доминирующее положение среди всех микробов сусла. Последнее разбавляют водою до начальной концентрации 1,7° Баллинга, и после прибавки Д. во время притока эта концентрация колеблется между 1 и 1,2° Баллинга, повышаясь по мере накопления Д. до 1,6—1,7°. Брожение длится около 11 ч; $t°$ около 26—27°, и лишь к концу ей дают повышаться до 30°, не уменьшая количества вводимого воздуха. Затем содержимое квасильного чана охлаждается до 25° и дозревает еще в течение 1—2 ч. при этой же темп-ре и уменьшенном в 4 раза количестве воздуха. Отбродившая бражка содержит лишь 0,3—0,5% алкоголя. Для дозировки питательных солей исходят из соображения, что Д. с хорошей подъемной силой и достаточной сохранностью должны содержать ок. 1,8% азота и ок. 1,0—1,2% фосфора. Если например затрачивается для затора 1 000 *кг* хлебно-фуражного сырья и ожидается выход Д. в 50%, то получающиеся 500 *кг* Д. должны содержать 9 *кг* азота и ок. 5 *кг* фосфора. Химич. анализом установлено однако, что в 1 000 *кг* указанных припасов содержится в среднем лишь 4,95 *кг* усвояемого азота и 4,85 *кг* фосфора. Недостающие 4,05 *кг* азота д. б. следовательно пополнены. Для пополнения азота служит частично молочнокислый аммоний, который добывается в заторе путем нейтрализации аммиаком молочной к-ты, накопляющейся во время молочнокислого закисания, продолжительность которого в таком случае удлиняется до 36—48 ч. После этого недостающее количество азота добавляется либо в виде раствора сернокислого аммония либо в форме аммиака. Что же касается фосфорной кислоты, то источником ее получения служит суперфосфат, с содержанием около 14—16% водорастворимой фосфорной к-ты. Фосфорной к-ты прибавляют в $1^1/_4$—$1^1/_2$ раза больше, чем приходится по расчету, т. к. нек-рый избыток ее в сусле благоприятно влияет на способность Д. к размножению, и кроме того при сложных биохимич. процессах, со-

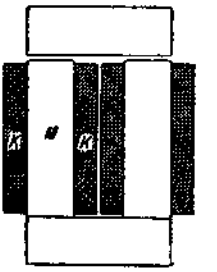
провождающих брожение, часть фосфорной кислоты выпадает в форме нерастворимых трифосфатов.

Приточный способ фабрикации Д. из мелассы принципиально тождественен с хлебно-приточным способом, но, учитывая химич. состав мелассы, приходится прибегать к иной дозировке питательных солей. Мелассовый способ упрощает работу в том отношении, что при нем совершенно упраздняются фильтрационные чаны и нет необходимости пользоваться молочнокислым закисанием затора. Меласса подвергается процессу осветления под действием серной к-ты и суперфосфата, в результате чего выделяется хлопьевидный осадок, увлекающий на дно чана взвешенные в мелассе коллоидальные и красящие вещества. Очищенная таким путем меласса декантируется в особый приточный чан и служит питательной средой для размножения Д. В среднем в 1 000 *кг* мелассы содержится 5 *кг* усвояемого азота и 0,5 *кг* фосфора. Если ожидается например выход Д. в 70%, т. е. 700 *кг* Д., то они должны содержать 12,6 *кг* азота (1,8%) и 7,7 *кг* фосфора (1,1%). Следовательно надлежит ввести в питательную среду еще 7,6 *кг* азота и 7,2 *кг* фосфора. Нек-рая часть потребного азота м. б. введена в затор употреблением (3—10% по весу мелассы) ячменно-солодовых ростков, содержащих в среднем около 1,1% усвояемого Д. азота; остальной азот может поступать либо в форме одного лишь сернокислого аммония либо частично также в форме аммиака. За границей для указанной цели применяется также фосфорнокислый диаммоний $(NH_4)_2HPO_4$, содержащий 21% азота и 53,4% фосфора, которым заменяется фосфор из суперфосфата. Усвоение Д. азота должно контролироваться формальной реакцией Зеренсена, и новые порции азота не должны поступать в квасильный чан, пока не будет использован весь наличный азот. Спирта при этом способе получается настолько ничтожное количество, что сгонять его представляется экономически невыгодным. Семенными Д. для мелассовых заторов служат разводки чистых культур специальных рас, способных сбраживать содержащуюся в мелассе рафинозу; эти Д. приспособляются к условиям практики путем повторного размножения в суслах с постепенно понижаемою экстрактивностью по Баллингу. Оценка качества прессованных Д. производится путем пробных выпечек хлеба по герм. стандартному способу.

Лит.: Гивартовский Р. В., Винокуренное и дрожжевинокуренное производство, М., 1925; Kiby W., Handb. d. Presshefenfabrikation, Brschw., 1912; Brauer J. E., Hefenfabrikation, 4 Aufl., Lpz., 1922; Pollak W. u. Bermann V., Sammlung neuerer Arbeiten auf d. Gebiete d. Presshefenfabrikation, Leipzig—Prag, 1927. **Р. Гивартовский.**

ДРОК КРАСИЛЬНЫЙ, Genista tinctoria L., низкорослый приземистый кустарник, из сем. Papilionaceae. Он произрастает почти по всей европ. части СССР, за исключением северной области, в Западной Европе, а также в Сибири. Д. к. произрастает в лесных зарослях, по опушкам, на сухих выгонах, на самой разнообразной почве, предпочитая богатую перегноем лесную почву. Извлекаемое из срезанных во время цветения и подсушенных побегов красящее вещество находит применение в красильном деле для окраски льняных и бумажных тканей в желтый цвет. Из него же приготовляют сухую краску. Из цветов приготовляют желтый лак, а вымоченный в воде стебель дает волокно, к-рое годно для пряжи. В ю.-з. части СССР произрастает G. germanica L.; в ю.-в. части Европы—G. pilosa L.; в Крыму, на Северном Кавказе и в Закавказьи—G. albida Willd. Последняя разновидность имеет сильно развитую корневую систему, делающую ее пригодною для укрепления сыпучих песков. **Н. Кобранов.**

ДРОССЕЛЬНАЯ КАТУШКА (реактивная катушка), устройство, применяемое в цепях переменного тока для получения добавочного падения напряжения. Д. к. представляет собою катушку самоиндукции с железным магнитопроводом или без него, в зависимости от назначения. На фиг. 1 схематически представлено устройство Д. к. Железный магнитопровод *M* делается набранным из листового железа толщиной в 0,5 *мм*, для уменьшения потерь в железе. Приблизительно 0,1 ч. объема железа уходит на бумажную изоляцию между листами. *K*, *K*—две катушки из изолированной медной проволоки, соединенные последовательно. Сечение *Q* (*см*²) железного сердечника определяется из выражения:



Фиг. 1.

$$E_2 = 4{,}44\, f \cdot w \cdot B \cdot Q \cdot 10^{-8}\ \text{V},$$

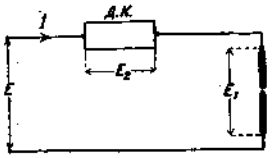
или

$$L = 4\pi \cdot \frac{Q w^2}{\delta'} \cdot 10^{-9}\ \text{H},$$

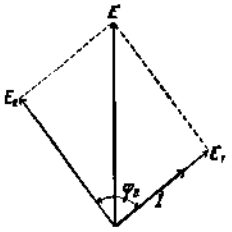
где E_2—напряжение на зажимах Д. к., f—число периодов переменного тока, w—выбранное число витков, B—магнитная индукция, к-рая берется, в зависимости от сорта железа и назначения Д. к., в пределах от 5 000 до 10 000 инд. линий, L—коэф-т самоиндукции Д. к., δ'—приведенная длина воздушного зазора, равная $2\delta + \frac{l}{\mu}$ (l—длина пути силовых линий в железе, μ—коэф-т магнитной проницаемости). Сечение q витков катушек определяется плотностью тока, которая обычно берется $= 1{,}5 \div 2{,}5$ А/*мм*². Чтобы при изменении силы тока или напряжения на зажимах Д. к. коэфициент самоиндукции ее оставался практически постоянным, воздушный зазор 2δ выбирают равным 2, 3 и даже 5 *мм*.

Д. к. имеет самое разнообразное применение в электротехнике. Пусть напр. требуется понизить напряжение на электродах дугового фонаря, присоединенного к сети переменного тока. Это можно осуществить при помощи Д. к., включенной по схеме фиг. 2. Одновременно с этим уменьшается колебание силы тока, вызывающее неспокойное горение дуги. Понижение напряжения происходит без большой потери энергии, в противоположность тому случаю, когда для той же цели применяется омич. сопротивление (реостат). На фиг. 3 представлена

векторная диаграмма включения Д. к. по схеме фиг. 2. Вектор силы тока I совпадает по фазе с напряжением E_1, действующим на зажимах лампы, и отстает на угол φ_2 от E_2—падения напряжения в Д. к. Угол φ_2 был бы точно равен 90°, если бы не было потерь в железе и меди Д. к., которые в сумме составляют обыкновенно около 10% от произведения $E_2 \cdot I$. Эти суммарные потери в Д. к. получаются наименьшими тогда, когда у нее выбрано такое число витков и их сечение, что, при тех же силе тока и падении напряжения E_2 в Д. к., потери в железе получаются равными потерям в меди. В настоящее время однако избегают применять Д. к. для дуговых фонарей, а ставят вместо них трансформаторы или делители напряжения, т. к. в последнем случае понижается сила тока, идущего из сети, благодаря меньшему сдвигу фаз. При освещении длинных каналов и шоссе выгоднее применять последовательное соединение источников света, т. к. сечение проводов получается меньше, чем при параллельном соединении. В этом случае параллельно к каждой лампе присоединяют Д. к. (фиг. 4). Этим можно достигнуть того, что при перегорании 40% общего числа ламп в остальных сила тока уменьшится всего на 10%.



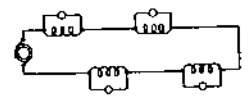
Фиг. 2.



Фиг. 3.

Д. к. употребляются также для регулирования напряжения однокорных преобразователей со стороны постоянного тока. В том случае, когда два трансформатора имеют не совсем одинаковые коэфициенты трансформации или неравные падения напряжения, при нагрузке включают ок. этих трансформаторов Д. к., чем достигается удовлетворительность их параллельной работы.

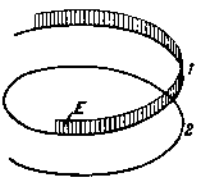
Очень важное применение Д. к. относится к области защиты мощных электротехнич. установок от действия чрезмерных токов и перенапряжений. Употребляемые в первом случае Д. к. носят название **реакторов** и служат для ограничения тока при коротком замыкании, случившемся в каком-нибудь пункте сети. Реакторами защищают обычно слабые ответвления, которые рассчитаны на сравнительно небольшую рабочую силу тока и поэтому не могут выдерживать громадных токов короткого замыкания, достигающих 200-кратного и бо́льших значений. Наиболее распространенная величина падения напряжения в реакторах при прохождении рабочей силы тока—5% от рабочего напряжения. Таким значением удается ограничить силу ударного тока короткого замыкания до 30-кратного рабочего тока, что для многих случаев является достаточным. Выше итти не следует, т. к. возрастающее падение напряжения при нагрузке невыгодно отражается на приемниках энергии. Поэтому реакторы обыкновенно делают без железного сердечника; расчет их ведется на основании следующих выражений:


Фиг. 4.

$$L = \frac{E_d}{2\pi \cdot f \cdot I} \text{ и } L \cong \lambda \cdot D \cdot w^2 \cdot 10^{-9} \text{ H},$$

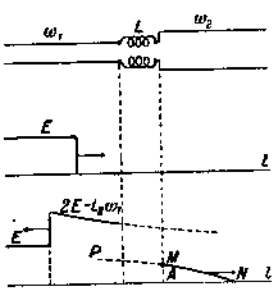
где λ колеблется от 4 до 6 в зависимости от отношения высоты реактора к его внешнему диаметру D.

При защите от перенапряжений Д. к. служат для сглаживания крутого фронта набегающей волны напряжения, который очень вредно действует на изоляцию обмоток трансформаторов, машин и аппаратов, находящихся на пути этой волны. Действительно, если напр. трансформатор имеет 3 000 витков и находится под рабочим напряжением, амплитудное значение которого 30 000 V, то понятно, что напряжение между двумя соседними витками не превзойдет значения 10 V. Последнее и имеют в виду при устройстве изоляции между витками. Однако такое положение резко меняется в случае набегания волны напряжения. Как видно из фиг. 5, в то время как первый виток находится уже под напряжением, до второго волна еще не дошла. Т. о. между этими первыми витками в момент вхождения волны может образоваться полное напряжение (в нашем случае—30 000 V). В действительности влияют емкости между витками и между витками и корпусом, вследствие чего указанное выше напряжение понижается, однако не настолько, чтобы быть безопасным.



Фиг. 5.

Д. к., находящаяся на пути волны напряжения, сглаживает ее фронт. Это объясняется тем, что подходящая волна с напряжением E и с силой тока $i_0 = \frac{E}{w_1}$ (w_1 — волновое сопротивление линии передачи, равное $\sqrt{\frac{L}{C}}$, где L и C—коэф-т самоиндукции и емкость 1 км линии) разбивается у входа в Д. к. на две части: на отраженную с силой тока i'_0 и на проходящую с силой тока $i_2 = i_0 - i'_0$ (фиг. 6). Одновременно с этим у входа в Д. к. образуется напряжение $E + E' = (i_0 + i'_0)w_1 = (2i_0 - i_2)w_1 = 2E - i_2 w_1$. Это напряжение д. б. равно напряжению самоиндукции, развивающемуся в Д. к. при прохождении по ней тока. Т. о.



Фиг. 6.

$$2E - i_2 w_1 = L \cdot \frac{di_2}{dt},$$

откуда

$$i_2 = \frac{2E}{w_1}\left[1 - e^{-\frac{w_1}{L}t}\right],$$

т. е. нарастание тока i_2, проходящего за Д. к., происходит постепенно, по закону экс-

поненциальной кривой. Если учесть волновое сопротивление обмотки трансформатора, то ур-ие представится в следующем виде:

$$i_2 = \frac{2E}{w_1 + w_2}\left[1 - e^{-\frac{w_2 + w_1}{L}t}\right].$$

Подробнее об отражении волн от Д. к. см. *Перенапряжения*.

Ниже приводится таблица коэфициентов самоиндукции Д. к. в mH в зависимости от мощности и напряжения.

Коэфициенты самоиндукции дроссельных (реактивных) катушек в mH.

Напряжение в V	Мощность в kVA				
	10	50	100	500	1 000
3 000	5,1	1,5	0,9	0,27	0,16
6 000	20,3	6	3,6	1,1	0,64
10 000	56,5	16,8	10	3,0	1,8
20 000	226	67	40	12	7,2
35 000	705	210	125	37	22,1

Наиболее употребительные типы Д. к.— соленоидальный и дисковой. Расчет подобных катушек м. б. произведен по следующей формуле Эмде:

$$L = 2\pi y \cdot Dw^2 \cdot 10^{-9}\ \text{H},$$

где w—число витков, D—внешний диаметр Д. к., y—коэфициент, зависящий от отношения диаметра Д. к. к ее длине.

Лит.: Круг К. А., Основы электротехники, М., 1926; Угримов Б. И., Техника высоких напряжений, вып. 3, М.—Л., 1924; Эпштейн Г. Л., Перенапряжения на электротехнических установках, Киев, 1927. **Е. Нитусов.**

ДУБ (Quercus), дерево или редко кустарник с опадающими или вечнозелеными листьями. Большинство представителей этого рода (к-рых насчитывается до 300) произрастает в С. Америке, на долю Европы приходится разновидностей всего ок. 17, а в пределах СССР в естественных условиях произрастает 10—12. Вечнозеленые Д. произрастают в Европе (Средиземноморская область) и в Азии (Япония). Существенное лесохозяйств. значение для нашей страны имеет Q. Robur L., подразделяемый на три вида: Q. pedunculata Erh.— летний Д., Q. sessiliflora Salisb. — зимний Д. и Q. pubescens Willd.—пушистый Д. Наряду с этими основными видами в настоящее время устанавливается много мелких форм, различаемых по характеру строения листовой пластинки, по форме плодов, времени распускания и другим признакам. Поздно распускающаяся форма Д. Q. pedunculata (v. tardiflora Czer.) в меньшей степени повреждается поздними весенними заморозками и обладает более стройным стволом, а кроме того характеризуется и более твердой древесиной, чем рано распускающаяся форма (v. praecox). В южной части УССР обе эти формы встречаются в естественных лесах, занимая иногда большие площади. Селекция этой разновидности Д. имеет серьезное значение для лесного хозяйства в дубовых лесах.

В пределах европ. части СССР наиболее распространенным является Q. pedunculata Erh. и менее—остальные два вида. Северная граница распространения летнего Д. проходит через Шотландию, Норвегию и Швецию, поднимаясь до 63°, и затем идет через юж. Финляндию до Гельсингфорса, переходит в Эстонию и тянется по юж. побережью Финского залива, проходя почти по прямой линии через Ярославль на Каму до реки Урала; не доходя до Уральского хребта, граница распространения летнего дуба резко спускается к югу.

Южная граница сплошного распространения Д. совпадает с началом степей. В степной зоне Д. встречается в виде островных насаждений, а затем снова его можно встретить на горах Крыма и Кавказа. В прежнее время ареал распространения Д. был значительно больше, о чем свидетельствуют находки т. н. черного Д. (мореного Д.) на дне многих северных рек за границами его настоящего естествен. распространения. Q. sessiliflora Salisb. распространен в СССР (ю.-з. области, Крым, Кавказ) и в Зап. Европе. Q. pubescens Willd. встречается в южной Европе и в пределах СССР (западная часть УССР, Крым, Кавказ).

По своим биологическим особенностям Д. принадлежит к древесным породам, весьма требовательным к плодородию почвы, ее глубине и свежести; наилучшие дубовые насаждения произрастают на деградированных черноземах, на свежих плодородных суглинках и супесях. Д. является породой теплолюбивой; для ее произрастания, по Майру, необходима средняя годовая температура воздуха 7—12°, при средней температуре вегетационного периода 16—18°. К весенним депрессиям $t°$ Д. весьма чувствителен. Зимние морозы нередко вызывают образование морозобойных трещин в стволе Д., естественно понижающих его качество, а также служащих источником для заражения грибными заболеваниями. Д., относясь к светолюбивым породам, особенно страдает при верхушечном отенении, тогда как отенение с боков действует благотворно в смысле формирования более стройного ствола, т. к. ограничивает разрастание Д. в сучья, что для него является весьма характерным.

В начале своего развития Д. растет медленно (Д. «сидит»), развивая преимущественно свойственную ему мощную корневую систему с резко выраженным стержневым корнем. После периода укоренения Д. начинает быстро расти в высоту до 60 лет, после чего разрастается крона и весьма долго продолжается равномерный рост по диаметру. В целях ускорения роста Д. в молодости в искусственных насаждениях к нему примешивают быстрорастущие породы, к-рые носят название подгона; к ним относятся клен остролистный, граб, береза и др. Д. достигает большой высоты, 35—40 *м*, при диам. 55—70 *см*, обладая поразительной долговечностью в 400—500 лет и более. Ствол Д. составляет в среднем 55% массы всего дерева, крона—20% и сильно развитая корневая система—около 25%. Кора на молодых деревьях зеленая с красноватым оттенком, гладкая, зеркальная, содержит большое количество дубильных веществ (см. *Спр. ТЭ*), к старости становится черноватой, пепельно-серой и истрескавшейся в силу образования корки. Процесс естественного изреживания в дубовых насаждениях выражен весьма резко, и в них к возрасту спелости остается

250—300 Д. на *га*. В силу этого почва в спелых дубовых насаждениях зарастает травой, борьба с к-рой ведется путем создания под пологом дубовых насаждений почвозащитного подлеска. Д. размножается преимущественно семенным путем. Цветет он обычно одновременно с распусканием. Жолуди созревают осенью в год цветения и по созревании опадают на почву, где их и собирают. В насаждениях Д. семенного происхождения начинает приносить жолуди с 55-летнего возраста, на свободе—с 25 лет. Порослевого происхождения Д. дает жолуди в насаждениях с 30 лет. Семенные годы у Д. наступают через 5—7 лет, и в зависимости от климата и почвенно-грунтовых условий этот срок меняется, сокращаясь для местностей с теплым климатом и влажной богатой почвой. В урожайные годы количество собираемых жолудей в насаждениях Д. может достигать 1 000 *кг* с *га*. В 1 *кг* жолудей насчитывается в среднем 300 шт., с нек-рыми колебаниями, в зависимости от их величины, в ту или другую сторону. Хорошо отсортированные, только-что собранные жолуди имеют первоначальную всхожесть 90%, но уже после хранения в течение зимы всхожесть падает до 50%. Однако, как показали исследования проф. А. Н. Соболева, жолуди, переслоенные влажными опилками, зимою в погребах, а летом в ледниках, при низкой *t°* и постоянной влажности можно сохранять до 4—5 лет. Обычно жолуди хранят в ямах, вырываемых в земле, в кучах, в снегу или в проточной воде.

Д. возобновляется также и порослью от пня; для получения наибольшего количества поросли необходимо производить рубку дубовых насаждений ранней весною, делая гладкий срез по возможности у самой поверхности почвы. Порослеобразовательная способность у Д. наивысшая в возрасте 60 лет, а затем она сильно ослабевает. Наилучшими дубовыми насаждениями являются насаждения семенного происхождения, вследствие того что порослевые обладают меньшей долговечностью, а потому считается более целесообразным при возобновлении дубовых насаждений создавать их из Д. семенного происхождения. Разведение Д. производится чаще всего посевом желудей, но нередко и посадкой саженцев и сеянцев; в последнем случае посадочный материал воспитывается в питомниках. При возобновлении Д. на сплошных лесосеках предпочтительнее производить посадку Д. крупными сеянцами или саженцами (до 0,7 *м* высотою); на лесосеках, уже заросших порослью лиственных пород, прорубают коридоры на расстоянии 4 *м* один от другого и производят на них посадку Д. по 1 200—2 400 шт. на *га* или же закладывают на 1 *га* такой заросшей лесосеки по 200—250 площадок, размером 1×2 *м*, и почву на них обрабатывают путем перекопки лопатой или мотыгой на глубину 13—17 *см*. Иногда производят посадку Д. после предварительного с.-х. пользования или соединяют посадку Д. с промежуточной культурой с.-х. растений. В этих случаях обычно Д. высаживают в смешанных насаждениях с присоединением к нему подгоночных и кустарниковых пород.

Дубовые насаждения имеют не мало вредителей из мира животных, насекомых и растительных паразитов. К ним относятся: грибок Rosellinia quercina, желудевый долгоносик (Balaninus glandium March.), желудевая плодожорка (Carpocapsa juliana Crt.), майский хрущ, сойки, мыши, зайцы и др. В результате этих повреждений Д. приобретает своеобразную кустистую форму, а поранения часто служат местом проникновения в древесину инфекционных грибных заболеваний. Листва Д. поражается особым мучнистым грибком Oidium dubium Jacz., она объедается гусеницами бабочек непарного и походного шелкопрядов и дубовой листовертки и златогузки. В лубяной части молодых стволов встречается Scolytu sintricatus Koch., в древесине Xyloterus signatus Fabr. и Cerambyx cerdo L. Целый ряд грибных паразитов нападает на дубовые деревья, обусловливая загнивание древесины (см. *Гниение древесины*).

Кроме уже описанного здесь дуба Q. pedunculata в пределах СССР встречаются: Q mongolica Fisch. в Приамурьи и на Кавказе, Q. armeniaca Kotschy, Q. macranthera Fisch. et Meg., Q. castanaefolia C. A. Mey., Q. infectoria Oliv., Q. pontica C. Koch, Q. sessiliflora Salisb., Q. pubescens Willd. В садах и парках, особенно на Черноморском побережьи Крыма и Кавказа, встречается большое количество америк. и субтропич. Д.; из них чрезвычайно ценным для нашего народн. хозяйства является пробковый Д.: Q. suber L. и Q. occidentalis Gay.

Лит.: Арнольд Ф. К., Русский лес, т. 2, стр. 166—227, СПБ, 1891; Пеньковский В. М., Деревья и кустарники как разводимые, так и дикорастущие в Европ. России, на Кавказе и в Сибири, ч. 2, стр. 144—168, Херсон, 1901; Молчанов А. П., Краткий очерк историч. культурных мероприятий с 1843 по 1894 г. по 1-му Одоевскому лесничеству Тульской губ., Тула, 1895; Соболев А. Н., Искусств. разведение дуба, «Сельское хозяйство и лесоводство», СПБ, 1899, *6*; Кобранов Н. П., Селекция дуба, М., 1925; Kirchner O., Loew E. u. Schröter C., Lebensgeschichte d. Blütenpflanzen Mitteleuropas, B. 2, Abt. 1, p. 69—129, Stuttgart, 1913; Seitz W., Edelrassen d. Waldes, B., 1927; Lange M., Deutsche Eichen, B., 1926; Matthäi, Die waldbauliche Bedeutung d. Samenprovenienz bei d. Eiche, «Forstwissenschaftliches Ztrbl.», 1922, H. 11, 12; Cieslar A., Untersuchungen über d. wirtschaft. Bedeutung d. Herkunft d. Saatgutes d. Stieleiche, «Ztrbl. f. d. gesamte Forstwesen», W., 1923, H. 4—6, p. 47—149; Geyer E., Die Erziehung d. Eiche, B., 1870; Schütz A., Die Pflege d. Eiche, B., 1870. **И. Кобранов.**

Техническое применение. Д.—весьма ценная и имеющая широкое техническое применение древесная порода. При эксплоатации леса и употреблении дубовой древесины большого различия между сортами Д. не делают, но летний Д. предпочтителен для строительных целей, благодаря более твердой и крепкой древесине, а зимний Д.—для поделочных материалов, благодаря прямослойности и мягкости. Остальные виды Д. (за исключением Д. Дальнего Востока) большого технич. значения не имеют. Присутствие широких сердцевинных лучей делает текстуру у дубовой древесины очень красивой и разнообразной, в зависимости от направления разреза. В тангенциальном разрезе сердцевинные лучи имеют вид неширокие штрихов, а сосуды—вид длинных, полых трубок. Различия в строении весенней и летней зоны кольца создают разнообраз-

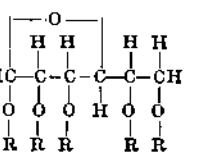
ные рисунки древесины и цветные оттенки; в радиальном направлении сердцевинные лучи представляются в виде широких лент, то блестящих, то матовых, смотря по освещению. Цвет ядровой древесины светлокоричневый, а заболонной—темнобелый. Благодаря красивой текстуре волокон древесина Д. весьма ценится и столярном деле. Непосредственный уд. в. волокон Д. 1,305; объемный уд. в. в свежесрубленном состоянии 0,98, в полусухом—0,85, в сухом—0,68. Древесина Д. отличается высокими механич. качествами; она крепка, упруга, гибка, необыкновенно стойка на воздухе, в земле и в особенности в воде. Временное сопротивление сжатию в сухом состоянии по длине волокон около 600 *кг/см²*, поперек волокон около 250 *кг/см²*; временное сопротивление растяжению вдоль волокон—около 100 *кг/см²*, поперек волокон—ок. 60 *кг/см²*, причем в радиальном направлении сопротивление несколько меньше (на 6%), чем в тангенциальном. Временное сопротивление излому 600—1 000 *кг/см²*, модуль упругости 100 000 *кг/см²*. Временное сопротивление скалыванию вдоль волокон 75 *кг/см²*. Допускаемые напряжения на растяжение 100—120 *кг/см²*, на сжатие вдоль волокон 80—100 *кг/см²*, на изгиб 100—120 *кг/см²*, на сдвиг параллельно волокнам 15—20 *кг/см²*, перпендикулярно волокнам 80—90 *кг/см²*. Сравнительно с другими древесными породами Д. отличается здоровьем. Из наиболее часто встречающихся пороков на Д. отмечаются морозобоины и загнивание древесины (см. *Гниение древесины*). К большому недостатку дубовой древесины относится растрескивание по сердцевинным лучам при сушке. Усушка Д. (Q. pedunculata) в продольном направлении 0,02—0,90%, по радиальному направлению 3,2—8,0%, по тангенциальному направлению 6,6—14,3%; объемная усушка 8—10%. Д. заключает в себе (в коре и древесине) большое количество дубильных веществ (см. *Спр. ТЭ*).

Благодаря хорошим технич. качествам древесина Д. имеет чрезвычайно широкое и разнообразное применение и высокую ценность. Д. применяется в качестве столярно-строительного материала для производства окон, дверей, паркета, внутренней отделки помещений, витрин, для производства облицовочной фанеры, в судостроении, для изготовления вагонов, мостов брусьев и шпал, ободьев колес, ступиц, спиц картинных рам, мебели, бочек, чанов, деревянной посуды, машинных частей, шкивов и т. д. Древесина Д. хорошо обрабатывается и хорошо лакируется, но требует для заливки пор большого расхода лака. В качестве токарного материала Д. употребляется редко, так как изделия, вследствие крупных сосудов, получаются некрасивые. Для производства гнутых изделий Д. употребляется довольно часто, главным образом для ободьев. Гнутая мебель из Д. не получила большого распространения, так как изгибание несмотря на термическую обработку требует больших предосторожностей и сравнительно больших усилий. При высокой стоимости дубовой древесины многие древесные породы имитируют под Д.

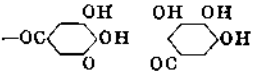
Е. Кротов.

ДУБИЛЬНО-СУРЬМЯНАЯ СОЛЬ, нерастворимый в воде осадок, образующийся при обработке таннированных тканей какой-либо солью окиси сурьмы и служащий протравой для основных красителей. См. *Крашение*.

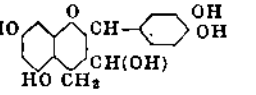
ДУБИЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА, вещества растительного происхождения, сложного строения, применяемые в технике для целей дубления кожи, для протравы и т. д. Термин Д. в. начали применять исключительно к растительным Д. в. (таннидам) лишь в последнее время, в противоположность термину «дубильные материалы», обнимающему собой также и другие органич. и минеральные дубители. Д. в.—танниды (в литературе часто обозначаются символом Т)—представляют собой растительные слабо кислые, вяжущие вещества, водные растворы которых образуют коллоидные полидисперсные системы (см. *Коллоиды*). Танниды являются сложными производными фенолов, поэтому показывают цветные (темносиние или зеленые) реакции с железными солями и образуют трудно растворимые соединения с алкалоидами и с белками, в частности с желатиной и с гольем, на чем основано вяжущее свойство таннидов и превращение шкуры в кожу. Новейшие исследования Эмиля Фишера и Карла Фрейденберга дают возможность проникнуть в довольно сложный химизм таннидов. Они установили, что в чистейшем препарате китайского таннина из чернильных орешков таннин представляет собой эфирообразное химическое соединение одной молекулы глюкозы с 10 молекулами галловой кислоты. Установив это путем анализа, Э. Фишер подтвердил такое строение таннина путем синтеза его из глюкозы и галловой кислоты, получив пента-*м*-дигаллоил-*β*-глюкозу, к-рая обнаруживает необыкновенное сходство с китайским таннином. Ф-ла этого соединения следующая:



где R—радикал такого строения:



Затем Фрейденберг выяснил структуру катехина, находящегося в гамбире и представляющего главную составную часть 2-го класса таннидов. Основная структура катехина следующая:



На основании своих исследований Фрейденберг делит танниды на 2 класса.

1) Гидролизуемые танниды (по общепринятой терминологии Проктера, пирогаллол-танниды). В них бензольные ядра соединяются с большим комплексом посредством атомов кислорода. Сюда относятся полученные Фишером синтетич.

депсиды, представляющие эфиры фенолкарбоновых к-т друг с другом; затем эфиры ароматич. к-т с многоатомными спиртами, сахарами и глюкозидами (таннины, танниды сумаха и чая) и эллаготанниды, содержащие эллаговую к-ту в невыясненном соединении с сахаром, м. б. также с фенолкарбоновыми к-тами (танниды миробалана, диви-диви, альгаробила, валонеи и др.). Эти танниды, под влиянием легкодействующих гидролитических средств, а также ферментов, распадаются на сахарообразные и ароматические составные части.

2) Конденсированные танниды (по общепринятой терминологии Проктера, цирокатехин-танниды). В основании их лежит большой скелет углеродных атомов, бензольные ядра которого соединены друг с другом посредством связей углерода; они распадаются на одноядерные составные части только при сплавлении со щелочами; под действием же энзимов не распадаются; осаждаются бромом. При обработке окисляющими средствами или крепкими кислотами эти танниды полимеризуются в высокомолекулярные аморфные танниды, называемые флобафенами (красные вещества). Сюда относятся катехин-танниды (гамбир), танниды квебрахо, мимозы, мангрове, еловой и дубовой коры и др., причем дубовая кора содержит также частично гидролизуемые танниды.

Для кожевника важны следующие свойства таннидов: 1) концентрация, 2) их вяжущие свойства, 3) скорость диффузии в голье и 4) коэфициент продуба, т. е. число, показывающее, сколько таннида связывается со 100 ч. гольевого вещества. Первое свойство легко определяется путем международно принятого метода взбалтывания с гольевым порошком, а остальные свойства тесно связаны с коллоидной природой водных растворов таннидов, к-рая зависит от способа приготовления, от $t°$, от P_H (см. *Водородные ионы*, *Концентрация водородных ионов*) и от многих посторонних веществ, сопутствующих таннидам и называемых одним словом нетанниды (символ НТ). Вяжущие свойства, как показывает название, определяются вкусовыми ощущениями, т. к. практик-кожевник издавна определяет вяжущее качество дубильных соков пробою на язык. В 1925 году E. Stiasny предложил легко выполнимый способ определения вяжущих свойств путем фракционированного высаливания поваренной солью. Сначала высаливаются самые крупные частицы, затем, по мере увеличения концетрации соли,—все более и более мелкие. Чем больше в данном дубителе крупных частиц, тем сильнее его вяжущие свойства и тем меньше скорость диффузии. Наоборот, чем скорость диффузии больше, тем частицы мельче и тем меньшими оказываются вяжущие свойства. Затем, для характеристики общей суммы высаливаемых таннидов, можно определять после дубления количество таннидов, необратимо связываемых с гольевым веществом (невымываемых водой). Чем больше в данном дубителе высаливаемых таннидов, тем большее количество таннидов свяжет необратимо гольевой порошок или голье. В отношении убывающего коэф-та продуба существует следующий порядок (при естественном P_H): таннин, квебрахо натуральный, каштан, мимоза, миробалан, валонея, сумах, квебрахо сульфитированный, мангрове, гамбир, синтаны. По уменьшающейся степени дисперсности и по уменьшающейся скорости диффузии порядок следующий (при естественном P_H): сумах, миробалан, валонен, каштан (древесина), мимоза, дуб (древесина), кора дуба, квебрахо натуральный, мангрове.

Значения P_H для различных Д. в., соответствующие их минимальным вяжущим свойствам при указанных концентрациях (по Павловичу).

Дубитель	P_H	°Bé
Квебрахо натуральный	7—8	12—14
Дуб натуральный	6	10—14
» сульфитированный (3% по весу) $NaHSO_3$	5	10—14
Мимоза	4—5 и 8	12—14
Мангрове	7	8
Валекс	4	10—16
Каштан	3—4	10—14
Бадан 85%-ной доброкачественности	3—5	8

В приведенной таблице указаны значения P_H при высших концентрациях различных Д. в., соответствующие минимальным вяжущим свойствам, обусловливающим оптимум прокраса и нажора голья.

Лит.: Fischer E., Untersuchungen über Depside u. Gerbstoffe (1908—19), B., 1919; Freudenberg K., Nachweis, Isolierung, Abbau- u. Aufbaustudien auf d. Gebiete d. Gerbstoffe, B.—Wien, 1921; «Collegium», Ober-Ramstadt, 1923, p. 2, 1924, p. 413, 1925, p. 258, 260, 315, 321, 417, 1926, p. 124, 1927, p. 73, 147, 418, 1928, p. 2.

ДУБИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ делятся на растительные, минеральные и искусственные. О минеральных дубителях, жирах, альдегидах см. *Дубление*.

Растительными Д. м. являются части растений (кора, древесина, корни, листья, плоды, галлы), содержащие в себе танниды (Т)—*дубильные вещества* (см.). Танниды частью растворимы, частью нерастворимы в холодной воде; %-ное отношение растворимых в холодной воде таннидов к сумме всех экстрактивных веществ называется доброкачественностью Д. м. Различают концентрированные Д. м. (содержание таннидов при 13% влаги—выше 25%), средней концентрации (содержание Т 12—24%) и слабые Д. м. (Т меньше 12%). Импортные Д. м. в СССР—концентрированные; местные материалы содержат меньше 20% таннидов. Большое значение имеют в производстве дисперсность и устойчивость таннидов, зависящие также от присутствия нетаннидов с различными химич. и физич. свойствами. Некоторое значение имеет в Д. м. также цвет, придаваемый ими коже, зависящий частью от цвета флобафенов, частью от наличия в числе нетаннидов различных красителей. Из натуральных Д. м. экстракцией и выпариванием получают *дубильные экстракты* (см.).

Классификацию растительных Д. м. можно производить: 1) по виду растений, 2) по органам растений, 3) по таннидности, 4) по

доброкачественности, 5) по классу таннидов, 6) по содержанию сахаров. О наиболее важных дубильных материалах и их характеристике см. *Спр. ТЭ.*

Анализ Д. м. производится исключительно условным официальным методом, контролируемым ежегодно Международной комиссией и основанным на поглощении таннидов стандартным гольевым порошком. Потребление таннидов в СССР около 60 000 *m* ежегодно, причем $^2/_3$ этого количества ввозится из-за границы (в виде экстрактов и коры).

Искусственные Д. м. по своему характеру имеют сходство с растительными. Их производство идет по двум направлениям: 1) использование отбросов других производств, содержащих танниды, близкие по свойствам к растительным, и 2) синтез веществ, сходных с растительными таннидами. К первой группе относится сульфоза (см. *Дубильные экстракты*).

Синтез Д. м. идет в двух направлениях: по пути получения аналогов растительных дубителей (дигалловая к-та, депсиды) и по пути создания новых дубителей с особыми свойствами (использование отбросов других производств). Первый путь дал пока много интересных фактов для химии; второй дал вещества технического значения, но мало похожие на растительные дубители. О первых нельзя еще говорить как о товарах; ко вторым приложима общая характеристика: это — коллоидные растворы сульфокислот разных замещенных арилов, мол. вес которых повышается в результате реакции с формалином. В этом направлении испробован ряд фенолов, нафтолов, производных антрацена и т. п. Таким образом дубители этого типа—сульфоновые (или дисульфоновые) к-ты сложных фенолов, чаще—монооксисоединений; сюда относятся нерадоли (производные фенолов и нафтолов), ордовали (производные ретена и антрацена). Так как при действии формалина на фенол получаются высокомолекулярные соединения, то коллоидность их обеспечена; наличие группы SO_3H—необходимый фактор их растворимости; с другой стороны, все эти дубители вследствие сульфирования представляют собой сильные к-ты, почему, содействуя распадению циклов гольевого вещества, они не могут прочно соединяться с последними. Работы с ордовалями в СССР показывают возможность комбинации их с хромовым дублением.

Лит.: Поварнин Г., Дубильные материалы и производство экстрактов, Томск, 1917; его же, Дубильное корье и его сбор, Москва, 1923; его же, Русские натуральные дубильные материалы, М., 1923; Якимов П. Я., Техническое растение бадан, Новосибирск, 1927; Гнамм Г., Дубильные вещества и дубильные материалы, Л., 1927; Decker J., Die Gerbstoffe, Botanisch-chemische Monographien d. Tannide, Berlin, 1913; Grasser T., Synthetische Gerbstoffe, B., 1920.

Г. Поварнин.

ДУБИЛЬНЫЕ ЭКСТРАКТЫ, концентрированные вытяжки из растительных дубильных материалов. По степени концентрации различают экстракты жидкие, плотностью 25—30° Bé (уд. вес 1,210—1,263), затем—тестообразные и наконец твердые (уд. вес 1,4—1,5). Кожевенное производство быстро переходит от старых сыпных способов дубления натуральным дубильным материалом к новым, химическим способам дубления Д. э. По отчетным данным США, с 1905 по 1919 г. потребление натуральных дубильных материалов уменьшилось в 2,65 раза, тогда как потребление Д. э. увеличилось в 7,5 раза.

Старейшими представителями Д. э. являются экстракты гамбир и катеху, далее—экстракт коры мангрове и мимозы. Значительно позже вошли в употребление экстракты гемлока, каштана, дуба, квебрахо, а в последнее время—сумаха, валонеи и миробалана. Анализы важнейших употребляемых теперь экстрактов приведены в следующей табл.:

Анализы важнейших дубильных экстрактов (по методу взбалтывания).

Название	Месторождение	Средн. содержание Т*1	Средн. содержание НТ*2	Количество сахаров
		в %		
Каштановый жидкий	Италия, Франция, США	30	10	2,8
Каштановый твердый	» » »	60	20	5,6
Дубовый жидкий . .	Славония, СССР	24	12	3,8
Дубовый твердый .	» »	55	25	8,0
Еловый жидкий . .	Швеция, Германия	20	16,5	7,6
Еловый твердый . .	» »	50	30	15
Квебраховый жидкий	Аргентина, Парагвай	42	8	0,7
Квебраховый твердый	» »	66	12	1,0
Мимозовый жидкий	Австралия, Ю. Африка	28	9	3,5
Мимозовый твердый	» »	63	20	8,0
Валонейный (Валекс)	Смирна, Греция	63	29	3,0

*1 Т—танниды. *2 НТ—нетаннилы.

СССР не богат древесиной каштана для получения Д. э. Хорошие каштановые леса имеются только по Черноморскому побережью Кавказа на широте несколько выше Туапсе. Поэтому более важным источником Д. э. является древесина дуба. В то время как каштан в воздушносухом состоянии содержит около 8% Т и имеет 25-летний оборот рубки, воздушносухая древесина дуба, при обороте рубки в 80—100 лет, содержит 5—6% Т. Но площадь дубовых насаждений в РСФСР и УССР составляет около 3,5 млн. *га*, которые при рациональном ведении лесного хозяйства могут дать за удовлетворением прочих нужд ок. 800 тыс. *m* древесины в год для производства Д. э. Для экстрактов идет древесина дуба с содержанием Т не менее 5%, при 15% влажности, что при максимальной влажности в 40% в свежерубленном состоянии соответствует 3,5% таннидов. Это составит ежегодно ок. 27 тыс. *m* таннидов, т. е. в 4 раза более против нынешней производительности СССР (1928 г.). Своеобразность химизма Т дуба, большой мол. вес, сильная кислотность, содержание сахаристых веществ (9% на 64% Т, между тем как в квебрахо только 1%), незначительная вязкость дубового экстракта по сравнению с квебраховым (7,67°Э. при 23° Bé и *t*° 20°, а квебраховый—триумф 129,79°, корона 41,93° Э., по Поллаку), способность легко проникать в кожу

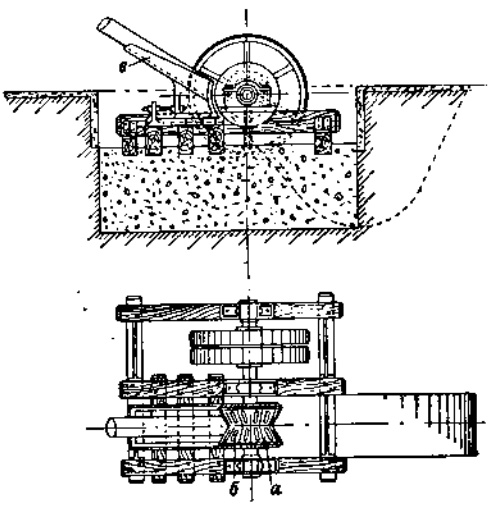
и т. д.—все это обусловливает очень ценные дубильные свойства дубового экстракта, благодаря к-рым Т дубового экстракта расценивается на мировом рынке на 45% дороже Т квебрахового.

Богатым источником Т в СССР является также кора елн и ивы. Еловая кора содержит ок. 10—11% Т. Общая площадь еловых насаждений на севере европ. части СССР равна приблизительно 36 млн. *га*. Если, по примеру Германии, использовать $^1/_5$ возможного сбора, то это составит 677 000 *т* еловой коры, что при содержании 10% Т и коэф-те использования 80% даст 50 000 *т* таннидов, т. е. почти столько, сколько вся Россия потребляла до 1914 г. Нужно иметь в виду, что имеющиеся в продаже экстракты из еловой древесины представляют собою переработанные щелока от целлюлозного производства—т. н. сульфит-целлюлозные экстракты (сульфоза). Эти экстракты содержат не таннины, а вещества, состоящие главн. обр. из сульфокислот лигнина и из солей. Отдельно они пока не применяются для дубления кожи, но в смеси с 25—50% настоящих таннидов дают хорошие результаты. Щелока целлюлозного производства, в виду своей ядовитости, представляют серьезное бремя для целлюлозн. промышленности, и поэтому переработка их на целлюлозные экстракты, путем освобождения их от кальцин и сернистой к-ты и концентрирования их до 30—35° Bé, очень желательна. Работы Вашингтонского стандартного бюро в 1927 г. доказывают, что сульфит-целлюлозный экстракт может служить дубителем. Если использовать все сульфит-целлюлозные щелока бумажных и целлюлозных ф-к, то они могут заменить в год около 10 тыс. *т* привозных Т, и полученный дубитель будет дешевле всех проч. растительных дубителей.

Ивовая кора содержит также около 10%Т и является наиболее распространенным в СССР видом дубителей. Площадь ивовых насаждений на севере СССР составляет 1 млн. *га*. Хотя т. о. площадь ивовых лесов в 35 раз меньше еловых, но зато оборот примерно во столько же раз короче.

Из других источников Д. э. в СССР могут иметь значение следующие. Кора лиственницы, запасы которой в Сибири огромны, но не обследованы, представляет собою дубитель весьма интересный как по высокому содержанию Т (ок. 13% при 13% влажности), так и по хорошей доброкачественности (ок. 60%). Корневище и листья *бадана* (см.), также изобилующего в Сибири, содержат около 8% Т при 65% влажности. Два вида акаций—Acacia dealbata и A. melanoxylon, весьма распространенные в диком состоянии в районах Батума и Сухума, содержат много Т: первый—ок. 20%, а второй—ок. 13%.

Технологический процесс выработки экстрактов состоит в следующем. Дубильный материал, предназначенный для экстрагирования, измельчается, причем измельчение коры производится б. ч. в разбивающих аппаратах, а измельчение дерева—в режущих аппаратах. При очень значительном измельчении материал слеживается в комья, что вызывает неправильное экстрагирование; очень мелкая стружка (меньше 2 *мм*) после выщелачивания содержит больше влажности и хуже горит в топках котлов; при крупном измельчении (больше 5 *мм*) происходит неполное извлечение Т. Измельчать древесину надо не вдоль, а поперек, т. к. при измельчении поперек открываются поры для входа воды; продольная стружка толщиной в $^1/_2$—2 *мм* экстрагируется хуже, чем поперечная в 15 *мм*. Но т. к. поперечная резка требует очень много силы, то наиболее выгодной является резка под углом в 45° к направлению волокон. Практически установлено, что наиболее выгодная толщина стружки по длине волокон равняется 3—5 *мм*. Для предварительного измельчения длинноволокнистой коры в пучках употребляются машины типа соломорезок. Для более тонкого измельчения корье поступает дополнительно на специальные коромолки (дисковые, колокольные и др.). Наиболее совершенными и производительными коромолками являются *дезинтеграторы* (см.), основанные на действии центробежной силы.



Фиг. 1.

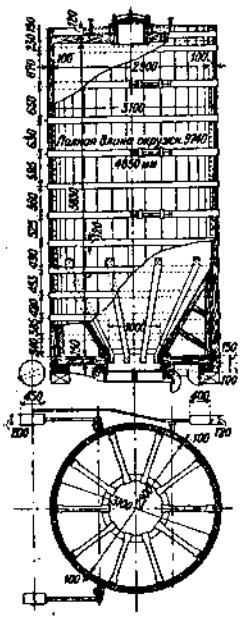
Дезинтеграторы не требуют предварительного измельчения корья и отличаются большой производительностью, но зато требуют большого расхода энергии. Измельчающие приборы для коры, широко применяемые в Америке для коры гемлока, основаны на принципе резания и потому дают равномерное измельчение на частицы определенной величины, без пыли, с небольшой затратой энергии. В Англии для измельчения миробаланов и валонеи применяют машины, подобные коромолкам, снабженные цилиндрами с зубьями или рифлями, действующие путем раздавливания. Для измельчения дубовой древесины наиболее распространены барабанные рубилки (фиг. 1), снабженные стальным барабаном *а* из двух усеченных конусов, изнутри которых выступают наружу ножи *б*. Барабаны вращаются на валу со скоростью 200—300 об/м. и режут дрова, поступающие по наклонному жолобу *в*.

Экстрагирование производят по принципу противотока. В заводском производстве для этого служат открытые или закрытые цилиндрич. сосуды из дерева, бетона или

меди, называемые диффузорами (см. *Батарея экстракционная*). Экстрагирование дуба в открытых диффузорах продолжается 16—24 ч., при $t°$ до 95°, в закрытых—около 8 ч., при 100 — 120°. При экстрагировании надо иметь в виду, что устойчивость Т по отношению к $t°$ не одинакова; поэтому нужно избирать оптимальные $t°$, при к-рых извлекается наибольшее количество Т при наименьшем их разложении. Оптимальные температуры экстрагирования, на основании исследований Проктера, Песслера и Павловича, следующие:

Ель (кора)	80—100°
Ива (кора)	50— 80°
Дуб (кора)	80—100°
Дуб (древесина)	100—120°
Каштан (древесина)	100—120°
Квебрахо (древесина)	100—120°
Бадан (корневища)	70—100°
Сумах (листья)	60— 70°
Миробалан (плоды)	60—100°
Валонея (плоды)	60—100°
Мангрове (кора)	80— 90°
Мимоза (кора)	100—120°

Опыты Гейли (США) показывают, что если при экстрагировании в закрытой батарее при повышенной $t°$ регулировать кроме $t°$ также и время, то можно получить столь же доброкачественные сока, как и в открытой батарее, а в смысле выходов Т достигается лучший эффект. Кроме того очень важно комбинировать $t°$ в батарее, постепенно повышая $t°$ от головного диффузора со свежей стружкой до хвостового промойного. Если высокая $t°$ м. б. опасна для головного диффузора с крепким соком, то конечно она не опасна, а даже полезна для диффузора с промойной водой. Правильный принцип противотока можно получить в обыкновенных батареях из 6—8 диффузоров, если устроить непрерывный медленный поток соков в диффузорах, т. е. создать непрерывный противоток. Такая система диффузии имеет преимущество не только в отношении выщелачивания, но также и в эксплоатационном отношении: она создает экономию на работе моторов, насосов и облегчает обслуживание.



Фиг. 2.

Экстрагирование каштана как в Америке, так и в Европе производится при 110—127°; продолжительность каждой варки 20—30 м. в Америке и 15—20 м. во Франции; число съемок сока—7. В СССР наиболее распространены деревянные диффузоры большого типа диаметром 3 000 *мм*, высотою 6 000 *мм* и загрузочной емкостью 30 *м*³ (фиг. 2); они имеют ложное дно в виде усеченного конуса, который заканчивается в настоящем дне разгрузочным люком. Под ложным дном расположен паровой змеевик. В настоящем дне имеются патрубки для спуска сока и для трубы, подающей сок в следующий диффузор или через насос или посредством гидравлического давления. Если каждый диффузор снабжен насосом, то насос служит не только для перекачки сока из одного диффузора в другой, но и для циркуляции сока в самом диффузоре сверху вниз. Для более равномерного подогревания сока выше насоса располагается трубчатый нагреватель, к-рый состоит из медных трубок, завальцованных в бронзовые днища железного корпуса, снизу и сверху к-рого прикрепляются на фланцах бронзовые коробки со штуцерами. Сок циркулирует внутри трубок снизу вверх, а в обратном направлении между трубками проходит пар. Опыты Проктера-Паркера и Якимова показали, что при низких $t°$ получаются менее доброкачественные, а при высших, до известного оптимума,—более доброкачественные сока. Для получения более доброкачественных соков процесс экстрагирования ведется (по Якимову) в две фазы: сначала снимается холодная фракция, а затем горячая. Холодная фракция уносит значительное количество нетаннидов и некоторое количество таннидов. Горячая фракция выводит бо́льшую часть Т и остатки НТ, имеющих более высокий молекулярный вес, близкий к таннидам.

Современные методы дубления требуют крепких соков, доходящих даже до 24° Bé, между тем как сок из диффузоров очень слаб: при экстрагировании таких бедных материалов, как древесина дуба,—не более 2—3° Bé. Поэтому сока приходится выпаривать, причем во избежание большой потери Т выпаривание ведется не на открытом воздухе, а в вакуум-аппаратах. Чаще всего применяется т. н. 3-корпусная система выпарных аппаратов. Выпарные аппараты д. б. медные (за исключением цилиндрич. части паровой камеры в 1-м корпусе, к-рая м. б. железной), т. к. соковый пар содержит кислые пары, к-рые быстро разъедают железо. Трубопровод к конденсатору тоже лучше делать из меди, а конденсатор—из чугуна. Жидкий экстракт разливают в деревянные бочки по 250—400 *кг* и перевозят в обыкновенных вагонах; в Америке для перевозки жидкого экстракта служат специальные медные или деревянные цистерны, в которые его разливают.

Дубовый жидкий экстракт 25° Bé содержит сухих веществ 41% и воды 59%, твердый же экстракт содержит сухих веществ 85% и воды 15%. Поэтому как в отношении посуды, так и в отношении транспорта получается большая экономия при переходе с жидкого экстракта на твердый. Выпаривание экстракта до сухого состояния—очень деликатная операция, т. к. продолжительное нагревание ведет к разложению. Для высушивания Д. э. существует много систем. Самая простая—вакуум-аппараты с паровой рубашкой и с вращающимися змеевиками, обогреваемыми паром. Экстракт сгущают здесь до 45° Bé и затем или выливают непосредственно в мешки, где он и затвердевает, или предварительно выпускают в формы—ящики, выложенные бумагой. Другая

система (Кестнера), очень распространенная в Италии и Франции, состоит в том, что сгущенный до 24° Bé экстракт подается насосом в длинные узкие трубки *А* (фиг. 3), в к-рых на стенках образуются пленки экстракта, поднимаемые вверх пузырьками пара; по трубкам *Б* экстракт спускается вниз, в сепаратор *В*, из которого густой горячий экстракт с 22—25% влажности выливается в мешки, а пар выделяется наружу.

Фиг. 3.

Кроме описанных основных операций, сока в процессе производства, или сейчас же после диффузоров или после предварительной подварки до 8° Bé, могут быть подвергнуты очистке с целью удаления из них нерастворимых веществ. Дубовые сока для очистки лучше всего сконцентрировать до 7—9° Bé, охладить до 15—25°, прибавить какого-нибудь коагулянта для более скорого осаждения, после отстаивания прозрачный сок декантировать, а осадок профильтровать через рамочный фильтр-пресс. Коагулянтом служит свежая бычья кровь (1 ч. на 1 000 частей сока 6—8° Bé), алюминиевые квасцы с бисульфитом и др. Хорошим коагулянтом является гидроцеллюлоза (1 ч. на 15 000 частей сока 6—8° Bé), причем гидроцеллюлозу предварительно разваривают паром с незначительным прибавлением минеральной к-ты (лучше всего HCl: 1 ч. к-ты на 30 ч. целлюлозы); полученную бумажную массу (т е с т о) добавляют к горячему соку, к-рый затем быстро охлаждают, дают отстояться и фильтруют через фильтр-пресс. Все эти способы очистки связаны с нек-рой потерей Т. Кроме того для очистки и осветления сокон и экстрактов применяют сульфитирование, т. е. обработку экстрактов сульфитом (Na_2SO_3) и бисульфитом ($NaHSO_3$) при нагревании и иногда под повышенным давлением. Процесс сульфитирования имеет большое значение при обработке экстрактов с пирокатехин-таннидами для растворения флобафенов и для осветления Д. э. Сульфитированный экстракт легко растворяется в холодной воде, и его дубящее вещество легко проникает в кожу. Сульфитирование надо производить минимальными количествами сульфита и бисульфита, т. к. при излишке последних экстракты делают кожу дряблой и ломкой. Напр. для сульфитирования сырого неочищенного квебрахового экстракта, известного под маркой о р д н н е р и, достаточно 2—4% кристаллич. сульфита и до 3% бисульфита по весу сухого экстракта.

После экстрагирования измельченной древесины получают о д у б и н у с содержанием воды до 60%; после экстрагирования коры содержание воды достигает 70—90%. В первом случае удалить влажность прессованием невозможно; во втором—можно уменьшить влажность посредством особых вальцовых прессов. В последнее время предложены винтовые прессы (системы Нейбекер), к-рые отжимают одубину, понижая содержание H_2O до 40%. Дальнейшее уменьшение влажности возможно посредством сушки, но выгоднее получаемую одубину (с содержанием влажности 60% в древесине и 50—55% в коре) непосредственно сжигать в специальных топках паровых котлов.

Заводы Д. э., перерабатывающие древесину квебрахо, дуба или каштана, д. б. рассчитаны так, чтобы отбросы производства давали всю необходимую для производства энергию. Из 31 завода, работавшего в 1914 г. во Франции, большинство перерабатывало по 50—60 *т* каштановой древесины в сутки; эта производительность является минимальной нормой для заводов, вырабатывающих экстракт из дуба, каштана или квебрахо; максимальный расход энергии при переработке 50 и 100 *т* дубовой древесины в сутки на хорошо устроенном заводе определяется примерно в 200 и 300 Ф. Наиболее экономичный двигатель для экстрактового производства—паровая машина или паротурбина с противодавлением до 3 *atm*, пропускающая через себя весь нужный для производства пар. Общий расход пара, давлением 3 *atm*, на 1 000 *кг* стружки выражается следующими цифрами (при закрытой диффузии и при 3-корпусной выпарке):

Диффузия	848 *кг*	А за вычетом конденсационных вод для диффузии	360 *кг*
Выпарка	720 »		
Очистка	340 »		
Энергия	120 »		
Всего . .	2028 *кг*	Итого . .	1668 *кг*

Испарительная способность одубины практически равна: без экономайзера 1,3; с экономайзером 1,43. Расход воды для переработки 1 000 *кг* стружки при полной утилизации конденсатов и воды от холодильников составляет 20 000 *л* (для холодильников 4 000 *л*, для конденсатора при 3-корпусной выпарке—16 000 *л*). Под хорошо спроектированный завод для переработки 100 *т* дубовой древесины в сутки (т. е. ок. 16 *т* жидкого экстракта 24° Bé) потребуется площадь ок. 1200 *м*² и кубатура ок. 9 000 *м*³, (без подсобных зданий). Площадь дрового склада для полугодового запаса—ок. 30 000 *м*², при укладке штабелей высотой 2 *м*, шириной 2 *м*, длиной 10 *м* с двухметровыми пролетами.

Лит.: П а в л о в и ч П., Дубильные экстракты, Ростов н/Д., 1928; «Вестник кожевенной промышл. и и торговли», М., 1928, стр. 24, 92, 93, 153, 201, 207, 208, 227, 287, 298, 369, 426, 435, 462, 513, 515 и 516; J e t t m a r J., Pflanzliche Gerbmittel u. deren Extrakte, W.—Lpz., 1922; G n a m m H., Die Gerbstoffe u. Gerbmittel, Stg., 1925; H a r v e y A., Tanning Materials, L., 1921; D u m e s n y P. et M o y e r J., L'industrie chimique des bois, leurs dérivés et extraits industriels, P., 1925.

ДУБЛЕНИЕ, адсорбционный процесс, сопровождающийся химич. реакциями между кожей и дубильными веществами. Д. группируют 1) по физико-химическому характеру, 2) по технич. форме и 3) по назначению.

I. Физико-химический характер Д.

Дубленой кожей называется шкура без волоса, потерявшая способность к гидролизу и сохранившая характер ткани как таковой. Потеря способности к гидролизу сопровождается потерей склонности к загниванию и молекулярному набуханию (н а ж о р у). В виду того что большинство дубителей применяется в форме коллоидных растворов и фибриллы шкуры также являются коллоидными образованиями, то процессы Д. обычно не захватывают всего объема вещества шкуры, почему фибриллы и даже целые волокна далеко не всегда продублены насквозь, и процесс Д. не обнаруживает стехиометрических соотношений. Поэтому ду-

бленая кожа почти всегда представляет собою высокогетерогенную систему, очень трудную для изучения, а искусство Д. заключается в умении ввести дубитель в кожу снаружи и внутрь фибрилл. Числовыми отличиями дубленой кожи от недубленой служат следующие константы: 1) водоустойчивость (коэф. Фариона); 2) $t°$ сваривания (Поварнин); 3) % усадки при кипячении (Вильсон). Дубленая кожа по сравнению с недубленой показывает высокий % нерастворимых при кипячении азотистых веществ, высокую $t°$ сваривания, малый % усадки, высок. прочность при большой и малую—при низкой влажности. Для установки продуба по слоям служат реакции с уксусной к-той и индиготином. Продуб отдельных фибрилл устанавливается поляризационным микроскопом. В процессе Д. со стороны шкуры принимают участие дикетопиперазинные циклы и их аналоги, а также, возможно, и свободные карбоксилы и амино-группы.

Д. производится различно в зависимости от материала, применяемого для Д. (см. *Дубильные материалы*).

Карбонильное Д. Простейшими дубителями являются альдегиды и хиноны. Альдегиды дубят тем прочнее, чем короче в них углеродная цепь; наличие гидроксилов содействует Д. (фурфурол); *п*-хинон дает самую прочную из известн. нам по водоустойчивости кожу. Кетоны дубят слабо. Технически применимо пока лишь формальдегидное Д., хотя имеются патенты и на Д. другими альдегидами. Формальдегидное Д., как и другие, зависит от *концентрации водородных ионов* (см.). Оптимум P_H для Д. лежит при $P_H = 7 \div 9$; ниже и выше формальдегид дубит слабее; практически предпочитают дубить при P_H, близком к 7. Д. производится в барабане в течение срока до 24 час. (в зависимости от толщины) эмульсией $^1/_4$%-ного раствора формальдегида с 20% масла (для прочности и тягучести) и 5% талька с прибавкой 10 капель конц. раствора соды на 1 *л* эмульсии. Для устойчивости эмульсии прибавляется ализариновое масло. Голье подготовляется, как на мягкий товар. При Д. в чанах длительность процесса доходит до 3 недель. Применение: ортопедия, ремни и пояса, поднаряд, перчатки, фортепианное, шорно-седельное и обуви. дело. Сама по себе формальдегидная кожа (без жира) мало прочна.

Жировое Д. (замшевание) обусловлено химическ. строением жиров—наличием в них двойных связей. Одно время среди кожевников господствовала гипотеза Фариона, предполагавшая, что дублящим началом являются пероксиды жирных к-т; теперь принимаются гипотезы и других исследователей. Липолиз жира (расщепление жира на жирные к-ты и глицерин) необходим: жирные к-ты дубят лучше, чем жиры. Для жирового Д. применяется обычно ворвань, а иногда идут и другие жиры (напр. сурепное масло). Вообще дубящими свойствами обладают в большей или меньшей степени все жиры, содержащие непредельные жирные к-ты, включительно до олеиновой к-ты. Лицевой слой затрудняет проникновение жиров, поэтому перед Д. его удаляют. Практически замшевание ведут таким образом: обработанное на легкий товар голье со снятым лицом отжимают на прессе для удаления воды, размягчают на разбивальной машине, спрыскивают ворванью; через каждые 2—3 ч. процесс повторяют, пока кожа не примет по толщине равномерной горчично-желтой окраски. Затем подвергают кожу окислению на воздухе при $t°$ не выше 45°, причем следят, чтобы кожа не перегревалась. По окончании окисления замшу прессуют или моют с мылом (см. *Дегра*). Готовую замшу, после удаления следов жира промывкой с мылом, отбеливают на прямом солнечном свету или в растворе марганцевокалиевой соли (цвет в пробирке глубоко пурпуровый) при промешивании при 40° в течение 20 м.; на барана идет 2,5 *г* марганцевокалиевой или -натриевой соли; обработка этой солью требует второй ванны—3%-ного раствора бисульфита натрия (на 1 барана 7,5 *г* бисульфита и 2,5 *г* соляной к-ты) в течение 15 минут. Затем идет нейтрализация в мыльном (касторовое мыло) растворе, промывка, сушка и цемзование. Замша очень тягуча, мягка и легко моется.

Минеральное Д. А. Хромовое Д. Дубильными материалами здесь являются различные соли хрома; наиболее употребительны хлориды и сульфаты. По Вернеру, хлориды трехвалентного хрома $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ имеют комплексное строение и все условия, оказывающие влияние на характер комплексообразования (см. *Комплексные соединения*), чрезвычайно важны для течения процессов хромового дубления.

Нормальный ряд:

$[Cr(H_2O)_6]^{\cdot\cdot\cdot}\ Cl'_3$	$\left[Cr\begin{matrix}Cl\\(H_2O)_5\end{matrix}\right]^{\cdot\cdot}Cl'_2$	$\left[Cr\begin{matrix}Cl_2\\(H_2O)_4\end{matrix}\right]^{\cdot}Cl'$
гексааквохромихлорид (фиолетово-синий), легко гидролизуется	хлоропентааквохромихлорид (светлозеленый), трудно гидролизуется	дихлоротетрааквохромихлорид (темнозеленый), очень трудно гидролизуется

От этого нормального ряда производятся основные соли гидроксо- и дигидроксо-рядов с одним и двумя гидроксилами (соответственно при одном или двух атомах хлора). При нагревании гидроксо-соединения переходят в оль-соединения, получающиеся путем соединения комплексов друг с другом посредством добавочных валентностей гидроксила и хрома согласно следующим ф-лам:

$$Cl_2\left[(H_2O)_4Cr\begin{matrix}OH\\H_2O\end{matrix}\right] + \left[\begin{matrix}H_2O\\OH\end{matrix}Cr(H_2O)_4\right]Cl_2 \rightarrow$$

$$\rightarrow \left[(H_2O)_4Cr\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}Cr(H_2O)_4\right]Cl_4 + 2H_2O.$$

В связи с олизацией уменьшается и степень дисперсности раствора. Кроме чистых оль-соединений образуются и промежуточные гидроксо-оль-соединения. Сами оль-соединения склонны к дальнейшему уплотнению, образуя оксо-соединения по ф-лам:

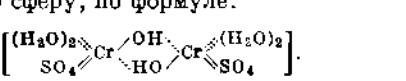
$$\left[(H_2O)_4Cr\begin{matrix}OH\\HO\end{matrix}Cr(H_2O)_4\right]Cl_4 \rightarrow$$

$$\rightarrow \left[(H_2O)_4Cr\begin{matrix}O\\HO\end{matrix}Cr(H_2O)_4\right]Cl_3 + HCl \rightarrow$$

$$\rightarrow \left[(H_2O)_4Cr\begin{matrix}O\\O\end{matrix}Cr(H_2O)_4\right]Cl_2 + 2HCl.$$

Фиолетовая и зеленая модификации находятся в растворах в подвижном равновесии

между собой, а нормальный ряд в равновесии с другими—гидроксо-, диоль- и оксо-рядами, причем обратимость гидроксо-рядов велика, а вступление OH между частицами хрома делает соединения все более необратимыми. Условия, влияющие на равновесие, таковы: а) Стояние раствора ведет к гидролизу соли с образованием гидроксо-соединений и оль-соединений все более и более сложных, почему степень дисперсности раствора уменьшается и кислотность повышается. б) Разбавление сильно повышает гидролиз в фиолетовых растворах и слабо—в зеленых. В концентрированных растворах гидролиз слаб, а дисперсность довольно велика. в) Нагрев усиливает гидролиз и олизацию, понижает дисперсность и увеличивает кислотность раствора. г) Нейтральные соли (хлориды) повышают кислотность комплексных хлоридов хрома; сульфаты понижают кислотность комплексных сульфатов хрома и вводят группу SO_4 во внутреннюю сферу, по формуле:



Благодаря этому превращение оль-соединений в оксо-соединения, как у хлоридов хрома,—невозможно. д) Кислоты (неорганические) повышают концентрацию $H^{\cdot}$ и дисперсность, уменьшают гидролиз и олизацию. е) Основания понижают дисперсность и концентрацию $H^{\cdot}$, увеличивают гидролиз и олизацию.

Дубят основные соли средней дисперсности и достаточной обратимости,—особенно оль-соединения. Характеристика дубильного раствора определяется концентрацией хрома и $H^{\cdot}$, основностью (% OH в соли по отношению к 100% в гидроокиси), маскировкой (% аниона, вошедшего во внутреннюю сферу), устойчивостью и коэф-том помутнения: количеством $см^3$ $^1/_{10}$ N NaOH на 100 $см^3$ раствора, вызывающего муть в тиндалиметре (см. *Коллоиды*), дисперсностью (степенью олизации). На волокне кожи, образуя комплекс с коллагеном, осаждается основная соль окиси хрома различной основности. Различают 2 процесса: однованнный и двухванный. При однованнном процессе пользуются основными растворами солей окиси хрома—по преимущ. сульфатов; образование основных солей достигается прибавлением соды. Распространенными препаратами являются хромовые (калиевые и натриевые) квасцы. Применяют также хромовые экстракты—растворы, полученные при восстановлении хромовой к-ты (хромпик + серная к-та) разными восстановителями—сахарами, глицерином, целлюлозой. Эти растворы обладают разным характером по устойчивости, основности и дисперсности благодаря наличию органич. радикалов; кроме того в них присутствуют альдегиды, дубящие кожу. Прибавлением солей, глицерина, соды и кислоты достигают нужных дубящих эффектов. Прежде пользовались растворами, сильно дисперсными благодаря разведению; ныне дубят в сильно концентрирован. растворах с меньшей дисперсностью, но со слабым гидролизом—сухое Д. Двухванный процесс основан на пропитывании голья кислым раствором хромпика и восстановлении последнего на волокне до соответствующего оль-соединения. Можно применять всевозможные восстановители. Практически пользуются тиосульфатом (гипосульфитом). Процесс состоит из двух основных (1) и (2) и двух побочных реакций:

$$K_2Cr_2O_7+H_2SO_4=H_2Cr_2O_7+K_2SO_4, \quad (1)$$
$$3H_2Cr_2O_7+4Na_2S_2O_3+5H_2SO_4=$$
$$=6Cr(OH)SO_4+3Na_2SO_4+Na_2S_4O_6+5H_2O.$$
$$Na_2S_2O_3+H_2SO_4=H_2S_2O_3+Na_2SO_4; \quad (2)$$
$$H_2S_2O_3=H_2O+S+SO_2.$$

Побочные реакции ведут к излишнему расходованию гипосульфита. После хромового Д. в коже остается нек-рое количество свободной к-ты; ее удаляют нейтрализацией кожи, обычно при помощи буры или бикарбоната. Хорошо выдубленная хромовая кожа обладает высокой водоустойчивостью; наоборот, при сухом нагреве до 60—70° она сильно ослабевает. Вообще хромовое Д. ослабляет кожу; волокна ее сокращаются во всех направлениях, и площадь хромовой кожи на 15% меньше соответствующего голья. Хромовая кожа содержит от 5 до 7% окиси хрома (при 18% влаги), и промежутки между волокнами мало заполнены, поэтому она мягка и гибка и мало пригодна для подошвы. Назначение ее—мягкий товар. При производстве хромовой подошвы применяют наполнение. Хромовая подошва крепче на износ, чем всякая иная, благодаря мягкости. Хромовая кожа после сушки имеет сильно склеенные волокна лица, почему получается очень грубой. Необходимо механически устранять склейку, разъединяя волокна. Посаживается она лишь в свежедубленом влажном состоянии. Цвет кожи—светлозеленый. Перед Д. нередко применяют *никель* (см.).

Б. Железное Д. Основные железные соли окиси железа обладают нек-рой способностью дубить кожу. Среди ряда предложенных для этой цели растворов наиболее интересен раствор, полученный при действии азотной к-ты на железный купорос в слабом растворе (34 ч. $FeSO_4$ на 100 ч. воды):

$$3FeSO_4+HNO_3+H_2O=3Fe(OH)SO_4+NO.$$

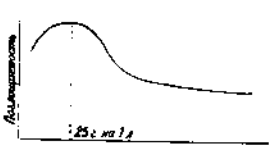
Пиклеванный опоек, обработанный раствором к-т с NaCl, продубливается этим раствором в барабане в течение 6 ч.; к раствору 10° Bé прибавляют $^1/_{10}$ ч. NaCl по весу $FeSO_4$ при 18°; затем следует прессование и холодная промывка (без нейтрализации). Кожа получается канареечного цвета и связывает 6,75% Fe_2O_3 (при 18% воды). Соединение непрочно—при кипячении оказывается водоустойчивым (по Фариону) всего 3,71%. Прочность немногим меньше голья. Упругие свойства ближе к свойствам жесткого, чем мягкого товара. Тем не менее нек-рые з-ды за границей делают опоек железного дубления, а подошву—в комбинации с сульфозой (см. *Дубильные экстракты*). Пока опыты эти нельзя признать удачными.

В. Квасцовое Д. В этой наиболее древней форме минерального Д. применяют как квасцы, так и сернокислый алюминий, прибавляя NaCl во избежание нажора от гидролиза. Иногда делают раствор слегка основным при помощи соды. Ни пикеля ни нейтрализации здесь не применяется. Главное

применение квасцового Д.—в производстве квасцовой (венгерской) сыромяти, а также лайки и кож комбинированного Д. Квасцовая кожа мало водоустойчива, но прочность на разрыв имеет высокую; водою раздубливается. Сыромять квасцовую делают напр. так: на 25 кож тяжелых—7 *кг* квасцов и 15 *кг* соли и чану, с тем чтобы кожи были покрыты раствором 1 сутки; раствор выливают, кожи лежат еще 2 суток, затем их погружают на двое суток в раствор 12 *кг* квасцов и 25 *кг* соли (возможно конечно вести процесс и в барабане). После того следуют: сушка—3 дня; жирование и мятье; пролежка для фиксации Al_2O_3; промывка от соли. При производстве лайки сильно раззоленное и мягченое голье обрабатывают тестом из 5 *кг* муки, 3 *кг* сульфата алюминия, 5 *кг* соли, 4 *кг* жира (яичный желток или оливковое масло) в 40 *л* воды в барабане в течение 3 ч. Применение: перчатки, укупорка бутылок (см. *Датская кожа*). Квасцовое Д. применяется также и в меховом деле.

Г) Другие виды минерального Д. Известна возможность Д. солями четырехвалентных церия и молибдена (причем цериевая кожа в высокой степени водоустойчива), уксуснокислой медью (сагре—восточный шагрень), закисью серебра и солями вольфрама. Полагают также, что дубит коллоидная сера. Интересно Д. кремнекислотой—в однованнной форме в растворе, полученном при приливании раствора стекла к 30%-ной соляной к-те до слабо кислой реакции, или в двухванной форме—пропитывание голья Na_2SiO_3 и обработка затем пикелем для нейтрализации Na_2SiO_3 и осаждения SiO_2: кожа получается мягкая, но от времени теряет в прочности.

Красное (растительное) Д. Красное Д. осуществляется растворами таннидов (см. *Дубильные вещества*) различной дисперсности и устойчивости. Поскольку шкура сама является коллоидной системой, проникновение таннидов в нее затруднено как гистологич., так и физическ. факторами. С уменьшением дисперсности раствора и увеличением поверхности поглощения в коллагене увеличивается поглощаемость таннидов. По Томасу-Келли, вначале поглощаемость растет по мере концентрации (ускорение реакции по закону действующих масс), затем, достигнув 15—30 *г* сухого вещества на 1 *л*, поглощаемость падает (см. фиг.). Кривая нажора голья от P_H и поглощаемость таннидов показывают известный параллелизм: дубность изменяется с нажором. Нажор увеличивает ультрамикропоры коллоидных мицеллярных стенок фибрилл, куда и проникают ультрамикрочастицы таннида: около изоэлектрич. точки наблюдается минимум, около $P_H = 2 \div 3$ максимум. При дальнейшем повышении концентрации водородных ионов начинается гидролиз коллагена. Прибавление соли понижает нажор, дисперсность таннидов и поглощение их коллагеном. Наличие нетаннидов (сахар), а также поднятие $t°$ ускоряют процесс Д. Наряду с этим имеются побочные процессы: а) действие плесеней и микроорганизмов, сбраживающих сахара, понижающих P_H и дисперсность; б) действие $t°$ на танниды (ангидризация); в) растворимость флобафенов в растворе таннидов. При Д. пользуются «золотым правилом кожевника»—начинать Д. слабыми соками, во избежание задуба кожи. Процесс красного Д. состоит из адсорбционного и химического процессов. Красное дубление универсально; особенное же значение оно имеет для жесткого и мягкого товара (см. *Кожевенное производство*, *Подошва*).



2. Технические формы Д.

Способы Д. делятся: по скорости процесса—на медленный, ускоренный и скорый; по характеру аппаратуры—на чановый, гашпельный, барабанный, электрический, вакуумный и друг.; по специальным приемам—на сыпной, соковой и намазной. Сверх того имеются комбинации способов. Скорость дубления зависит от толщины обрабатываемых кож, степени их рыхлости и условий дубления.

Наиболее медленным из общеупотребительных процессов является сыпной чановый способ Д. неконцентрированными дубителями, наиболее скорым—барабанный способ Д. концентрированными экстрактами. Чем толще и малоразрыхленнее голье, чем слабее и неподвижнее растворы и коллоидные частицы их, тем Д. медленнее. Сыпной чановый способ легко ускорить, раззоливая или нажирая голье, точно так же, как барабанный—можно замедлить, устраняя нажор и раззол. Электрич. Д. основано на катафорезе (см. *Коллоиды*) и до сего времени не м. б. применено там, где сока вследствие низкой величины P_H легко проводят ток (Д. подошвы); зато этот способ удобен для сладких слабых соков, позволяя осуществлять скорое Д. на неконцентрированных дубителях. Сыпной способ основан на том, что диффузия таннидов из корья и поглощение их кожей, подняв в первые 6 час. несколько концентрацию сока, затем создают равновесную систему в соке с очень небольшой концентрацией, близкой к сокам высокой дисперсности, причем поглощение таннидов фибриллами идет очень равномерно, но сильно затягивается время поглощения. Именно так построена сыпня насухо: кожи пересыпают корьем и заливают водой. Другая форма сыпни—на плаву: пересыпанные корьем кожи постепенно погружаются в сок своим весом. Применяя высокие концентрации соков на залнвку и высокую концентрацию таннидов в дубильных материалах, можно значительно ускорить процесс.

При соковом способе пользуются соками б. или м. концентрированными, причем кожи в них кладут при одновременной прибавке к сокам дубильных материалов (подсыпка) или без них (флоты); или же кожи навешивают на палках в дубном соку (ход). Д. в бурдюках (шкуру сшивают в мешок и наполняют соком) есть вариант соковой Д. Первая фаза Д. обычно ведется в соках в гашпелях или чанах и называется заличкой (для мягкого товара) или

ходом (для жесткого товара). Окончательная фаза Д., если она ведется в барабане, называется додубкой.

Намазной способ состоит в многократном намазывании кожи соком; этот способ применяется в производстве овчин с бахтармы.

3. Деление Д. по назначению.

Группировку Д. по назначению—см. *Кожевенное производство*.

Лит.: Поварнин Г., Введение в теорию дубления, М., 1914; Вильсон, Химия кожев. производства, 1927; Арбузов Г., «Вестник кожев. пром. и торг.», М., 1927, стр. 337; Поварнин Г., Основы хромового дубления, М., 1910—11; Арбузов Г., «Вестн. кожев. пром. и торг.», Москва, 1928; Поварнин Г., Практич. этюды о хром. дублении, М., 1911; Парамонов Г., О выделке хром. подошвы, 1918; Локшин И. А. и Казанов А. М., Производство мелких хромовых кож, М., 1925; Шапиро А., Производство, крашение и отделка хромовых кож, Москва, 1927; Котельников Н. и Басс М., Пути улучшения кожевенной продукции, «Вестник Всерос. кожев. синд.», М., 1926, *10—11*; их же, В защиту рабочей гипотезы, «Вестн. кожев. пром. и торг.», М., 1927, *12*; Поварнин Г., Пути улучшения качества продукции, там же, 1927, *1—2*; Завадский А. Л., Кожев. производство, Н.-Новгород, 1923—24; Tomas A.a. Kelly M., «Journ. of the Amer. Leather Chem. Association», New York, 1926, v. 21, p. 57; Mathur, ibidem, 1927, v. 22, p. 2; Stiasny, «Collegium», Ober-Ramstadt, 1927—28; Stiasny, Balany, ibidem, 1928, p. 694—696; Jettmar J., Die Eisengerbung, Lpz., 1920; Jettmar J., Praxis u. Theorie d. Ledererzeugung, Berlin, 1901; Rogers A., The Practical Tanning, p. 156, L., 1922; Fahrion W., Die neueren Gerbemethoden u. Gerbetheorien, Berlin, 1915; Niedercorn F. D., The Molybdenum Tannage, «Ind. Eng. Chem.», 1928, v. 20, p. 257; Gustavson, «Journ. of the Amer. Leather Chemistry Association», N. Y., 1924, p. 446, 1927, p. 60. **Г. Поварнин.**

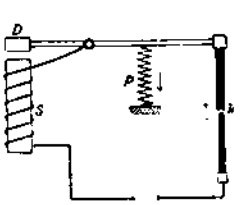
ДУБЛИРОВАНИЕ, сдваивание ленты или ровницы в прядении,—процесс, применяемый для получения более равномерного по тонине продукта и лучшей параллелизации отдельных волокон в ленте или ровнице. См. *Прядение*.

ДУБОВЫЙ МОХ, исходное сырье при производстве специальных душистых веществ, продукт первостепенной важности в современной парфюмерной промышленности. Под названием Д. м. обычно подразумевается сушеный лишайник (Evernia prunastri), собранный со стволов дуба, но не меньшее применение имеют сорта Д. м., находимые на других деревьях этого же семейства. Приятным запахом отличаются и нек-рые другие виды: E. purpuracea, E. divaricata, Ramalina farinacea, Sticta pulmonacea. Качество Д. м. сильно зависит от места произрастания, и наибольшим спросом пользуются сорта, собираемые на юге Европы (Франция, Чехо-Словакия, Герцоговина). Применяется Д. м. в производстве духов и других парфюмерных изделий как в виде спиртовых настоев, получаемых из сушеного Д. м. на парфюмерных ф-ках, так и в виде продуктов: экстракции (различными растворителями), вырабатываемых на з-дах душистых веществ. Хим. состав Д. м. недостаточно точно установлен, но повидимому главной составной частью является этиловый эфир эверниевой к-ты. В СССР пока не найдено районов, дающих Д. м. качества, соответствующего заграничному, но, как показали научно-исследовательские работы в этом направлении, такой продукт несомненно может быть найден. Потребность советской мыловаренно-парфюмерной промышленности исчисляется приблизительно в 3 000 *кг*.

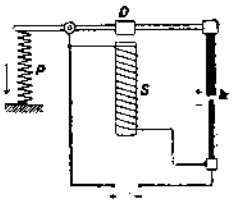
Лит.: Krug E., Die Gewinnung natürlicher Duftstoffe, «Deutsche Parfümerie-Ztg», B., 1928, *14*, p. 332—336; Cerebelaud R., «Parfumerie moderne», Lyon, 1921, p. 98; Parry Er., Cyclopaedia of Perfumery, London, 1925; «Les parfums de France», Paris, 1928, v. 6, *60*, p. 34. **Б. Рутовский.**

ДУГОВАЯ ЛАМПА, первый по времени электрич. источник света, в к-ром для целей освещения использовано явление *вольтовой дуги* (см.), открытое в 1802 г. проф. В. В. Петровым и позднее, в 1808 г., англ. физиком Деви. Для образования дуги концы электродов (угли) Д. л. должны быть приведены в соприкосновение и затем раздвинуты. При сгорании углей дуга начинает удлиняться, свет ее становится неровным, мигающим, слышно своеобразное шипение, и, когда расстояние между электродами превзойдет известную величину, дуга разрывается. Для восстановления дуги необходимо снова сблизить электроды до соприкосновения и затем раздвинуть.

В фонарях, снабженных Д. л., регулирующий горение дуги механизм должен для сохранения непрерывного света исполнять следующие функции: 1) сближать автоматически положительный и отрицательный угли



Фиг. 1.



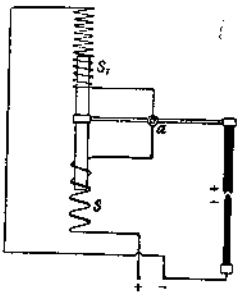
Фиг. 2.

по мере их сгорания так, чтобы длина дуги оставалась постоянною; 2) сближать их при зажигании дуги и при случайном ее затухании; 3) когда дуга загорится, раздвигать угли на расстояние, строго определенное для данного дугового фонаря. Современные автоматические регуляторы основаны на электромагнитных действиях рабочего тока на сердечник соленоида или электромагнита. В зависимости от способа включения обмоток электромагнитов относительно дуги, регуляторы разделяются на последовательные, шунтовые и диференциальные.

Схема последовательного регулятора изображена на фиг. 1, где *S*—обмотка электромагнита включена последовательно с дугой. Пружина *P*, прижимая верхний положительный уголь *k* к нижнему отрицательному углю, дает возможность лампе при включении загореться. Когда дуга загорится, ток намагничивает сердечник электромагнита, к-рый притягивает пластинку *D*. Последовательная Д. л. регулирует на постоянную силу тока, т. к. электромагнит *S* должен питаться током постоянной силы, чтобы уравновешивать постоянную силу натяжения пружины *P*. Д. л. с последовательным регулированием можно включать только в одиночку, т. к. при соединении нескольких ламп сила тока устанавливалась бы соответственно сопротивлению всех включен. ламп, а не сопротивлению одной в отдельности.

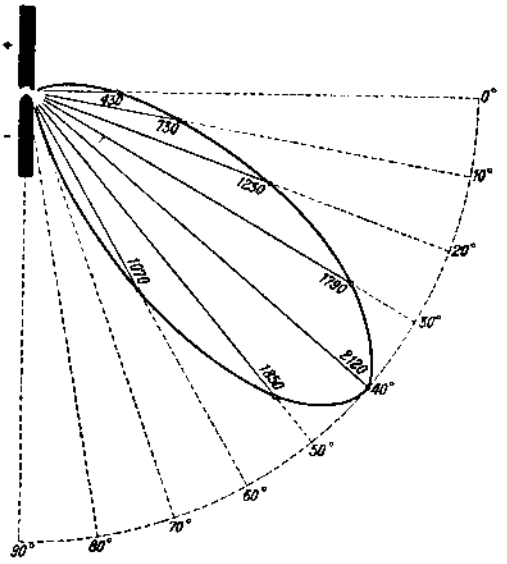
В шунтовых регуляторах электромагнит для образования и регулирования дуги включают параллельно с дугой (фиг. 2). При таком способе включения лампа регулирует на постоянное напряжение. Д. л. с шунтовым регулятором употребляются гл. образом при небольшом числе последовательно включаемых в каждую группу ламп.

Д. л. с диференциальным регулятором (фиг. 3) представляет собою комбинацию лампы последовательной с шунтовой. Соленоид S регулирует на силу тока, а S_1 — на напряжение. Диференциальная лампа регулирует на постоянство отношения напряжения к силе тока, т. е. на постоянство сопротивления; применяется при любом числе включаемых ламп для последовательного и параллельного соединения. Д. л. с регуляторами, основанными на свойстве втягивания железного сердечника в соленоид, пригодны как для постоянного, так и для переменного тока. Сердечники таких ламп д. б. собраны из тонких изолированных друг от друга листов железа, во избежание больших потерь на токи Фуко и гистерезис.



Фиг. 3.

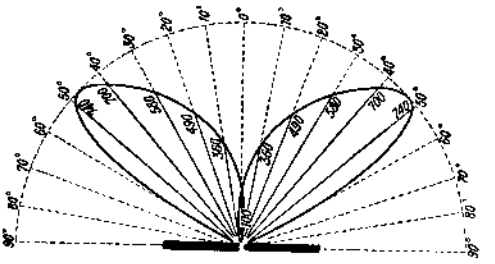
Д. л., предназначенные исключительно для переменного тока, бывают с регуляторами, основанными: 1) на электромагнитном отталкивании, 2) на электромагнитном вращении.



Фиг. 4.

В Д. л. применяются угольные электроды; подробнее см. *Угли электрические*.

Для получения спокойной работы Д. л. и поглощения излишнего напряжения последовательно с ней включают т. н. добавочные, или успокоительные, сопротивления. При наличии добавочного сопротивления сила тока в цепи Д. л. будет зависеть не только от переменного кажущегося сопротивления дуги (изменения длины), но и от нек-рого постоянного сопротивления, которое выполняется в виде обычного омического сопротивления или индукционного сопротивления (дросселя). Проволока в добавочном сопротивлении наматывается на фарфоровый цилиндр с продольными выемками для охлаждения циркулирующим воздухом; передвижное кольцо позволяет изменять величину


Фиг. 5.

добавочного сопротивления; цилиндр закрывается металлич. кожухом. Индукционное добавочное сопротивление для Д. л. переменного тока обычно выполняется в виде двух катушек с обмотками из изолированной медной проволоки и подвижным железным сердечником, перемещением к-рого внутрь катушек изменяется величина кажущегося сопротивления их, вследствие изменения коэфициента самоиндукции. Дроссель прикрывается железным футляром. Сопротивления для включения цепей с Д. л. постоянного и переменного тока выполняются в виде реостатов с контактными досками.

Распределение света дуги при постоянном токе и при переменном токе происходит различно. В дуге постоянного тока сгорание положительного угля (3 750—4 200° К) происходит почти вдвое быстрее отрицательного, и ок. 85% из получаемого ею светового потока приходится на кратер, ок. 10%—на отрицательный уголь и ок. 5%—на дугу. Кривая распределения силы света вокруг дуги при постоянном токе изображена на фиг. 4. При переменном токе оба конца электродов излучают приблизительно по 47,5% светового потока, при 5% доставляемых самой дугой; кривая распределения силы света изображена на фиг. 5. Чтобы использовать часть светового потока, направленного вверх, обычно на практике применяют отражатели, отражающие вниз верхние лучи кривой. Для Д. л. на практике редко применяются прозрачные стеклянные колпаки; обычно берутся б. или м. прозрачные матовые, опаловые или молочные колпаки. Световая отдача Д. л. различна; у ламп продолжительного горения она меньше, чем у открытых; к концу горения световая отдача уменьшается вследствие загрязнения продуктами сгорания углей внутренней поверхности колпаков.

Д. л. разделяются на лампы: 1) с открытой вольтовой дугой, образующейся и горящей при свободном доступе воздуха и требующей при большом сгорании углей частой их смены; 2) с закрытой дугой, продолжительн. горения, у к-рых концы углей и дуга заключены в матовый замкнутый

колпачок; 3) пламенные, с ограниченным доступом воздуха, при применении углей, пропитанных металлическими солями—для постоянного тока и переменного тока. Яркость кратера положительного угля Д. л. постоян. тока достигала 16 200 свечей на *см*² прн $T°$ ок. 4 200°. О. Люммер, путем повышения давления среды, в к-рой горит дуга, доводил яркость до 255 000 свечей на *см*², причем $T°$ кратера доходила до 7 600°. Работы Бека (Beck) и Гельгофа (Gehlhoff), а также фирмы Sperry Gyroscop Co., дали возможность установить, что при особом составе пламенных электродов, в к-рых увеличена плотность тока (300 A при диам. положительного угля 18,5 *мм* и диам. отрицательного угля 16 *мм*), яркость кратера достигает 114 000 свечей на *см*². Яркость пламени Д. л. с углями интенсивного горения в 6 раз более яркости дуги с обыкновенными углями.

Д. л. включается в сеть последовательно или параллельно. При последовательном включении для предупреждения перерыва тока применяются специальные автоматы, к-рые при погасании одной из ламп или замыкают ее накоротко или вводят вместо нее вспомогательное сопротивление, компенсирующее выбывшую лампу. Д. л. с последовательным регулятором непригодны для последовательного соединения. При параллельном включении, в зависимости от напряжения сети (110—120, 220—240 V), Д. л. (40—45 V) соединяются последовательными группами по 2, 3 и более, причем в каждое ответвление включается добавочное сопротивление. В практике установлены напряжения для Д. л. в 65, 100—110, 200—220 V и т. д., причем излишки напряжения поглощаются в успокоительном сопротивлении.

Д. л. с электродами не из угля: магнетитовая лампа—разработана фирмой GEC по идее Штейнмеца для напряжения 75—80 V, для 4,5 и 6,6 A, с мощностью 510 W, с максимальной силой света в 1 525 свечей и со световой отдачей 15,9 lm/W; положительный электрод—медный, отрицательный—тонкостенная железная трубка, набитая смесью окисей титана, хрома и магнитного железняка (Fe_3O_4). Данные о Д. л. приведены в следующей таблице.

Данные о дуговых лампах.

Название ламп	Род тока	Сила тока в A	Напряжение дуги в V	Мощность в дуге в W	Нижняя полусферич. сила света в свечах	Уд. потребление в W на нижн. полусф. в свечах	Нижняя полусф. сила света в свечах на 1 W	Диаметр углей верхних и нижних в *мм*	Марка углей верхних и нижних
Открытая	Пост.	10	42	420	770	1,83	2,22	18 22	Чистый фитильный Чистый
То же	Перем.	10	29	276	270	1,01	1,00	12 12	Чистый фитильный
С ограниченным доступом воздуха	Пост.	10	80	800	1 000	0,80	1,25	13 13	Чистый
Пламенная открытая с наклонными углями	»	10	46	460	2 730	0,169	6,00	10 9	Желтый
То же	Перем.	10	44	388	1 910	0,200	5,00	8 8	»
Пламенная открытая с вертикальными углями	Пост.	10	40	400	2 300	0,17	5,75	15 16	T. B. Siemens
То же	Пост. тройн. включ. *1	10	31	310	1 450	0,21	4,67	15 16	»
То же	Перем.	10	40	346	1 270	0,27	3,70	13 14	»
То же	Перем. тройн. включ. *2	10	37	246	710	0,35	2,90	11 13	»
AEG, пламенная с огранич. доступом воздуха	Пост.	8	45	360	1 100	0,32	3,06	—	—

*1 Отрегулирована на пониженное напряжение (31 V) для включения по 3 лампы последовательно в 110 V.
*2 То же для переменного тока на 27 V.

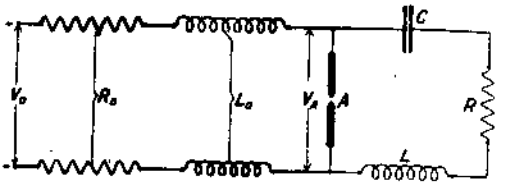
О дуговых вольфрамовых лампах (точечных)—см. *Лампы электрические*.

Лит.: Зеленцов М. Е., Световая техника, Л., 1925; Сиротинский Л. И., Электрич. освещение, М., 1926; Кузнецов А. А., Электрич. источники света, СПБ, 1904; «СЭТ»—Справ. книга для электротехников под ред. М. Шателена, В. Миткевича и В. Толвинского, т. 3, Ленинград, 1928; Bloch L., Lichttechnik, B., 1921; Pêcheux H., Lampes, tubes et valves électriques, Paris, 1925; Ayrton H., The Electric Arc, London, s. a.; Monasch B., Der elektrische Lichtbogen, B., 1904.
С. Синицын.

ДУГОВОЙ ГЕНЕРАТОР, генератор электрич. токов высокой частоты, основной частью которого является *вольтова дуга* (см.), питаемая источником постоянного тока. По своему существу Д. г. является преобразователем постоянного электрич. тока в переменный высокочастотный ток.

Общая схема соединений дугового генератора представлена на фиг. 1. Здесь: V_0—напряжение источника постоянного тока, L_0—самоиндукция больших реактивных (дроссельных) катушек и R_0—сопротивление в цепи постоянного тока (первичная цепь); C и L—емкость и самоиндукция в цепи колебательного контура (вторичная цепь); R—сопротивление этой же цепи—эквивалент факторов, поглощающих энергию колебательного контура; A—вольтова дуга, являющая-

ся одновременно частью цепи как постоянного тока, так и колебательного контура. Назначение самоиндукции L_0—не допускать



Фиг. 1.

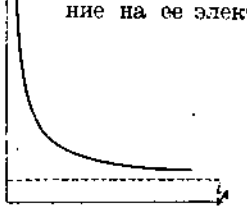
проникания электрич. колебаний в цепь постоянного тока. Сопротивление R_0 служит для регулирования силы питающего тока.

Теория Д. г. Действие Д. г. основано на свойстве вольтовой дуги изменять свое сопротивление в зависимости от силы проходящего тока: при возрастании силы тока сопротивление дуги падает, а при уменьшении—ее сопротивление растет. Эта особенность вольтовой дуги подчиняется закону т. н. падающей характеристики. Фиг. 2, изображающая графически этот закон для случая медленных изменений силы тока, дает статическую характеристику дуги. Кривая представляет напряжение на электродах дуги V_A в виде функции силы тока дуги i_A. Закон изменения V_A выражается уравнением равносторонней гиперболы:

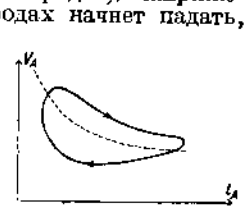
$$V_A = a + \frac{b}{i_A},$$

где a и b—константы дуги.

Работа Д. г. может быть представлена следующим образом. После приключения генератора к зажимам источника постоянного тока и до зажигания дуги напряжение на ее зажимах равно напряжению источника постоянного тока V_0. Но как только дуга загорится (вследствие надлежащего сближения ее электродов), напряжение на ее электродах начнет падать,



Фиг. 2.



Фиг. 3.

и поэтому конденсатор C начнет разряжаться через дугу: в цепи C-A-L-R (фиг. 1) начинается генерирование высокочастотного переменного тока. Вследствие наличия электрических колебаний в этой цепи ток дуги будет постоянно складываться из двух слагающих: из тока, посылаемого через дугу непосредственно самим источником постоянного тока, и из тока колебательного контура. Сила тока дуги д. б. поэтому нек-рой периодически меняющейся величиной, а следовательно и сопротивление дуги в силу ее падающей характеристики будет также периодически меняющейся величиной.

Если обозначим через V_0 напряжение на зажимах источника постоянного тока, через I_0—силу тока питания, через V_A—напряжение на электродах дуги, через I_A—силу тока дуги, через i_H—силу тока колебательного контура, то электродинамика Д. г. определится системой следующих ур-ий:

$$V_A = f(i_A); \qquad (1)$$

$$V_0 = L_0 \frac{dI_0}{dt} + I_0 \cdot R_0 + V_A; \qquad (2)$$

$$i_A = I_0 + i_H; \qquad (3)$$

$$-\frac{1}{C}\int i_H\,dt - L\frac{di_H}{dt} = i_H \cdot R + V_A. \qquad (4)$$

Ур-ие (1) выражает напряжение на электродах дуги как функцию тока дуги. Т. к. здесь ток дуги i_A—величина периодическая и быстро меняющаяся, то ур-ие (1) является ур-нем динамической характеристики дуги (фиг. 3). Для сравнения на фиг. нанесена пунктиром статич. характеристика той же дуги.

Ур-ие (2) выражает напряжение на зажимах источника постоянного тока как сумму падений напряжения в цепи тока. Т. к. сила тока I_0, при наличии достаточно большой самоиндукции L_0, остается величиной практически постоянной, то ур-ие (2) может быть представлено в виде:

$$V_0 = I_0 \cdot R_0 + V_A \qquad (2a)$$

Ур-ие (3) выражает ток дуги в виде суммы двух слагающих: постоянной части I_0 и переменной части i_H.

Ур-ие (4) есть ур-ие эдс и падений напряжения в цепи колебательного контура. Из ур-ий (1), (2), (3), (4) путем диференцирования и ряда других преобразований получим следующее характеристич. ур-ие Д. г.:

$$\frac{d^2 i_H}{dt^2} + \frac{R + \varrho_A}{L} \cdot \frac{di_H}{dt} + \frac{1}{CL} i_H = 0, \qquad (5)$$

где ϱ_A — сопротивление дуги. Это сопротивление—величина комплексная:

$$\varrho_A = \frac{dV_A}{di_A} + j\omega l. \qquad (6)$$

Здесь $\frac{dV_A}{di_A}$—активная составляющая сопротивления дуги—та переменная часть сопротивления дуги, которая вызывает периодически повторяющуюся посылку энергии в колебательный контур; $j\omega l$—реактивная составляющая сопротивления дуги—вызывает кажущееся увеличение реактивного сопротивления колебательного контура (ω—угловая частота).

Ур-ие (5) имеет решение:

$$i_H = i_{H_{max}} \cdot e^{-\delta t} \cdot \sin(\omega t - \varphi). \qquad (7)$$

где $i_{H_{max}}$—амплитуда тока колебательного контура и δ—декремент затуханий колебательного контура, причем

$$\delta = \frac{R + \frac{dV_A}{di_A}}{2L}, \qquad (8)$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{(L + l)C}}. \qquad (9)$$

На основании ур-ия (8) имеем следующее условие, необходимое и достаточное для получения незатухающих колебаний:

$$\frac{dV_A}{di_A} = -R, \qquad (10)$$

т. е. среднее (за период i_A) значение активной

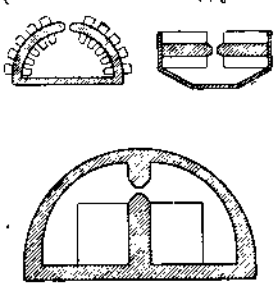
составляющей сопротивления дуги должно быть достаточным для уничтожения затухающего влияния сопротивления колебательного контура.

Период колебательного контура

$$T = 2\pi\sqrt{(L+l)C}. \qquad (11)$$

В зависимости от формы динамич. характеристики дуги и от соотношения величин I_0 и $i_{H_{max}}$ получаются разные частные случаи электродинамики Д. г. О трех родах колебаний, создаваемых Д. г., см. *Колебания электрические*.

Практические осуществления Д. г. Задача получения незатухающих электрич. колебаний высокой частоты (от $4 \cdot 10^4$ до 10^4 пер/ск.) при большой мощности их с помощью вольтовой дуги была впервые разрешена для целей радиотелеграфирования в 1902 году датчанином Вальдемаром Паульсеном. В его Д. г., работающем колебаниями второго рода, вместо дуги с двумя угольными электродами для анода применен медный электрод с водяным охлаждением, а угольному катоду придано медленное вращательное движение, в результате чего получается ровное горение дуги; дуга помещается в охлаждаемой водой камере и горит в атмосфере газов, богатых водородом, а потому очень теплопроводных (светильный газ, пары алкоголя, пары керосина и т. п.). С помощью указанных способов интенсивного охлаждения тепловая инерция дуги, а следовательно и дуговой гистерезис сильно уменьшены, вследствие чего свободно получается устойчивая высокая частота. Кроме того дуга помещается в сильном поперечном магнитном поле (магнитное дутье); в определенный момент периода, когда сила тока дуги приближается к нулю, магнитное поле разрывает и гасит дугу и вслед затем энергично деионизирует междуэлектродное пространство; благодаря этому ветви динамич. характеристики дуги получаются более отвесными, и напряжение, необходимое для зажигания дуги, более высоким, а от этого мощность Д. г. увеличивается. Охлаждение медного анода придало паульсеновскому дуговому генератору особую устойчивость.



Фиг. 4.

Главнейшие части паульсеновского генератора: магнитная цепь, катушки возбуждения, огневая камера и электроды. Фиг. 4 представляет разные формы магнитных цепей, фиг. 5—наиболее распространенную и наивыгоднейшую форму магнитных полюсов. Длина G воздушного промежутка—от 25 до 175 *мм*; α—от 55 до 60°; отношение $\frac{d}{g} = \operatorname{tg}\alpha$. Сила магнитного поля в воздушном промежутке—от 10 до 20 и даже до 25 килогаусс. Наивыгоднейшая сила магнитного поля определяется, по Фуллеру, так:

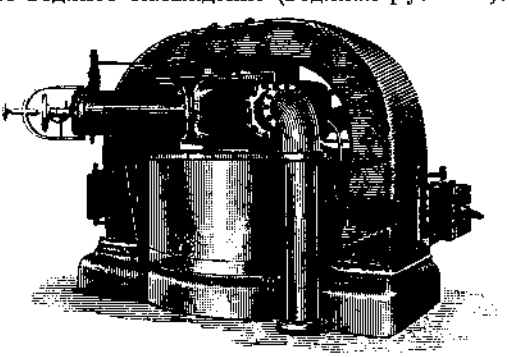
$$H = k \cdot \frac{\sqrt{V_0 \cdot I_0}}{\lambda} \text{ килогаусс}$$

(где V_0—в kV, I_0—в A, λ—в *см*), причем для этилового спирта k=8,5, для керосина k=4,25 V. Вес и размеры магнитной цепи—в зависимости от мощности генератора.

Получение магнитного дутья в Д. г. производится чаще всего посредством тока, питающего дугу (самовозбуждение): катушки электромагнитов, создающих магнитное дутье, вводятся в цепь постоянного тока, и тогда они выполняют роль реактивных катушек. В этом случае требуется применение чрезвычайно тщательной изоляции, которая была бы в состоянии противостоять ударам и разрушительному влиянию токов высокой частоты. Реже имеет место питание катушек электромагнитов от постороннего источника тока (независимое возбуждение). Применяется также и смешанная форма возбуждения: часть витков вводится в цепь постоянного тока последовательно с дугой, а часть их питается током от независимого источника.

Фиг. 5.

Огневая камера Д. г. представляет собою герметически закрывающуюся коробку, имеющую два отверстия для ввода магнитных полюсов, два других отверстия для ввода электродов и отверстие, через к-рое вводится струя водорода или светильного газа или впрыскивается по каплям алкоголь, бензин или керосин. Крышка камеры д. б. отвинчиваемой для чистки ее. Наружный воздух не должен иметь доступа в камеру. В виду опасности взрывов камера должна иметь один или несколько предохранительных клапанов. Размеры камеры определяются в зависимости от величины необходимой охлаждающей поверхности. При малых мощностях камера имеет воздушное охлаждение (помощью вентилятора), при больших мощностях она имеет водяное охлаждение (водяная рубашка).

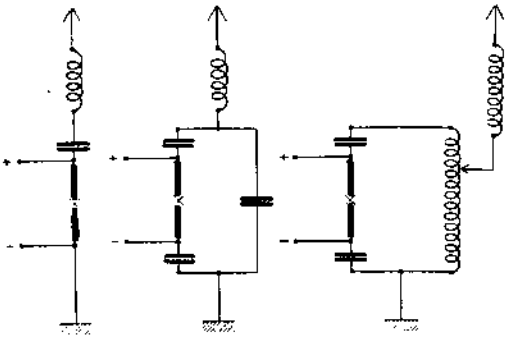


Фиг. 6.

Анод делается б. ч. из меди высшего качества. По своей форме—это трубка с двойными стенками. Наружный диаметр—от 9 до 32 *мм*. Внутри анода—водяное охлаждение. Т. к. анод обыкновенно приключается к антенне и находится поэтому под высоким напряжением по отношению к земле, то он д. б. тщательно изолирован от камеры. Катод делается обыкновенно из угля или графита. Диаметр его—от 9 (в малых генераторах) до 50 *мм* (в самых больших). Гильза, в к-рой вращается держатель катода, в мощных ге-

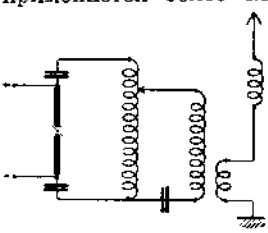
нераторах имеет иногда водяное охлаждение. Употребительное напряжение тока питания—от 500 до 1 500 V.

На фиг. 6—представлен 500-kW паульсеновский генератор американ. конструкции. Коэф. отдачи паульсеновских генераторов



Фиг. 7. Фиг. 8. Фиг. 9.

зависит от способа присоединения их к антенне. Так, при прямом соединении Д. г. с антенной (фиг. 7) коэф. отдачи достигает 50%, при непрямом соединении (фиг. 8 и 9) можно получить коэф. отдачи в 60%. Для освобождения антенны от высших гармоник Д. г. применяется более сложная схема с промежуточным контуром (фиг. 10).



Фиг. 10.

Наибольшей мощности (до 3 600 kW) Д. г. установлен был в 1919—21 гг. на о-ве Яве, но он не оправдал возлагавшихся на него надежд. В настоящее время Д.г.устанавливаются вновь редко и вытесняются *ламповыми генераторами* (см.), представляющими бо́льшие удобства при работе длинными волнами на малые и средние расстояния и короткими—на большие.

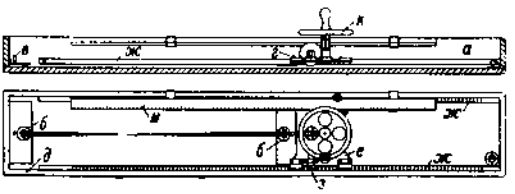
Лит.: Duddel W., On Rapid Variations in the Currents through the Direct Current Arc, «Journ. of the Inst. of Electr. Eng.», L., 1901, v. 30, p. 232—261; Simon H. Th., Über d. Dynamik d. Lichtbogenvorgänge u. über Lichtbogenhysteresis, «Physikal. Ztschr.», Leipzig, 1905, B. 6, p. 297—319; Poulsen V., Ein Verfahren zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen, «ETZ», 1906, B. 27, p. 1040—1044, 1075; Simon H. Th., Über ungedämpfte elektrische Schwingungen, «Jahrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph.», B., 1907, B. 1, p. 16—68; Simon H. Th., Wirkung d. magnetischen Feldes b. d. Poulsen-Lichtbogen, «ETZ», 1907, B. 28, p. 1232; Simon H. Th., Über d. Wirkung d. Magnetfeldes bei d. Erzeugung ungedämpfter Schwingungen mit Hilfe d. Lichtbogens, «ETZ», 1907, B. 28, p. 1232; Barkhausen H., Die Erzeugung dauernder Schwingungen durch d. Lichtbogen, «Jahrbuch d. drahtl. Telegr. u. Teleph.», B., 1907, B. 1, p. 242—262; Barkhausen H., Das Problem d. Schwingungserzeugung, Lpz., 1907; Upson W. L., Observations on the Poulsen Arc, «Electrician», L., 1907, v. 60, p. 58—60, 90—92; Wagner K. W., Über d. Erzeugung v. Wechselstrom d. einen Gleichstromlichtbogen, «ETZ», 1909, B. 30, p. 30, 603, 627; Wagner K. W., Der Lichtbogen als Wechselstromerzeugung, Lpz., 1910; Simon H. Th., Der elektrische Lichtbogen, Lpz., 1911; Sommerfeld A., Zur Theorie der Lichtbogenschwingungen b. Wechselstrombetrieb, «Jahrbuch d. drahtl. Telegr. u. Teleph.», B., 1916, B. 10, p. 201—215; Pedersen P. O., On the Poulsen Arc a. its Theory, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1917, 5, p. 255—319; ibid., 1919, 7, 293—297; Austin L. W., The Production of High-Frequency Oscillations from the Electric Arc, «Bureau of Standards, Bull.», Wsh., 1917, v. 3, p. 325—340; Fuller L. F., The Design of Poulsen Arc Converters for Radio Telegraphy, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1919, v. 7, p. 449—497; Mayer E., Zur Theorie d. Lichtbogenschwingungen, Diss., «Ztschr. f. techn. Physik», Lpz., 1921, Jg. 2, p. 18, 40, 73, 94; Elwell C. F., The Poulsen Arc Generator, L., 1923; Elwell C. F., Der Poulsen-Lichtbogengenerator, B., 1926; Zenneck J. u. Rukop H., Lehrbuch d. drahtl. Telegr. u. Teleph., p. 260—293, Stg., 1925; Ollendorff F., Die Grundlagen d. Hochfrequenztechnik, p. 184—189, 223—232, B., 1926; Banneitz F., Taschenbuch d. drahtlosen Telegraphie u. Telephonie, p. 220—225, 736—767, Berlin, 1927.

Д. Викнер.

ДУКТИЛОМЕТР, прибор для определения тягучести полутвердых материалов, например асфальта, пеков. См. *Дуктилометрия.*

ДУКТИЛОМЕТРИЯ, отдел прикладной измерительной физики, занимающийся измерением тягучести полутвердых тел. Под тягучестью разумеется способность тел быть вытягиваемыми, причем вытяжка в направлении растягивающего усилия сопровождается утонением в перпендикуляром к нему направлении, без излома или трещин. Тягучесть как физическая характеристика, поставленная в связь с другими механическими свойствами полутвердых тел, еще не достаточно изучена. Поэтому в настоящее время м. б. указана не мера тягучести в точном смысле, а лишь нек-рая шкала чисел тягучести, представляющих предельную длину (в см) вытяжки нормированного брикета из испытуемого вещества, подвергнутого растяжению при определенной $t°$ и с определенной скоростью. Отступление от указанных условий испытания на тягучесть дает иное число тягучести. Тягучесть асфальтов и других аналогичных битуменов показывает степень пригодности их для цементирования асфальтовых дорог; поэтому, в связи с развитием этого рода сооружений, в Америке и в последнее время в Англии Д. особенно изучалась, и дуктилометрич. испытание этих материалов при постройке дорог стало обязательным. Для оценки составов, идущих на заливку кабельных муфт, а также исходных битуминозных материалов для этих составов, дуктилометрич. исследование в последнее время тоже признано необходимым в виду тех растяжений, к-рым подвергается изоляция муфт при смещениях грунта.

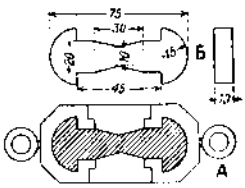
Измерение тягучести ведется помощью специальных приборов, называемых дуктилометрами. Наиболее распространены



Фиг. 1.

дуктилометр Дау (Dow) и его видоизменение —Дау-Смита (фиг. 1). Последний состоит из металлич. ванны *a*, устройство которой позволяет поддерживать нормальную $t°$ наливаемой в нее воды с точностью до 0,1° (америк. технич. условия требуют 25°, а английские—15°). Технически сравнимые результаты м. б. получены лишь испытанием при $t°$, соответствующей нормальной мягкости материала, устанавливаемой пенетрометром (см. *Малакометрия*). В ванне *a* помещается

разъемная латунная форма *б*; последняя изображена в большем масштабе на фиг 2, А, а главные размеры испытуемого брикета в *мм* даны на фиг. 2, Б. Применяются также и другие формы, и тогда числа тягучести приводятся к единообразию умножением на соответственные переводные коэф-ты. В собранном виде форму ставят на слегка протертую жиром гладкую пластину (например матовое стекло), причем боковые стенки тоже протираются жиром (лучше пользоваться амальгамированной пластиной и амальгамировать боковые стенки формы). Затем в форму наливают испытуемый материал, нагретый до вполне жидкого состояния, и процеженный через сито в 50 меш. По прошествии не менее 30 минут с формы срезывают горячим шпателем избыток материала и помещают ее в ванну *а*, причем кольца формы надевают на крючки *в* и *г*. Первый укреплен на раме *д* (фиг. 1), а второй—на подвижной поперечине *е*, могущей двигаться по направляющим и получающей равномерное поступательное движение по кремальере *ж* вручную, путем вращения маховичка *к*, приводящего в движение шестерни *з* через червячную передачу. Обычно технич. условия требуют сохранения постоянной поступательной скорости 5 см в минуту; отступления от указанной скорости не должны превышать ± 5%. Равномерность вращения вручную контролируется звоном колокольчика при кажд. повороте колеса. Вращение продолжается до разрыва вытянутого асфальтового брикета. Длина вытяжки прочитывается на шкале *м*. Каждое испытание д. б. повторено не менее двух раз. Дуктилометр Дау позволяет испытывать одновременно три образца, а Дау-Смита—только один.



Фиг. 2.

Дуктилометрич. исследование показывает, что тягучесть битуминозных веществ повышается с $t°$ (фиг. 3*), но быстрота этого повышения значительно убывает после прогрева их. Уменьшение тягучести F_d в *см* при прогреве образца в течение τ часов при t и °С выражается формулой:

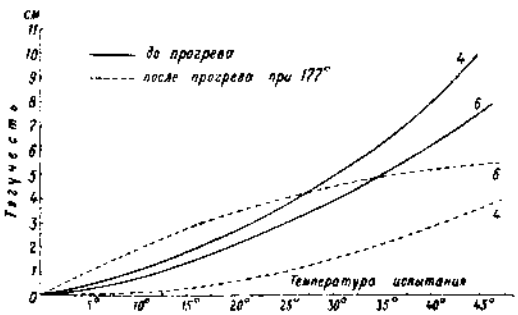
$$F_d = k \cdot \frac{s \cdot t \cdot \tau}{p},$$

где s—площадь прогреваемого образца в *см*², p—вес образца в *г*, а k—постоянная вещества, значения которой указаны в табл. 1.

Табл. 1.—Значения коэф-та k для некоторых битуменов.

Битумен	Значения k	$t°$ прогрева
Тринидадский асфальт *C* .	0,039	177
	0,096	204
» » *D* . .	0,120	194

Тягучесть битуминозных веществ резко понижается от присутствия твердых парафинов, тогда как от присутствия растворителей, например масел, тягучесть иногда значительно повышается. Табл. 2 дает числа тягучести некоторых битуминозных материалов с различными температурами размягчения по Сарнову-Кремеру при различных температурах испытания.



Фиг. 3.

Табл. 2.—Тягучесть битуминозных материалов (по И. Лагерквисту и Г. Шпанне).

Род битуминозного материала	$t°$ размягч. по Сарнову-Кремеру	Тягучесть при $t°$ 20°	25°	30°	35°	40°
Каменноугольный пек	29	1 000	—	—	—	—
	44	565	1 000	—	—	—
	57	0	0	0	1 000	—
	61	0	0	0	0	30
	72	0	0	0	0	0
Древесный пек	57	0	0	5	1 000	—
	63	0	0	0	5	100
	79	0	0	0	0	—
Нефтяной пек	44	325	1 000	—	—	—
	47	183	370	1 000	—	—
	48	148	246	—	—	—
	50	76	120	—	—	—
	64	33	52	55	58	68
	66	32	34	36	—	—
	100	19	25	27	28	30
Мексиканский битумен	44	1 000	—	—	—	—
	63	40	52	67	85	—
Бермудский асфальт	45	1 000	—	—	—	—
	46	55	1 000	—	—	—
	48	334	460	1 000	—	—
Кабельная масса А	45	1 000	—	—	—	—
» » Б	51	109	305	1 000	—	—
» » Е	52	70	115	170	480	1 000

Тягучесть полутвердых тел есть свойство, не однозначащее с мягкостью (оцениваемой пенетрометром) и не связанное с нею. Испытание различных естественных асфальтов и нефтяных пеков привело к выводам, помещенным в табл. 2.

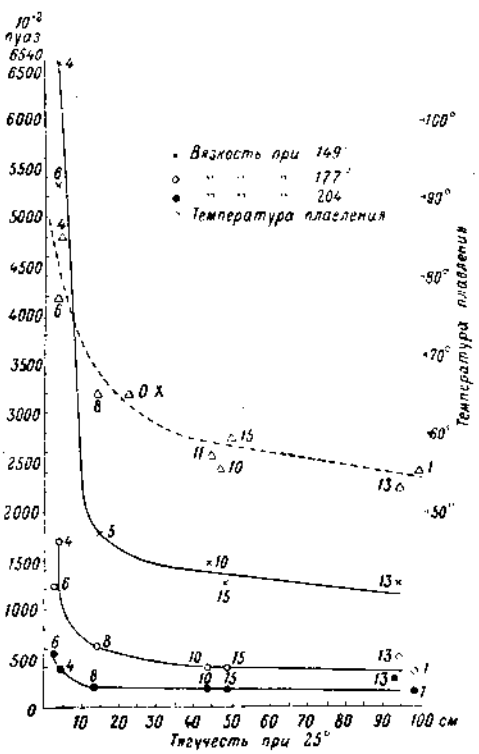
* Номера кривых на этой диаграмме, а также номера и литеры на диаграмме фиг. 4 и в таб. 1 и 3 обозначают марки тринидадского асфальта, перечисленные в исследовании P. Ed. Spielman, Bituminous Substances, London, 1925.

Весьма большая тягучесть м. б. свойственна также телам умеренной мягкости. Это можно пояснить например данными табл. 3.

Табл. 3.—Пример взаимного несоответствия тягучести и мягкости.

Подготовка испытуемого вещества	Тягучесть в см	Пенетрация
Непрогретый материал . . .	63,0	45
Остаток того же материала после 5-часового прогревания при 200°	3,0	50
Тот же остаток, смешанный с дистиллатом	3,5	100

Из веществ разного происхождения и разных свойств, нетягучих и обладающих одинаковой степенью мягкости, иногда удается получить, при одном и том же разбавлении третьим веществом в одной и той же пропорции, смеси одинаковой мягкости и приблизительно одинаковой тягучести; таковы например нефтяной пек и естественный асфальт при разбавлении тройным количеством масла. Но другой нефтяной пек, имевший первоначально такую же мягкость, как и асфальт, от небольших добавок масла делался



Фиг. 4.

мягче и тягучее, чем асфальт от бо́льших добавок масла. Т. о. тягучесть и мягкость у разных веществ изменяются в одних случаях одинаково, а в других—разно. Технич. качества асфальтов и пеков как строительных материалов наглядно выступают при смешении этих веществ с возможно более подвижными маслами; для этого испытания оказалось пригодным тяжелое германское парафиновое масло (удельный вес 0,920 при 15°) из буроугольного дегтя.

Из различных свойств асфальтов наибольшую связь с тягучестью показывают вязкость и затем $t°_{пл.}$ (фиг. 4, точки относятся к асфальтам разного рода и происхождения).

Лит.: Добрянский А. Ф., Анализ нефтяных продуктов, М.—Л., 1925; Маркуссон И., Асфальт, М.—Л., 1926; Spielman P., Bituminous Substances, L., 1925; Abraham H., Asphalts a. Allied Substances, N. Y., 1920; Tentative Standards, Standard ND 113—26T, «American Society for Testing Materials (ASTM), Proceedings», Philadelphia, 1928, p. 471—510; Cross R., Handbook of Petroleum, Asphalt, a. Natural Gas, Kansas, 1919, p. 341—342, 1924, p. 480, 612; Lunge G. u. Berl E., Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, B. 3, p. 295, 420—421, 7 Aufl., B., 1923; Köhler H. u. Graefe E., Die Chemie und Technologie d. natürl. u. künstl. Asphalte, p. 399, 2 Auflage, Braunschweig, 1913; Klappel E., «Asphalt- u. Teerindustrie-Ztg», Berlin, 1927, 9, p. 217; Gary M., «Mitteilungen aus d. Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem», Berlin, 1915, B. 33, p. 210; Lagerquist J. u. Spanne H., Über d. Anwendbarkeit verschiedener Asphaltarten als vergiessbare elektrische Isoliermasse, «ETZ», 1928, H. 38, p. 1395—1400.

П. Флоренский.

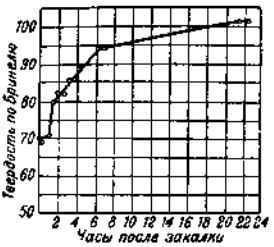
ДУПИОН, кокон-двойник, кокон, завитый двумя или несколькими шелковичн. червями. Д. не годится для обычной размотки и является браком. Различают два основных вида Д.: 1) коконы, завитые двумя червями, имеющие сравнительно правильную форму, у которых поперечный диам. не более $^3/_4$ длины кокона (по итал. классификации Doppi I), и 2) коконы неправильной, уродливой формы, завитые более чем двумя червями с очень большим поперечн. диам. (Doppi II). Первый вид Д. разматывается в специальн. кокономо альнях, перерабатывающих только дупион, причем дупион разматывается на шелк-сырец (в ровных деньс: 60/80, 80/100, 100/120), находящий сбыт на ближневосточных и африканских рынках. Второй вид Д. не разматывается и находит применение в шелкопрядильном производстве (см. *Шелкопрядение*). Обычно процент Д. не превышает 8—10. Причинами Д. являются: 1) специфические особенности отдельных пород (китайские породы обычно дают больший %) и 2) неудовлетворительные условия выкормки, отсутствие хороших коконников. См. *Кокономотание*.

В. Линде.

ДУРАЛЮМИН (дюралюмин, дуралюминий, дюралюминий, дюраль), сплав с высокими механич. качествами и низким уд. весом. Состав Д.: 3,5—5,5% Cu, 0,5% Mg, 0,5—0,8% Mn, остальное—алюминий [1]. Высокие механические качества Д. приобретает после термической обработки, состоящей в закалке и облагораживании сплава.

Способность алюминиевых сплавов принимать закалку была обнаружена в результате работ Герм. центр. станции для научно-технич. исследований в Нейбабельсберге. Сотрудник станции, инж. Альфред Вильм, в 1909 г. взял патент на способ облагораживания магний содержащих сплавов алюминия; по этому патенту сплавы нагревают до $t°$ выше 420°, закаливают и оставляют вылеживаться при обычной темп-ре. Во время этого вылеживания твердость и крепость сплава увеличиваются с течением времени до определенного предела (фиг. 1). В странах, не взявших патента на Д., под различными названиями запатентованы сплавы, по существу являющиеся Д. или близкие к

нему по химич. составу, механич. качествам и обработке: альфериум—во Франции; асиераль—во Франции и Америке, «17S»—в Америке; близкий к нему «Y-сплав»—в Англии. Сплав, аналогичный Д., в СССР получил название «кольчугалюминий». Состав приведенных сплавов см. *Спр. ТЭ*, т. II. Разнообразие областей применения Д. вызвало повышенные требования к отдельным свойствам сплавов типа Д. и явилось причиной появления сплавов: неовалиум, альнеоя—с высоким пределом текучести, алюзиль—с повышенной теплопроводностью, альдрей, телвкталь—с повышенной электропроводностью, авнональ, конструкталь, сталюмин, ультралюмин—конструкционные, алюфон—литейный и т. д.



Фиг. 1.

Производство Д. Плавка Д. производится в железных и чаще в графитовых тиглях, а также в электрич. печах [2,3].

Плавка Д. в графитовых тиглях производится так. Тигли просушивают при 100—150° в течение около двух недель, прокаливают до 300—375°, ставят в разогретый горн и производят засыпку кокса. По разогреве тигля и расплавлении первой порции Al присаживают некрупными кусками тройную лигатуру (50—55% Cu, 8—10% Mn и 40—37% Al) и остальную часть Al. Конец плавки происходит при 680—700°. Перед самой отливкой для удаления окисн алюминии присаживают флюс (0,02—0,25% $ZnCl_2$). По прекращении выделения дыма тигель вынимают из горна и после снятия шлака присаживают необходимое по составу Д. количество магния. Литье при 700° или немного выше производится широкой струей в наклонную форму со скоростью 0,2—0,5 *м/сек* в зависимости от размеров отливаемой плиты (10—50 *кг*).

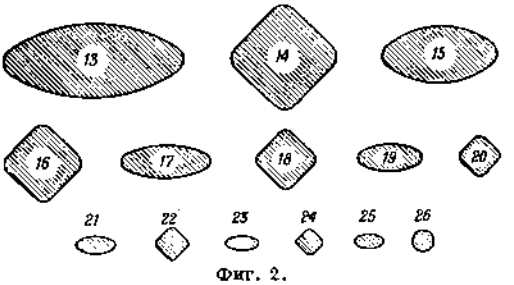
Нагрев перед прокаткой в методических или муфельных печах производится в течение 5—12 ч. при 450—480°. Станы горячей прокатки имеют диаметр вальцов 600 *мм*, число оборотов 15—20 в мин. Плита размером 50×450×550 *мм* в 9 проходов прокатывается до толщины 16,5 *мм*. Поверхностные недостатки полос удаляются шабровкой. После вторичного нагрева следует горячая прокатка в 8 проходов до толщины 3 *мм*. Станы холодной прокатки имеют стальные вальцы с водяным охлаждением; диаметр вальцов 425—500 *мм*, число оборотов 20—30 в минуту. Прокатка после отжига ведется на подготовительном стане в 8—12 проходов до толщины 0,4 *мм* и на отделочном—в 20—30 проходов, со смазкой керосином и воском. Ход операций при прокатке на листы в 0,3 *мм* таков: разрезка 3-*мм* заготовки на ножницах, шабровка, протравка в 10%-ном растворе едкой щелочи и в смеси 1 ч. H_2SO_4 + 4 ч. HNO_3 + 15 ч. H_2O до матовой поверхности листа, тщательная промывка в воде и протирка сухими опилками, прокатка до 1,5 *мм*, отжиг при 390—420°, браковка, шабровка, разрезка на ножницах, прокатка до 0,8 *мм*, отжиг при 380—400°, прокатка пáрами листов до 0,4—0,45 *мм*, отжиг при 360—380°, протравка до глянцевой поверхности листа, чистка кардовыми щетками, прокатка пáрами листов до 0,3—0,33 *мм*. Отжиг производят часто не в пламенных печах, а в соляных ваннах-печах (50% калиевой+50% натриевой селитры). Продолжительность отжига листового дуралюмина (20—30 *кг* металла в 1 000 *кг* селитры) в зависимости от толщины листов приведена в табл. 1.

Табл. 1.—Продолжительность отжига листового Д. в зависимости от толщины листов.

При толщине листов в *мм*	Количество листов	Продолжительность отжига в мин.
5	2—4	60
1,5—2,0	4—6	20—30
0,8—1,0	6—8	18
0,5	8—10	12
0,3	8—12	8

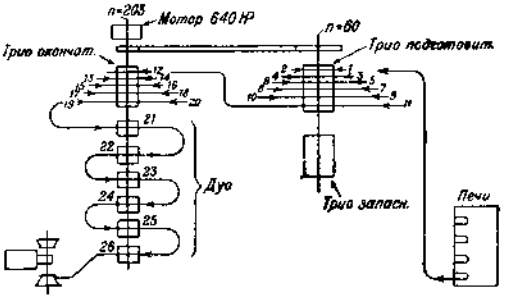
Дальнейшая термическая обработка зависит от требований поставки.

Производство проволоки из Д. на Дюреновских з-дах в Германии выполняется следующим образом. Круглая болванка ⌀ 80 *мм*,



Фиг. 2.

длиною 1 000 *мм* нагревается до 480°. После 26 проходов проволока имеет ⌀ 6 *мм*. Сечения после 13—26 проходов представлены на фиг. 2. Схема горячей прокатки изображена на фиг. 3. Для протяжки до ⌀ 1 *мм*



Фиг. 3.

требуется с отжигами 12 протяжек. Отжиги производятся: I—после горячей прокатки на ⌀ 6 *мм*, II—между 1-й и 2-й протяжкой, III—между 2-й и 3-й протяжкой, IV—между 5-й и 6-й протяжкой, V—между 8-й и 9-й протяжкой. После 12-й протяжки следует термическая обработка.

Производство труб (например 30/28 *мм* в диам.) из Д. происходит путем горячей выпрессовки на прессе Дика (под давлением 2 000 *т*) трубы-заготовки ⌀ 50/41 *мм* из болванки Д. ⌀ 180 *мм* и длиной 900 *мм*, предварительно нагретой до 480°. Данные дальнейших операций приведены в табл. 2.

Табл. 2.—Данные протяжки труб.

Протяжка	Диаметр трубы в *мм* наружн.	Диаметр трубы в *мм* внутр.	Термич. обработка	Протяжка	Диаметр трубы в *мм* наружн.	Диаметр трубы в *мм* внутр.	Термич. обработка
1	48,5	40	отжиг	10	39	35	—
2	47	39	отжиг	11	38	34,5	отжиг
3	46	38,5	отжиг	12	37	34	—
4	45	38	—	13	36	33	отжиг
5	44	37,5	отжиг	14	35	32,5	—
6	43	37	—	15	34	32	отжиг
7	42	36,5	отжиг	16	33	31	—
8	41	36	—	17	31	29	закалка
9	40	35,5	отжиг	18	30	28	—

Производство профилированного Д. происходит или путем прокатки, или выдавливанием на прессе Дика из болванок ⌀ 178—200 *мм* в горячем состоянии, или протяжкой из прокатанных лент. В СССР главным образом имеет применение последний способ. Протяжка производится например на двустороннем клещевом цепном стане с мотором 75 HP. Две цепи по 9 *м* длиной имеют скорость 15 *м/ск*.

Механические качества дуралюмина в зависимости от его химического состава и обработки характеризуются в среднем такими величинами:

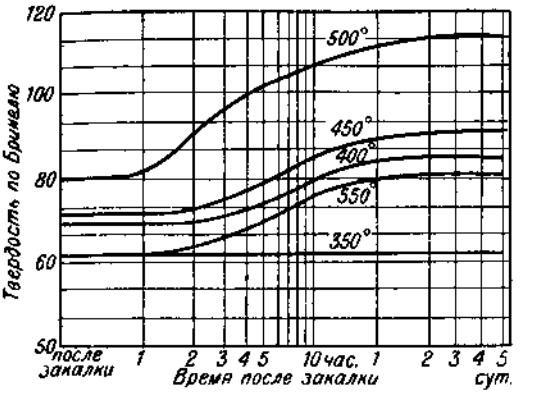
Предел текучести (0,2% остаточ. удлин.) Z_s . . . . . 24÷33 *кг/мм²*
Коэф. крепости на разрыв Z_{max} . . . . . 36÷44 »
Удлинение δ (на длине $l = 11,3\sqrt{F}$) . . . . . 22÷10%
Сужение поперечного сечения q . . . . . 30÷10%
Испытание на удар (20×20 *мм*) 3÷5 *кгм/см²*
Твердость по Бринелю H_{Br} . 70÷130 *кг/мм²*
Коэф. крепости на срез S . 20÷27 »
Модуль упругости при растяжении . . . . . 6 500÷7 400 *кг/мм²*
Модуль упругости при срезе до 2 800 *кг/мм²*

Механические качества Д. при различных $t°$ и технические условия 1928 г. Стандартной комиссии Гланметалла ВСНХ СССР на приемку сплавов типа Д. для авиастроения см. *Спр. ТЭ*, т. II.

Нагартованием коэф-т крепости может быть поднят до 59 *кг/мм²*, предел текучести—до 56 *кг/мм²*, H_{Br}—до 164 *кг/мм²*. Удлинение при этом падает до 3—4%. Госуд. завод в Кольчугине (Ярославск. губ.) еще в 1924 году получал сплав типа Д. в листах с коэф-том крепости 42,2 *кг/мм²* при удлинении 22,2%, но тогда подобные качества были исключением. В настоящее время изготовляется листовой Д. с коэф-том крепости в 40—42 *кг/мм²* при удлинении 20—22%. В практике, с целью быстрого определения по твердости коэф-тов крепости на разрыв и на срез, считают:

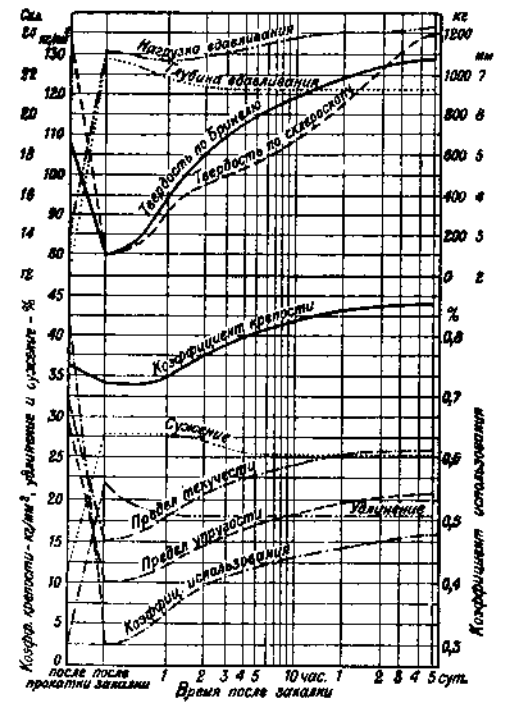
$$Z_{max} \cong 0,35 H_{Br} \ кг/мм^2;$$
$$S = 0,235 H_{Br} \ кг/мм^2 \cong 0,666 Z_{max} \ кг/мм^2.$$

Термическая обработка. Нагрев Д. в обычном состоянии (отожженном или через несколько дней после закалки) до 170—180° не ведет к заметному изменению механич. качеств. Нагрев до бо́льших $t°$ ведет к понижению коэф-та крепости. Наименьший коэфициент крепости сплав получает после



Фиг. 4.

нагрева до 350—380°. При этом условия охлаждения после нагрева не имеют существенного значения. Подобная обработка м. б. названа отжигом. При нагреве до более высоких $t°$ большое влияние на механические качества Д. оказывает скорость охлаждения.

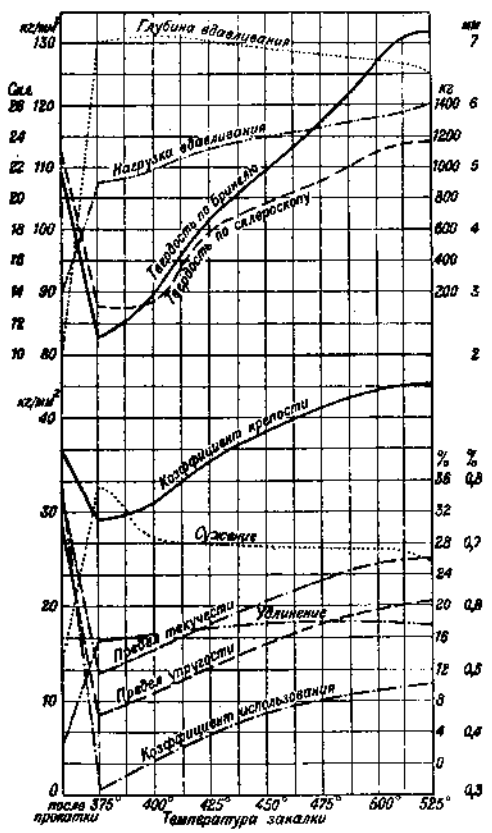


Фиг. 5.

Быстрое охлаждение в воде при $t°$ 0÷20° является основным видом закалки. В отличие от углеродистых сталей резкая закалка Д. не приводит его непосредственно после охлаждения в твердое состояние. Чем ниже $t°$ закалочной среды, чем быстрее скорость охлаждения после нагрева и чем выше была

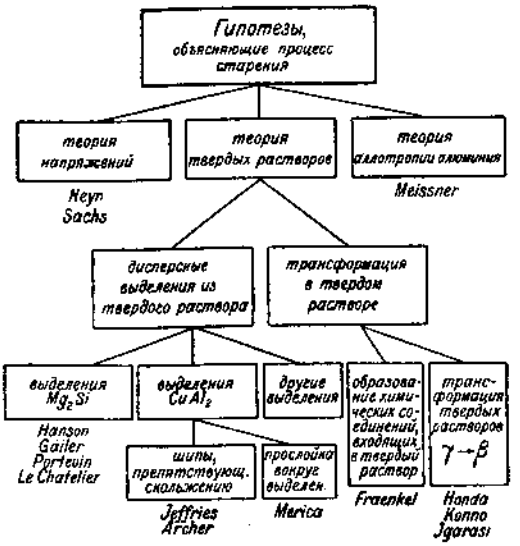
$t°$ нагрева (не переходя 510—525°), тем относительно мягче сплав непосредственно после закалки (фиг. 4). Но с течением времени, при лежании Д. после закалки при комнатн. $t°$, механич. качества его изменяются. Числовые значения большинства обычно определяемых механич. качеств увеличиваются. Мало изменяются лишь удлинение и сужение поперечного сечения. Наибольшие изменения механич. качеств Д. с течением времени происходят после закалки при 500—520°. Ход подобных изменений (по Андерсону) представлен на фиг. 5 (отрезки времени по оси абсцисс отложены по величине в виде логарифма числа минут, прошедших с момента закалки. В дальнейшем у всех диаграмм, где по оси абсцисс отложено время, принят такой же метод изображения).

Явление изменения с течением времени механич. качеств после закалки называется старением, облагораживанием, улучшением, твердением или укреплением; однако ни одно из этих названий не характеризует явления достаточно точно. Старение сплава при комнатной $t°$ продолжается в течение 5—9 суток. В результате Д. приобретает наиболее высокие механич. качества. В таком состоянии сплав м. б. назван «застаревшим». После этого при обычных условиях механич. качества заметно не изменяются. Зависимость



Фиг. 6.

после закалки и старения механич. качеств Д. от $t°$, до к-рой сплав был нагрет перед закалкой, представлена (по Андерсону) на фиг. 6. Лучшая $t°$ нагрева для закалки 510°. Подобное старение наблюдается и у других сплавов (см. *Алюминиевые сплавы*, *Магниевые сплавы*, *Старение* сплавов).

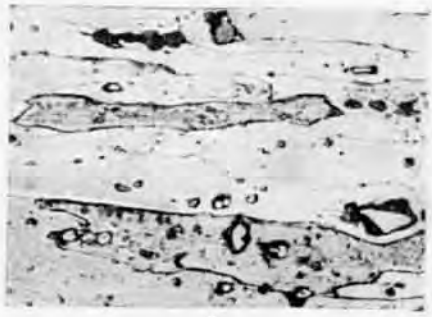


Фиг. 7.

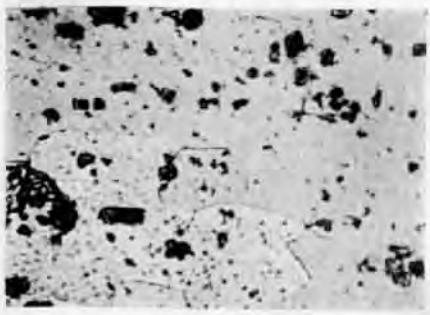
Охлаждение Д. на воздухе после нагрева до высоких температур (400—525°) также вызывает старение сплава; однако изменение механических качеств происходит при этом в меньшей степени, а при охлаждении его вместе с печью в течение 15 и более часов Д. приобретает наиболее низкие механич. качества. Чем медленнее сплав при охлаждении достиг $t°$ в 300°, тем меньше сказывается на его механич. качествах величина $t°$ нагрева (если она не превосходила 525°). Нагрев выше 525° ведет к понижению механич. качеств; особенно резко падает удлинение. Такой сплав называется пережженным. Пережог характеризуется тем, что сплав покрывается пузырями или сразу сильно темнеет. При $t°$ ок. 650° происходит плавление Д.

Старение сплавов типа Д. после закалки происходит не только при комнатной $t°$,— «нормальное», или «самостоятельное», старение, но и при повышенной (100—150°)— старение «искусственное», или вынужденное. В последнем случае в зависимости от $t°$ старение происходит быстрее, чем при комнатной $t°$ (см. *Старение* сплавов).

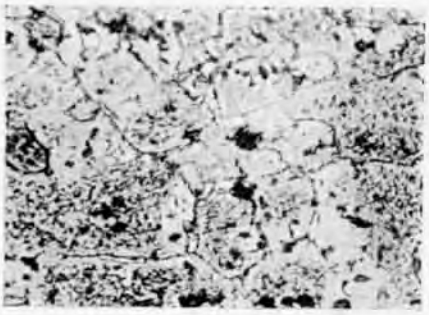
Теория закалки Д. Отожженный Д., как следует заключить из диаграмм плавкости (Al - Cu, диаграмма Дикса,—см. *Алюминиевые сплавы*; Al-Mg—см. *Магниевые сплавы*), представляет собою гетерогенную смесь твердого раствора Al с малыми количествами Cu, Mg и других составляющих. Нагрев до темп-р, при охлаждении с к-рых происходит закалка, переводит большее количество составляющих в твердый раствор с Al, в связи с увеличивающейся растворимостью составляющих при повышении темп-ры. Состояние же Д. непосредственно после закалки, в процессе старения и по завершении этого процесса, различными исследователями толкуется по-разному. Оживленная дискуссия по этому вопросу, сопровождавшаяся рядом



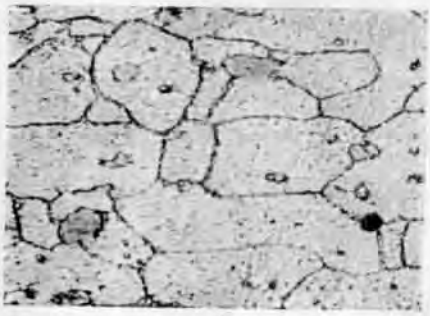
1



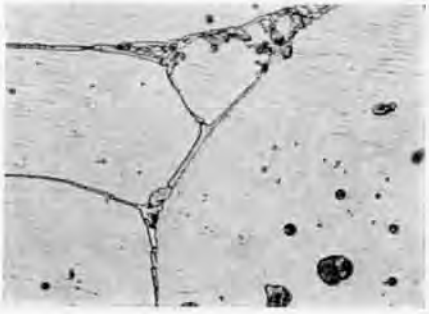
2



3

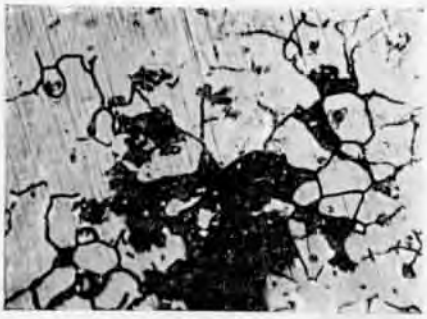


4



5

6



7

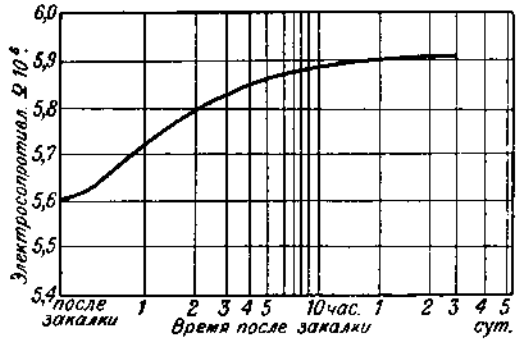
8

Микроструктура проката дюралюмина: 1 — после прокатки, × 600; 2 — закаленный с 500° С, × 600; 3 — отожженный при 500° С, × 600; 4 — отожженный при 500° С, × 600; 5 — закаленный с 600° С, × 400 (сетка вокруг кристаллитов); 6 — деформированный растяжением, × 300 (место около шейки); 7 — интеркристаллитная коррозия, × 160 (нетравленный); 8 — точечная коррозия, × 280 (поперечный разрез).

экспериментальных работ, привела к созданию нескольких гипотез по теории закалки Д. (фиг. 7). Теория внутренних напряжений (Гейн, Закс и др.) основывается на том, что литой Д. при старении крайне незначительно изменяет свои механические качества; сплав д. б. хорошо механически обработан (проковкой, прокаткой и т. п.), чтобы затем после закалки имело место отчетливо выраженное явление старения; но, согласно Арчеру, в Д., составленном из Al высокой степени чистоты, наблюдается явление старения и в литом состоянии.

Теория аллотропии алюминия, по Мейснеру, основывается на том, что Al при 560° превращается из одной аллотропич. модификации в другую; но дилатометрич. изучение Al высокой степени чистоты, по Гаасу, показало, что от 0 до 610° в чистом Al нет никакого превращения.

Теории твердых растворов имеют два направления. Одно считает, что при закалке Д. представляет собой твердый раствор. В процессе старения из твердого раствора выпадают дисперсные выделения составляющих, увеличивающие твердость сплава по мере своего выпадения, совпадающего с процессом старения. По Генсону, Гейлер, Портевену, ле-Шателье, выделяется Mg_2Si, а Джефрис, Арчер и Мерика считают, что выделяется $CuAl_2$, потому что безмагниевые сплавы Al-Cu также стареют. При этом Джефрис и Арчер объясняют повышение механич. качеств при старении тем, что дисперсные выделения являются своего рода шипами в теле кристаллитов, препятствующими образованию плоскостей скольжения. Мерика же считает, что алюминий адсорбируется на дисперсных выделениях в виде пленки [4]. Эта теория опровергается тем, что



Фиг. 8.

при распадении твердого раствора следовало бы ожидать уменьшения электросопротивления; опыты однако показывают увеличение электросопротивления в процессе старения Д. (фиг. 8), так же как и при переходе отожженного материала в закаленное состояние (фиг. 9).

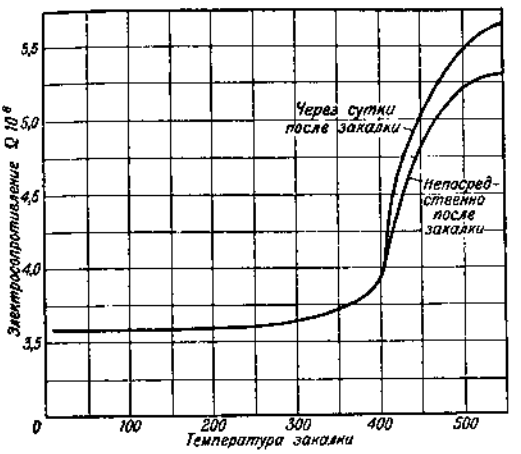
По теории трансформаций в твердом растворе, В. Френкель полагает, что темп-рное равновесие в фазе твердого раствора при $t°$ в 500° нарушается закалкой; получается химич. соединение, к-рое в процессе старения Д. вступает в твердый раствор. Согласно теории К. Гонда, при медленном охлаждении из твердого раствора ($\gamma_{тв.\ раств.}$) выделяется Mg_2Si (или другая составляющая, например $CuAl_2$); процесс идет так:

$$\gamma_{тв.\ раств.} \rightarrow Тв.\ раств. + Mg_2Si,$$

проще:

$$\gamma_{тв.\ раств.} \rightarrow \alpha.$$

Выделение Mg_2Si из твердого раствора при отжиге предполагает менее стабильную (метастабильную) форму атомов Mg и Si в твердом растворе, более благоприятную для выделения их в форме Mg_2Si. При закалке



Фиг. 9.

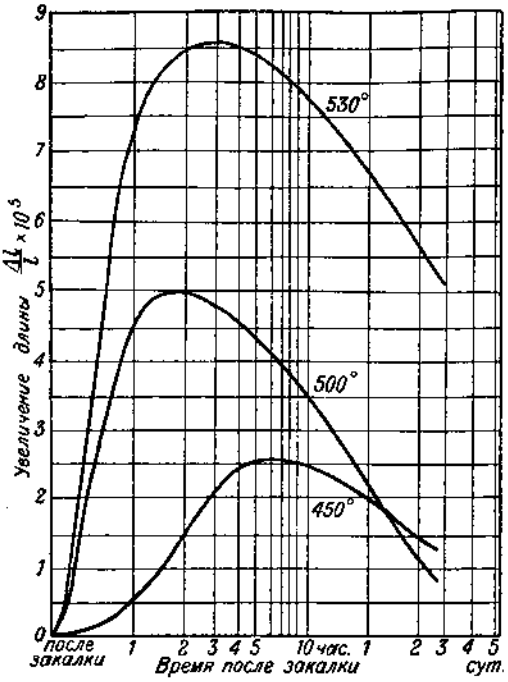
образование метастабильной структуры атомов в твердом растворе обозначается символом β. Состояние β—более твердое, чем γ или α. Закалка дает γ смешанный с β. Старение—медленный переход γ в β.

По данным опытов Гейна и Ветцеля [5], Игараси [6], Эндрью и Гея и Е. Бахметева [7], изменение длины и объема Д. в процессе старения при комнатной $t°$ идет сначала в сторону увеличения, затем уменьшения—кривая дает максимум (фиг. 10). Это заставляет предполагать существование двух процессов в явлении старения или двух твердых растворов β' и β''. По объему $V_\gamma < V_{\beta'} > V_{\beta''}$; по твердости $H_\gamma < H_{\beta'} < H_{\beta''} > H_\alpha$, и трансформация закалки, старения и отжига протекает так:

$$\gamma_{тв.\ раств.} \rightarrow \beta'_{тв.\ раств.} \rightarrow \beta''_{тв.\ раств.} \rightarrow \alpha.$$

По структуре листовой Д. после холодной прокатки представляется состоящим из кристаллитов, вытянутых по направлению прокатки. При большом увеличении видны составляющие: белесые—$CuAl_2$ и черные—$FeAl_3$ (вкл. лист, 1). Закаленный Д. как непосредственно после закалки, так и после старения имеет одинаковую структуру. Вытянутость кристаллитов по прокатке после закалки исчезла (вкл. лист, 2). Медленное охлаждение при нагреве до 500° дает структуру отожженного Д.; по граням кристаллитов видна сетка составляющих (вкл. лист, 3). Если же холоднопрокатанный сплав отжечь при 300°, то кристаллиты частично сохраняют вытянутость по направлению прокатки (вкл. лист, 4). Структура дуралюмина после закалки при 600°, приводящей к пережогу дуралюмина, представлена на вкладном листе, 5; здесь видна сплошная сетка составляющих по граням кристаллитов.

Деформирование Д. Горячая прокатка, прессовка, ковка Д. производятся при 470—480°. При прессовке или ковке в



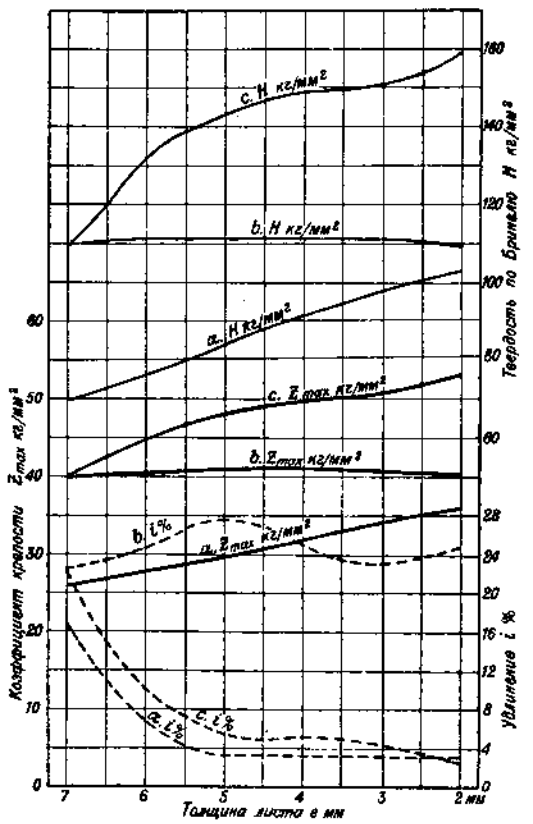
Фиг. 10.

штампах для Д. необходимо большее давление или бо́льшая работа удара, чем для железа и стали, т. к. внутреннее сопротивление деформированию у Д. больше. Холодная прокатка отожженного Д. повышает коэф-т крепости и твердости и понижает удлинение, как это видно из фиг. 11—кривые *a*; закалка и старение после этого приводят к механич. качествам, изображаемым кривыми *b*, дальнейшая прокатка—к механич. качествам, изображаемым кривыми *c*.

Радиусы углов загиба рекомендуется не снижать менее 2—2½ толщин листа. Закаленный Д. после старения деформируется хуже, чем отпущенный. Лучшая *t*° отпуска или отжига для последующего деформирования 350—375°. Деформирование в различные стадии процесса старения придает застаревшему материалу качества, указанные на фиг. 12. Прокатка непосредственно после закалки в результате старения дает меньшую твердость (фиг. 13, кривая *A*), чем прокатка после процесса старения (кривая *B*). Рекомендуют поэтому избегать деформирования Д. в процессе старения, особенно непосредственно после закалки [8,1]. Однако иногда термич. обработка после деформирования бывает затруднительна, тогда применяют деформирование и в процессе старения. Так напр., клепка заклепок из Д. производится часто после закалки, пока металл еще легко деформируется.

Внутренний механизм холодного деформирования Д. при растяжении состоит в незначительном смещении кристаллитов сплава друг относительно друга и деформировании отдельных кристаллитов. При бо́льших деформациях отмечаются линии скольжения, различно направленные в зависимости от ориентировки кристаллографических осей кристаллитов. Указанный характер холодного деформирования наблюдается у Д. и при растяжении непосредственно после закалки и при растяжении после старения или в отожженном состоянии (вкл. л., 6).

Сварка и пайка Д. не получили широкого применения, т. к. в обеих этих операциях Д. нагревается до *t*° отжига, последующая же закалка не приводит к высоким механическ. качествам; припои не выдерживают *t*°, с которых производится закалка, и место спая разваливается; сваренное место имеет структуру литья и крайне незначительно повышает после закалки механическ. качества. Однако сварка Д. все же применяется в деталях, не испытывающих больших нагрузок и не находящихся под действием морской воды и других растворов, вызывающих коррозию. В таких случаях для сварки (по указаниям Петерсена) пламя горелки д. б. концентрированным; при сварке толстых листов применяется ацетилен, при сварке тонких листов—водород. Незначительный избыток кислорода ведет к образованию окисной корки. В качестве флюса употребляется в виде пасты смесь из 32% NaCl, 24% KCl, 24% LiCl и 20% NaF,



Фиг. 11.

смоченная водой. Очистка свариваемого листа производится погружением его в 10%-ную HNO_3 с последующей смывкой теплой водой. После сварки, во избежание уси-

ленной коррозии, остатки флюса смываются 10%-ной H_2SO_4 и затем теплой водой.

Коррозия Д. Явление коррозии Д. в морской воде обнаруживается тем, что сплав покрывается белым налетом, особенно в частях, соприкасающихся попеременно с водой и воздухом. В результате коррозии механич. качества Д. понижаются. По данным Ангстрема, листовой Д. толщиной 1,5 *мм* в воде с содержанием 2% солей с течением времени изменял свои механич. качества, как указано на фиг. 14. Кривые *a* относятся к Д., совершенно погруженному в воду, кривые *b*—к погруженному в воду наполовину. В кислотных и щелочных растворах Д. также подвергается коррозии. Потери веса Д. вследствие коррозии в течение месяца в различных растворах, по данным Т. Гарада, приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Потери веса дуралюмина в течение месяца в разных растворах.

Раствор	Концентрация раствора в %	Потеря веса в %
Na_2CO_3	3	15,65
HCl	0,5	2,49
H_2SO_4	0,5	1,65
HNO_3	0,5	0,24
$NH_4(OH)$	0,5	0,10
Умеву, Шойу *	—	0,03
Уксусная к-та	30	0,03
» »	5	0,02
NaCl	3	0,01
Na_2SO_3	3	0,007

* Органич. к-ты, исслед. японскими авторами.

В отожженном состоянии Д. подвергается коррозии сильнее, чем в закаленном состоянии после процесса старения. В контакте с другими металлами Д. подвергается коррозии сильнее с медью, меньше с латунью, затем с нержавеющей сталью (13% Cr), еще меньше—с железом и наконец с алюминием [*]. По своему действию на Д. различают коррозию: интеркристаллитную (вкладной лист, 7) и точечную (вкладной лист, 8), равномерную и местную. Более точной терминологии не установлено.

Для предохранения сплавов типа Д. от коррозии применяют различные покрытия; к ним относится покрытие лаком «дюраль» и по нему—минеральными масляными красками. Более надежное предохранение дает предварительная грунтовка, состоящая из свинцового сурика—от 30 до 80%, цинковых или свинцовых белил—от 30 до 60% и сырого льняного масла с сикативами Pb, Mn, а в последнее время—с кобальтовыми сикативами. Кроме того предохраняют Д. от коррозии: при помощи электролитич. покрытия его другими металлами (напр. Cr), путем специальной цементации Cu, а также Ni, Cr, Co или Cd.

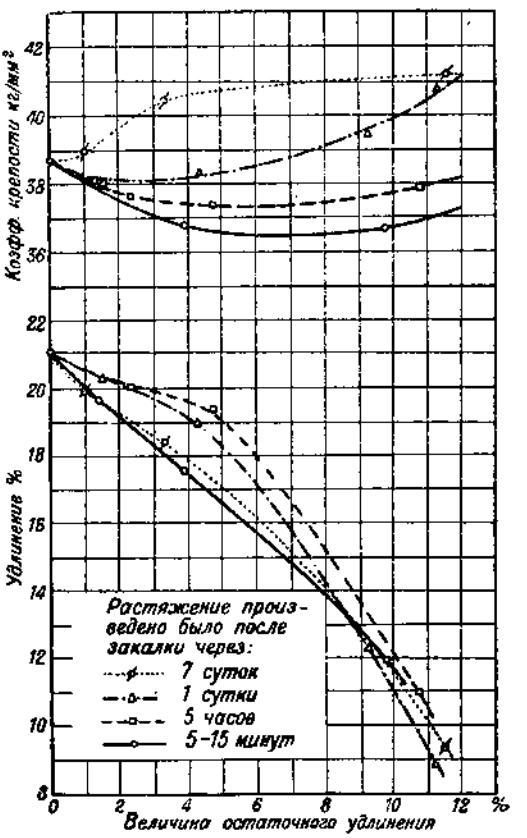
Применение Д. В литом состоянии Д., за редкими исключениями, применения не имеет. В обработанном состоянии применяются: листы гл. обр. толщ. 0,3—6,0 *мм*, размерами 700×2 000 *мм*; ленты толщ. 0,04—2 *мм*, шир. от 5—600 *мм* в зависимости от толщины; трубы ⌀ 8—100 *мм*, с толщиной стенки 0,5—4,0 *мм*; прутки ⌀ 8—60 *мм*; проволока ⌀ 0,5—6,0 *мм*; профили различных сечений и толщин, вплоть до больших строительных профилей, выпускаемых Дюреновскими з-дами (табл. 4).

Табл. 4.—Строительные профили из дуралюмина, выпускаемые Дюреновскими заводами.

Обозначение	Наименование профиля	№ по герм. сортаменту	Вес *п. м* в *кг*	Поставляем. длина в *м*
∟	Равнобокий угловой	14	9,800	4,6
	Двутавровый*	18	8,300	5,4
⊏	Корытный	18	7,850	5,7
⊥	Высокий тавровый	14/14	11,180	4,0

* Толщина стенки для дуралюмина не 6,9 *мм*, как указано в сортаменте для железа, а 8,0 *мм*.

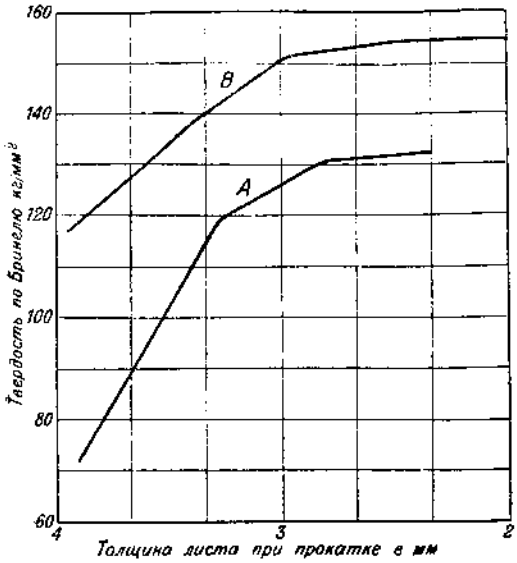
Наибольшее применение имеют заклепки ⌀ 2—8 *мм* и дл. 4—30 *мм*. Изготовляются также различных размеров шурупы для



Фиг. 12.

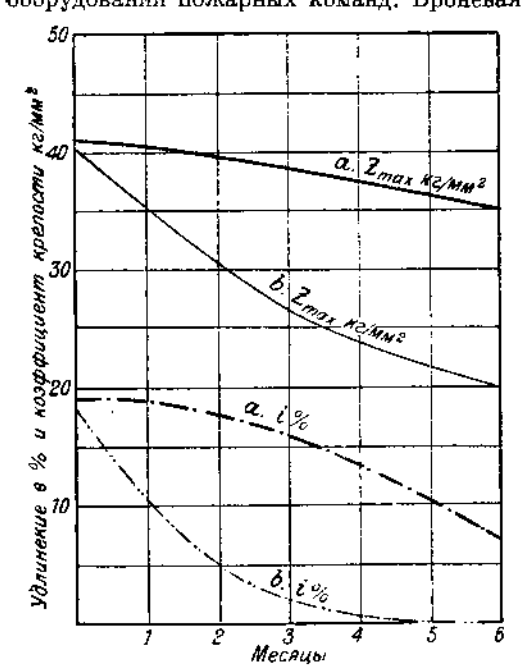
дерева, болты и гайки. Д. применяется гл. образом в тех областях промышленности, где наряду с прочностью требуется легкость: самолетостроение (в СССР—конструкции Туполева, Григоровича; за границей—Юнкерс,

Дорнье, Рорбах, Хейнкель, Форд, Бреге и т. д.); дирижаблестроение (гондола «Красного резиншика», цепнелины); производство



Фиг. 13.

аэросаней, глиссеров, яхт, кузовов автобусов и автомобилей, частей велосипедов. Д. употребляется также в ортопедии, в производстве пишущих машин, сепараторов, центрифуг, спортивных принадлежностей и в оборудовании пожарных команд. Броневая



Фиг. 14.

плита из закаленного Д. толщиной 7 *мм*, по указанию Бинни, не пробивается ружейным огнем с расстояния более 300 *м*.

В последнее время помимо Д. получают применение для тех же целей сплавы: л а у т а л ь, стареющий лишь при повышенных *t°* (см. *Алюминиевые сплавы*), и э л е к т р о н, применяемый кроме того в виде отливок (см. *Магниевые сплавы*).

Производством Д. заняты: в СССР—Гос. трест по цветным металлам на своих з-дах в Кольчугине и в Ленинграде и Государствен. трест авиационной промышленности; в Германии—старейшие з-ды Dürener Metallwerke (Дюрен); во Франции—Société du Duralumine (Кремлен-Бисетр, Куртален, Бурже); в Англии—James Booth & Co. (Бирмингам) и лондонская British Aluminium Co.; в Америке—Aluminium Co. of America и друг. Цена 1 *кг* листового Д. около 2 р.

Лит.: [1]) Werkstoff - Handbuch. Nichteisenmetalle, B., 1927, H. 1—5 u. 10; [2]) М у з а л е в с к и й Ю. Г., Заводские методы изготовления твердых алюм. сплавов для авиастроения, «Труды II Всес. совещ. по цветным металлам», М.—Л., 1927, вып. 3—Доклады, т. 2; [3]) В о р о н о в С. М., Явления обратной ликвации у алюминия и его сплавов, там же; [4]) M e r i c a P., «Chem. and Metall. Engineering», N. Y., 1922, p. 881; [5]) H e y n E. u. W e t z e l E., «Mitteilungen aus d. Materialprüfungsamt», B., 1922, B. 40; [6]) I g a r a s i, «The Science Reports of the Tohoku Imp. University», Sendai (Japan), 1924, p. 334; [7]) Б а х м е т е в Е. Ф., Механич. качества дуралюмина, в зависимости от деформирования растяжением в процессе старения, «Труды ЦАГИ», М., 1929; [8]) W i l m A., Physik.-metallurg. Untersuchungen über magnesiumhaltige Aluminiumlegierungen, «Metallurgie», Halle, 1911, B. 8, p. 225; [9]) А к и м о в Г. В., О состоянии работ по изучению коррозии дуралюмина и меры борьбы с нею. Доклад на конференции по авиа- -авто- и моторостроению, М., 1928.—Г р а р д Г., Алюминий и его сплавы, пер. с фр., М., 1926; Д е р е ч и н с к и й И. Д., Легкие металлы и сплавы, Харьков, 1926 (указана библиография до 1925 г.); С и д о р и н И. И., Исследование кольчугалюминия, «Труды ЦАГИ», М., 1925, вып. 15 (указана библиография 1903—24 гг.); Ш а п о ш н и к о в Н. А. и др., Исследования кольчугалюминия, «Труды Ин-та прикл. минерал. и металлургии», М., 1925, вып. 15; С и д о р и н И. И., Исследование кольчугалюминиевых профилей, «Труды ЦАГИ», М., 1925, вып. 16; С е л и к о в Н. Я., Рентгенографич. анализ в определении сплавов вообще и алюминиевых в частности, «Труды II Всес. совещ. по цветн. металлам», М.—Л., 1927, вып. 2—Доклады, т. 1; Ш а п о ш н и к о в Н. А., Вынужденное старение легких алюмин. сплавов как средство повышения их механич. качеств, там же; A n d e r s o n R. J., Metallurgy of Aluminium a. Aluminium Alloys, N. Y., 1925; S a c h s G., Grundbegriffe d. mechan. Technologie d. Metalle, Lpz., 1925, p. 273; C o r s o n M., Aluminium, the Metal a. its Alloys, N. Y., 1926; C o h n L. M., Techn. Mitteilungen über Duralumin, «Verhandlungen d. Ver. zur Beförderung d. Gewerbefleisses», B., 1910, B. 89, p. 643; F r a e n k e l W. u. S e n g R., Studien an vergütbaren Aluminiumlegierungen, «Ztschr. f. Metallkunde», B., p. 225, 1920; F r a e n k e l W. u. S c h e u e r E., Vergütbare Aluminiumlegierungen, ibidem, 1920, p. 427, 1921, p. 46; H o n d a K., «Chem. a. Metall. Engineering», N. Y., 1921, p. 1001; H o n d a K., «Chimie et Industrie», P., 1926, 3-bis, p. 425; K o n n o S., An Investigation of Duralumin, «The Science Reports of the Tohoku Imp. University», Sendai (Japan), 1922, p. 270; A n d e r s o n R., Some Mech. Properties of Dural. Scheet as Affected by Heat Treatment, «Proc. Amer. Soc. for Testing Materials», Philadelphia, 1926, 2, p. 349—375; A n d e r s o n R., Effect of Heat Treatment on Duralumin, «Forging—Stamping — Heat-Treating», Pittsburgh, 1926, p. 169—172, 208; A n d e r s o n R., An Atomic Picture of Duralumin a. its Cristal Structure, «Journ. of the Franklin Instit.», Philadelphia, 1926, p. 465—483; S a c h s G., Einige Beobachtungen am Aluminium u. Aluminiumlegierungen, «Ztschr. f. Metallkunde», B., 1926, B. 18, H. 7, p. 209—212; M e i s s n e r K. L., Die Veredelungsvorgänge in vergütbaren Aluminiumlegierungen, «Zeitschrift d. VDI», 1926, B. 70, p. 391—401; A r c h e r R., The Hardening of Metals by Dispersed Constituents Precipitated from Solid Solution, «Trans. Amer. Soc. for Steel Treating», Cleveland, 1926, p. 718—747; F r a e n k e l W., Zur Kenntnis d. Vorgänge b. d. Entmischung übersättiger Mischkristalle, «Ztschr. f. anorg. u. allg. Chemie», Lpz., 1926, B. 154, p. 386—394; G u e r t l e r W., Zur Theorie d. Veredelung v. Constructal u. Montegal, «Ztschr. f. Metallkunde», B., 1927, B. 19, H. 12, p. 488—91; M a s i n g G., Duraluminartige Vergütung b. Eisen-Kohlenstofflegierungen, «Wissenschaftliche Veröffentl. aus d. Sie-

ments-Konzern», B., 1927, p. 202; Sauerwald F., Die Rolle dispersoidchemischer Faktoren in d. Metallurgie, «Kolloid-Ztschr.», Dresden—Lpz., 1927, B. 42, H. 3, p. 252, 253.
Е. Бахветов.

ДУТИКИ, встречающиеся в глинах включения округлой формы и различной величины, состоящие из кристаллическо. о углекислого кальция. В огнеупорных глинах они встречаются значительно реже, чем в легкоплавких глинах, обычно залегающих вблизи поверхности земли. Д. являются вредной примесью н глине, т. к. в процессе обжига изделий из такой глины они образуют включения CaO, к-рые гасятся со значительным увеличением объема. В этом случае, при близости Д. к поверхности изделия, возникают местные разрушения, трещины, отскоки материала и т. д. В некрупных производствах, в к-рых стоимость глины как сырья не играет значительной роли, очистка глины осуществляется путем отмучивания или процеживания ее после разведения водой до текучего состояния. В массовых производствах кирпича, черепицы и т. д., глины, содержащие Д., могут применяться лишь в случае полного отсутствия чистых сортов сырья. При необходимости ставить крупное производство на засоренных Д. глинах следует подвергать их особенно тщательной механич. обработке с целью полного измельчения отдельных включений и тесного смешения получающегося тонкого порошка со всей массой глины. Это достигается при помощи гладких или рифленых двух- или трехъярусных вальцевых установок с минимальным просветом в последней паре вальцов или при помощи бегунов. Полученная т. о. рабочая масса оказывается более дорогой по сравнению с подготовленной непосредственно на ленточных прессах.

Лит.: см. *Глина*

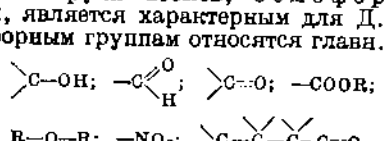
ДУХИ, см. *Парфюмерное производство*.

ДУШИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА, индивидуальные органич. соединения, обладающие характерным, б. ч. приятным запахом, применяющиеся при производстве туалетных мыл, парфюмерных и косметич. изделий или пищевых продуктов (напитков, кондитерских товаров и т. п.).

Попытки найти общие характерные признаки в физич. свойствах Д. в. приводили до последних дней к отрицательным результатам, и т. н. з. одорископический феномен остается необъясненным. Агрегатное состояние не является специфичным признаком, т. к. одинаково часто встречаются Д. в. как в виде твердых при обычной $t°$ тел, так и в виде жидкостей. Общим, хотя и не исключительно свойственным этой группе соединений, признаком является летучесть с водяным паром и растворимость в жидком воздухе, причем нек-рые исследователи находят соответствие между последним свойством и силой запаха. Весьма характерным свойством является сохранение запаха при растворении в органич. растворителях, связанное однако с количественным (силой), а иногда и качественным изменением этого признака. В воде Д. в. растворяются б. ч. только в минимальных количествах, так что практически они д. б. отнесены к веществам, нерастворимым в воде. Понижение поверхностного на:яжения водных растворов Д. в. до нек-рой степени соответствует силе запаха, но прямой зависимости между этими двумя свойствами не наблюдается. Попытки установить зависимость между другими физич. свойствами (способностью адсорбироваться, диамагнитными, электрич. и другими свойствами) и силой и характером запаха не привели к удовлетворительным результатам. Основным и главным признаком Д. в. является их физиологич. действие, выражающееся в специфическом для каждого из них раздражении обонятельного нерва (Nervus olfactorius) и воспринимаемое центральной нервной системой как ощущение запаха. Раздражение это имеет исключительно химич. объяснение, предполагающее наличие в окончаниях обонятельного нерва ряда химич. соединений, осмоцепторов. Между этими соединениями и Д. в. происходят реакции, зависящие от химич. состава осмоцептора и Д. в., и в результате получаются соответствующее раздражение и ощущение запаха. Абсолютное количество Д. в., необходимое для получения обонятельного ощущения, достигает исчезающе малых долей *г*, напр. для искусственного мускуса достаточна концентрация $5 \cdot 10^{-9}$ *г* на 50 *см*³ воздуха. (См. *Спр. ТЭ*, т. I, стр. 469—474.)

Практич. применение Д. в., как и их классификация, в значительной степени опирается на обонятельные ощущения, и поэтому абсолютной объективной классификации Д. в. не существует. Обонятельные ощущения не имеют самостоятельн. терминологии, и поэтому все предложенные системы (Линней, Цваардемакер, Генинг) базируются на ассоциативных ощущениях, что неминуемо влечет за собой субъективность распределений Д. в. по группам. Основывать классификацию на химических признаках не представляется возможным, т. к. качественно однородный запах (напр. лимонный) встречается среди алифатич., гидроароматич. и ароматич. соединений, относимых кроме того к разным классам (альдегидам, углеводородам).

Практически Д. в разделяются на: 1) синтетические, производство к-рых основано на химич. переработке соединений растительного происхождения или продуктов каменноугольного дегтя, и 2) изолированные, выделяемые в неизменевном виде исключительно из *эфирных масел* (см.) и продуктов растительного или животного происхождения. Резкой грани между этими двумя группами провести нельзя, но в огромном большинстве случаев продукты второй из них обладают оптич активностью и содержат примеси, соответствующие исходному материалу (изомеры, соединения, близкие по $t°_{кип.}$ и т. д.). Отсутствие объективной классификации и трудность физиологич. наблюдений над обонятельными ощущениями, всегда связанными с рядом психологич. моментов (ассоциативных и др.), а также разнообразие химич. структуры различных соединений, обладающих одинаковым запахом, затрудняют обоснование зависимости между запахом и строением Д. в. Присутствие в молекуле вещества нек-рых определенных элементов совершенно исключает возможность функционирования его в качестве Д.в., например присутствие металлов. Молекулы Д. в. состоят в большинстве случаев из углерода, водорода и кислорода, значительно реже—из углеводородов, и только в состав очень немногих входят галоиды, азот, сера. Однако несомненно, что присутствие определенных групп атомов, осмофорных групп, является характерным для Д. в. К осмофорным группам относятся главн. обр.:



Однако одним наличием этих групп запах не м. б. объяснен, и необходимо признать, что и характер всей остальной молекулы, осмогена, играет существенную роль. Как взаимная связь углеродных атомов (циклическая, алифатическая), ненасыщенность

связей, пространственное их расположение, так и количество атомов углерода в основной и в боковых цепях могут иметь решающее значение. Накопление осмофорных групп у одного и того же осмогена может привести к исчезновению запаха—напр. при переходе от одноатомных спиртов к гликолям и многоатомным спиртам. В отдельных случаях взаимное расположение боковых цепей обусловливает характер запаха (напр. в производных ароматич. ряда одновременное замещение в положениях 1, 3, 4 соответствует наиболее ярко выраженному запаху).

Основные технологич. приемы, применяемые для производства Д. в., распадаются на две группы. Для получения изолированных Д. в. кроме тщательного фракционирования при пониженном давлении (4—10 *мм*), производящегося в колонных аппаратах, применяются химич. методы, основанные на получении соединений, позволяющих легко отделить нужный продукт от остальных составных частей эфирного масла, а затем так же легко регенерировать искомый продукт. Для выделения Д. в. с характером альдегидов (а также и некоторых кетонов) обычно пользуются кристаллич. соединениями этих веществ с кислым сернистокислым натрием или сернистокислым натрием. Осадки, получающиеся при обработке этими реактивами эфирного масла, содержащего альдегид, отфильтровывают, промывают органич. растворителем и разлагают действием щелочи или кислоты. Для выделения спиртов пользуются либо растворимостью в воде натриевых солей их кислых фталевых эфиров, либо трудной летучестью с парами воды бензойных, янтарных и некоторых других эфиров, либо наконец нерастворимостью в органич. растворителях двойных соединений с безводным хлористым кальцием. Фенолы выделяют при помощи водной едкой щелочи. В производстве синтетич. Д. в. значительное место занимают процессы образования сложных эфиров (эстерификации), так как эстеры (сложные эфиры) спиртов жирного и ароматического рядов имеют очень широкое распространение в качестве Д. в. В получении синтетич. Д. в., относящихся к группе спиртов, значительную роль играют способы, основанные на гидратации ненасыщенных углеводородов. Значительным распространением пользуются: реакция Клайзена, т. е. конденсация альдегидов с кетонами или альдегидами в присутствии щелочи (напр. получение нонона, коричного альдегида и др.); реакция Каннцаро, т. е. получение из 2 молекул альдегида при действии щелочи 1 мол. спирта и 1 мол. к-ты с тем же числом углеродных атомов; реакция Буво и Блана, т. е. восстановление этиловых эстеров натрием для получения спиртов с тем же числом углеродн. атомов, что и взятая кислота; реакция Перкина, т. е. конденсация альдегидов и оксиальдегидов ароматического ряда с уксусным ангидридом (напр. получение кумарина, коричной к-ты и др.); реакция Фриделя и Крафтса, т. е. конденсация углеводородов с хлорангидридами и хлоридами (напр. получение ароматич. кетонов, дифенилметана, первые стадии производства мускуса). Наряду с реакциями окисления или восстановления в производстве Д. в. технологически осуществляется даже реакция Гриньяра, и т. о. производство Д. в. технологически является отраслью химической промышленности самых тонких органич. синтезов. О технологии производства Д. в.—см. *Парфюмерное производство*, *Цветочные масла*, *Эфирные масла*.

Число разных обращающихся на рынке Д. в. очень велико, и на первый взгляд это число представляется еще бо́льшим, т. к. ряд крупных фирм выпускает Д. в. не под их химич. названиями, а под вымышленными, стараясь скрыть их состав незначительными прибавками различных веществ. Главнейшие обращающиеся на рынке Д. в., их физические константы, классификацию и характерные производные—см. *Спр. ТЭ*, а также *Терпены* и *Эфирные масла*.

Методы испытания Д. в. обычно основаны на определении основных физич. констант: $t°_{пл.}$, $t°_{кип.}$, оптич. активности, коэф-та преломления и органолептич. определения чистоты запаха. Для того чтобы убедиться в соответствии продукта его наименованию, нужно получить характерное его кристаллич. производное и определить его $t°_{пл.}$ или, если имеется налицо сложный эфир, определить коэф-т омыления, т. е. число *мг* КОН, потребное для омыления 1 *г*. Сравнение полученных констант в их совокупности со среднимн нормальными данными позволяет сделать заключение о качестве Д. в.

Производства Д. в. в России до революции не существовало, и до последнего времени б. ч. потребности покрываются ввозом. По перспективному плану, к концу текущего пятилетия потребность в Д. в. (без эфирных и искусственных цветочных масел) исчисляется в 340 000—350 000 *кг* на сумму 3,5—4 млн. р.; из них главнейшие: терпинеол—50 000—70 000 *кг*, изоамилоуксусный эфир—100 000—120 000 *кг*, изоамилосалициловый эфир—30 000—35 000 *кг*, этил- и изоамиломасляные эфиры—30 000—35 000 *кг*, ионон и метилионон—10 000—12 000 *кг*, дифенилоксид—10 000—15 000 *кг*, ванилин—10 000 *кг*; метилантраниловый эфир, анисовый альдегид, фенилэтиловый спирт, гелиотропин, гидрооксицитронеллаль, метиловый и этиловый эфиры β-нафтола—по 5 000—7 000 *кг*.

Иностранная статистика также не содержит достаточно точных данных о производстве Д. в., так как учитывает их совместно с эфирными маслами. Главнейшими производителями душистых веществ являются в настоящее время Германия, Франция, Голландия, США.

Производство душистых веществ.

Страны	Ввоз в *т*	Вывоз в *т*	Число предприятий
Германия (1927 г.)	67,0	380,0	181
Франция (1925 г.)	132,3	392,2	—
Голландия (1926 г.)	188,0	324,0	—
США (1926 г.)	Внутрен. произв.	1 420,0	32

Лит.: Меншуткин Б. Н., Карбоциклические соединения, Л., 1926; «Труды Научного химико-фармацевтического института», М.; Scramlik E., Handb. d. Physiologie d. niederen Sinne, B. 1—Die Physiologie d. Geruchs, Lpz., 1926; Wagner A., Die Riechstoffe u. ihre Derivate, W., 1929; Knoll R., Synthetische u. isolierte Riechstoffe u. ihre Herstellung, 2 Aufl., neubearb. v. A. Wagner, Halle a/S., 1928; Cohn G., Die Riechstoffe, 2 Aufl., Brschw., 1924; Zwaardemaker H., Die Physiologie d. Geruchs, Lpz., 1895; Hennig H., Der Geruch, 2 Aufl., Lpz., 1924; Sornet R., La technique industrielle des parfums synthétiques, P., 1923; Gattefossé R. M., Nouveaux parfums synthétiques, 2 éd. P., 1927; Jeancard P., Les parfums, P., 1927; Parry Er., Cyclopaedia of Perfumery, v. 1, London, 1925; Poucher W. A., Perfumes, Cosmetics, a. Soaps, v. 1—2, 2 ed., L., 1925; Walter E., Manual for the Essence Industry, N. Y., 1916; «Schimmels Berichte», Miltitz bei Lpz., ab 1873; «Die Riechstoffindustrie», Lpz., ab 1926; «Deutsche Parfümerie-Ztg», B., ab 1924; «Les parfums de France», Grasse, ab 1922; «La parfumerie moderne», Lyon, ab 1907; «Perfumery a. Essential Oil Record», London, ab 1909; «American Perfumer a. Essential Oil Recorder», N. Y., ab 1905; «Aromatics», N. Y., ab 1919; «Profumi italici», San-Remo, ab 1922; «Rivista italiana delle essenze e profumi», Milano, ab 1918.

Б. Рутовский.

ДУШИЦА (Origamum vulgare L.), лекарственное травянистое многолетнее растение из семейства губоцветных (Labiatae). Встречается как дикорастущее (Европа, Азия) по кустарниковым зарослям, лесным опушкам и т. п., предпочитает почвы, богатые известью. Все растение пушисто-шершавое, высотой 30—60 *см*, с мелкими светлопурпуровыми цветами, собранными небольшим щитком. Цветет с конца июня до октября. Сбор Д. производят в конце июня, причем используют все части растения, кроме корня и главного стебля. После сушки из Д. отгоняют эфирное масло, содержащее гл. обр. карвакрол. Средние выходы масла 0,15—0,4%. Посев Д. производят весной рядами; всходы продергивают так, чтобы расстояние между растениями было 30×30 *см*. Кроме обыкновенной Д. известны и другие ботанические виды ее: O. creticum L. и O. hirtum Link. (Зап. Европа, Средиземноморское побережье), дающие более высокие выходы эфирного масла (2—3%): масло из O. creticum содержит 20—45% тимола и карвакрола, а также 50—20% линалоола (в обратном отношении к содержанию фенолов); масло из O. hirtum содержит 50—60% тимола.

Лит.: Клинге А. Г., Лекарств., душистые и технич. растения, П., 1916; Казакевич Л. И. и Соболевская О. Ю., Дикие душистые растения Нижн. Поволжья и их эфирные масла, «Журнал опытной агрономии Юго-Востока», Саратов, 1928, т. 5, вып. 2.

Н. Соколов.

ДЫМНЫЙ ПОРОХ, взрывчатое вещество (В. В.) селитро-серо-угольного состава, обладающее метательными свойствами, так как при горении превращается в газы с отделением тепла не сразу всей своей массой, а постепенно. Всякое взрывчатое вещество, обладающее такими свойствами и пригодное для стрельбы из огнестрельного оружия, называется порохом.

Составные части Д. п. От чистоты селитры, серы и угля зависят физические и баллистич. свойства Д. п., а также безопасность производственной работы. Селитра стала подвергаться на наших з-дах специальной очистке или литрованию со времен Петра I; на эту операцию обращалось особенное внимание с целью получения наименее гигроскопичного, а следовательно пригодного для продолжительного хранения пороха. Присутствие натриевой селитры и хлористых соединений калия, натрия, кальция и магния значительно увеличивает гигроскопичность калиевой селитры, а значит и пороха. Современные требования: 1) калиевая селитра должна содержать не менее 99,8% чистого KNO_3; 2) содержание $NaNO_3$ не д. б. более 0,03%; 3) соединений хлора при расчете на NaCl допускается не более 0,03%; 4) не д. б. соединений кальция, магния и нерастворимых в воде веществ—песка, железа, дерева и т. п. Сера для Д. п. получается очисткой или рафинированием комовой (природной) серы путем перегонки. Основные требования: 1) при сгорании не должно оставаться более 0,01% остатка, в нем не допускается присутствия песчинок; 2) при кипячении с водой не должно извлекаться веществ кислого характера и не должно содержаться мышьяка более 0,1%. Уголь. Из трех составных частей Д. п. уголь требует наибольшего изучения и соблюдения специальных условий обжига. Если селитру и серу пороховые з-ды могут получать со стороны, подвергая их химич. анализу, то уголь они вынуждены выжигать сами, т. к. анализом нельзя установить пригодность угля и недостатки его скажутся лишь в готовом порохе. Уголь, идущий на производство Д. п., должен легко воспламеняться, быстро сгорать и по возможности быть мало гигроскопичным. Для всех сортов черного пороха употребляется уголь, выжженный из малоплотных древесных пород, напр. из крушины, ольхи, осины, орешника, ивы и тополя. Смолистые породы деревьев при обжигании дают нагар, затрудняющий воспламенение пороха. Деревья, предназначенные для выжигания порохового угля, д. б. от 2- до 10-летнего возраста, т. к. очень молодые деревья дают много золы, а древесина старого леса неоднородна. Для получения угля дерево следует обжигать без доступа воздуха. Обжигание в ямах или котлах, при к-ром получался пережженный, смолистый и богатый золой уголь, давно уже оставлено; перешли к более совершенному способу выжигания угля в цилиндрах или ретортах, при к-ром возможна регулировка обжига изменением $t°$ и времени. В зависимости от $t°$ обжига получается уголь с различным содержанием углерода, а следовательно различный по свойствам. Существуют три сорта порохового угля: черный, бурый и шоколадный (табл. 1).

Табл. 1.—Температура обжига и содержание углерода в разных сортах порохового угля.

Сорт угля	$t°$ обжига	Содержание углерода в %
Черный	350—450	80—85
Бурый	280—320	70—75
Шоколадный	160—170	52—54

Шоколадный уголь изготовляют специально для фабрикации шоколадного призматического пороха, назначавшегося для длинных пушек большого калибра. С переходом к бездымным порохам шоколадный

призматич. порох потерял свое значение, и вместе с ним отпала потребность в шоколадном угле. Цвет черного угля в кусках—синевато-черный, в порошке—черный. Бурый уголь имеет красновато-бурый цвет, бархатистый вид и жирен наощупь. Бурый уголь легче воспламеняется и обладает большей скоростью горения, вследствие чего пороха с бурым углем, изготовленные в одинаковых условиях, горят быстрее, чем пороха с черным углем.

Для приготовления порохового угля пользуются различного устройства печами, к-рые должны давать наиболее чистый уголь, не загрязненный посторонними примесями и вполне однообразный по обжигу. Этим условиям в достаточной степени удовлетворяют горизонтальные неподвижные и подвижные чугунные или железные ретортные печи. Дрова, предназначенные для выжигания порохового угля, выдерживают не менее двух лет в поленницах и перед обжигом распиливают и раскалывают на бруски длиной 35—40 *см* и толщиной 2,5—5 *см*. Из 100 вес. частей дров с 15% влажности получается 25—30 частей черного угля или 35—40 частей бурого угля или же 68—70 частей шоколадного угля. Обжиг угля на черный порох продолжается от 6,5 до 7,5 час., а на бурый—ок. 9 час. После разгрузки реторты и выдерживания угля в тушильниках (7—10 дней) для поглощения им необходимой влажности ($7^1/_2$—10%) уголь подвергается ручной переборке на сортировочном столе с проволочной сеткой, с целью отделения недожженного угля с зольным и смолистым налетом. Для получения наиболее однообразного угля необходимо: 1) обжигать в ретортах всегда одно и то же количество дров, 2) поддерживать равномерную t° обжига.

Фабрикация Д. п., являясь процессом чисто механическим, сводится к тщательному измельчению отдельных составных частей, смешению их и приданию зерну формы и размера соответственно сорту пороха. В течение многих веков пороходелы чисто опытным путем устанавливали состав и применяли способы изготовления Д. п. в соответствии с техническими средствами своего времени.

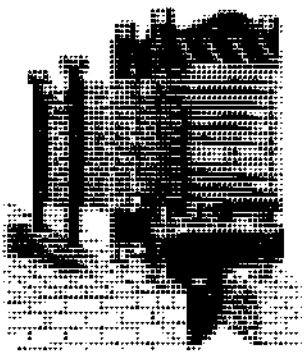
К настоящему времени на пороховых з-дах на основании опыта выработан следующий порядок фабрикации Д. п.: 1) измельчение составных частей, 2) изготовление двойных смесей, 3) смешение составных частей, т. е. изготовление тройных смесей, 4) получение пороховой лепешки, 5) дробление пороховой лепешки в зерно, 6) полировка зерна, 7) сушка пороха для удаления влаги, 8) чистка или отвейка пороха, разымка, смешение в партии и укупорка.

Измельчение составных частей производится обыкновенно в железных цилиндрич. бочках, вращающихся на оси. На внутренней поверхности бочки расположены продольные ребра, увлекающие массу при вращении. Вместе с измельчаемым материалом в бочку помещают двойное по весу количество бронзовых шариков диам. ок. 12 *мм*. При употреблении бочек диам. 1,1 *м* и шир. 1,0 *м*, предельная скорость вращения установлена в 26 об/м. Время измельчения в бочках (от 3 до 7 часов) зависит от устройства аппаратуры, величины закладки и требуемого сорта пороха. Уголь предварительно размалывают на специальной мельнице «Эксцельсиор» и измельчают отдельно или вместе с серой. Измельчение селитры не обязательно, в особенности если она получается заводом в виде мелких кристаллов. После измельчения составных частей и получения двойных смесей производят расчет и навеску их для составления тройных смесей, к-рые уже представляют собою пороховой состав, чрезвычайно легко взрывающийся; поэтому обработку его производят в кожаных или деревянных бочках, обложенных внутри кожей, с применением деревянных бакаутовых шариков. При диам. бочек в 2 *м* и шир. 0,75 *м* загрузку делают из 164 *кг* состава и 164 *кг* бакаутовых шариков. Число оборотов барабана—18 в м. и время обработки—от 5 до 10 час. После смешения и замены глухой крышки рамой с сеткой, состав спускают в деревянный ящик и перевозят для просейки на специальных аппаратах с шелковыми ситами.

Большинство пороховых з-дов признает необходимым после бочечного смешения подвергать пороховой состав бегунной обработке с целью уплотнения его и более тщательного смешения составных частей. Лучшими в смысле безопасности и производительности следует считать бегуны системы з-да Круппа-Грузона в Магдебурге. Бегунный лежень и катки изготовлены из лучшего зеркального закаленного чугуна, тщательно отшлифованного и отполированного. Каждый бегун или каток, весом в 5 500 *кг*, вращается на своей оси, соединенной с главным вертикальным валом, и в своем движении совершенно не зависит от другого катка. Бегуны подвешены на двойных тягах к коромыслу, сидящему на главном вертикальном валу; поэтому не м. б. соприкосновения катков с лежнем, и во время движения работающая поверхность катка всегда остается параллельной поверхности лежня. Привод м. б. вертикальным верхним или нижним; центральная ось удлинена настолько, что вся передача находится вне рабочего помещения, благодаря чему значительно увеличивается безопасность. Бегун может работать на малом ($^1/_4$ об/м) и быстром (12 об/м.) ходу. Для измельчения просеянный тройной состав засыпается в количестве 65 *кг* на бегунную тарелку, равномерно распределяется на ней и сейчас же смачивается из лейки водой (от 2 до $3^1/_2$% от веса закладки) во избежание распыления. Затем бегун пускается на тихий ход (3—4 полных оборота), пока пороховая мякоть не прессуется в твердую плитку, после чего он переводится на быстрый ход. Состав обрабатывается для высших сортов пороха в течение 4 ч., для охотничьих—2 ч. и для минных—1 ч. Бегунная обработка имеет особое значение для тех сортов пороха, от к-рых требуется наибольшее однообразие. К невыгодам этого способа следует отнести его опасность и дороговизну по сравнению с бочечным. Способ бочечно-бегунный, применявшийся на казенных заводах, дешевле чисто бегунного, и при нем получается порох большей плотно-

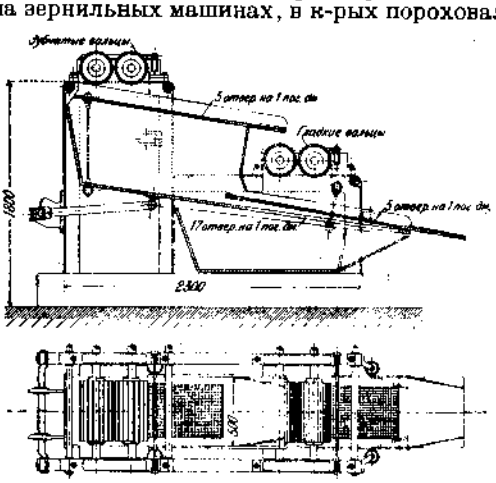
сти. По окончании обработки пороховой состав имеет вид плитки, зерен и отчасти пыли. Состав выгребают с тарелки в деревянные лохани и отвозят в протирочное отделение, где его дробят и протирают через сито и в виде смеси зерен и пыли отправляют в прессовочную мастерскую.

Прессование пороховой смеси производится на вертикальных гидравлич. прессах, состоящих из заделанного под полом мастерской цилиндра с поршнем, оканчивающимся сверху и ощадкой. С цилиндром соединены 4 стойки с укрепленным сверху упором. Пороховой состав насыпают слоями (до 30 слоев по 8 *кг*) в парусиновые или шерстяные платки на платформу тележки, перекладывают медн. листами и по рельсам вкатывают в пресс. При движении поршня площадка его поднимает тележку и спрессовывает состав. Некоторые заводы производят горячее прессование порохового состава в прессах (фиг. 1), допускающих нагревание состава до t° расплавления серы Пар подводится по трубкам, присоединенным к полым плитам, между которыми помещаются пакеты с пороховым составом. Благодаря горячему прессованию порох получается менее гигроскопичным.



Фиг. 1.

Дробление пороховой лепешки с целью получения порохового зерна производится на зернильных машинах, в к-рых пороховая



Фиг. 2.

лепешка дробится между бронзовыми вальцами с зубьями. Устройство такой машины, системы з-да Круппа-Грузона, с двумя парами бронзовых вальцов показано на фиг. 2 (размеры в *мм*). Под вальцами на ремнях подвешены сита, получающие колебательные движения от шатуна. Пороховые зерна, проходящие через верхнее сито, собираются как годные. Крупные зерна, не прошедшие через первое сито, падают на вторую пару вальцов. Зерно, прошедшее через мелкое сито, отделяется как мелочь. Указанные на фиг. 2 размеры сит рассчитаны для получения минного пороха; для зернения порохов других сортов изменяют расстояние между вальцами и ставят другие сита. Производительность такой машины 2—2½ *т* пороха в 8-часовой рабочий день. Некоторые заводы пользуются зернильными машинами с несколькими парами зернильных вальцов и с элеваторной подачей крупноты для повторного измельчения.

Пороховое зерно, полученное с зернильной машины, имеет неровную поверхность и острые углы, вследствие чего порох легко может перетираться в мякоть при трении и малую *гравиметрическую плотность* (см.), а открытые поры способствуют увеличению гигроскопичности зерна. Эти недостатки заставили ввести после зернения операцию полировки. В дубовые барабаны загружают 150—200 *кг* порохового зерна и приводят их во вращательное движение со скоростью 18—20 об/м. Вследствие трения зерен друг о друга и о стенки барабана сглаживаются неровности и острые углы, и зерна приобретают округлую форму. Время полировки — от 3 до 10 час. в зависимости от сорта пороха. Для придания пороху хорошего внешнего вида и блестящей поверхности, что особенно ценится в охотничьих порохах, полировку ведут с прибавкой некоторого количества графита.

После полировки избыточное количество влажности пороха удаляют сушкой пороха в сушильнях — на столах, через к-рые продувается воздух, нагретый до 20—45°. Количество влажности, остающееся в зернах по окончании сушки — около 0,5—1,0%.

Для получения однообразных по размерам сортов пороха производят сортировку или разымку его на специальных разымочных приборах с ситами различных размеров. Разнятый или сортированный порох содержит в себе еще нек-рое количество пороховой пыли и графита, к-рые удаляются при последующей чистке Д. п. в шелковых мешках или в барабанах с парусиновыми стенками. Иногда после чистки производят окончательную сортировку порохового зерна.

Ежедневные выработки пороха, разделенного по сортам, представляют небольшие партии, которые естественно должны отличаться по своим физико-химическим и баллистич. качествам. Поэтому для образования большой партии (16—80 *т*) с однородными свойствами малые партии подвергают тщательному смешению. Смешение производится на специальных приборах, допускающих систематич. перемешивание малых партий.

Лучшие сорта охотничьих порохов, со сферич. формой зерна, т. наз. «жемчужные», изготовляются на особых аппаратах с двумя горизонтально поставленными тарелками, между которыми помещают мешок с 5 *кг* мелкого порохового зерна и пороховой мякоти. Благодаря вращательным движениям тарелок в горизонтальной плоскости происходит скатывание порохового состава в зерна сферич. формы.

Испытание Д. п. Различное назначение Д. п. вызывает и различные нормы технич. требований, предъявляемых к ним. Поэтому различают технич. условия военного ведомства для порохов, назначаемых для военных целей, и технич. условия, установленные применительно к требованиям спортивной и промысловой охоты. Пороха для военных целей при приемке подвергаются: 1) наружному осмотру—для установления чистоты, отсутствия белого налета, комков и т. п.; 2) исследованию физич. свойств—с целью определения: а) достоинства разымки, б) степени влажности, в) гигроскопичности, г) количества пыли, д) гравиметрической и е) действительной плотностей; 3) химическому анализу — для определения составных частей.

Состав и характеристика различных дымных порохов приведены в табл. 2.

Таблица 2.—Состав и характеристика различных дымных порохов.

Сорт пороха	Состав пороха в %			Норм. размер зерен (точек) в *мм*		Влажность в %		Плотность пороха			
								гравиметрич.		действит.	
	селитра	сера	уголь	наиб.	наим.	от	до	от	до	от	до
С черным углем:											
Артиллерийский	75	10	15	8	5	0,8	1,0	0,925	0,945	1,55	1,62
Ружейный	75	10	15	5	3	0,8	1,0	0,920	0,940	1,56	1,63
Охотн. крупный	75	10	15	3	1,5	0,8	1,0	—	—	1,57	1,68
» мелкий	75	10	15	1,5	0,5	0,8	1,0	—	—	1,57	1,68
С бурым углем:											
Ружейный новый	77	8	15	3,5	2	0,9	1,1	0,940	0,980	1,72	1,77
Охотн. крупный	77	8	15	5	3	0,9	1,1	0,915	0,980	1,73	1,80
» мелкий	77	8	15	2	0,5	0,9	1,1	0,900	0,970	1,72	1,79

Состав минных порохов: 70—71% калиевой селитры, от 9 до 15% серы и от 10 до 17% угля.

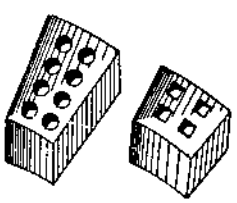
Баллистич. испытания охотничьих дымных порохов состоят в определении начальных скоростей дробин и наибольшего давления пороховых газов в патроннике оружия. При стрельбе из ружья 12-го калибра (диам. ствола 18,8 *мм*) зарядом пороха от 5,5 до 6 *г* и весе заряда дроби № 6 в 36 *г* скорость дроби в расстоянии 10 *м* от дула ружья д. б. в пределах 310 ± 15 *м/сек*. Среднее давление пороховых газов группы выстрелов не должно превышать 450 *atm*, причем давление отдельных выстрелов не должно превышать 550 *atm*.

В конце 1925 года, в связи с новыми требованиями, предъявляемыми спортивной и промысловой охотой, были пересмотрены и утверждены следующие физико-химические и баллистич. нормы качеств дымных охотничьих порохов, применительно к тем сортам, выработку которых установили у себя пороховые заводы: 1) плотность для разных сортов порохов, вследствие особенностей фабрикации на з-дах, установлена в пределах 1,55÷1,70; 2) гравиметрич. плотность должна быть не менее 0,870; 3) влажность—в пределах 0,7÷1,2%; 4) увлажняемость (при 4 ч.)—не более 3,0%; 5) размеры пороховых зерен в *мм* мелкого сорта 0,12—0,60, среднего сорта 0,60—1,20 и крупного сорта 1,20—1,70; 6) состав пороха: калиевой селитры 74—78%, серы 8—10%, угля 14—16%; 7) при стрельбе из дробовика 12-го калибра зарядом пороха в 5,5—6,5 *г* и весе заряда дроби № 6 в 35—36 *г* начальная скорость дроби на расстоянии 10 *м* от дула должна быть в пределах 290 ± 15 *м/сек* и среднее давление пороховых газов не более 450 *atm*; наибольшее давление пороховых газов отдельного выстрела не должно быть более 550 *atm*. Для перехода к весам пороха и дроби для зарядов охотничьих ружей 16-го и 20-го калибров веса следует брать соответственно с коэфицентами 0,9 и 0,8. Для жемчужных (сфероидальных) сортов охотничьих порохов установлены размеры в *мм*: для мелкого 0,5—0,8, среднего 0,8—1,2, крупного 1,2—1,7. Для минных сортов величина зерен: крупного 5,0—8,5, мелкого 0,7—2,5. См. *Взрывчатые вещества*, *Гравиметрическая плотность*.

Лит.: Броунс С. А., Технология пороха, Л., 1925; Форгт, Черный порох, перевод с немецкого, М., 1925; Escales R., Die Explosivstoffe, H. 1—Schwarzpulver und Sprengsalpeter, 2 Aufl., Leipzig, 1914; Chalon P., Les explosifs modernes, 3 éd., P., 1911; Vennin L. et Chesneau G., Les poudres et explosifs, P., 1914; Daniel J., Poudres et explosifs. Dictionnaire des matières explosives, P., 1902; Marshall A., Explosives, 2 ed., v. 1—2, L., 1917; Marshall A., Dictionary of Explosives, L., 1920. **Н. Довгелевич.**

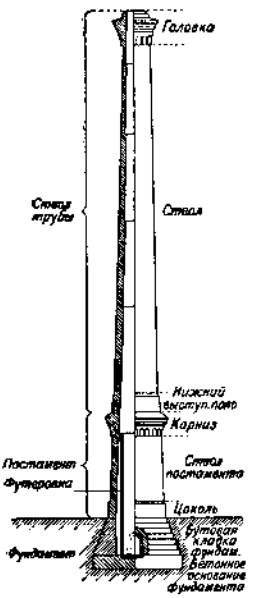
ДЫМОВАЯ ТРУБА, устройство для отведения газов, развивающихся при горении в топках, или ядовитых газов химич., металлургич. и других з-дов в относительно высокие слои атмосферы, а также для возбуждения тяги, вызывающей приток воздуха, необходимого для сгорания топлива. Образование тяги объясняется разностью между удельным весом горячих газов внутри трубы и удельным весом наружного воздуха. По конструкции Д. т. разделяют на кирпичные, железные и железобетонные.

Кирпичные Д. т. выполняются круглого, квадратного, шестиугольного и восьмиугольного поперечного сечения. В настоящее время кирпичные Д. т. делают исключительно круглого сечения, т. к. при этой форме влияние давления ветра, величина поверхности, отдающей тепло, и объем кирпичной кладки получаются наименьшими. Для кирпичных Д. т. применяют специальный лекальный пустотелый кирпич (фиг. 1), имеющий форму части сегмента с несколькими вертикальными сквозными отверстиями. Лекальный кирпич приготовляют из чистой глины.



Фиг. 1.

В Д. т. (фиг. 2) различают следующие главные части: 1) фундамент, подразделяющийся на бетонное основание и бутовую кладку; 2) постамент, подразделяющийся на: цоколь, ствол постамента и карниз; 3) ствол трубы, подразделяющийся на: нижний выступающий пояс, собственно ствол и головку. Фундамент Д. т. обыкновенно книзу расширяется уступами, причем ширина уступа не должна превышать $^2/_3$ его высоты. Если по состоянию грунта ширина уступа д. б. более $^2/_3$ его высоты, то такие фундаменты рекомендуется выполнять железобетонными. Бетонное основание Д. т. делается высотою не менее 600 *мм*. Бутовый камень фундамента и грунт необходимо хорошо изолировать от действия горяч. газов, которые могут ослабить прочность бутовой кладки. Изоляция же достигается кирпичной кладкой толщиною приблизительно в $2^1/_2$ кирпича. Постамент и ствол также д. б. изолированы от вредного действия горячих газов; для этого при $t°$ газов >250° применяют свободно стоящую футеровку из огнеупорного кирпича на шамотном растворе. Ствол трубы возводится звеньями (барабанами), высота которых по возможности делается одинаковой в пределах 3÷10 *м*. Толщина стенок трубы должна постепенно увеличиваться по направлению книзу, что соответствует общему уклону, который для внешней стороны равен 0,015—0,04, а для внутренней 0,002—0,02.

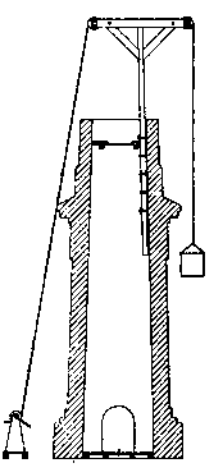


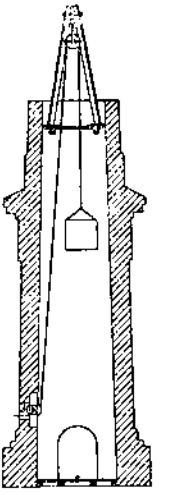
Фиг. 2.

Для защиты Д. т. от повреждения молнией на ней устанавливают громоотвод, состоящий из приемника, наружного провода и заземленного отвода в виде тонкой медной луженой пластины. Наружный провод громоотвода крепится в особых железных держателях, которые при возведении Д. т. заделываются в кладке на расстоянии приблизительно 2 *м* друг от друга. Возведение Д. т. производится без лесов; лесами пользуются обыкновенно только вначале, когда кладется нижняя часть Д. т., а далее уже весь строительный материал подается при помощи несложных подъемн. механизмов (фиг. 3 и 4). При возведении Д. т. необходимо наблюдать за тем, чтобы оси отдельных звеньев трубы в точности совпадали с осью трубы; последнее проверяется с помощью веска.

Из повреждений Д. т. наиболее важным является уклонение Д. т. от первоначального ее вертикального положения. Последнее обстоятельство чаще всего объясняется неравномерной осадкой фундамента. Выпрямление трубы производится след. образом: в нижней части Д. т. со стороны, противоположной той, куда труба наклонилась, пробивают во всю толщину стенки ряд отверстий на протяжении более половины периметра трубы, к-рые заполняют более тонким слоем кладки, после чего оставшиеся промежуточные части кладки осторожно удаляют, и Д. т., оседая от собственного веса, постепенно выпрямляется, приближаясь к вертикальному положению. Исправление появившихся трещин, повреждения облицовки или швов производится во время действия трубы, причем рабочие взбираются до места работ по железным скобам, расположенным с наружной ее стороны.

При проектировании Д. т. прежде всего определяют ее главные размеры, т. е. диам. верхнего сечения и высоту, и затем производят статич. расчет. Величина диаметра трубы зависит от допускаемой скорости выхода газов, которую во избежание нарушений в работе трубы не рекомендуется делать менее 2 *м/сек*. При меньшей скорости газов могут получиться обратные потоки и задувание ветром. Максимальной выходной скоростью газов считают 8 *м/сек*; превышение этой скорости влечет значительные потери на трение и поддержание скорости газов в трубе. Т. о. при определении площади верхнего сечения Д. т. желательно задаваться скоростью в 3—4 *м/сек*, чтобы при всех возможных колебаниях нагрузки проектируемой


Фиг. 3.


Фиг. 4.

установки скорость газов при выходе из трубы оставалась в пределах 2÷8 *м/сек*. Для определения площади верхнего сечения и высоты Д. т. предварительно вычисляют следующие величины.

а) Полный объем дымовых газов V определяется по составу дымовых газов и расходу топлива, сгорающего в час (см. *Газ* топлива и дымовой). Для определения объема сухих газов, приходящегося на 1 *кг* топлива при 0° и 760 *мм* рт. ст., с достаточной точностью можно воспользоваться приближенной ф-лой Дана:

$$V_{c.г.} = \frac{1,1Q}{1\,000}\,\alpha \ м^3/кг, \qquad (1)$$

где Q — рабочая теплопроизводительность топлива в Cal/*кг*; α—коэфициент избытка

воздуха, величина к-рого зависит от размеров обмуровки котла и экономайзера, ее плотности, длины борова, степени разрежения в газоходах и от многих других причин; в общем случае можно принять $\alpha = 1{,}6 \div 2{,}0$. Объем водяных паров при 0° и 760 *мм* рт. ст. определяется по ф-ле:

$$V_{в.п.} = \frac{(9H + W) \cdot 0{,}01 + W_{ф.}}{0{,}804}\ м^3/кг, \qquad (2)$$

где H—содержание водорода в рабочем топливе в % по весу; W—содержание влаги в рабочем топливе в % по весу; $W_{ф.}$—количество пара (в *кг*), введенное в топку для сжигания 1 *кг* топлива, при наличии парового дутья или паровой форсунки. Т. о. приближенный полный объем продуктов сгорания при 0° и 760 *мм* рт. ст., получающихся при сгорании 1 *кг* топлива, определяется по следующей ф-ле:

$$V = V_{с.т.} + V_{в.п.} = \frac{1.1Q}{1\,000}\alpha + \frac{(9H + W) \cdot 0{,}01 + W_{ф.}}{0{,}804}\ м^3/кг. \qquad (3)$$

б) Средняя теплоемкость 1 $м^3$ сухих газов в Cal определяется из ур-ня:

$$c_{с.т.} = 0{,}314 + 0{,}00003\,t'. \qquad (4)$$

в) Средняя теплоемкость 1 *кг* водяных паров в Cal определяется из ур-ия:

$$c_{в.п.} = 0{,}45 + 0{,}00005\,t', \qquad (5)$$

причем вес водяных паров, образующихся при сгорании 1 *кг* топлива, определяется по формуле:

$$G_{в.п.} = (9H + W) \cdot 0{,}01 + W_{ф.}\ кг; \qquad (2')$$

в уравнениях (4) и (5) t'—температура газов при входе в Д. т.

Расчет площади верхнего сечения Д. т. в свету производится по ф-ле:

$$F = \frac{V_{ск}}{w}\ м^2, \qquad (6)$$

где w—скорость газов в *м/ск* при выходе (желательно 3—4 *м/ск*), а $V_{ск.}$—секундный объем газов, определяемый по ф-ле:

$$V_{ск.} = \frac{V \cdot B\,(273 + t'') \cdot 760}{3\,600 \cdot 273 \cdot P_{б.}}, \qquad (7)$$

где B—часовой расход топлива в *кг*, V—полный объем газов, определяемый из ф-лы (3), $P_{б.}$—барометрич. давление в *мм* рт. ст., t''—температура газов при выходе из трубы, к-рая определяется по ф-ле:

$$(t' - t'')(G_{п.с.} \cdot c_{п.с.})B = \varkappa\left(\frac{t'' + t'}{2} - t_{в.}\right)\pi \cdot d_{ср.} \cdot H, \qquad (8)$$

где $(G_{п.с.} \cdot c_{п.с.})$ — тепло, отдаваемое газами при охлаждении на 1° и отнесенное к 1 *кг* сожженного топлива, определяемое из ур-ия:

$$G_{п.с.} \cdot c_{п.с.} = V_{с.т.} \cdot c_{с.т.} + G_{в.п.} \cdot c_{в.п.};$$

B—часовой расход топлива в *кг*, $d_{ср.}$—средний диам. Д. т. в свету в *м*; H—высота Д. т. в *м*; $t_{в.}$—температура воздуха; $\varkappa$—коэф. теплопередачи Д. т. (в Cal/$м^2$ · час · °C), принимаемый с достаточной точностью равным: 1—для кирпичной трубы, 2—для бетонной трубы (толщиной 100 *мм*) и 4—для железной нефутерованной. Для определения высоты Д. т., измеряемой от уровня колосниковой решетки, служит ф-ла:

$$S' = 273\left(\frac{\gamma_{в.}}{273 + t_{в.}} - \frac{\gamma_{г.}}{273 + t_{ср.}}\right)\frac{P_{б.}}{760} \cdot H, \qquad (9)$$

где S'—теоретич. тяга в *мм* вод. ст., развиваемая трубою, $\gamma_{в.}$—уд. в. воздуха при 0° и 760 *мм* рт. ст., $\gamma_{г.}$—уд. в. газов при тех же условиях, $t_{ср.}$—средняя темп-ра газов. Так как $\gamma_{в.} \cong \gamma_{г.} \cong 1{,}293$, то ф-ла (9) примет вид:

$$S' = 0{,}465 \cdot P_{б.} \cdot H\left(\frac{1}{273 + t_{в.}} - \frac{1}{273 + t_{ср.}}\right). \qquad (10)$$

Чтобы знать действительную тягу проектируемой трубы, надо кроме учитываемых потерь от охлаждения газов определить также потери тяги на трение и создание скорости газов в трубе, а именно:

$$S_{т} = \psi\frac{\gamma_{ср.} \cdot w^2_{ср.}}{d_{ср.}} \cdot H \qquad (11)$$

и

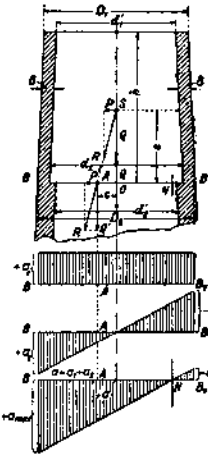
$$S_{w} = \frac{\gamma_{ср.} \cdot w^2_{ср.}}{2g}, \qquad (12)$$

где $\gamma_{ср.}$—уд. в. газов (вычисляется по состоянию газов в среднем поперечном сечении трубы); $w_{ср.}$—средняя скорость газов в том же сечении; $g = 9{,}81$ *м/ск*^{2}; ψ—коэф., который в среднем можно принять 0,0007, при диаметре менее 0,5 *м*, и 0,0006—для труб большего диаметра. Т. о. действительная тяга у основания трубы

$$S = S' - S_{w} - S_{т}. \qquad (13)$$

Действительная тяга проектируемой Д. т. (ф-ла 13) не д. б. менее всех сопротивлений установки. При расчете площади верхнего сечения Д. т. и ее высоты иногда пользуются и более простыми, довольно многочисленными эмпирич. ф-лами. Все эти ф-лы составлены на основании опытных данных и содержат целый ряд числовых коэф-тов, от правильного применения к-рых и зависит точность определения размеров Д. т., однако пользование эмпирич. ф-лами при расчете Д. т. не рекомендуется.

После определения площади верхнего сечения Д. т. приступают к статич. расчету, исследуя устойчивость трубы и краевые напряжения от действия ветра и веса кладки. Для определения основных величин рассматривают часть Д. т. (фиг. 5), лежащую выше сечения BB_1 и имеющую одинаковую толщину стенок δ. В ц. т. этого элемента S прикладывают силу давления ветра P и силу Q, вызываемую весом кладки, лежащей выше рассматриваем. сечения. Равнодействующую силу R перемещают по ее направлению до пересечения с плоскостью сечения BB_1 в точке A, где ее снова разлагают на составляющие P' и Q'. Силою P' обыкновенно пренебрегают, как силою, вызывающей незначительное срезывающее усилие, а по оси трубы прикладывают две взаимно уравновешивающиеся силы Q, из которых одна, направленная вниз, вызывает напряжение сжатия, а другая дает с составляющей Q'



Фиг. 5.

пару сил с плечом c. Напряжение сжатия от силы Q выражается уравнением:

$$\sigma_1 = +\frac{Q}{F} = \frac{3600}{D_2^2 - d_2^2} h \cdot \delta (D_2 + d_1') \text{ кг/м}^2, \quad (14)$$

где:

$Q = 1{,}800 \pi \frac{D_2 + d_1'}{2} h \cdot \delta$ кг и $F = \frac{\pi}{4}(D_2^2 - d_2^2)$ м²;

1 800 — вес в кг 1 м³ кладки. Напряжение изгиба:

$$\sigma_2 = \pm \frac{M}{W},$$

где: $M = Q \cdot c = P \cdot e$ и W—момент сопротивления площади сечения

$$e = \frac{h}{3} \cdot \frac{D_2 + 2D_1}{D_2 + D_1};$$

площадь, на к-рую действует ветер, в м²:

$$F_1 = h\left(\frac{D_1 + D_2}{2}\right);$$

давление ветра

$$P = 0{,}67 \cdot k \cdot F_1 = \frac{1}{3} kh(D_1 + D_2)$$

и

$$P \cdot e = \frac{1}{9} k \cdot h^2 (2D_1 + D_2),$$

где k — давление ветра, принимаемое равным 150 кг/м² и 0,67—коэф., принимаемый при определении силы давления ветра для круглых труб. Момент сопротивления W для кольцеобразного сечения:

$$W = \frac{\pi(D_2^4 - d_2^4)}{32 D_2}.$$

Таким образом

$$\sigma_2 = \frac{P \cdot e}{W} = \pm \frac{32}{9\pi} \cdot \frac{kh^2(2D_1 + D_2) D_2}{D_2^4 - d_2^4} \text{ кг/м}^2; \quad (15)$$

двойной знак означает здесь, что максимальные напряжения являются сжимающими (+) с подветренной стороны и растягивающими (−) с наветренной стороны Д. т. Искомое сложное краевое напряжение (в кг/м²):

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{3600}{D_2^2 - d_2^2} h \cdot \delta (D_2 + d_1') \pm$$
$$\pm \frac{32}{9\pi} kh^2 D_2 \cdot \frac{2D_1 + D_2}{D_2^4 - d_2^4}. \quad (16)$$

Ур-ие (16) показывает, что в различных местах горизонтального сечения трубы, в зависимости от того, будет ли абсолютная величина σ_1 больше, меньше или равна σ_2, возникают напряжения на сжатие, на растяжение или же напряжения будут равны нулю. Прямая, проходящая через точки нулевых напряжений, называется нейтральной осью N; эта ось находится в сопряжении с точкой приложения A эксцентричной силы Q. Кривая, описываемая точкой A, когда нейтральная ось принимает все положения, касательные к данному сечению, образует ядро сечения. Для круглых труб ядро сечения представляет собой круг, радиус которого $C = 0{,}125 \frac{D_2^2 + d_2^2}{D_2}$. Ядро сечения есть площадь, внутри которой должна лежать точка приложения эксцентричной силы Q, если напряжения в рассматриваемом сечении д. б. только одного знака. Как только точка A выйдет за пределы ядра сечения, нейтральная ось пройдет через рассматриваемое сечение, разделив его на две части, напряженные противоположно. Для определения напряжений, возникающих в поперечном сечении любого звена Д. т., ниже приводятся ф-лы, с помощью к-рых производится упрощенный расчет круглой Д. т. Принимая $k = 150$ кг/м² и пользуясь ф-лой (16), краевое напряжение в основании верхнего звена Д. т. можно выразить след. образом:

$$S_1 = \frac{0{,}36}{D_1^2 - d_1^2}\left[h_1\delta_1(D_1 + d_0) \pm\right.$$
$$\left.\pm 0{,}0472\, D_1 H_1^2 \frac{2D_0 + D_1}{D_1^2 + d_1^2}\right] \text{ кг/см}^2; \quad (17)$$

для 2-го звена

$$S_2 = \frac{0{,}36}{D_2^2 - d_2^2}\left[h_1\delta_1(D_1 + d_0) + h_2\delta_2(D_2 + d_1') \pm\right.$$
$$\left.\pm 0{,}0472\, D_2 H_2^2 \frac{2D_0 + D_2}{D_2^2 + d_2^2}\right] \text{ кг/см}^2; \quad (18)$$

для n-го звена

$$S_n = \frac{0{,}36}{D_n^2 - d_n^2}\left[h_1\delta_1(D_1 + d_0) + h_2\delta_2(D_2 + d_1') + \right.$$
$$+ \ldots + h_n\delta_n(D_n + d_{n-1}') \pm$$
$$\left.\pm 0{,}0472\, D_n H_n^2 \frac{2D_0 + D_n}{D_n^2 + d_n^2}\right] \text{ кг/см}^2, \quad (19)$$

где $D_1, D_2, D_3, \ldots$—наружные диам. у основания звеньев Д. т. в м, $d_1, d_2, d_3, \ldots$—внутренние диам. у основания звеньев, $d_1', d_2', d_3', \ldots$—внутренние диам. у вершин звеньев, d_0—диам. верхнего отверстия Д. т., D_0—верхний наружный диаметр трубы, $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \ldots$—толщины стенок по высоте звеньев, $h_1, h_2, h_3, \ldots$—высоты отдельных звеньев и $H_1, H_2, H_3, \ldots$—высоты, считая от вершины Д. т. до рассматриваемого сечения. Введя обозначения:

$$\mathfrak{A}_n = h_1\delta_1(D_1 + d_0) + h_2\delta_2(D_2 + d_1') +)$$
$$+ h_3\delta_3(D_3 + d_2') + \ldots + h_n\delta_n(D_n + d_{n-1}')$$

и

$$\mathfrak{B}_n = 0{,}0472\, D_n H_n^2 \frac{2D_0 + D_n}{D_n^2 + d_n^2},$$

получим:

$$S_n = \frac{0{,}36}{D_n^2 - d_n^2}(\mathfrak{A}_n \pm \mathfrak{B}_n) \text{ кг/см}^2. \quad (20)$$

Объем кирпичной кладки звеньев, лежащих выше рассматриваемого сечения, определяется по ф-ле:

$$V_n = 1{,}57 \mathfrak{A}_n \text{ м}^3. \quad (21)$$

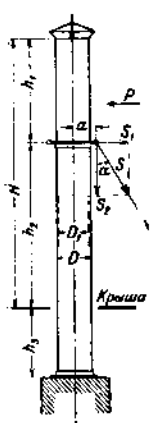
Что касается фундамента Д. т., то его глубина заложения h' определяется в каждом случае отдельно. Глубина фундамента не д. б. менее глубины промерзания грунта. Давление на грунт, вызываемое всем сооружением Д. т., при фундаменте круглого сечения определяется по следующей ф-ле:

$$S = \frac{0{,}36}{D^2}\left\{h_1\delta_1(D_1 + d_0) + h_2\delta_2(D_2 + d_1') + \ldots + \right.$$
$$+ h_n\delta_n(D_n + d_{n-1}') + 0{,}8U \pm 0{,}0472[H_n(2D_0 + D_n) +$$
$$\left. + 3h'(D_0 + D_n)]\frac{H_n}{D}\right\} \text{ кг/см}^2, \quad (22)$$

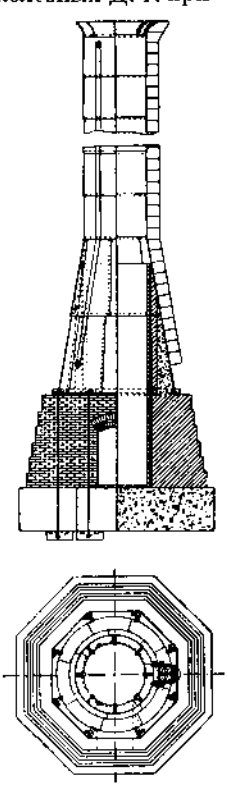
где, кроме принятых выше обозначений, D—диаметр нижнего основания фундамента в м (внутренний диам. $d = 0$), U—объем бутовой кладки фундамента и бетонного основания. Вес 1 м² кладки фундамента принимается равным 2 260 кг. При расчете кирпичной Д. т. высотой до 30 м допускается напряжение на сжатие до 12 кг/см², а на растяжение—до 1,2 кг/см². Для Д. т. большей высоты это напряжение уменьшается на каждый м высоты на 0,05 кг/см²; т. о. для Д. т. высотою более 54 м напряжение на растяжение не допускается. При расчете же фундамента Д. т. в плоскости соприкосновения его с грунтом напряжение на растяжение

вовсе не допускается. Во многих западных странах имеются специальные утвержденные требования, предъявляемые к кирпичным Д. т.

Железные Д. т. применяют в большинстве случаев в дымососных установках, в установках, имеющих временное значение, а также при слабом грунте. Конструктивно железные Д. т. выполняются из конич. железных барабанов, высотой каждый ок. 1 *м*, склепанных между собой таким образом, что каждый верхний барабан охватывает снаружи нижерасположенный. Такая конструкция Д. т. создает меньшее сопротивление проходу газов и кроме того устраняет возможность попадания в швы дождевой воды. Толщина железа, употребляемого для Д. т., 3÷8 *мм*. Основанием железных Д. т. служит чугунная фундаментная плита, к-рая крепится обыкновенно на кирпичном цоколе. Необходимая высота железных Д. т. и их диам. определяются, как и для кирпичных Д. т.; при этом диам. рекомендуется брать на 30% больше, чем для кирпичных труб, вследствие более сильного охлаждения газов. При статич. расчете железных Д. т. приходится учитывать гл. образом изгибающ. усилия, вызываемые давлением ветра. Эти усилия воспринимаются обыкновенно растяжками, которые прикрепляют к кольцам, охватывающим Д. т. (фиг. 6). Растяжки делают из цепей, из стальных тросов или круглого железа. При расчете железных Д. т., как и кирпичных, принимают: а) k—давление



Фиг. 6.



Фиг. 7.

ветра—равным 150 *кг/м²*; б) коэфициент, принимаемый при определении силы давления ветра для круглых труб $= \frac{2}{3}$ ($\cong 0{,}67$). Далее, примем следующие обозначения: H—высота над крышей в *см*; h_1—высота в *см* части Д. т., расположенной выше кольца; h_2—высота в *см* части, расположенной ниже кольца; h_3—высота части, находящейся под крышей; D—внешний диаметр Д. т. в *см*; D_1—внутренний диаметр и *см*; δ—толщина стенки Д. т. в *см*; P—давление ветра на всю трубу в *кг*; S—натяжение растяжки в *кг*; α — ∠ наклона растяжек; $W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - D_1^4}{D}$ *см³*—момент сопротивления поперечного сечения кругового кольца; σ—напряжение материала железной Д. т. в *кг/см²*.

В зависимости от высоты железной Д. т. могут быть три случая крепления: 1) труба растяжками не укрепляется вовсе, 2) труба укрепляется только в одном месте и 3) труба укрепляется по высоте растяжками в двух и более местах.

Случай 1. $P = 0{,}015 \cdot \frac{2}{3} \cdot DH = 0{,}01 DH$ *кг*. Изгибающий момент от силы давления ветра

$$M = P\left(\frac{H}{2} + h_3\right) = 0{,}01 DH\left(\frac{H}{2} + h_3\right);$$

напряжение изгиба

$$\sigma = \frac{M}{W} \cong \frac{0{,}05 D^2 H (H + 2h_3)}{D^4 - D_1^4} \text{ кг/см}^2. \quad (23)$$

Железные Д. т. без растяжек строятся в последнее время весьма значительных размеров (высотой до 60 *м*); на фиг. 7 изображена такая Д. т. высотой 45 *м*.

Случай 2. Давление ветра на трубу (фиг. 6) $P = 0{,}01\, DH$ *кг*. Натяжение наветренной растяжки

$$S = \frac{0{,}005\, DH (H + 2h_3)}{\sin\alpha\,(h_2 + h_3)} \text{ кг}. \quad (24)$$

Ствол Д. т. испытывает следующие напряжения: 1) от продольного изгиба, вызываемого собственным весом Д. т. и вертикальной составляющей S_2 натяжения растяжек, и 2) от изгиба моментом M' вследствие давления ветра P и момента M'' вертикальной составляющей натяжения растяжек S. Влияние первого рода нагрузки незначительно и его учитывают, пренебрегая заделкой нижнего конца Д. т. Максимальные значения изгибающий момент приобретает в двух сечениях: у кольца, к которому крепятся растяжки,—M_1, и в сечении, лежащем на высоте

$$x = (h_2^2 - h_1^2) : 2(h_2 + h_3)$$

от уровня крыши,—M_2.

$$M_1 = 0{,}005 D h_1^2 \text{ кгм},$$

$$M_2 = M_2' + M_2'',$$

где

$$M_2' = \frac{0{,}01 D}{8} \cdot \frac{h_2^2 - h_1^2}{(h_2 + h_3)^2} \cdot [(h_2 + 2h_3)^2 - h_1^2], \quad (25)$$

$$M_2'' = 0{,}005 DH \cdot \frac{H + 2h_3}{h_2 + h_3} \cdot a \cdot \operatorname{ctg} \alpha. \quad (26)$$

Для расчета отдельных частей железных Д. т., растяжек, колец и пр. пользуются обычными формулами сопротивления материалов; коэф-ты прочности на растяжение для растяжек $k_s \leq 1000$ *кг/см²*, на изгиб для трубы $k_b \leq 800$ *кг/см²*.

Т. к. давление ветра воспринимается гл. образом растяжками, то подошву основания Д. т. достаточно рассчитать на давление собственного веса

$$G = G_1 + G_2, \quad (27)$$

где G_1—вес в *кг* самой трубы, определяемый по ее размерам, с добавлением ок. 25% на заклепки и перекрышку шва, и G_2—вес в *кг* цоколя и фундамента; при этом допускаемое давление на грунт колеблется в среднем от 0,75 до 1,5 *кг/см²*.

Железобетонные Д. т. применяются реже, чем кирпичные и железные, что объясняется гл. обр. особенностями свойств железобетона. Бетон при продолжительном действии на него высокой $t°$ теряет прочность вследствие химич. разложения некоторых составных частей; резкая разница $t°$ между внутренней и внешней сторонами стенки Д. т. вызывает глубокие трещины и разрушения бетонной Д. т. В последнее время за границей (особенно в Америке) тщательно изучают на опытах действие теплоты на всю конструкцию железобетонных Д. т. Как оказывается, главные напряжения материала в этих трубах вызываются высокими $t°$, вследствие чего при проектировании на эту сторону расчета приходится обращать особое внимание. Согласно установленным правилам, железобетонная Д. т. по всей высоте, от основания до устья, должна снабжаться надежной футеровкой, рассчитанной таким образом, чтобы перепад $t°$ между внутренней и внешней сторонами стенки не превышал 80° ($\Delta t \not> 80°$). Указанная величина Δt для дымовой трубы с футеровкой определяется следующей формулой:

$$\Delta t = \frac{t_i - t_a}{\left(\frac{1}{a_i} + \frac{d_f}{\lambda_f} + \frac{d'}{\lambda'} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{a_a}\right)\lambda} = \frac{t_i - t_a}{\left[\left(\frac{1}{a_i} + \frac{1}{a_a}\right) + \left(\frac{d_f}{\lambda_f} + \frac{d'}{\lambda'}\right)\right]\frac{\lambda}{d} + 1}, \quad (28)$$

где t_i—темп-ра газов у поверхности стенки футеровки, t_a—темп-ра окружающего воздуха, a_i—коэф. теплопередачи от газов к стенке в Cal/м²·час·°C, a_a—коэф. теплопередачи от стенки к окружающему воздуху в Cal/м²·час·°C, d_f—толщина футеровки в *м*, λ_f—средний коэф. теплопроводности футеровки в Cal·м/м²·час·°C, λ'—эквивалентный коэф. теплопередачи через воздушную прослойку, d'—толщина воздушной прослойки в *м*, λ—средний коэф. теплопроводности железобетонной стенки в Cal·м/м²·час·°C и d—толщина железобетонной стенки в *м*. Для Д. т. без футеровки величина Δt определяется по более простой ф-ле:

$$\Delta t = \frac{t_i - t_a}{\left(\frac{1}{a_i} + \frac{1}{a_a}\right)\frac{\lambda}{d} + 1}. \quad (29)$$

Относительно числовых величин коэф-тов, входящих в ф-лы (28) и (29), необходимо отметить, что для уточнения их в Америке производятся обширные опыты. Коэф. теплопроводности железобетонной стенки λ не следует брать слишком большим, и при расчете Д. т. его рекомендуется принимать в пределах 1,2÷0,8. Коэфициент теплопередачи от газов к стенке a_i определяется по следующей формуле:

$$a_i = 2 + 10\sqrt{w},$$

где w—максимальная скорость газов в различных сечениях трубы; что касается коэф. теплопередачи a_a, то в отношении его пока нет достаточно обоснованных данных. Если окружающий воздух находится в состоянии покоя, что на практике бывает очень редко, то $a_a \approx 6$. При более неблагоприятных условиях a_a может доходить до 20. Средний коэфициент теплопроводности футеровки λ_f можно принимать ок. 0,7; λ' берут по ф-ле:

$$\lambda' = 0{,}023 + \frac{(t_1 + 273)^4 - (t_2 + 273)^4}{10^8 (t_1 - t_2)}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C}\right)d',$$

где $C_1 \cong C_2 \cong 1{,}5$, а $C = 4{,}5$.

Давление ветра, к-рое кладется в основу статич. расчета железобетонных Д. т., определяется в каждом случае следующей ф-лой:

$$k = 120 + 0{,}06H \text{ кг/м}^2,$$

где H—высота Д. т. от основания до устья в *м*. Сила давления ветра на всю трубу определяется, как и для кирпичных дымовых труб, по формуле

$$P = \varkappa \cdot k \cdot F \text{ кг},$$

где $\varkappa$ для круглых труб = 0,67. Установленные за границей для железобетонных Д. т. требования являются более жесткими и детальными, чем для кирпичных. Применение железобетона позволяет сооружать Д. т. весьма большой высоты, что является очень ценным для современных тепловых установок. Одна из самых высоких железобетонных Д. т. построена в Америке в 1927 г. для Horne Copper Co. (Канада). Эта труба предназначена для отведения газов от ряда печей с $t°$ 150÷230° в высокие слои атмосферы. Высота Д. т. 129 *м*, диам. верхнего сечения 3,96 *м*; ее фундамент расположен на скале, на высоте 270 *м* над уровнем моря. Разрежение, создаваемое этой трубой, колеблется в пределах 20÷35 *мм* вод. ст., при $t°$ наружного воздуха от −20 до +32°. С внутренней стороны труба изолирована футеровкой с воздушной прослойкой в 50 *мм*. Футеровка выполнена из материалов, не поддающихся действию кислот. Фундамент представляет собой железобетонное кольцо с диаметрами 10 670 и 7 010 *мм*.

Лит.: Надежин А. А., Тепловой расчет котельной установки, 5 изд., М.—Л., 1927; Гавриленко А. П., Паровые котлы, 2 изд., М.—Л., 1924; Русвурм И. К., Круглые фабричные дымовые трубы, СПБ, 1910; Тецнер Ф. и Гейнрих О., Паровые котлы, М., 1927; Кирш К. В., Котельные установки, М., 1926; Деппе Г. Ф., Паровые котлы, СПБ, 1908; Riepert P. H., Eisenbeton-Schornsteine, Charlottenburg, 1924; Jahr H., Anleitung z. Entwerfen u. Berechnung d. Standfestigkeit v. Fabrikschornsteinen, Hagen, 1920; «В. u. E.», 1924, H. 14/15, 21, 23/24, 1925, H. 13, 1928, H. 2. **И. Неменов.**

ДЫМОХОДЫ, каналы, по которым проводятся дымовые газы, т. е. газообразные продукты горения топлива, в целях использования тепла этих газов на нагревание того или иного предмета. Д. устраиваются так, чтобы обеспечить длительное и возможно лучшее соприкосновение горячих дымовых газов с нагреваемым предметом. Размеры поперечного сечения Д. обусловливаются в каждом частном случае объемом проходящих через сечение газов и максимальной допустимой скоростью их. В Д. комнатных печей скорость газов берется не более 2 *м/сек*, в Д. паровых котлов при естественной тяге скорость газов не должна превышать 6—8 *м/сек* (обычно не более 3—4 *м/сек*). При искусственной тяге, при помощи дымососов, может быть допущена значительно бо́льшая скорость, однако при этом надо иметь в виду, что для получения большой скорости газов необходимо иметь в дымоходах большое разрежение, что вызывает большой просос наружного холодного воздуха через стенки

Д., если последние сделаны из пористого материала (напр. кирпича). Воздух этот, разжижая газы, будет понижать их $t°$ и следовательно ухудшать условия отдачи тепла от газов нагреваемому телу; поэтому большие скорости газов допускаются лишь там, где можно не опасаться засоса воздуха (напр. в трубчатых паровых котлах). В паровых котлах, отапливаемых каменным углем, при напряжении решетки от 70 до 120 *кг* в час с 1 *м*², сечение дымохода в последнем обороте его обычно делается равным $f = {}^1/_7$ площади решетки; второй оборот буде ттогда иметь площадь поперечн. сечения $1{,}25 \div 1{,}5f$ а первый $1{,}5 \div 1{,}75f$. В Д. часто бывает полезно делать сужения для лу шего перемешивания газов; с этой целью делается так называемый п о р о г при входе газов из топочной камеры в дымоход. Наоборот, в местах где меняется направление движения газов, следует площадь поперечного сечения дымохода увеличивать.

Если обозначить через f площадь поперечного сечение Д., через B—часовой расход топлива в *кг* и через V—объем газов, получающихся при сжигании 1 *кг* данного топлива н *м*³, то скорость газов c в данном сечении Д. в *м/ск* определится из ур-ия:

$$c \cdot f \cdot 3\,600 = B \cdot V,$$

где

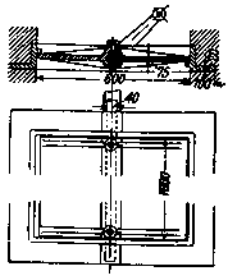
$$V = \left[\frac{1{,}865\,C}{CO_2 + CO} + \frac{9H + W}{100 \cdot 0{,}804}\right] \frac{273 + t}{273},$$

C, H, W—содержание углерода, водорода и воды в топливе в % веса, а CO_2 и CO—содержание в продуктах горения углекислого газа и окиси углерода (продукт неполного горения топлива) в % объема, t—температура газов в расчетном сечении. Если положить $\frac{f}{K} = a$, следовательно $f = a \cdot K$, где K—площадь колосниковой решетки в топке в *м*², то будем иметь:

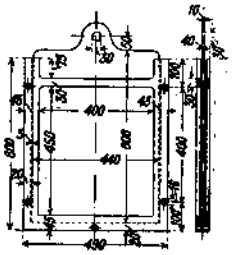
$$c = \frac{B}{K} \cdot \frac{V}{a \cdot 3\,600}.$$

Если горячими газами омывается металлич. сосуд, наполненный до нек-рого уровня водой, то Д. должны быть устроены так, чтобы горячие газы обогревали только ту часть стенок сосуда, к-рая с другой стороны омыта водой. Т. к. в Д. садится зола, увлекаемая из топки газами, то Д. должны устраиваться так, чтобы их можно было чистить. В местах наибольшего скопления золы (там, где газы резко меняют направление своего движения) в Д. устраиваются расширения (золоуловительные карманы), снабженные обычно отверстиями для чистки. Чистка карманов значительно облегчается, если золу можно спускать из них через отверстие, находящееся в самой низкой части кармана. Это требует однако устройства под Д. особого золового помещения. В современных котельных, работающих на многозольном топливе, как правило под всеми Д. делается золовый подвал, оборудованный рельсовыми путями для движения золовых вагонеток.

Для регулирования тяги Д. оборудуется в надлежащем месте (обычно в конце последнего оборота) заслонкой или шибером. Заслонки бывают поворотные (фиг. 1) и опускные (шиберы, фиг. 2). Поворотные заслонки и опускные шиберы управляются обычно с места стоянки кочегара: первые—при помощи тяг, а вторые—при помощи цепи с противовесом. Для устранения засоса воздуха в Д. через щель опускного шибера полезно на раму шибера сверху ставить коробку из листового железа, через отверстие н верхней стенке к-рой пропускают цепь или трос, идущий от шибера к противовесу. Фирма Gentrup & Petri в Галле приготовляет заслонки в виде жалюзи. Такая заслонка (фиг. 3) состоит из ряда узких чугунных пластин, поворачиваемых при помощи тяг. Рама, на которой смонтированы пластины, сделанная из

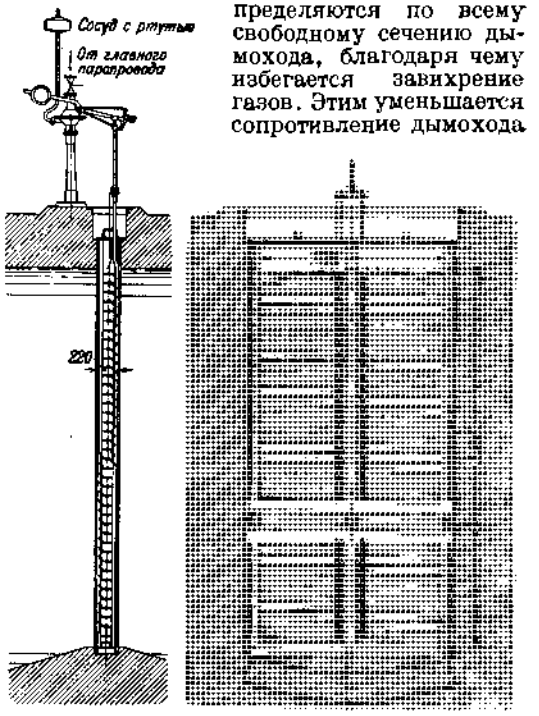


Фиг. 1.



Фиг. 2.

фасонного железа, закладывается в раме, заделанной в стенку Д. Преимущества конструкции заключаются в том, что газы при прохождении сквозь жалюзи всегда распределяются по всему свободному сечению дымохода, благодаря чему избегается завихрение газов. Этим уменьшается сопротивление дымохода



Фиг. 3.

движению по нему газов. Конструкция Gentrup & Petri легко допускает механизацию управления ею при помощи сервомотора или электромотора мощностью в ${}^1/_2$ IP.

Д., отводящий охлажденные газы в трубу, называется б о р о в о м. Боров должен отводить газы по кратчайшему направлению и по возможности не должен иметь

резких изменений направления. Боров, воспринимающий газы из нескольких котлов или печей, называется сборным боровом. Вход в сборный боров отдельных Д. следует делать по направлению движения газов в нем. Стенки Д. обычно делаются из кирпича. Там, где $t°$ газов выше 500°, стенки Д. облицовывают огнеупорным кирпичом. При необходимости прокладки воздушных боровов стенки последних часто делаются для облегчения веса из листового железа, с футеровкой изнутри в ½ кирпича. Сопротивление прямого горизонтального борова движению дымовых газов приблизительно равно 2 *мм* водян. ст. на каждые 25 *м* длины. Загрязнение борова может повысить его сопротивление вдвое.

Лит.: Деппе Г. Ф., Паровые котлы. Курс, читанный в Михайловской артил. академии, СПБ, 1908; Нубер Ф., Справочная книжка теплотехника. Расчет котельных и топочных установок, пер. с нем., Харьков, 1926; Герберг Г., Рациональная эксплоатация котельных, перевод с 3 нем. изд., М.—Л., 1927; Смухин П., Пособие по проектированию печей большой теплоемкости, Л., 1925; Тецнер Ф. и Гейнрих О., Паровые котлы, пер. с нем., М., 1927; Ditz L., Lehrbuch d. Lüftungs- u. Heizungstechnik, 2 Auflage, Mch., 1920; Dubbel H., Taschenbuch f. d. Fabrikbetrieb, Berlin, 1923; Trinks M., Industrial Furnaces, v. 1, 2, N. Y., 1923.

ДЫМЫ И ТУМАНЫ, дисперсные физич. системы, относящиеся к так наз. аэрозолям (см. *Коллоиды*). Они состоят из газообразной дисперсионной среды (воздуха или другого газа) и взвешенных в ней твердых частичек (дымы) или мельчайших капелек жидкости (туманы), составляющих дисперсную фазу. Частички Д. и т. могут иметь поперечник от 10^{-3} до 10^{-7} *см* ($10\,\mu \div 1\,m\mu$). При размере частиц менее 10^{-5} *см* Д. и т. являются типичными коллоидальными системами. В смысле размеров частиц дисперсной фазы к границам Д. и т. примыкают, с одной стороны, парообразное состояние вещества (отдельные молекулы с диаметром порядка 10^{-8} *см*), а с другой—то, что называется *пылью* (см.), где размер твердых или жидких частичек колеблется между 10^{-3} и 10^{-2} *см*. В технике однако термин «пыль» часто применяется для обозначения всех газодисперсных систем с частицами порядка $10^{-2} \div 10^{-5}$ *см*, получаемых механическим путем (распыление).

В русской терминологии аэрозоли делятся на дымы, туманы и пыль. При пользовании иностранной литературой следует иметь в виду, что германская номенклатура соответствует русской (Rauch, Nebel, Staub), в английской же принято иное деление аэрозолей (smokes, clouds, dusts, см. ниже), основанное не на агрегатном состоянии, а исключительно на размерах частиц дисперсной фазы. Деление Д. и т. на группу дымов и группу туманов, применяемое в физике и метеорологии, в технике не всегда удобно, так как иногда бывает затруднительно отличить дым от тумана; кроме того технич. аэрозоли (например фабричные дымы) часто представляют собою смеси дымов с туманами. В этих случаях удобнее классифицировать Д. и т. по степени их относительной устойчивости, определяемой размерами частиц, и различать: а) оседающие Д. и т. (англ. clouds) с частицами $10^{-3} \div 10^{-5}$ *см* и б) неоседающие (английское smokes) с частицами $10^{-5} \div 10^{-7}$ *см*. К настоящим Д. и т. относятся: всякого рода устойчивая пыль, содержащаяся в атмосфере или образующаяся в производственных процессах при механич. обработке материалов; дымы ф-к, заводов, силовых установок, человеческих жилищ, парового и моторного транспорта и т. п. аэрозоли, получаемые при сжигании топлива; отходящие газы заводских печей и аппаратов, выделяющиеся при термической обработке сырья и в большинстве химич. процессов; атмосферные туманы и облака; наконец различные газодисперсные системы, получаемые с определенной целью искусственным путем, по одному из указанных ниже способов.

Свойства Д. и т. Общая характеристика. Д. и т.—системы, вообще говоря, неустойчивые; термодинамич. и электрические равновесия в них не имеют места. Вследствие этого состояние таких систем подвергается непрерывным, самопроизвольно протекающим внутренним изменениям. Даже при устранении всех внешних влияний Д. и т. способны существовать лишь ограниченное время (от нескольких минут до нескольких дней); этим они отличаются от большинства жидких коллоидных систем (гидрозолей). Лишь Д. и т. очень малых концентраций способны к продолжительному существованию. Степень устойчивости Д. и т. в большой мере зависит от их электр. состояния, т. е. от заряда частиц. Переход всякого вещества в состояние дыма или тумана сопровождается следующими изменениями его свойств: а) распределением малых масс в очень больших объемах, т. е. малой объемной плотностью, б) чрезвычайным развитием удельной поверхности (см. *Коллоиды*) и усилением поверхностных явлений, в) увеличением химич. и физич. активности. При этом в дымах большую роль играют форма и структура частиц; в туманах же преобладает влияние присущих жидкому состоянию свойств (поверхностное натяжение капелек). Индивидуальные свойства веществ резче выступают в частицах дыма, чем в частицах тумана. Физическая структура Д. и т. определяется величиной, числом (т. е. концентрацией) и движением частиц, составляющих дисперсную фазу.

Концентрация дымов и туманов может быть выражена двояким образом: а) как обычная весовая концентрация (C_P), т. е. количество распыленного вещества в *мг*, содержащееся в 1 *л* дыма или тумана (или, что то же,—количество *г* в 1 $м^3$), и б) как число частиц в 1 $см^3$ дыма или тумана (C_N). Величины C_P и C_N независимы одна от другой; обе имеют значение для характеристики поведения Д. и т. и их технических качеств. Выражая концентрацию дыма или тумана в виде C_P, обычно указывают при этом и средний размер частиц, например: $C_{0,05\mu} = 0{,}1$ *мг/л* (табл. 1). Вычисленное значение C_P остается постоянным, пока не меняется объем дыма или тумана. При образовании дыма или тумана из веществ, обладающих заметной летучестью, C_P представляет фактически сумму двух концентраций: самого распыленного вещества и его паров. В таких случаях истин-

Табл. 1.—Концентрации некоторых технич. дымов и туманов.

Аэрозоль	Весовая концентр. в г/м³, C_P	Число частиц в 1 см³, C_N	Средний диаметр частиц в μ
Дым окиси цинка	0,1	$2\cdot10^6 \div 5\cdot10^6$	0,05
Дым хлористого Таммония	0,1	$5\cdot10^6$	>0,1
Табачный дым	0,2	$3\cdot10^7$	<0,25
Туман серной к-ты	10	$1,6\cdot10^5 \div 2\cdot10^7$	0,8—5,5
Воздух угольных цопей	до 65	до 10^5	10
Отходящие газы цементн. печей	до 125	до $1,2\cdot10^5$	10

ная весовая концентрация дисперсной фазы в любой момент равна вычисленной концентрации (C_P *мг/л*) за вычетом концентрации пара вещества внутри системы. Величина C_N является переменной, и по ряду причин (см. ниже) ее значение постепенно уменьшается. Возможные значения концентраций Д. и т. для каждого вещества ограничены. Например из NH_4Cl м. б. получен дым с концентрацией от 0,02 до 1,2 *мг/л*. При увеличении концентрации дыма или тумана далее определенного предела дисперсная фаза быстро выпадает из газовой среды.

Размеры, форма и плотность частиц. Большинство частиц Д. и т.—ультрамикроскопич. порядка (<1μ). Размеры таких частиц не поддаются прямому измерению и определяются косвен. путем—на основании измерения скоростей оседания или по оптическим свойствам (табл. 2).

Табл. 2.—Размеры частиц дымов и туманов.

Аэрозоль	Диаметр частиц в см	Диаметр частиц в μ
Дым плавильных печей	$1\cdot10^{-2}$ (пыль) $\div 1\cdot10^{-5}$	100—0,1
Газы цементных печей	$6\cdot10^{-3} \div 0,8\cdot10^{-2}$	60—8
Атмосферный туман	$5\cdot10^{-3} \div 1\cdot10^{-3}$	50—10
Туман H_2SO_4 в конденс. камерах	$1,1\cdot10^{-3} \div 1,6\cdot10^{-4}$	11—1,6
Боевые туманы (масн. и отрав.)	$1\cdot10^{-3} \div 1\cdot10^{-5}$	10—0,1
Пирофорич. железо	$\sim 5,4\cdot10^{-4}$	~ 5,4
Пирофорическая угольная пыль	$\sim 1,25\cdot10^{-4}$	~ 1,25
Черный дым печей и котельн. топок	$1\cdot10^{-4} \div 2,5\cdot10^{-5}$	1—0,25
Дым хлористого аммония	$1\cdot10^{-4} \div 1\cdot10^{-5}$	1—0,1
Отраб. газы двигателей внутрен. сгорания	$1\cdot10^{-4} \div 5\cdot10^{-6}$	1—0,05
Канифольн. дым	$1\cdot10^{-4} \div 1\cdot10^{-6}$	1—0,01
Боевые дымы (отравляющие)	$2\cdot10^{-5} \div 1\cdot10^{-5}$	0,2—0,1
Дым окиси цинка	$\sim 5\cdot10^{-6}$	~ 0,05
Табачный дым	$2,5\cdot10^{-5} \div 1\cdot10^{-7}$	0,25μ—1mμ

Т. о. технич. Д. и т. имеют частицы размерами от 10^{-3} до 10^{-6} *см*. Обычный размер частиц дымов—от 10^{-4} до 10^{-6} *см*, частиц туманов—от 10^{-3} до 10^{-5} *см*. Однако наряду с [illegible] содержатся еще более мелкие частицы («амикроскопические») порядка 10^{-7} *см* и менее. Форма частиц в туманах всегда шарообразная (капли); частицы дымов могут иметь различную форму. Дымовые частички, видимые в микроскоп, представляются обычно в виде неправильных хлопьев (рыхлые агрегаты кристалликов). Плотность частиц дымов (и даже нек-рых туманов, напр. ртути), вычисленная из их веса и размера (по скорости оседания), оказывается гораздо меньше (в 4—13 раз), чем нормальная плотность тех же веществ в массе. Примеры (в скобках даны обычные плотности, вне скобок—в состоянии дыма): $HgCl_2$ (5,4)—1,27; Hg (13,6)—1,70; MgO (3,65)—0,35; Ag (10,5)—0,94; CdO (6,5)—0,51. Поэтому вероятно частицы многих дымов в действительности крупнее приписываемых им размеров.

Движение частиц дымов и туманов. Частицы Д. и т. совершают движения трояко рода: а) зигзагообразное, т. н. *броуновское движение* (см.), под влиянием толчков молекул газовой среды; б) прямолинейное, под влиянием непрерывно действующих сил—гравитационных (т. е. собственного веса) или электрических (при наличии электрич. поля); в) совместное с движением самой газовой среды. Броуновское движение частиц тем интенсивнее, чем меньше их размеры, чем выше $t°$ газовой среды и чем меньше ее вязкость. Трение частиц Д. и т. в воздушной среде при обыкновенной $t°$ приблизительно в 50 раз меньше, чем в водной; поэтому поступательное движение частиц в воздухе например в 8 раз, а в водороде в 15 раз быстрее, чем в воде. Средняя результирующая величина смещения частиц за данный период времени обратно пропорциональна квадратному корню из их радиуса; для дымов в обычных условиях она—порядка $10^{-4} \div 10^{-3}$ *см/сек*. Благодаря броуновскому движению частицы Д. и т. при достаточно малых размерах способны к *диффузии* (см.). Коэф-т диффузии дыма или тумана обратно пропорционален радиусу частиц; следовательно рассеивание облаков Д. и т. в спокойном воздухе происходит тем скорее, чем мельче их частицы.

Оседание (седиментация) частиц Д. и т. под действием силы тяжести происходит со скоростью, пропорциональной весу частицы и обратно пропорциональной сопротивлению среды. Скорость оседания v постоянна и м. б. вычислена по ф-ле Стокса:

$$v = \frac{2(\varrho - \varrho')g}{9\eta} r^2, \qquad (1)$$

где r—радиус частицы, ϱ—ее плотность, ϱ'—плотность среды, $g = 980,7$ *см/сек²*, η—коэф. вязкости среды в единицах *CGS* (пуазах). Напр. для капель водного тумана: $\varrho = 1$; величиной ϱ' для воздуха можно пренебречь; $\eta = 1,81\cdot10^{-4}$ *г/см·сек* и следовательно $v = 12\cdot10^5 r^2$ *см/сек*.

Ниже приводятся скорости оседания частиц тумана (вода+воздух) в зависимости от размера капель.

Радиус капель (r)	Скорость оседания (v)
10^{-3} *см*	1,2 *см/сек*=43,2 *м/ч*
10^{-4} »	$1,2\cdot10^{-2}$ » =43,2 *см/ч*
10^{-5} »	$1,2\cdot10^{-4}$ » =4,32 *мм/ч*

Соотношение между скоростями двух разобранных движений иллюстрируется следующими данными (цифры относятся к дыму частиц серебра в воздухе).

Радиус частиц в *см* (вычислен, считая $\varrho=10{,}5$)	Скорость оседания $v\downarrow$ в *см/сек*	Результирующ. скорость броуновского движения $v_{бр.}$ в *см/сек*
$1\cdot10^{-4}$	$1{,}2\cdot10^{-1}$	$> 2{,}0\cdot10^{-4}$
$1\cdot10^{-5}$	$1{,}2\cdot10^{-3}$	$> 6{,}3\cdot10^{-4}$
$1\cdot10^{-6}$	$1{,}2\cdot10^{-5}$	$< 2{,}0\cdot10^{-3}$
$1\cdot10^{-7}$	$1{,}2\cdot10^{-7}$	$< 6{,}3\cdot10^{-3}$

Примечание. Знаки > и < указывают, какая из скоростей в каждом случае имеет перевес.

Частицы размером более 10^{-3} *см* (пыль) оседают с возрастающей скоростью. Частицы с диам. $10^{-3}\div10^{-5}$ *см* (англ. clouds) оседают с постоянной скоростью, определяемой формулой Стокса (1), и практически не диффундируют. Частицы с диам. $10^{-5}\div10^{-7}$ *см* (англ. smokes) не оседают ($v_{бр.} > v\downarrow$) и диффундируют с заметной скоростью. Их осаждение возможно лишь при действии сил, значительно превышающих вес частиц, а также превышающих молекулярные импульсы, например при действии силы электрического притяжения или центробежной силы.

В электрич. поле частицы Д. и т. движутся под влиянием силы $F = Xe$, где X—напряженность поля в V/*см* и e—заряд частицы (см. ниже). Скорость этого движения

$$v = \frac{Xe}{6\pi\eta r}. \qquad (2)$$

Ф-лы (1) и (2) применимы только к частицам, поперечник к-рых больше среднего расстояния между молекулами газовой среды. Для частиц с диам. $<10^{-5}$ *см* (а также и для более крупных, если они находятся в разреженном газе) наблюдаются значительные отклонения от закона Стокса: истинная скорость v' больше вычисленной v. По Кеннингему и Милликену,

$$v' = v\left(1 + K\frac{\lambda}{r}\right), \qquad (3)$$

где λ—средняя длина свободного пробега газовых молекул, а K—постоянный коэфициент $\cong 0{,}86$ (для воздуха). Эта ф-ла хорошо согласуется с действительностью.

Вычислено по ф-ле Стокса v (*см/сек*)	Истинная скорость v' (*см/сек*)
$1\cdot10^{-4}$	$1{,}14\cdot10^{-4}$
$1\cdot10^{-5}$	$2{,}57\cdot10^{-5}$
$1\cdot10^{-6}$	$4{,}5\cdot10^{-6}$
$1\cdot10^{-7}$	$17{,}0\cdot10^{-7}$

Если газообразная дисперсионная среда находится в движении (ток газа по трубам и аппаратам, тепловые конвекционные токи, ветер), то взвешенные частицы Д. и т. перемещаются вместе с нею; тем самым замедляется или вовсе прекращается самостоятельное оседание частиц. При криволинейном, например вихревом, движении среды частицы Д. и т. способны центрифугироваться.

Взаимодействие частиц дымов и туманов. Между отдельными частицами дисперсной фазы могут действовать как притягательные, так и отталкивательные силы. Преобладание последних способствует устойчивости Д. и т., преобладание первых ведет к соединению частиц в более крупные агрегаты и к выпадению их из газовой среды, т. е. к коагуляции аэрозоля (см. *Коллоиды*). Для дымов этот процесс носит название флокуляции (от англ. flocks—хлопья). Способность дымов флокулировать затрудняется при наличии одноименных электрических зарядов или пленки адсорбированного газа на частичках; отсутствие же заряда, наличие разноименных зарядов, разрежение газовой среды и повышение температуры облегчают флокуляцию дымов.

Испарение частиц. Частицы всех туманов и нек-рых дымов способны испаряться, вследствие чего при достаточно малой концентрации и высокой летучести вещества дым или туман превращается постепенно в однородную газообразную смесь. При этом концентрация пара растет за счет уменьшения концентрации твердой или жидкой фазы; сумма их (C_p) сохраняет постоянное значение. Испарение продолжается до тех пор, пока не исчезнет твердая или жидкая фаза либо пока пар не насытит данного пространства. Скорость испарения убывает пропорционально разности между упругостями (или объемными концентрациями) пара насыщенного и пара, имеющегося в данный момент. Скорость испарения частиц Д. и т. зависит от их химич. природы и физич. структуры; она возрастает при увеличении степени дисперсности (пропорционально уд. поверхности, т. е. обратно пропорционально диаметру частиц), при повышении $t°$ и при механическом перемешивании газовой среды. Испарение частиц туманов усиливается еще тем, что упругость пара p' на поверхности капелек растет с увеличением кривизны, т. е. с уменьшением их радиуса r, согласно формуле В. Томсона:

$$p' = p + \frac{2\sigma d}{(D-d)r}, \qquad (4)$$

где p—нормальная упругость насыщенного пара над плоской поверхностью, D—уд. в. жидкости, d—уд. в. пара и σ—поверхностное натяжение. Превышение p' над p выступает заметно лишь при $r<10^{-5}$ *см* (0,1 μ). С другой стороны, испарение частиц тумана задерживается присутствием масляннстых пленок или слоя адсорбированных газов на их поверхности, а также присутствием растворенных веществ и наличием электрического заряда (факторы, понижающие упругость пара).

Адсорбционная способность. Благодаря сильному развитию поверхности, *адсорбция* (см.) в Д. и т. играет гораздо бо́льшую роль, чем в других гетерогенных системах с меньшей степенью дисперсности. Адсорбционная способность частиц Д. и т. пропорциональна их уд. поверхности. Количество газов и паров, адсорбируемых частицами, м. б. весьма значительным. Например 1 *л* осажденной из дыма сажи содержит только 50 *см*³ угля вместе с 950 *см*³ адсорбированного воздуха (в норм. условиях занимающего объем 2,5 *л*), к-рый удерживается

очень прочно. Если дисперсионная среда представляет собою смесь нескольких газов, частицы Д. и т. могут адсорбировать предпочтительно какой-либо один из них, в зависимости от своей природы. При столкновении с поверхностями твердых или жидких тел (например со стенками сосудов и труб) частицы Д. и т. сами адсорбируются ими и не возвращаются более в газовую среду.

Термические свойства дымов и туманов. Теплопрозрачность Д. и т. значительно меньше, чем чистого газа дисперсионной среды; она убывает с повышением концентрации частиц (C_N). При неоднородном тепловом состоянии газовой среды частицы Д. и т. получают с различных сторон неодинаковые молекулярные толчки и в результате диффундируют из нагретых областей в более холодные. Направление этой тепловой диффузии нормально к изотермич. слоям; скорость ее тем больше, чем резче падение $t°$ от одного слоя к другому, т. е. чем больше $\frac{dt°}{dl}$ (l—толщина слоя). Благодаря этому явлению частицы Д. и т. как бы отталкиваются нагретыми поверхностями и оседают на холодных.

Оптические свойства дымов и туманов. Все Д. и т. характеризуются неполной светопроницаемостью вследствие их оптич. неоднородности. Луч света, вступая в слой дыма или тумана, испытывает в нем отражение, преломление, поглощение и рассеивание (дисперсию) с частичной поляризацией. Характер и интенсивность того или другого из этих явлений зависят от величины, числа и свойств частиц дисперсной фазы. Если размеры частиц меньше, чем длина волны падающего света ($\lambda = 0{,}76 \div 0{,}4\ \mu$), то Д. и т. обнаруживают отчетливое «явление Тиндаля», т. е. равномерное светорассеяние по всем направлениям. При более крупных частицах происходит беспорядочное отражение и преломление лучей. Ослабление интенсивности светового потока всегда имеет место и зависит от толщины l проходимого им слоя дыма или тумана данной концентрации, соответственно уравнению

$$J = J_0 \cdot e^{-kl}, \qquad (5)$$

где J и J_0—соответственно интенсивность входящего и выходящего световых пучков, e—основание натуральных логарифмов, k—коэф. лучепоглощения, зависящий от природы частиц и от λ. Являясь типичными «мутными средами», Д. и т. в высокой степени затрудняют видимость предметов, особенно несветящихся. На этом свойстве основано применение их в качестве завес для целей маскировки. Затемняющая, или кроющая, способность F дыма или тумана, отнесенная к слою определенной толщины (например 1 *м*), м. б. выражена в % след. образом:

$$F = 100\left(1 - \frac{J}{J_0}\right). \qquad (6)$$

В практике военно-маскировочн. дела кроющую способность или «плотность» Д. и т. часто определяют как $D = 1/L$ где L—толщина слоя, к-рый целиком затемняет нить электрической лампы, служащей эталоном. Туманы обладают относительно большей затемняющей способностью, чем дымы. Белые аэрозоли обладают большей затемняющей способностью, чем темные, так как последние отражают меньше света. При завесе тумана толщиной $l = 20$ *м* и при диаметре частиц 10^{-5} *см*, достаточно концентрации $C_P = 0{,}02 \div 0{,}05$ *г/м*^{3} для полного сокрытия очертаний предметов. При одинаковых концентрациях C_P, большей кроющей способностью обладают те Д. и т., частицы которых мельче (т. е., где C_N больше). Затемняющая завеса может находиться в любом месте между предметом и глазом наблюдателя. Эффект затемнения (при данной степени дисперсности) зависит почти всецело от объема частиц дисперсной фазы, заключенных в телесном угле зрения; при распределении того же числа частиц в более толстом слое затемняющий эффект увеличивается, но очень незначительно.

Электрич. свойства дымов и туманов. Частицы Д. и т. почти всегда несут на себе электрич. заряды. Эти заряды могут возникать: а) вследствие трения между частицами и газовой средой, б) путем захватывания газовых ионов из дисперсионной среды, в) вследствие диссоциации незаряженных частиц в момент образования дыма или тумана (например при высокой $t°$) и г) в результате прямого действия ионизирующих агентов—электрич разряда, ультрафиолетовых рентгеновских или радиоактивных лучей и т. п. Величина заряда на единицу объема Д. и т., равно как и заряд, приходящийся на 1 частицу, непостоянны: они зависят от условий образования и дальнейшего поведения дыма или тумана. Напр. частички сахара, распыленного в дым, могут присоединять от 1 до 420 электронов. Знак заряда определяется гл. обр. химич. природой частиц (и газовой среды), но отчасти зависит и от способа их образования. Для обычных Д. и т. (в воздухе) имеем:

Положительно заряженные частицы (+): металлоиды; кислотообразующие окислы и к-ты; соли с сильным анионом; уголь (сажа); сера; вода; песок (SiO_2); тонкая атмосферная пыль; $NaCl$; $CuCl_2$; KNO_3; крахмал.

Отрицательно заряженные частицы (−): металлы; основные окислы и их гидраты; соли с сильным катионом; Fe; Al; Zn; Mg; Fe_2O_3; Al_2O_3; ZnO; MgO; известь (CaO); цемент; $ZnCO_3$; Na_2CO_3; сахар; глюкоза; декстрин; мука.

Разноименно заряженные или незаряженные частицы (+ и −); продукты гидратации и гидролиза некоторых веществ (H_2SO_4, P_2O_5, $AsCl_3$, $SnCl_4$) влагой воздуха. Незаряженной может быть и часть дымовых и туманных частиц из всех упомянутых ранее веществ.

Облака Д. и т. при своем движении или других механических воздействиях могут наэлектризовываться до весьма высокого потенциала. Этот факт имеет большое значение для объяснения грозовых разрядов, а также *взрывов пыли* (см.) на заводах, мельницах, в шахтах и т. п.

Химические свойства дымов и туманов. В дисперсном состоянии дыма или тумана химич. активность (реакционная способность) веществ значительно больше, чем в массе. Она возрастает с повышением степени дисперсности: а) благодаря увеличению уд. поверхности, что дает возможность реакциям протекать быстрее, б) бла-

годаря одновременному увеличению поверхностной энергии отдельных частичек и в) вследствие ускорения броуновского движения, облегчающего распространение реакции по всему объему дыма или тумана. Реакция может происходить между частицами и газовой средой (чаще всего) или между частицами различных Д. и т. (при их смешении). Нек-рые вещества, медленно окисляющиеся на воздухе, загораются при распылении на частицы диам. $10^{-3} \div 10^{-4}$ *см*, даже при обыкновенной $t°$ (пирофорич. металлы). Воспламенение распыленных органич. материалов (твердых) наступает при соприкосновении с телом, нагретым до 400—800°; жидкостей—при темп-ре возгорания их паров. Взрывы Д. и т. являются результатом быстрого реагирования горючего вещества дисперсной фазы с кислородом воздуха и протекают так же, как взрывы газовых смесей. Скорость распространения взрыва зависит от интенсивности (т. е. скорости и теплового эффекта) горения частиц, от расстояния между ними (концентрации C_N) и от скорости броуновского движения. Взрыв может наступить в результате местного нагревания или самопроизвольно. В последнем случае причиной воспламенения является либо крайне высокая химич. активность частиц, либо искровой разряд внутри облака дыма или тумана, наэлектризованного неравномерно. Такого рода явления имеют место в нек-рых производствах, где наблюдались самопроизвольные взрывы горючей пыли. Всякая устойчивая техническая пыль принадлежит к категории настоящих дымов или туманов; накопление ее и длительное застаивание в помещениях, облегчающее электризацию, может привести к взрыву, если данное вещество горюче (уголь, сера, сахар и т. п.). Сюда же относятся случаи самопроизвольного возгорания нефтяных фонтанов (туман распыленной нефти), взрывы и пожары на смолоперегонных установках и т. д. (см. *Взрыв пыли*).

Образование Д. и т. Дымы и туманы можно получать двумя путями: 1) раздроблением нек-рой массы твердого или жидкого вещества в газовой среде (дисперсионные процессы) и 2) конденсацией паров вещества внутри газовой среды, с которой они смешаны (конденсационные процессы). Те и другие процессы часто имеют место в природе, а также применяются и в технике для искусственного получения Д. и т.

Дисперсионные методы. 1) Механическое измельчение. 2) Распыление вещества помощью взрыва. Взрывной заряд может быть помещен внутри распыляемой массы или перемешан с нею. Этот способ применяется в военной технике для получения отравляющих, сигнальных, а также некоторых маскирующих Д. и т. 3) Пульверизация жидкостей в туман при выбрасывании их под давлением через узкие отверстия или при распылении струей газа. Степень распыления зависит от скорости истечения (т. е. от вязкости жидкости, диаметра отверстий и давления в приборе) и от конструкции распылителя (простой или центробежный). Этот способ применяется для получения туманов в теплотехнике (форсунки, моторы), в химич. производствах, в технике дезинфекции и дезинсекции, в военном деле и т. п. 4) Пульверизация раствора вещества в летучем растворителе применяется в процессах сушения и выпаривания; этот метод пригоден не только для истинных, но и для коллоидных растворов.

Конденсационные методы. 1) Охлаждение смеси пара с газом путем адиабатического расширения (см. *Адиабатический процесс*). Для образования тумана (или дыма) необходимо, чтобы пар был близок к состоянию насыщения; сгущение пара происходит вокруг газовых ионов или пылевых частиц, служащих ядрами конденсации. Размер и концентрация образующихся частиц тумана зависят: а) от степени пересыщения s пара при расширении ($s = \frac{C_1}{C_2}$, т. е. отношению начальной концентрации пара к конечной); б) от наличия ядер конденсации, их числа, размеров, физич. структуры, химич. природы и электрич. заряда; в) от природы газовой среды, ее плотности, $t°$ и степени расширения ($\frac{v_2}{v_1}$, где v_1 и v_2—удельные объемы газовой среды). Этот метод применяют в производственной и лабораторной практике (например при сжижении газов). 2) Поверхностное охлаждение пара при соприкосновении его с газом более низкой $t°$. Благодаря поверхностному охлаждению сгущение пара в туман или дым может происходить даже при концентрациях, далеких от насыщения. Этот процесс часто протекает одновременно с первым, напр., если струя газа, насыщенного парами вещества, выбрасывается под давлением в более холодное пространство. Этот способ находит широкое применение в химич. технологии (напр. возгонка) и в военном деле. 3) Химические реакции, протекающие в газообразной среде и приводящие к образованию твердых или жидких продуктов (или паров, насыщающих пространство). Необходимое условие для образования дыма или тумана: упругость пара продукта реакции д. б. ниже упругостей реагирующих паров. Д. и т. получаются простым смешением парообразных веществ, предварительно разбавленных воздухом в достаточном объеме; одним из компонентов реакции может служить водяной пар (атмосферная влага). К реакциям этого типа относятся: взаимодействие кислотных паров с аммиаком, многие процессы *гидролиза* (см.), гидратации и т. п. Этот способ очень удобен для получения завес из Д. в т. и широко практикуется в военной технике. 4) Процессы горения, наиболее известные источники образования Д. и т., представляют собою обычно сочетание химич. реакций с различными конденсационными процессами. От предыдущего способа эти процессы отличаются тем, что дисперсионная среда (кислород) непосредственно участвует в реакции. При горении специальных дымовых смесей, содержащих окислители, явления м. б. еще сложнее. Для того чтобы горящее вещество давало дым или туман, необходимо, чтобы оно при $t°$ горения превращалось в пар (например: нефть, масла, Mg, Zn) или разлагалось с выделением

летучих продуктов (дерево, камен. уголь). Сжигание веществ с целью получения дыма применяется в заводской и военной технике.

Значение Д. и т. в технике. Д. и т. сами по себе находят ограниченное технич. применение. Образование их часто является нежелательным процессом в производстве. Технич. ценность представляет обычно не дым или туман как таковой, но лишь одна из его двух фаз; такие Д. и т. подвергают обработке с целью выделения полезного компонента. В других случаях образование Д. и т. вызывают преднамеренно в промежуточных стадиях обработки продукта или при его утилизации.

Освобождение газов от примешанной к ним дисперсной фазы, твердой или жидкой, практикуется в промышленности очень часто. Таким образом очищаются: воздух рабочих помещений, колошниковые газы доменных печей, пиритные и ватер-жакетные газы (SO_2) в производстве серной кислоты, водород в производстве синтетич. аммиака, генераторный, светильный и многие другие технические газы.

Выделение дисперсной фазы из газовой среды применяется для улавливания ценных продуктов, содержащихся в отходящих газах или в воздухе и механически увлекаемых в дымовые и вытяжные трубы. Д. и т. могут являться главными продуктами производства (напр. серная к-та) или побочными (например в металлургии). Так улавливаются дымы окислов ценных металлов (Al, Cu, Zn, Cd, Sn, Pb, As, Sb, Bi) из газов плавильных, электрич. и рудообжигательных печей, туманы кислот (H_2SO_4, HCl, HNO_3), смол и т. д. Некоторые ценные примеси, находящиеся в состоянии паров, могут быть сгущены в туман охлаждением газа и т. о. выделены (напр. смолы и легкие масла в каменноугольном газе).

Превращение технич. продукта в дым используется для получения нек-рых веществ в состоянии тончайших порошков или устойчиво-рыхлых, объемистых хлопьев (аэрогели). Так получают например окислы сурьмы и олова (Sb_2O_3, SnO_2) из расплавленных металлов вдуванием кислорода; сажу—сжиганием масел; сублимированный пирогаллол (объем 1 *кг*—18 *л*; уд. вес ≈ 0,056)—возгонкой сырого продукта в дым и последующей флокуляцией последнего. Превращение жидкостей в туман практикуется в технике выпаривания растворов в распыленном состоянии (напр. в производстве сухого молока). Здесь туман является промежуточной фазой обработки: аэрозоль [жидкость + газ], не теряя своей дисперсности, переходит в аэрозоль [твердое вещество + газ], т. е. совершается прямое превращение тумана в дым с коагуляцией последнего. Иногда наконец вещество только в виде дыма или тумана способно проявить нужное действие; например твердое и жидкое топливо в высокодисперсном состоянии делается равноценным газообразному. Взрывы тумана с использованием полученного давления осуществляются в двигателях внутреннего сгорания, работающих на тяжелых маслах; сожигание угольной пыли в топках представляет собою непрерывный ряд взрывов аэрозоля [уголь + воздух] с использованием их теплового эффекта. Некоторые ядовитые дымы и туманы применяются в сельском и лесном хозяйствах для борьбы с вредителями растений—насекомыми и грибками (см. *Дезинсекция*). В последнее время имеются попытки применения Д. и т. для целей оптич. рекламы и воздушной сигнализации.

Д. и т. в военном деле. Военная техника использует Д. и т. для целей маскировки, химич. нападения и сигнализации.

Маскирующие Д. и т. служат для создания «дымовых» завес, горизонтальных и вертикальных. Вещество дисперсной фазы м. б. жидким или твердым; оно д. б. трудно летучим и по возможности гигроскопичным; обычный размер частиц $10^{-4} \div 10^{-5}$ *см*. Дымы или туманы для маскирующих завес получаются из особых веществ—дымообразователей—чаще всего при участии составных частей атмосферы: влаги, кислорода или той и другого вместе; поэтому химич. состав частиц Д. и т. обычно не одинаков с составом исходного вещества. От маскирующей завесы требуется устойчивость, большая затемняющая (кроющая) способность и по возможности отсутствие ядовитого или раздражающего действия. Применяемые дымообразующие вещества должны быть: а) доступны в больших количествах, б) безопасны в обращении, в) не должны разлагаться при хранении, г) техника их применения д. б. несложной и д) из единицы веса материала должен получаться большой объем дыма или тумана с высокой кроющей способностью. По способам применения они делятся на следующие группы: 1) вещества, дающие дым при механическом распылении (взрыве): некоторые смеси, применяемые в дымовых снарядах артиллерии; 2) вещества, образующие Д. и т. при химическом взаимодействии с влагой воздуха: хлорное олово $SnCl_4$, четыреххлористый титан $TiCl_4$, четыреххлористый кремний $SiCl_4$, хлористый мышьяк $AsCl_3$, хлорсульфоновая к-та $Cl \cdot SO_2 \cdot OH$, серный ангидрид SO_3 и «олеум» (дымящая серная к-та: H_2SO_4 + от 20 до 50% SO_3). Хлористые соединения этой группы—жидкости типа хлорангидридов, легко гидролизующиеся водой—на воздухе дымят, пока все вещество не разложится; они применяются в снарядах, минах и в специальных дымообразующих аппаратах для полевых войск, морского и воздушного флотов; они также часто примешиваются к *боевым отравляющим веществам* (см.). Олеум, дающий (как и SO_3) туман благодаря реакции $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$, подвергается распылению или термич. возгонке (напр. выливанием на негаш. известь); применяется танками, морскими судами и сухопутными войсками; 3) вещества, образующие Д. и т. при горении: белый (желтый) и красный фосфор; смеси Бергера—«ВМ» [Zn (пыль), CCl_4, $NaClO_3$, NH_4Cl и кизельгур; иногда ZnO или $MgCO_3$] и «HC» (с заменой CCl_4 на C_2Cl_6); смесь Ершова (NH_4Cl, нафталин, $KClO_3$ и уголь), нефть и др. Фосфор при сгорании дает дым P_2O_5 и далее, с влагой, туман фосфорной кислоты; дымовые смеси образуют дымы, состоящие из продуктов горения, возгонки и химич. взаимодействия со-

ставных частей. Их применяют в снарядах, бомбах, минах, ружейных и ручных гранатах, дымовых шашках (свечах) и в специальных аппаратах.

Аппараты для дымообразования, применяемые в военной технике, м. б. классифицированы по типам след. обр.: 1) аппараты для наземного дымообразования—а) стационарные, б) возимые (конной и автомобильной тяги), в) ранцевые (носимые); 2) аппараты для образования дымовых завес на море—а) стационарные установки на морских судах и б) плавучие дымовые буйки; 3) аппараты для образования воздушных дымовых завес—а) вертикальных и б) горизонтальных.

Сравнительная дымообразующая способность различных материалов (принимая 100% для фосфора) выражается следующими числами:

Горящий фосфор (белый)	100%
Олеум	60—75 »
Хлорное олово	40 »
Четыреххлористый титан	25—35 »
Хлористый мышьяк	10 »

Для характеристики сравнительной ценности дымообразующих веществ иногда пользуются т. н. «силой полного затемнения» (total obscuring power) $K = V \cdot D$, где V—объем дыма или тумана, получаемый из единицы веса дымообразователя, а D—плотность завесы; величина K (в *м²/кг*) выражает собою в *м²* площадь завесы, получаемой из 1 *кг* дымообразователя и дающей полное (100%) затемнение. Кроющая способность завесы, кроме факторов, указанных выше, зависит еще от метеорологических условий—влажности атмосферы и характера солнечного освещения. Устойчивость же ее и длительность эффекта маскировки определяются главным образом воздушными течениями. Движущаяся по ветру завеса расширяется конусообразно вверх и в стороны. Высота ее за время t мин., при скорости ветра v (*м/сек*), увеличивается на $h = kt\sqrt{v}$ (в *м*), где k зависит от характера ветра (обычно $k \cong 13{,}5$); увеличение ширины завесы будет соответственно $b = 2kt\sqrt{v}$; концентрация ее падает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника.

Отравляющие дымы и туманы применяются в химич. борьбе как средство поражения живой силы противника. Для образования их служат боевые отравляющие вещества, которые подвергаются распылению взрывом (в химич. снарядах, минах, бомбах) или термической возгонкой (в ядовито-дымных свечах и шашках). Такие Д. и т. должны быть по возможности высокотоксическими, устойчивыми и способными проникать через механические фильтры; последнему условию наиболее удовлетворяет размер частиц $1 \cdot 10^{-5} \div 2 \cdot 10^{-5}$ *см*. Применяемые отравляющие вещества (О.В.): орган. хлорарсины и цианарсины (см. *Арсины боевые*), хлорацетофенон $C_6H_5 \cdot CO \cdot CH_2Cl$, бромбензилцианид $C_6H_5 \cdot CHBr \cdot CN$ и др., а также различные их смеси между собой или с дымообразователями. Они должны обладать малой упругостью пара (высокой $t°_{кип.}$) и достаточной химическ. стойкостью, чтобы не разлагаться при $t°$ возгонки или при взрыве.

Сравнительная устойчивость боевых дымов и туманов (в условных единицах).

Фенилдихлорарсин $C_6H_5AsCl_2$	181
Дифенилцианарсин $(C_6H_5)_2AsCN$	137
Дифенилхлорарсин $(C_6H_5)_2AsCl$	101
Бромистый циан $BrCN$	94
Метилдихлорарсин CH_3AsCl_2	70
Иприт $S(CH_2 \cdot CH_2Cl)_2$	38

Примечание. Числа характеризуют падение концентрации дыма или тумана за время 30 мин.

Степень отравляющего или раздражающего действия Д. и т. пропорциональна токсической силе О. В. и его весовой концентрации (C_P) в облаке.

Сигнальные дымы и туманы должны обладать высокой видимостью (плотностью) и характерной, ясно различимой окраской; они могут быть белыми, черными и цветными. Первые два типа не отличаются от обыкновенных маскирующих Д. и т. и получаются теми же методами. Цветные сигнальные дымы обычно состоят из твердых частиц и получаются возгонкой или распылением различных резко окрашенных веществ. Таковыми служат: сернистый мышьяк As_2S_3, хризоидин-оранж, аурамин (желтые дымы); сурик, киноварь, паранитроанилиновый красный (красные); ультрамарин, индиго (синие); нидулин (пурпуровый) и др. Для получения дыма служат смеси из окислителя, горючего и краски (напр. англ. смесь «S» состояла из KNO_3, S и As_2S_3); ими снаряжаются ракеты, метательные гранаты, особые пистолетные патроны, артиллерийские снаряды и т. п. Конструкция оболочек и приборов должна обеспечивать либо длительное дымообразование либо характерную форму облака дыма.

Методы борьбы с Д. и т. Рассеивание дымов и туманов в свободной атмосфере—пока еще наиболее употребительный способ ликвидации газодисперсных систем, не имеющих технич. ценности. Однако негигиеничность и даже прямая вредность таких приемов, в связи с массовым их применением и ростом промышленности, создает угрозу для здоровья населения. В целях здравоохранения в больших городах и промышленных центрах борьба с фабричными дымами начинает проводиться в законодательном порядке. В Англии, например в 1927 г., принят билль о запрещении ф-кам и з-дам выпускать на воздух всякого рода дымы и пылевые отбросы (временное исключение сделано для металлургической промышленности). Д. и т., образующиеся в химич. и других производствах, иногда бывают ядовиты, иногда же содержат ценные вещества, потеря которых нежелательна. Все это ставит перед техникой проблему борьбы с дымами и туманами путем их улавливания (осаждения), очистки загрязненного ими воздуха или путем сокращения и реконструкции самих источников дымообразования.

Частички дыма и тумана удаляются из газовой среды тремя путями: а) диффузией, б) оседанием под действием силы тяжести (отстаивание, settling) и в) осаждением на стенках сосуда и других твердых или жидких поверхностях (адсорбция); кроме того частички могут испаряться. Скоростью этих самопроизвольных процессов определяется

устойчивость Д. и т., т. е. срок их существования в виде аэрозолей. Всякого рода внешние воздействия могут повышать или понижать эту устойчивость. Условия устойчивости газодисперсной системы сводятся к следующим главным факторам: 1) некоторая оптимальная величина частиц (достаточно малая, чтобы не происходило оседания, но достаточно большая, чтобы препятствовать быстрому испарению), 2) невысокая концентрация частиц (C_N), т. е. достаточное расстояние между ними, 3) наличие одноименных электрических зарядов на частицах и 5) конвекционные токи, препятствующие оседанию. Нарушение любого из указанных условий ускоряет процесс разделения фаз и м. б. использовано в этом направлении.

Способы улавливания дымов и туманов делятся на абсорбционные, механические и электрические. 1) Абсорбционный способ, т. е. выделение дисперсной фазы путем промывки Д. и т. водой или другим растворителем, применяется чаще всего в соединении с механическими приемами разделения фаз (см. ниже). Он осуществляется в технике в виде гидравлических затворов, вращающихся промывателей или путем пульверизации жидкости навстречу газовому потоку. В противоположность газам дымы и туманы абсорбируются жидкостями очень плохо; это зависит от меньшей подвижности их частиц. Дымы поглощаются относительно лучше, чем туманы, так как частички первых обычно мельче и подвижнее. Поглотительная способность жидкости по отношению к дымам тем выше, чем меньше ее вязкость и упругость пара. Гигроскопические дымы при промывке водой превращаются в туманы и таким образом становятся еще менее поглощаемыми. Этим объясняется например поведение дыма SO_3 в контактном производстве серной кислоты: дым SO_3 очень слабо абсорбируется водой и удовлетворительно—крепкой H_2SO_4. 2) Механич. способы основаны на использовании веса или инерции частиц, увлекаемых газовым потоком. а) Осадительные камеры строят по принципу уменьшения скорости потока путем увеличения поперечного сечения труб. Т. о. осаждаются только грубо дисперсные аэрозоли (частицы диаметром 10^{-3} *см* и более), т. е. пыль. Для осаждения в камерах настоящих Д. и т. прибегают к ускорению коагуляции вещества в крупные частицы, что достигается различными путями. Например адсорбированная на частицах газовая пленка иногда м. б. удалена вдуванием паров, легче адсорбируемых (водяной пар); электрический заряд системы м. б. уничтожен введением противоположно заряженных частиц и т. д. б) Центробежные аппараты (систем Циклон и Сирокко) основаны на принципе центрифугирования частиц при вихревом движении потока; они годны лишь для частиц диам. $>10^{-4}$ *см*. в) Аппараты ударного действия, в которых поток разбивается о стоящие на его пути перегородки, пригодны для осаждения туманов не слишком мелкого дробления (например смолоотделители Пелуза и Одуена). г) Лабиринтные системы, где дым или туман пропускается через канал с большим числом поворотов, очень громоздки и малоудобны, хотя и применяются еще в старых установках для улавливания дыма. д) Фильтровальные слои: кольца Рашига, слои кокса или гравия; применяются для грубой механич. очистки газов. е) Фильтры из волокнистых или порошкообразных материалов; основаны на сочетании ударного, центробежного и адсорбционного действия и позволяют улавливать даже очень мелкие частицы. Фильтрующее действие зависит не столько от диаметра пор (они не должны быть слишком мелкими во избежание забивки), сколько от их извилистости. Труднее всего задерживаются частицы с диаметром от 0,1 до 0,2 μ. Фильтры применяются в эвводской аппаратуре, вентиляционных устройствах, в промышленных и войсковых *противогазах* (см.); они должны соединять в себе высокую задерживающую способность с продолжительностью действия и с малым и постоянным сопротивлением. 3) Электрич. способы (Коттреля и Меллера) основаны на осаждении частиц действием электрич. поля и тихого разряда. В них осуществляется истечение электричества с поверхностей большой кривизны, дающее т. н. «корона-эффект» и электрический ветер. Метод Коттреля широко применяют в промышленных и лабораторных установках; он позволяет улавливать даже самые тонкие Д. и т. почти полностью (98—99,99%), что при механич. способах никогда не достигается. Аппарат (лабораторный) состоит чаще всего из вертикальной металлической трубки (осаждающий электрод) и расположен вдоль оси ее проволоки (заряжающий, излучающ. электрод); напряжение поля = 4 000—10 000 V/*см*; дым или туман протекает через трубку с определенной скоростью; расход энергии 1—5 kW на 1 $м^3$/*сек*. Электрический метод начинает применяться также в борьбе с атмосферными туманами: рассеиванием наэлектризованного песка в атмосфере удается уничтожить заряд водяных капель и тем ускорить их коагуляцию. 4) Уменьшение дымообразования на промышленных предприятиях м. б. достигнуто различными путями: сокращением прямого сожигания твердого топлива (переходом на другие виды горючего); усовершенствованием топок в смысле обеспечения наиболее полного сгорания; использованием запасов белого угля и т. д.

Методы анализа Д. и т. Полное физико-химическое исследование Д. и т. включает следующие определения: а) химического состава дисперсной фазы, а иногда и дисперсионной среды (если состав ее точно неизвестен), б) концентрации (C_P и C_N), в) величины частиц, г) физической структуры частиц, д) устойчивости дыма или тумана и е) электрич. свойств (знака и величины заряда на единицу массы или на 1 частицу). Для маскирующих, отравляющих и сигнальных Д. и т. определяют кроме того их затемняющую способность или токсические свойства и способность проникания через фильтры

или степень окрашенности и видимости. Часть исследований производится над самими Д. и т., часть же—над выделенной дисперсной фазой. Для выделения частиц применяют электрический способ Коттреля (лабораторная установка) или фильтрацию Д. и т. через волокнистый фильтр; в последнем случае удобно пользоваться растворимыми фильтрами (коллодионная вата, сахар). Собранное вещество взвешивается (отсюда вычисляется C_p), растворяется и подвергается обычному химич. анализу. Исследование Д. и т. без выделения дисперсной фазы производится по общим методам физич. измерений, в случае надобности—модифицированным. Наиболее ценные результаты дают тиндалиметрия (определение числа или размера частиц фотометрированием эффекта Тиндаля) и ультрамикроскопия (прямое наблюдение и подсчет частиц), часто сочетаемая с фотографированием и с применением переменного электрического поля.

Лит.: I. Общая: Скляренко С. И., «Война и техника», М., 1926, *334—335*, стр. 16; Назаров В. И., «Техника и снабжение Красной армии», М., 1925, *171*, стр. 22; Gibbs W. E., Clouds and Smokes, L., 1924; Freundlich H., Kapillarchemie, Lpz., 1923, p. 1061—1090; Gibbs W. E., The Dust Hazard in Industry, L., 1925; Meldau R., Der Industriestaub, B., 1926; Kohlschütter V., Nebel, Rauch u. Staub, Bern, 1918; Kohlschütter V., «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1927, B. 42, H. 3, p. 209; Beyersdorfer P., ibid., p. 229. II. Свойства Д. и т.: Изгарышев Н. А., сб. «Военно-химич. дело», в. 2, стр. 99, М., 1925; Rothmund, «Wiener Monatshefte», W., 1918, *39*, p. 571; Tolman a. oth., «Journ. of the Amer. Chem. Soc.», Easton, Pa., 1919, v. 41, p. 297, 575; Kohlschütter und Tüscher, «Ztschr. für Elektrochemie», Lpz., 1921, B. 27, p. 225; Whytlaw-Gray, Speakman a. Campbell, «Proc. Royal Soc.», L., 1923, v. 102, p. 600. 615; Engelhard, «Ztschr. f. Elektrochemie», Lpz., 1925, B. 31, p. 590; Paterson a. Whytlaw-Gray, ibid., 1926, v. 113, p. 302; Remy H., «Ztschr. f. anorg. u. allg. Chemie», Lpz., 1924, B. 138, p. 167, B. 139, p. 51, 69, 1927, B. 159, p. 241; Remy H., «Z. ang. Ch.», 1926, B. 39, p. 147, 1927, B. 40, p. 550. III. Акустич. свойства Д. и т.: Altberg und Holzmann, «Phisyk. Ztschr.», Lpz., 1925, H. 26, p. 149. IV. Оптич. свойства Д. и т.: Strutt (Rayleigh), «Phil. Mag.», L., 1871, v. 41, p. 107, 274, 447, 1881, v. 12, p. 81, 1899, v. 47, p. 375; Handb. d. Kolloidenwissenschaft, hrsg. v. W. Ostwald, B. 1—Licht u. Farbe in Kolloiden, Lpz., 1924. V. Электрич. свойства Д. и т: Wilson, «Proc. Royal Soc.», L., 1897, v. 61, p. 240; Townsend, «Proc. of the Cambr. Phil. Soc.», Cambridge, 1898, v. 9, p. 244; Thomson J. J., «Phil. Mag.», L., 1898, v. 46, p. 528; Millican, ibid., 1910, v. 19, p. 209; Rudge, ibid., 1912, v. 23, p. 852, 1913, v. 25, p. 481; Stäger A., «Ann. d. Phys.», 1926, B. 76, p. 49. VI. Взрывчатые свойства Д. и т.: Price D., Brown H. H., Brown H. R. a. Roethe H. E., Dust Explosions, Boston, 1922; Beyersdorfer P., Staubexplosionen, Dresden—Lpz., 1925; Beyersdorfer P., «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1922, B. 31, p. 331, 1923, B. 33, p. 101; Trostel L., J. a. Frevert F. W., «Chem. a. Met. Engineering», N. Y., 1924, v. 30, 141; Gibbs W. E., «Chemical Ages», L., 1925, *13*, p. 330. VII. Образование Д. и т.: Svedberg T., The Formation of Colloid, L., 1921. VIII. Д. и т. в метеорологии: Köhler H., Untersuchungen über d. Elemente d. Nebels u. d. Wolken, Stockholm, 1925; Schmauss A., «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1922, B. 31, p. 266; Stäger A., ibid., 1927, B. 42, p. 223; Tagger J., «Physikal. Ztschr.», Lpz., 1927, B. 28, *10*, p. 365. IX. Д. и т. в военном деле—а) Общая лит.: Фрайс А. и Вест К., Химическая война, 2 изд., стр. 321—377, Москва, 1924; Мейер Ю., Отравляющие вещества и их боевое применение, ч. 2, стр. 117—127, М.—Л., 1928; Vedder E., The Medical Aspects of Chemical Warfare, Baltimore, 1925; б) Маскирующие Д. и т.: Хейгль, «Война и мир», Берлин, 1924, *15*, стр. 115, *16*, стр. 153; Уокер Х. В., «Война и техника», М., 1926, *263—264*, стр. 19; Штампе Г., там же, 1926, *320—321*, стр. 58, *334—335*, стр. 45; Richter G. A., «I. Eng. Chem.», 1921, v. 13, p. 343; Mc Barment, «Chem. and Met. Engineering», N. Y., 1924, v. 30, p. 261; в) Сигнальные Д. и т.: Рей А. Б., «Война и техника», М., 1926, *275—276*, стр. 16. X. Улавливание Д. и т. в промышленности: Normana, Ross, «Gas World», L., 1927, p. 13, 2231. XI. Исследование Д. и т.: Скляренко С. И., op. cit. (методы); Дунаев А. П., «Техно-экономический вестник», Москва, 1926 (метод Коттреля); Salmang H., «Zeitschrift für angewandte Chemie», 1924, B. 37, p. 98 (химический анализ); Tolman a. oth., «Journal of the American Chemical Society», Easton, Pa., 1919, v. 41, p. 299 (тиндалиметрия); Wells a. Gerke, ibid., p. 312 (ультрамикроскопический метод).

В. Яновский.

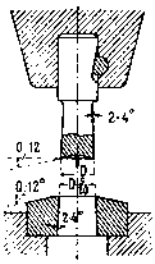
ДЫНЯ, плод растения Cucumis melo L. из сем. тыквенных, родом из Азии и Африки, где оно встречается в диком состоянии. Культура Д. была известна уже древним финикиянам; арабами эта культура была перенесена в Испанию, откуда распространилась по Европе. В настоящее время Д. возделывается в СССР более всего на бахчах; наибольшее промышленное значение культура Д. имеет в Нижне-Волжском крае, в Крыму и в Средней Азии.

Все сорта Д. подразделяются на 2 группы: 1) настоящие Д. — овальной формы, с гладкой или сетчатой кожей и 2) канталупы—ребристые Д., круглой приплюснутой формы. Из настоящих Д. наиболее известны сорта: в Поволжьи—зимовка (дубовка), ананасная (зимопка серая), скороспелка, бухарка (калмыцка) и в Туркменской ССР—чарджуйские Д. Из канталуп наиболее распространены сорта: большой прескотт, малый прескотт, лионская и другие. Данные о среднем химическом составе съедобной мякоти русских дынь из Красноармейска (Сарепта) указаны в статье Ф. Церевитинова (см. лит.).

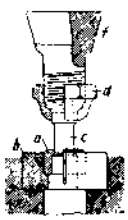
По исследованию С. Лутохина, 16 сортов Д., выращенных в районе с. Быково Сталинградского округа, получены следующие пределы колебания сахаров: 0,09÷3,70% глюкозы, 1,85÷3,92% фруктозы, 0,24÷7,60% сахарозы; общее колич. сахаров 4,25÷13,25%. Кроме употребления в свежем виде для еды Д. идут в технич. переработку: для приготовления варенья, цукатов, карамельной начинки и для глазирования. Кроме того из Д. можно готовить консервы в жестянках, а также пюре, повидло. В Средней Азии Д., нарезанную в виде узких полосок, подсушивают на солнце и сплетают потом в виде косы; этот продукт носит местное название «каун-как»; из мякоти Д. вываривают довольно густую темнобурую жидкость, к-рую разливают по холсту, сушат на солнце и получают т. о. пастилу, в виде тонких листов, называемую узбеками «кара-курт». Увариванием сока из Д. получают дынный бекмес. Семена Д. содержат 26÷44% жирного масла желтого цвета, нежного вкуса, без запаха, пригодного в пищу. По исследованию проф. В. Р. Вильямса, дынное масло имеет удельный вес 0,9233, рефракция его (при 25°) 73,4, число кислотности 2,00, число омыления 195,6, иодное число 118,0, число Рейхерт-Мейсля 0,698, ацетильное число 6,23. Жмых, остающийся после прессования, содержит: 6,7% воды, 29,1% азотистых веществ, 12,8% жира, 26,2% клетчатки, 0,93% сахара, 11,4% крахмала, 9,7% пентозанов, 3% золы.

Лит.: Церевитинов Ф., О химич. составе и технич. переработке русских дынь, «Экономика и техника пищевкусовой промышл.», М., 1923, *2—3*, стр. 40; Кичунов Н. И., Огурцы, дыни, арбузы и тыквы, 3 изд., СПБ. 1910; Кузнецов А. П., Руководство по бахчеводству, СПБ. 1915; Сиромолот П., Культура дыни-канталупы в Енотаевском у. Астраханской губ., «Плодоводство», П., 1915, *9—10*, стр. 536; Шавров Н., Чарджуйские дыни и их разведение, там же, 1911, *1*, стр. 12, *2*, стр. 111; Лутохин С., Исследования по качеств. и колич. содержанию сахаров в различных сортах арбуза и дыни, «Труды агрохимич. лаборатории Политехнич. музея», М., 1928, вып. 1, стр. 11. **Ф. Церевитинов.**

ДЫРОПРОБИВНОЙ ПРЕСС, станок для пробивки дыр в металле. Пробивание дыр является частным случаем резания, когда режущая кромка инструмента представляет собою не прямую линию (как например у ножниц), а замкнутую фигуру, форма которой зависит от формы отверстия, выбиваемого этим инструментом. Пробивающий инструмент называется пуансоном, штемпелем, бородком или пробойником; нижним лезвием служит подкладка (матрица), в которую он входит примерно на 1,5 *мм* (фиг. 1).

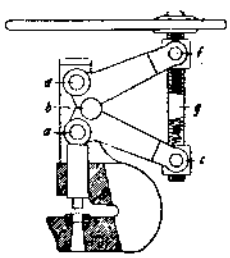


Фиг. 1.

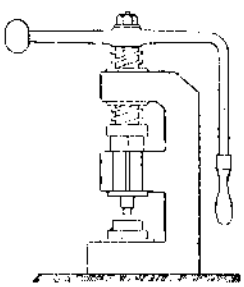


Фиг. 2.

Для того чтобы материал не забивался в матрице накрепко (что значительно увеличило бы рабочее усилие), между отверстием последней и пуансоном оставляется небольшой зазор ~5÷6% толщины пробиваемого материала (часто зазор делают постоянным, равным 0,5 *мм*). При пробивании дыр материал вблизи отверстия подвергается значительному изменению структуры вследствие возникающих при пробивке напряжений и деформаций. В виду этого в тех случаях, когда требуются точные и ровные отверстия в материале однородного установленного

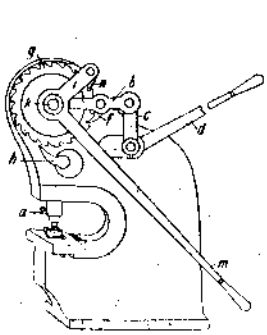


Фиг. 3.

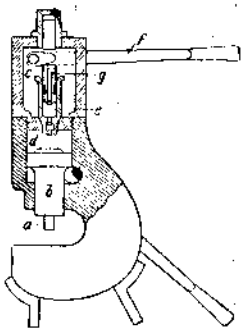

Фиг. 4.

качества (например заклепочные дыры для паровых котлов или мостов), предпочитают означенные дыры сверлить, несмотря на то что пробивка их обходится значительно дешевле (примерно в 3—4 раза).

Упомянутые выше пуансон и матрица закрепляются на Д. п. различным образом. Матрица устанавливается обычно на подкладке, при помощи болтов или клина; пуансон прикрепляется к ползуну Д. п. при помощи конич. или цилиндрич. хвоста и зажимного винта (фиг. 1) или посредством клина, к к-рому иногда добавляется зажимной



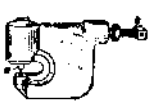
Фиг. 5.



Фиг. 6.

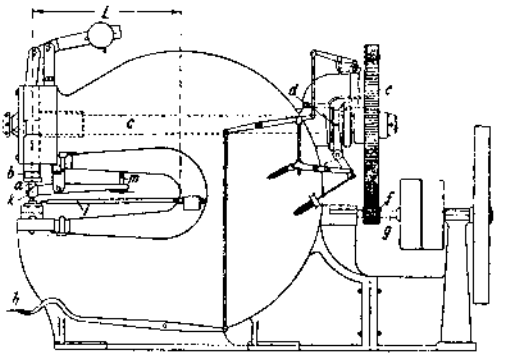
винт. На фиг. 2 представлена конструкция, часто встречающаяся у американских машин: здесь матрица *a* вставляется в зажимную подкладку *b* с прорезом, пуансон же *c* закрепляется при помощи гайки *d* в державке *f*, вставляемой своей верхней частью в соответствующий вырез ползуна.

Д. п. могут быть разделены на 2 группы: а) приводимые в действие силой рабочего и б) работающие от привода. К первым относятся следующие наиболее распространенные типы. 1) Коленчатый Д. п. («медведка», фиг. 3), состоящий из двух рычагов *abc* и *dbf* и винта *g* с правой и левой резьбой. При поворачивании последнего длинные плечи рычагов *bc* и *bf* сходятся, а короткие *ab* и *bd* расходятся, причем ролик *a* нажимает на пуансон и т. о. приводит его в действие. 2) Винтовой (фиг. 4). 3) Эксцентриковый (фиг. 5), у которого пуансон *a* приводится в действие эксцентриком, сидящим на оси, приводимой во вращение при помощи рычагов *b* и *d*, серьги *c*, собачки *f* и храпового колеса *g*. Собачка *h* служит для того, чтобы храповое колесо *g* не могло при этом вращаться в обратную сторону. Подобного рода дыропробивные прессы снабжаются иногда вторым рычагом *ikm* с собачкой *n* для пробивания отверстий в тонких листах. 4) Ножной, у к-рого ползун с пуансоном приводится в движение нажатием на педаль. 5) Гидравлич. рычажный (фиг. 6), пуансон которого *a* закреплен на поршне *b*, приводимом в движение давлением жидкости (масла), перекачиваемой из камеры *c* в гидравлич. цилиндр *d* при помощи рукоятки *f* и поршня *g*, скользящего в стакане *e*. 6) Гидравлич. винтовой (фиг. 7) с пуансоном *a*, закрепленным на поршне, на который, при завинчивании винта *b* в гидравлический цилиндр с маслом, производится сильное давление. Такие гидравлич. Д. п. очень удобны для применения в трудно доступных местах.


Фиг. 7.

Приводные Д. п. делаются самых разнообразных типов. Типичная конструкция приводного Д. п. представлена на фиг. 8. Пуансон *a* закреплен на ползуне *b*, приво-

димом в возвратное движение от эксцентрикового вала c; этот вал соединяется при помощи сцепной муфты d с зубчатым колесом e, зацепляющимся с шестерней f, сидящей на приводном валу g. При нажатии педали h муфта сцепляется, и машина продолжает работать до тех пор, пока педаль будет прижата книзу. Если требуется лишь один рабочий ход пуансона, то достаточно нажать на педаль и затем освободить последнюю, чем вызывается размыкание муфты, когда ползун достигает своего высшего положения. Упор i, привинченный к станине, служит для установления расстояния пробиваемых дыр от края материала. Для того чтобы при подъеме пуансона (после пробивки дыры) материал не увлекался вверх вместе с последним, приспособлена придержка k, которая устанавливается в зависимости от толщины материала помощью



Фиг. 8.

винта m. Расстояние L между центром пуансона и краем выемки станины называется вылетом и характеризует собой то наибольшее расстояние от края материала, на котором могут быть расположены пробиваемые на данной машине дыры. Подобного рода Д. п. делаются как с ременным приводом, так и с индивидуальным приводом от электромотора. Они строятся с вылетом от 300 до 1 500 *мм* на 40—45 ходов в мин., специальные же быстроходные—до 75 ходов в мин. Потребная мощность электромоторов (около 1 200 об/м.) для подобного рода Д. п., в зависимости от толщины материала и диаметра дыры,—от 3 HP (толщина 12,5 *мм*, ⌀ 12,5 *мм*) до 15 HP (толщ. 30 *мм*, ⌀ 60 *мм*).

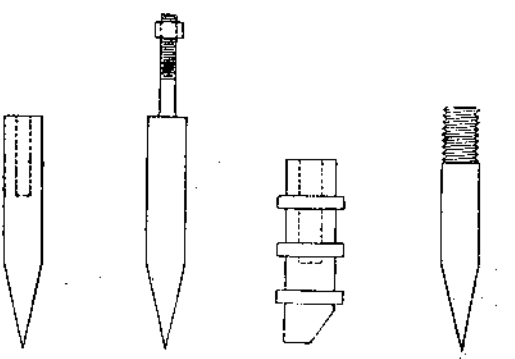
Такие Д. п. строятся также горизонтальными и сдвоенными. Д. п. часто соединяются с ножницами для резания как листового, так и круглого, квадратного и углового железа. Для пробивания заклепочных дыр в согнутых котельных и т. п. листах применяются Д. п. с круглой оправкой. Д. п. могут быть также приспособлены для одновременного пробивания нескольких отверстий, расположенных различным образом, что достигается путем установки на них соответствующих сложных пуансонов и матриц. Для пробивания дыр, расположенных по окружности и отстоящих на равном расстоянии одна от другой, применяются Д. п., подобные описанным выше, но снабженные особыми делительными приспособлениями. Во избежание предварительной разметки, напр. заклепочных дыр, Д. п. снабжаются соответствующими приспособлениями для ручной или автоматич. подачи листового или полосового материала. Механизм последней устраивается с таким расчетом, чтобы материал мог продвигаться на требуемую длину во время каждого подъема и следующего за ним опускания пуансона. Материал при этом обычно помещается на столе, установленном на роликах и приводимом в движение от кулачкового вала, причем длина подачи на один рабочий ход пуансона регулируется при помощи особого приспособления.

Давление, производимое пуансоном, м. б. рассчитано по ф-ле $P \cong 1{,}7\,\pi dhk$, где P обозначает давление в *кг*, d—диаметр пробиваемой дыры в *мм*, h—толщину материала в *мм* и k—временное сопротивление материала срезыванию в *кг/мм*².

Лит.: Гавриленко А. П., Механическая технология металлов, ч. 3, Москва 1925; Гюлле Ф., Станки, т. 1, Москва, 1926; Шейбе Х. и Тулошинский В., Современные рабочие приспособления, Москва 1926; Обработка металла без снятия стружки, Москва, 1927; Ледебур А., Механическая технология металлов, перевод с нем., СПБ, 1900; Codron C., Expériences sur le travail des machines-outils pour les métaux, Paris, 1902; Machinery's Encyclopedia, v. 5, New York, 1925; Hülle F. W., Die Grundzüge d. Werkzeugmaschinen u. d. Metallbearbeitung, B. 1—2, Berlin, 1926—28; Hülle F. W., Die Werkzeugmaschinen, 4 Aufl., B., 1923.

В. Пальм.

ДЮБЕЛЬ, приспособление для крепления одиночных фарфоровых роликов к каменной стене. Д. изготовляются стальные, в виде спирали из железной оцинкованной проволоки, и свинцовые. Стальной Д. представляет собой заостренный стержень из твердой стали с отверстием на тупом конце, имеющим гаечную резьбу (фиг. 1), или болтик с нарезкой (фиг. 2). Такие Д. вбивают в каменную стену без предварительного пробивания дыр, причем Д. с отверстием вбивают непосредственно молотком, а Д. с болтиком—посредством особой насадки

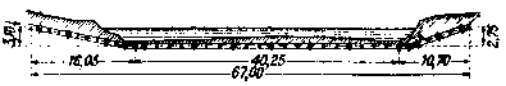


Фиг. 1. Фиг. 2. Фиг. 3. Фиг. 4.

для предохранения резьбы болтика от порчи. Ролик прикрепляют к Д. в первом случае посредством винта, а во втором случае—посредством гайки с шайбами. Спиральный Д. состоит из спиральки, изготовляемой из железной оцинкованной проволоки, навертываемой в 2 ряда на шуруп, служащий для прикрепления ролика. Спиральный Д. вставляют вместе с шурупом в заранее заготовленное отверстие в стене и загипсовывают, причем шуруп предварительно смазывают маслом. После затвердения гипса шуруп можно вывинтить из спиральки, не

повреждая при этом стены. Свинцовый Д. представляет собой стержень из свинца, снабженный снаружи поперечными ребрами (фиг. 3), в с одного из концов—цилиндрич. углублением. Такой Д. также вставляют в заранее заготовленное отверстие в стене и загипсовывают. Ролик прикрепляют к Д. при помощи шурупа, нарезка которого при ввертывании врезается в свинец Д. Иногда пользуются стальным Д. с винтовой нарезкой (фиг. 4), на конец которого ролик напинчивается без помощи винта, т. к. в самом ролике имеется для этого резьба. **Я. Губер.**

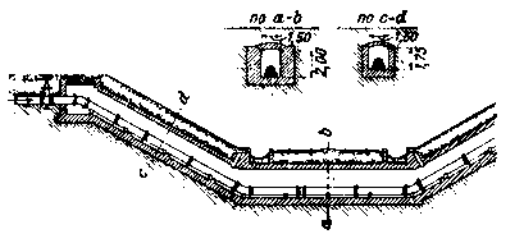
ДЮКЕР, участок водо- или газопровода под встречаемым на пути их прокладки препятствием (река, канал, дорога и т. п.). Следует различать Д. напорные, находящиеся под общим напором сети, и Д. сифонные—с естественным напором. К первым



Фиг. 1.

относятся все Д. напорных водопроводов (фиг. 1 и 2) и газопроводов, ко вторым—Д. канализационных (закрытых) водоводов (фиг. 3) и открытых водотоков (фиг. 4).

Напорные Д. рассчитывают, пользуясь общим методом расчета напорных трубопроводов (см. *Водоснабжение* и *Газопроводы*). Необходимый напор на прохождение



Фиг. 2.

воды через сифонный Д., или разница уровней воды верхнего и нижнего бьефов при входе и выходе воды,

$$h = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \frac{v^2}{2g} + 0{,}5\frac{v^2}{2g} + \frac{v^2 l}{c^2 R}, \qquad (1)$$

где v_1—скорость воды перед Д.; v_2—скорость воды после Д., v—скорость воды в Д.,

Фиг. 3.

l—длина Д., R—гидравлич. радиус поперечного сечения Д., c—коэф-т по ф-ле Куттера или Базена, g—ускорение силы тяжести. При $v_2 = v_1$ мы имеем:

$$h = 1{,}5\frac{v^2}{2g} + \frac{v^2 l}{c^2 R} = m\frac{v^2}{2g}, \qquad (2)$$

где $m = 1{,}5 + \frac{2gl}{c^2 R} = 1{,}5 + \lambda\frac{l}{d}$; для железных труб $\lambda = 0{,}025$; для чугунных и бетонных труб $\lambda = 0{,}02$; d—диам. трубы Д. Из ф-лы (2):

$$v = \sqrt{\frac{2gh}{m}}. \qquad (3)$$

Диаметр дюкерной трубы определяется из формулы:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}, \qquad (4)$$

где Q—расход воды. Вейсбах дает для определения величины h (в *м*) следующую ф-лу:

$$h = \frac{v^2}{2g}\left(1 + \zeta_0 + \zeta\frac{p}{4F}l\right), \qquad (5)$$

где $\zeta_0 = 0{,}51$, $\zeta = 0{,}0144 + \frac{0{,}01}{\sqrt{v}}$, l—длина Д. в *м*; p—смачиваемый периметр Д. в *м*; F—площадь поперечного сечения Д. в *м*², $v = \frac{Q}{F}$ в *м/сек*; Q—количество воды в *м*³/*сек*. Для трубчатых Д. диаметра d:

$$\frac{p}{4F} = \frac{1}{d}.$$

Для Д. с прямоугольным поперечным сечением высотой a и шириной b:

$$\frac{p}{4F} = \frac{a+b}{2ab}.$$

Количество воды, могущее быть пропущенным через Д., определяется из выражения:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4}v. \qquad (6)$$

Диам. d рекомендуется брать не менее 0,6 *м*. Скорость воды в трубе сифона принимается нормально равной 2,0÷2,4 *м/сек*.

Конструкция Д. всецело зависит от его назначения. При пересечении напорным водопроводным Д. реки (фиг. 1) последний б. ч. укладывают, следуя поперечному профилю реки, иногда же его располагают в отрытых по дну реки поперечных рвах. При водоснабжении для Д. берут чугунные фланцевые трубы, применяя в изгибах шарнирные соединения. При больших диам. применяют железные и стальные клепаные трубы. Д. следует устраивать двойными, чтобы иметь возможность произвести ремонт одной из труб в случае ее порчи, не останавливая водоснабжения. Д. устанавливают на место в собранном виде, опуская на

Фиг. 4.

дно реки или рва на подвесках с особых устроенных для этого помостов. Сборка производится на льду, на плотах или на свайных помостах. При прохождении напорных водопроводных Д. под ж.-д. путями дюкерные трубы укладывают в металлич. или каменных трубах или же в туннелях (фиг. 2). В нек-рых случаях приходится и при переходах через реки укладывать трубы в туннелях. На обоих берегах реки имеются смотровые колодцы Д., располагаемые несколько выше горизонта высоких вод реки.

Сифонные канализационные Д. (фиг. 3). Сечения их должны иметь возможно малые размеры для обеспечения достаточной скорости текущих через них сточ-

ных вод. Устройство перед началом дюкера осадочных колодцев, рекомендуемых некоторыми авторами, является нерациональным, так как это может повлечь за собой загнивание свежих сточных вод от соприкосновения с гниющими веществами в осадочных колодцах. Отсутствие осадочных колодцев (грязеловок) не внушает никаких опасений при правильном устройстве Д., наличии приспособлений для их хорошей промывки (речной, водопроводной или сточной водой) и в особенности, когда взамен одной уложены две параллельные дюкерные трубы. При общесплавной системе последние берут неодинакового диаметра, заставляя меньшую трубу работать в сухую погоду, а бо́льшую—во время ливня. Дюкерные камеры снабжают смотровыми колодцами с боковым входом.

При соединении дюкером двух участков каналов (фиг. 4) Д. состоит из одной или нескольких (на случай порчи) труб (каменных, бетонных, железобетонных, металлических или деревянных) и из входной и выходной камер, соединяющих концы труб с каналом. Выше Д. устраивают выпускной шлюз для опоражнивания канала для ремонта Д., в нижней же части Д. делают опорожнительные или спускные отверстия для выпуска воды; для промывки Д. от грязи, обломков и пр. в нем допускают скорости до 4,5—6,0 *м/сек*, но при этих условиях необходимо, чтобы при выходе из Д. вода поступала в пониженный против дна канала бассейн и оттуда уже с уменьшенной скоростью шла в канал. Входная и выходная камеры должны поперечными стенками или крыльями прочно смыкаться с откосами канала. У входа в Д. ставят решетку для предохранения от попадания в него крупных предметов.

Лит.: Брилинг С. Р., Краткое руководство по водоснабжению, 2 изд., М.—Л., 1928; Костяков А. Н., Основы мелиорации, М., 1927; Engels H., Handbuch d. Wasserbaues, 3 Aufl., B. 1—2 u. Ergänzungsheft, Lpz., 1923—26; Büsing F., Die Städtereinigung, B. 3, H. 1 u. 2—Der städtische Tiefbau, Lpz., 1897—1901; Frühling A., Die Wasserversorgung d. Städte, Handb. Ing., B. 3, T. 3, 1914. **С. Брилинг.**

ДЮЛОНГА И ПТИ ЗАКОН гласит, что в твердом состоянии атомная теплоемкость, т. е. удельная теплоемкость Q простого тела, умноженная на его атомный вес A, есть величина постоянная и равна приблизительно 6 калориям: $AQ = 6$. Этот закон в 30-х годах 19 в. явился важным средством определения ат. в. (из чисто химич. данных возможно было тогда вывести лишь эквивалентный вес). По закону Дюлонга и Пти, ат. в. серебра оказался в 4 раза больше веса, принятого до того времени Берцелиусом; железа—в 2 раза меньше. Д. и П. з. однако не является точным. Нек-рые элементы, напр. углерод, бор, бериллий, при обычных $t°$ имеют атомную теплоемкость значительно меньшую 6, но при высоких $t°$ их теплоемкость стремится к этой величине. Впоследствии обнаружилось, что теплоемкость всех элементов есть функция температуры, стремящаяся к нулю при абсолютном нуле (см. *Теплоемкость*). Таким образом Д. и П. з. есть предельный закон для температур, далеко отстоящих от абсолютного нуля. Теоретически Д. и П. з. неразрывно связан с теоремой статистической механики о равномерном распределении энергии по степеням свободы. На каждую степень свободы (на граммолекулу), по этой теореме, должна приходиться энергия $^1/_2\ RT$, где R—газовая постоянная, равная в тепловых единицах 1,985 cal. В газообразном состоянии поступательное движение атома соответствует 3 степеням свободы. В твердом состоянии (напр. в кристалле) атом совершает колебательное движение по всем направлениям, что соответствует 6 степеням свободы (по три на кинетическую и потенциальную энергию). Следовательно теплоемкость

$$AQ = \frac{dF}{dT} = \frac{d(3RT)}{dT} = 3R = 5{,}955 \text{ cal}.$$

Отклонения от равномерного распределения энергии по степеням свободы, связанные с квантовым характером атомных явлений и заметно проявляющиеся при низких $t°$, являются причиной отклонений от Д. и П. з.

Лит.: Менделеев Д. И., Основы химии, т. 2, стр. 257, М.—Л., 1928; Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 3, Берлин, 1923; Petit et Dulong, «A. Ch.», 1819, *10*, p. 395; Nernst W., Die theoret. u. experim. Grundlagen d. neuen Wärmesatzes, Jena, 1924; Debay, «Annalen der Physik», Leipzig, 1912, B. 39, p. 789. **А. Баландин.**

Е

ЕВКАЛИПТОВОЕ МАСЛО, эфирное масло, получаемое из листьев различных видов Eucalyptus. Наибольшее распространение евкалипты имеют в Австралии, но акклиматизированы они в с. Африке, ю. Европе и в Закавказьи. Е. м. из Eucalyptus globulus находит широкое применение в медицине и для изготовления дезинфицирующих средств; главной составной частью его является цинеол, которого содержится в Е. м. около 70%. Е. м., получаемое из E. piperita, содержит пиперитон и приобрело за последнее время значение как сырье для производства синтетич. *ментола* (см.). Из других сортов Е. м. имеют еще значение: масло из E. citriodora, обладающее приятным лимонным запахом благодаря содержанию цитронеллаля; масло из E. Macarturi, также обладающее приятным запахом, обусловленным присутствием эфиров гераниола. Известно около 140 сортов Е. м., из к-рых очень многие находят в Австралии техническое применение (лаковое производство, флотационные способы обогащения руд, и т. д.). Потребность СССР, достигающая ныне 1 000 *кг*, могла бы быть покрыта внутренним производством, организовать которое на Черноморском побережьи Кавказа не представит затруднений.

Лит.: Рутовский Б. и Виноградова И., Исследование состава русских эфирных масел, «Труды Научн. химико-фармац. ин-та», М., 1927, вып. 17; Finnemore H., The Essential Oils, L., 1926; Gildemeister E. u. Hoffmann E., Die ätherischen Öle, 2 Aufl., B. 2, Lpz., 1913. **Б. Рутовский.**

ЕВКЛАЗ (эвклаз), минерал моноклинной системы; тв. 7,5; уд. вес 3,0—3,1. Е. очень хрупок; окрашен в светлозеленый, голубовато-зеленый, желтый, голубой цвета; редко бесцветен; блеск стеклянный; прозрачен или полупрозрачен; при трении электризуется. Химич. состав его: $2\,BeO \cdot Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2 \cdot H_2O$ (41,34% SiO_2, 35,18% Al_2O_3, 17,28% BeO, 6,2% H_2O); пода выделяется лишь при сильном прокаливании; перед паяльной трубкой Е. вспучивается и сплавляется в белую эмаль; в буре и фосфорной соли растворяется с трудом; к-ты на него не действуют. Е.— минерал очень редкий, ценный по своей красоте, хорошо принимающий огранку. Встречается Е. в Бразилии (провинция Минас-Гераес), в Каринтийско-Тирольских Альпах, в СССР на Урале (по рекам Санарке и Каменке). См. *Спр. ТЭ*, т. I, стр. 173.

Лит.: «ПИ», т. 1, Л., 1926; Лебедев Г., Учебник минералогии, СПБ, 1907; Fay A., A Glossary of the Mining a. Mineral Industry, Wsh., 1920.

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ, произвольно выбранные величины, служащие основанием для определения измеряемых величин путем сравнения с выбранными. Е. и. должны быть легко воспроизводимыми, достаточно неизменными и достаточно точно определенными. Хотя для каждой величины можно было бы выбрать Е. и. независимо от выбора Е. и. других величин, однако на практике этот выбор предпочитают производить таким образом, чтобы большинство формул, связывающих различные величины, можно было писать без коэф-тов. Это требование приводит к установлению системы Е. и., в которой только несколько величин имеют произвольно и независимо выбранные основные Е. и., все же остальные величины получают производные Е. и., составленные определенным образом из основных Е. и. Таких систем существует довольно много. Так напр., для измерения механич. величин необходимо и достаточно установить 3 основные Е. и. В зависимости от выбора этих единиц мы имеем системы: *CGS*— *абсолютную систему мер* (см.) с единицами сантиметр, грамм-масса, секунда, *MKgS*— техническую систему с единицами метр, килограмм-сила, секунда и введенную в СССР *МТС* (ОСТ 169) — стандартную систему с единицами метр, тонна-масса, секунда.

Всякая физич. величина равняется произведению из Е. и. данной величины, помноженной на отвлеченное число, показывающее, сколько раз Е. и. заключается в данной величине. Так напр., нек-рая сила F м. б. изображена как $F = a$, стен $= b$, дин $= c$ *кг*-сил. Здесь a, b, c изображают отвлеченные числа, а Е. и.—стен, *кг*-сила, дина— это не только названия соответствующих единиц, но и величины определенных размеров, между которыми легко установить необходимое соотношение; так например:

$$1\ кг = 9{,}81 \cdot 10^5\ дин = 0{,}981 \cdot 10^{-3}\ стен.$$

Поэтому 1 020 *кг* = 1 020 · 0,981 · 10^{-3} стен = = 10 стен. Формулы должны устанавливать зависимость между самими величинами, а не между их числовыми значениями. Поэтому не следует устанавливать произвольно коэфициенты формул.

Электромагнитные величины можно свести не меньше чем к четырем основным величинам и от них производить все остальные величины. В прежнее время, когда еще надеялись свести электромагнитные явления к механическим, естественно было стремление все электромагнитные величины выразить в трех основных механических Е. и., но для этого надо было искусственно сделать отвлеченным числом диэлектрический коэф. в абсолютной «электростатической» системе или магнитную проницаемость в «электромагнитной» системе. Эти произвольные допущения приводят к тому, что отношение единиц электрич. заряда в электромагнитной и электростатич. системе равно скорости света: $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$. Некоторые видят в этом обстоятельстве какую-то глубокую связь с электромагнитной теорией света, но совершенно неосновательно. Как указал Валлот, таким же образом можно было бы создать механич. системы Е. и., произвольно считая отвлеченными числами один раз плотность δ тела, а другой раз его модуль упругости E. Тогда для отношения единиц массы в этих искусственных системах получится скорость распространения продольных колебаний в данном теле: $v = \sqrt{\frac{E}{\delta}}$. Делать отсюда какие-либо выводы относительно связи наших искусственных систем с теорией продольных колебаний очевидно не приходится.

Пользование абсолютной электромагнитной или электростатич. системой Е. и. для практич. целей затруднительно. Поэтому были выработаны практич. Е. и., отличающиеся от абсолютных множителями, по возможности равными степени 10. Более точные измерения показали однако, что определенные таким образом международные единицы измерения и их производные не находятся в столь простых отношениях с абсолютными. Поэтому для более точных работ пользование абсолютными Е. и. в настоящее время становится затруднительным.

При пересчете ф-л с одних Е. и. на другие большую роль играет их *размерность* (см.), дающая указание, во сколько раз изменится производная Е. и. при определенном изменении основных единиц. Не следует однако думать, что размерность определяет физическую природу величины. Так напр., момент вращения и работа имеют одинаковую размерность, но различное физич. значение.

Кроме упомянутых Е. и., существует еще целый ряд Е. и. более или менее произвольных. Таковы единицы темп-ры, световые единицы, единицы запаха (ольфакта), сладости и т. п. (см. *Спр. ТЭ*, т. I). В этих случаях нередко трудно бывает устанавливать пропорциональность измеряемой величины и ее числового выражения. Приходится однако считаться с тем, что иногда сознательно «для удобства» измеряют какую-либо величину в непропорциональных единицах. Так напр., радиофизики измеряют скорость электронов в вакууме в V, т. к. кинетич. энергия ускоряемого электрона при свободном пролете пропорциональна пролетаемому электрич. напряжению. Т. о., если напряжение увеличится в 4 раза, скорость увеличится только в 2 раза. Понятно, что такое упрощенное обозначение единицы измерения для скорости приходится понимать весьма условно.

Я. Шпильрейн.

ЕДКИЕ ЩЕЛОЧИ, гидраты окисей щелочных и щелочноземельных металлов. Соединения эти получаются действием металлов или их окислов на воду, напр.:

$$Na + H_2O \rightarrow NaOH + 0{,}5H_2,$$
$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

или из солей путем реакции двойного обмена:

$$K_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + 2KOH.$$

Окислы металлов обычно тем легче присоединяют и тем труднее отдают воду, чем образующий окисел металл является менее «благородным», т. е. чем левее он стоит в «ряду напряжений». Гидраты окисей щелочных металлов отщепляют воду лишь при нагревании выше 700°, причем $t°$ эта, необходимая для распада гидрата окиси щелочного металла на окись и воду, возрастает с увеличением ат. в. щелочного металла. В ряду щелочноземельных металлов отщепление воды происходит при нагревании соответствующего гидрата окиси выше 400°; здесь также вода связана тем прочнее, чем больше ат. в. металла. Приблизительной мерой прочности гидратов окисей может служить их теплота образования Q из окислов и воды.

Реакция	Q Cal на 1 моль воды
$[Li_2O] + H_2O = 2[LiOH]$	22
$[Na_2O] + H_2O = 2[NaOH]$	36
$[K_2O] + H_2O = 2[KOH]$	49
$[Rb_2O] + H_2O = 2[RbOH]$	51
$[Cs_2O] + H_2O = 2[CsOH]$	51
$[CaO] + H_2O = [Ca(OH)_2]$	15
$[SrO] + H_2O = [Sr(OH)_2]$	19
$[BaO] + H_2O = [Ba(OH)_2]$	24

Е. щ. представляют собой бесцветные кристаллич. вещества. Они проводят ток как в твердом, так и в расплавленном состоянии. Гидраты окисей щелочных металлов гигроскопичны и легко растворимы в воде; соответствующие соединения щелочноземельных металлов значительно менее растворимы. С увеличением ат. в. растворимость в обеих группах возрастает. При $t°$ не слишком высоких, в присутствии насыщенного раствора гидрата окиси щелочного металла, могут существовать различные гидраты, напр. $Na \cdot OH\ H_2O$, $KOH \cdot 2H_2O$ и пр. (см *Едкое кали* и *Едкий натр*). Т. к. состав твердой фазы зависит от температуры, то кривая растворимости имеет довольно сложный вид. В качестве примера приведем данные, касающиеся растворимости едкого натра.

Растворимость едкого натра.*

Температура	Состав твердой фазы	Растворимость
−28°	Лед + $NaOH \cdot 7H_2O$	23,5
0°	$NaOH \cdot 4H_2O$	42
+20°	$NaOH \cdot H_2O$	109
60°	$NaOH \cdot H_2O$	174
132°	NaOH	521

* В *г* безводного NaOH на 100 *г* воды.

Растворение Е. щ. происходит с значительным выделением тепла. В водном растворе

едкие щелочи диссоциируют на ионы металла и гидроксильные ионы, например:

$$KOH \rightleftarrows K^{\cdot} + OH^{\prime}$$
$$Ba(OH)_2 \rightleftarrows (BaOH)^{\cdot} + OH^{\prime}$$
$$(BaOH)^{\cdot} \rightleftarrows Ba^{\cdot\cdot} + OH^{\prime}$$

По классической теории, степень диссоциации (см. *Диссоциация электролитическая*) различных едких щелочей (при 18°) составляет (в %):

LiOH	в $^1/_1$ N	растворе	63
NaOH	» $^1/_1$ N	»	73
KOH	» $^1/_1$ N	»	77
$Ca(OH)_2$	» $^1/_{64}$ N	»	90
$Sr(OH)_2$	» $^1/_{64}$ N	»	92
$Ba(OH)_2$	» $^1/_{64}$ N	»	93

Е. щ. являются т. о. сильными основаниями, причем щелочный характер (как и растворимость) возрастает с увеличением ат. в. Растворы Е. щ. хорошо проводят электрич. ток, что связано с большой подвижностью иона $OH^{\prime}$. По современной теории, Е. щ. как сильные электролиты д. б. полностью диссоциированы на ионы. В согласии с этим находится и результат исследования Е. щ. в твердом состоянии с помощью рентгеновских лучей, показывающий, что кристаллы этих веществ построены из ионов и обладают ионной решеткой (см. *Кристаллы*).

Лит.: Gmelin u. Krauts Handbuch der anorganischen Chemie, Heidelberg, 7 Aufl., 1905—16, 8 Aufl., ab 1924; Arrhenius S., Theorien d. Chemie, 2 Aufl., B., 1909; Ostwald W., Grundlinien d. anorgan. Chemie, 5 Aufl., Dresden—Lpz., 1922; Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen, 5 Aufl., B. 1—2, B., 1923. **И. Казарновский.**

ЕДКИЙ НАТР, NaOH, гидрат окиси натрия, каустическая сода, белая непрозрачная масса с волокнистым изломом, уд. в. 2,0—2,13, плавящаяся в безводном состоянии при 318°, $t^{\circ}_{кип.}$ 1 388; Е. н. легко растворяется в воде с значительным выделением тепла, давая сильно щелочн. раствор. Теплота образования NaOH из элементов—101,9, а в растворе 111,8 Cal. Для теплоты растворения в 200 молях воды Томсен нашел величину +9,9, а Бертело (в 135—154 молях при 10,5°) +9,8 Cal. Теплота образования моногидрата из безводного NaOH равна 3,25 Cal; удельная теплоемкость NaOH между 0 и 98°—0,78. В $^1/_1$ *N* растворе диссоциировано на ионы более 70% NaOH, а в $^1/_{10}$ *N* растворе—ок. 90%. Существует несколько гидратов Е. н.: с 1, 2 и 3,5 молекулами H_2O (их $t^{\circ}_{пл.}$ соответственно: 64,3, 12,7 и 15,6°). Во влажном воздухе Е. н. расплывается, но в присутствии углекислоты быстро покрывается белой коркой соды, и расплывание прекращается (отличие от едкого кали).

Растворы Е. н. уже давно приготовляли кустарным путем для целей мыловарения, но первая попытка заводского производства была сделана лишь в 1844 году в Англии. С 1890 г. начинает применяться электролитический метод. Для получения Е. н. можно исходить или из маточных растворов, остающихся при производстве соды по способу Леблана после выделения главной массы соды, т. е. из т. н. красного щелока, или же из содового плава, изменив пропорции при его получении, т. е. увеличив количество угля. Плав выщелачивают водой при 50° и выпаривают раствор, причем выделяются сода, сернокислый и хлористый натрий, и жидкость приобретает кирпично-красный цвет (вследствие образования двойного соединения сернистого натрия с сернистым железом). Отделенный от солей щелок, содержащий также и цианистый натрий, продолжают сгущать. Для разрушения примесей через раствор продувают воздух (при этом происходит окисление Na_2S в $Na_2S_2O_3$) и при более высокой t° прибавляют малыми порциями селитру; цианистый натрий разлагается с выделением аммиака, железо осаждается, сернистые соединения окончательно окисляются. Освобожденный от солей (путем вычерпывания их) и осветленный щелок с уд. в. 1,5 переводят в плавильный котел.

Общеизвестным и наиболее распространенным способом получения Е. н. является взаимодействие раствора соды с известковым молоком (известковый способ):

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightleftarrows 2NaOH + CaCO_3.$$

Выход Е. н. тем больше, чем слабее раствор соды, но в технике предпочитают пользоваться 10—12%-ным раствором соды. Реакцию ведут в железных цилиндрах, снабженных мешалками, нагревая раствор в течение 1—1$^1/_2$ часов паром до кипения. Высокая t° только ускоряет течение процесса, но не изменяет существенно выхода. Увеличение давления не сказывается на результате. Для реакции пользуются обыкновенно аммиачной содой как более чистой. Для фильтрования растворов пользуются или фильтр-прессами или вращающимися нучами. Последние имеют вид барабанов, обтянутых фильтрующей тканью, а поверх нее—дырчатыми железными листами. Такой цилиндр медленно вращается вокруг горизонтальной оси в корыте, наполненном фильтруемой жидкостью. Радиальными перегородками он разделен на ряд камер, соединенных с отсасывающими насосами. Жидкость засасывается в эти камеры, откуда поступает в сборные чаны, а осадок остается на поверхности цилиндра. Содержащийся в нем NaOH промывают струей воды, после чего осадок удаляют скребком. Щелок, получающийся при работе по известковому способу, содержит 10—12% NaOH.

Из других химических способов получения Е. н. можно упомянуть еще о способе Лёвига (Г. П. 21593), предложенном в 1882 г. По этому способу возможно более чистую соду прокаливают с чистой окисью железа, свободной от кремнезема и глинозема, в муфельных или револьверных печах при ярко-красном калении. Происходит выделение углекислоты и образование феррита натрия:

$$Na_2CO_3 + Fe_2O_3 = Na_2Fe_2O_4 + CO_2.$$

Последний, представляющий собой крупнозернистый зеленоватый порошок, разлагается горячей водой на NaOH и окись железа, к-рая снова поступает в производство:

$$Na_2Fe_2O_4 + H_2O = 2NaOH + Fe_2O_3.$$

Предварительно извлекают холодной водой легко растворимые соли: Na_2CO_3, NaCl. Получаемый щелок очень чист; содержание NaOH достигает в нем 25—30%. Хотя такие крепкие растворы требуют для выпаривания меньше топлива сравнительно с растворами, получающимися при известковом способе, но в общем расход топлива при работе

по способу Левига оказывается выше. Больше всего примесей содержит технич. Е. н., полученный из соды, приготовленной по способу Леблана.

Электролитически Е. н. получается из раствора хлористого натрия по уравнению:

$$2NaCl + 2H_2O = 2NaOH + H_2 + Cl_2.$$

Как ни проста эта реакция, однако практич. осуществление ее уже в первых стадиях встречает ряд затруднений: освобождающийся хлор легко реагирует со щелочью, давая ряд побочных продуктов (соли хлорноватистой и хлорноватой к-т). Во избежание этого растворы, находящиеся у катода и у анода, предохраняются от взаимного смешения, например путем установки в ванне диафрагмы. Диафрагма д. б. устойчивой к хлору и щелочи, достаточно проницаемой и недорогой. Образовавшаяся щелочь также принимает участие в электролизе, причем к аноду передвигаются ионы OH', обладающие наибольшей подвижностью из всех анионов. При комнатной $t°$ и при падении потенциала в 0,1 V на 1 *см*, подвижность их составляет 0,0018 *мм/сек*, или 6,48 *мм/ч*. Реагируя с растворенным в жидкости хлором, ионы OH' будут давать ионы хлорноватистой кислоты:

$$2OH' + Cl_2 \rightarrow ClO' + Cl' + H_2O.$$

Кроме того и элементарный хлор реагирует у анода с водой по ур-ию:

$$Cl_2 + H_2O \rightleftarrows H' + Cl' + H' + OCl'.$$

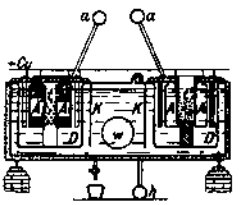
Разряжение ионов ClO' сопровождается образованием кислорода, примешивающегося к хлору, и ионов хлорноватой к-ты:

$$6ClO' + 3H_2O \rightarrow 6H' + 2ClO_3' + 4Cl' + 3O.$$

Кислорода образуется тем больше, чем слабее раствор соли. Поэтому необходимо работать с концентрированными растворами. Кислород может образовываться на аноде и при разряжении анионов SO_4'', если в техническом NaCl присутствует примесь сернокислых солей. Поэтому нужно заботиться о том, чтобы в исходной поваренной соли их было возможно меньше. Очень серьезным является вопрос о материале электродов, особенно анода, у к-рого выделяется хлор. Раньше аноды изготовлялись из размолотого кокса или ретортного угля с прибавлением смол и последующим обжиганием их. Отличаясь устойчивостью по отношению к хлору, они окисляются кислородом в момент его выделения, и т. о. к хлору примешивается углекислота. При значительном ее содержании (до 10%) хлор становится уже непригодным для получения хорошей белильной извести. Вообще, чем более пористый уголь, тем быстрее он разрушается. Значительно устойчивее аноды из графита Ачесона, изготовляемые в Америке, а в настоящее время и в Германии. Совершенно не образуется CO_2 при магнетитовых анодах из сплавленной при $t°$ 2 000—3 000° закись-окиси железа Fe_3O_4 (Г. П. Грисгейм-электрон 157122 и 193367). Они проводят ток несколько хуже, чем угольные аноды, и требуют поэтому большего напряжения (4,05—4,1 V вместо обычных 3,65 V). Зато они очень прочны, служат по 5—7 лет и по нерастворимости не уступают платине. Материалом для катодов служит обычно железо. Правда, оно не вполне устойчиво в щелочной среде и разъедается в концентрированных растворах соли (особенно в присутствии хлоратов), но зато на железе в щелочной среде водород очень легко выделяется (разряжается), а кроме того железо дешево, почему его и предпочитают никелю и меди.

Способы электролитич. получения едких щелочей м. б. сведены к 3 типам. Отличительными признаками их являются: 1) твердые катоды и диафрагмы, 2) твердые катоды без диафрагм (с применением колокола) и 3) жидкие катоды (ртутный способ).

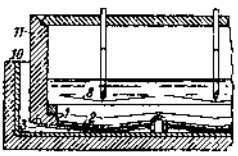
I тип (с применением диафрагм). Электролитич. производство едких щелочей впервые было осуществлено в технич. масштабе на з-де в Грисгейме в 1890 г., после того как удалось приготовить надлежащую диафрагму из цемента на растворе поваренной соли (Г. П. 34888). После затвердевания цемента соль вышелачивается водой, благодаря чему получается очень мелкопористая прочная пластина. Было предложено много различных диафрагм (состоящих обыкновенно из асбеста или асбеста с цементом и т. п.) и различных видоизменений первоначального способа. Способ, принятый в Грисгейме, состоит в следующем. Ряд железных ванн площадью 5×3,5 *м*², содержащих каждая по 12 ячеек, соединены последовательно группами по 30 шт. (ячейки каждой ванны включены параллельно). Каждая такая группа питается постоянным током от динамомашины в 110 V при 2 500 A, так что на каждую ванну приходится в среднем напряжение в 3,65 V; при большей силе тока напряжение — выше. На фиг. 1 показаны ячейки в вертикальном разрезе. В каждой ячейке находится продолговатый оцементированный ящик *D* площадью в 1,1×0,75 *м*² и высотой в 1 *м*. В боковых стенках каждого ящика вставлено 6 пористых цементных диафрагм (по две на длинных и по одной на узких сторонах ящика). Против диафрагм в каждом ящике подвешены шесть толстых угольных анодов *A*, которые присоединены к одному общему проводнику. Посредине помещается глиняный сосуд *t* с отверстиями, наполненный твердой солью, периодически добавляемой. Снаружи ящиков (в катодном отделении) укреплены железные пластины *K*, соединенные со стенками ванны и служащие катодами. Анодное и катодное отделения закрыты крышками, через к-рые выходят трубы *a* и *h* для отвода хлора и водорода. Ванну наполняют крепким раствором соли, который нагревают до 80—90°; нагревание ведется при помощи паровой трубы *w*. Когда разложится ок. $^1/_3$ соли, катодный раствор, содержащий 60—80 *г* NaOH (или 80—110 *г* KOH) на *л*, выпускают из ванны и подвергают выпариванию, ванну же наполняют свежим раствором. По мере увеличения количества щелочи в жидкости ионы OH' принимают все большее и большее участие в



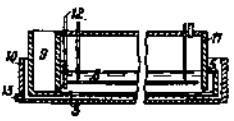
Фиг. 1.

переносе электричества, и на аноде начинает выделяться не более 80—85% теоретич. количества щелочи и хлора. Уменьшение выходов хлора и щелочи, обусловливаемое передвижением гидроксильных ионов к аноду, пытались парализовать (напр. в способе Гаррисс-Бёрда, Нельсона) тем, что раствор заставляли непрерывно протекать в обратном направлении (от анода к катоду) при вертикальном положении диафрагм. Впоследствии были предложены горизонтальные диафрагмы.

Одним из лучших и довольно распространенных способов I типа в настоящее время является способ Биллитера (Г. П. 191234 и 254780), разработанный им совместно с фирмой Сименс и Гальске. Аппарат Биллитера снабжен горизонтальной диафрагмой, и в нем имеется постоянное движение раствора соли от анода к катоду. Продольный и поперечный разрезы аппарата приведены на фиг. 2 и 3. Аппарат состоит из колокола *11*, закрытого снизу диафрагмой *2*, покрывающей железную или никелевую сетку *3*, служащую катодом. Колокол окружен



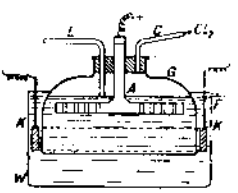
Фиг. 2.



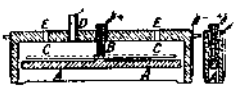
Фиг. 3.

сосудом *10*. Внутри колокола находится анод *8* из платины, угля или магнетита, расположенный параллельно катоду и на небольшом от него расстоянии. Колокол наполняется до известной высоты электролитом, а сосуд *10* остается временно пустым. Т. к. диафрагма проницаема для жидкостей, то раствор соли проникает через нее к катоду, где образуется NaOH; *13*—выходное отверстие для щелочи. Свежий раствор притекает через трубку *12*, оканчивающуюся недалеко от диафрагмы. Во время электролиза уд. вес верхней части раствора уменьшается, так как она беднеет солью, а уд. в. нижней части увеличивается. Т. о. непосредственно над диафрагмой образуется довольно резкая поверхность раздела. Если к колоколу присоединить камеру *9* из непроницаемого материала, наполненную твердой солью, так, чтобы слой, непосредственно прилегающий к диафрагме, постоянно насыщался ею, то уд. в. его еще более увеличится. В сосуде *10* помещена еще перегородка *5*, через которую должен перетекать раствор, так что он омывает катод также и с нижней стороны. Благодаря этому приспособлению удаляются даже незначительные количества NaOH, проиффундировавшего в колокол, т. к. переливаться через перегородку должен именно самый нижний слой, непосредственно прилегающий к диафрагме. (Для большей наглядности расстояние между *5* и *11* на чертеже несколько преувеличено; в действительности же оно очень невелико.) Диафрагмой *2* служит паста из асбеста и сернокислого бария, которая накладывается слоем на асбестовое полотно *1*, покрывающее катод; паста эта приготовляется осаждением сернокислого бария с мелким асбестом из 20%-ного раствора поваренной соли; ее легко высушивать, придавая любую форму, к-рую она сохраняет даже при продолжительном нахождении в жидкой среде. Такие диафрагмы очень прочны и в случае надобности могут быть легко сменены. Вследствие своей гибкости диафрагма плотно прилегает к катоду и не отстает от него при выделении водорода; т. о. равномерность процесса не нарушается. Варьируя количество асбеста и тяжелого шпата, можно по желанию изменять пропускную способность диафрагмы. Для облегчения выхода водорода ей придают б. ч. не горизонтальную, а волнообразную поверхность. В зависимости от силы тока напряжение в ваннах составляет 3,5—4 V, утилизация тока—до 95%. Аппарат дает 12—16%-ный раствор NaOH и 18—20%-ный раствор KOH. Способ Биллитера требует меньше электрической энергии, чем способ Грисгейм-электрон, и кроме того на 30—40% меньше топлива на выварку щелочных растворов, так как они получаются более крепкими. Биллитер предложил еще один способ, не описанный пока подробно в литературе и характеризующийся присутствием стеклянной диафрагмы (из стеклянной ваты, пропитанной силикатом) с вертикальными анодами. Вообще, как показал опыт, вертикальное расположение анодов является очень удобным; ваннам такого типа теперь уделяется много внимания.

II тип (с применением колокола). Принцип этого способа (Г. П. 141187) можно видеть из помещенного ниже схематич. чертежа (фиг. 4). В ванне *W* находится колокол *G* из непроводящего материала с анодом *A*; катодом служит *K*, по трубке *L* поступает раствор соли, через *C* выходит хлор, а через *F* вытекает щелочной раствор. В практике употребляются узкие, прямоугольные, закрытые сверху железные ящики (колокола), размером приблизительно $150 \times 30 \times (15 \div 20)$ *см*, покрытые внутри толстым изолирующим слоем (фиг. 5). В них находятся угольные аноды *A*. Раствор соли поступает через канал *B* и трубку *C*, которая имеет сверху ряд отверстий, обеспечивающих равномерное и спокойное поступление электролита. Через трубку *D* выделяется хлор. Отверстия *E* служат для скрепления смежных колоколов. На фиг. 5 представлен продольный и поперечный разрез отдельного колокола. Работа ведется при темп-ре не выше 35°. Сила тока не должна превышать 30 A на колокол. На з-де в Аусcиге, потребляющем 2 000—3 000 HP, таких колоколов д. б. до 25 000 шт. При утилизации тока в 85—90% и при напряжении в 4—5 V получается раствор с содержанием 100—150 *г* едких щелочей в *л*. Недостатком описанного



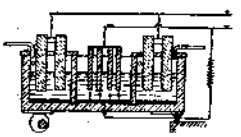
Фиг. 4.



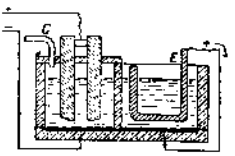
Фиг. 5.

способа является чересчур малый размер отдельных колоколов, вследствие чего требуется большое количество их и соответственно значительная площадь. Сама работа требует очень внимательного наблюдения.

III т-н п (ртутный способ) Способ основан на образовании амальгам щелочных металлов при электролизе растворов их хлористых солей с ртутью в качестве катода. Затем амальгамы разлагаются водой с выделением водорода и образованием растворов NaOH или KOH. Щелочные растворы при этом получаются с содержанием щелочи не



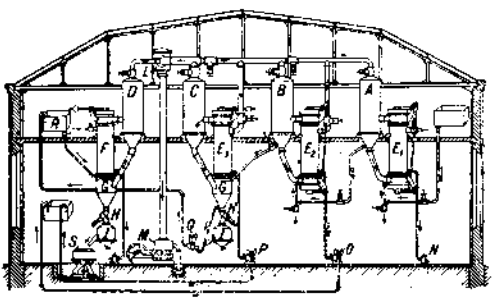
Фиг. 6.



Фиг. 7.

менее 20% при ничтожном содержании хлористых и сернокислых солей. Существует много видоизменений этого способа. Можно указать на патенты Кастнера, Кельнера и Сольве. Позднейшими способами с уменьшенным количеством ртути являются способы Вильдермана (Г. П. 130118, 172 03 и др.) и Уайтинга. Из них очень удобным оказывается способ Вильдермана, при к-ром при небольшой массе ртути и самые ванны занимают малую площадь (3 $м^2$ каждая ванна). Напряжение не меньше 4—4,5 V. На фиг. 6 дано схематич. изображение прибора Кастнера, представляющего ванну, разделенную двумя перегородками, не доходящими до дна, на три отделения. Крайние отделения содержат угольные электроды, среднее—железные электроды. На дне прибора тонким слоем налита ртуть. При помощи расположенного под ванной эксцентрика ей сообщается колебательное движение, и ртуть переливается из одного отделения в другое. В крайних отделениях находится раствор соли, в среднем—раствор щелочи. При замыкании тока ртуть в крайних отделениях служит катодом и растворяет металл с образованием амальгамы. Здесь же происходит и выделение хлора. В среднем отделении ртуть является анодом, а железные электроды—катодом. Здесь происходит электролиз раствора щелочи, причем ионы натрия разряжаются на железных электродах с образованием NaOH и H_2, а гидроксильные ионы извлекают из амальгамы натрий, давая новое количество NaOH, т. е. раствор щелочи становится постепенно более концентрированным. В виду того, что в среднем отделении, вследствие разных потерь, натрия оказывается меньше, чем это соответствует поступающему туда количеству электричества, то во избежание окисления ртути приходится включать сопротивление между ртутью и железным катодом, чтобы в среднее отделение поступало только 90% тока. Аппарат Кельнера (фиг. 7) состоит из двух отделений. Левое является анодным и содержит угольные электроды и трубу *C* для вывода хлора. Катодом служит ртуть, непрерывно протекающая через аппарат. Здесь перегородка, так же как и в приборе Кастнера, не доходит до дна. В правом отделении находится изогнутый железный электрод *E*, образующий со ртутью коротко замкнутый гальванический элемент Fe-NaOH-амальгама. Натрий растворяется с образованием NaOH и выделением водорода. Так как содержание Na в амальгаме д. б. незначительным (ок. 0,02%), то необходима быстрая циркуляция ртути. Требуется также наблюдать за тем, чтобы поверхность ртути была блестящей. К хлору всегда примешивается водород в незначительном количестве. При платиновых анодах содержание H_2 не превышает обыкновенно 0,2%, но при угольных оно может доходить до 2,5—3%. Нужно иметь в виду, что содержание водорода в 5% и выше (случай невозможный при правильной работе) образует с хлором взрывчатую смесь.

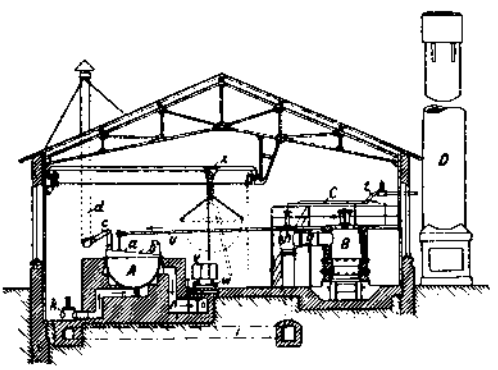
З-ды работающие по ртутному способу, занимаются гл. обр. производством Е. н. Хотя таким путем получаются очень чистые и концентрированные растворы щелочи, требующие сравнительно небольших расходов для получения готовых продуктов, однако в виду необходимости применять сравнительно высокое напряжение, при этом методе потребляется значительно больше электрич. энергии. Кроме того требуются большие денежные затраты на приобретение больших количеств дорогой ртути. Утилизация тока составляет 95%. Полученный тем или иным путем щелок подвергается выпариванию или в чренах из кованого железа или в многокорпусных чугунных аппаратах, аналогичных тем, к-рые употребляются в сахарном производстве. Аппараты снабжаются особыми приспособлениями для удаления выпадающей соли, к-рой особенно много в электролитич. щелоках. Щелок, выпаренный до крепости 35° Bé, концентрируется дальше в



Фиг. 8.

чугун. аппаратах, т. к. кованое железо начинает уже разъедаться щелочью. На фиг. 8 изображена выпарительная установка машиностроительного з-да Э. Пассбурга в Берлине, состоящая из трехкорпусного аппарата, в к-ром щелок упаривается до 25° Bé, и отдельного чугунного выпарителя, где сгущение доводится до 50° Bé. *A*, *B* и *C* представляют собою выпарительные пространства трехкорпусного аппарата, соединенные с нагревателями E_1, E_2 и E_3. Разведенный натровый щелок нагревается острым паром, пускаемым в нагреватель E_1. Пары, выделяющиеся от испарения щелока в *A*, поступают во второй нагреватель E_2, к-рый наполняется подвыпаренным щелоком из первого аппарата. Пары, выделяющиеся в *B*,

обогревают E_3, а пары, образующиеся в пространстве C, поступают через уловитель L в насос M, где они и конденсируются для поддержания вакуума. Сгущенный раствор из испарителя C накачивается насосом Q в сборник R, откуда по трубе поступает для окончательного выпаривания в D. Выделяющиеся здесь пары также проходит через уловитель L для удержания увлеченного щелока и поступают в насос M. Поваренная соль, выделяющаяся при выпаривании уже в последнем испарителе C и в испарителе D, попадает в отделители соли G, откуда ее через вентили H выпускают в сосуды I. Когда последние наполнятся солью, вентили H запирают, и соль поступает на центрифугу S, где она освобождается от щелока. После растворения и нейтрализации остающихся в ней незначительных количеств щелочи она м. б. опять пущена в электролиз. Конденсационная вода, образующаяся из острого пара в нагревателе E_1, отводится в конденсационный горшок N, так же как и конденсационная вода из нагревателя F. Что касается нагревателей E_2 и E_3, в к-рых поддерживается разрежение, то образующаяся в них конденсационная вода отсасывается насосами O и P. Концентрированный до 45—48° Bé



Фиг. 9.

(уд. в. 1,45—1,50) щелок сливают в приемник, где ему дают отстояться, а затем спускают для окончательного обезвоживания в толстостенный (50—75 *мм*) чугунный котел полушаровой формы. Чугунные котлы со временем также разрушаются щелочью; хорошие котлы выдерживают не менее 10 мес. Никелевые могут служить более долгое время, но они дороже. Котлы делают емкостью на 10—20 *т* NaOH. На фиг. 9 показана плавильная установка для Е. н. того же з-да. Котел A нагревается генераторным газом, производимым в генераторе B. Котел снабжен крышкой a с откидной частью b, водяные пары через c отводят в дымовую трубу d. Генераторный газ через трубу g и регулирующий вентиль h поступает в канал i. После прохождения через вентиль k газ поджигают, и он по каналам n обходит по спирали кругом котла, равномерно его нагревая. Отработанные газы идут по каналам вверх и, прежде чем попасть в дымовую трубу D, подогревают плоский сосуд C, наполненный щелоком. Последний, крепостью ок. 50° Bé, подается сюда через трубу t. Из чаши C щелок по трубе u поступает в плавильный котел A. Обезвоженный едкий натр выливают в железные сосуды v, стоящие на весах w. Для облегчения смены котлов имеется подвижной кран x.

NaOH нагревают до 400—500° и выше и поддерживают его в расплавленном состоянии 8—12 ч. для того, чтобы успели осесть окись железа и алюминат натрия. После этого его сливают или вычерпывают железными черпаками в барабаны из тонкого железа. Предложено (Г. П. 129871 и 182201) производить обезвоживание крепких растворов NaOH в вакууме в чугунных сосудах с мешалками, причем нагревание до 180° оказывается достаточным, чтобы получить Е. н. с 10% воды или даже вполне безводным. По Г. П. 247896 возможно из расплавленного 90%-ного NaOH, при нек-ром охлаждении и прибавлении низкопроцентного NaOH, получить кристаллы безводного Е. н., к-рые затем отделяют в нагреваемых центрифугах. Продукт содержит 99% NaOH.

Анализы английского и немецкого едкого натра.

Продажный едкий натр	Немецкий NaOH		
	з-д Сольве	Гейфельд	Людвигсгафен
NaOH	94,88	92,34	94,60
Na_2CO_3	2,38	3,10	2,27
Na_2SO_4	0,19	2,82	2,62
NaCl	1,69	1,71	0,51
Na_2SO_3	—	0,01	—
Na_2SiO_3	—	—	—
Na_2AlO_3	—	Следы	—

Продажный едкий натр	Английский NaOH		
	60°-ный	70°-ный	высокоградусный
NaOH	79,8	89,6	96,0
Na_2CO_3	1,1	2,4	0,2
Na_2SO_4	3,6	3,4	1,5
NaCl	15,1	3,9	1,3
Na_2SO_3	—	—	—
Na_2SiO_3	0,1	0,3	0,1
Na_2AlO_3	0,4	0,2	0,2

Химически чистый Е. н. для аналитич. целей готовят из металлич. натрия, действуя водой или водяным паром в определенных условиях. Ашкрофт (Ам. П. 1198987) для этой же цели рекомендует готовить натрий-амид и разлагать его затем парами воды:

$$NaNH_2+H_2O=NaOH+NH_3$$

В то время как у нас Е. н. оценивается по процентному содержанию NaOH, в Германии пересчитывают NaOH на Na_2CO_3 а в Англии — на Na_2O. Т. о. наш 100%-ный NaOH в Германии обозначают как 132,5%-ный или 132,5-градусный (100 : x = 80:106), а в Англии как 77,5%-ный или 77,5-градусный (100 : x = 80:62). Лунге приводит анализы нескольких образцов Е. н. немецк. и англ. происхождения (см. выше табл.). **М. Рождественский.**

Применение Е. н. NaOH потребляется в громадных количествах различными отраслями промышленности: в текстильной (при отварке и мерсеризации хл.-бум. волокна, при изготовлении искусственного шелка), в мыловаренном производстве, в бумажной промышленности (для приготовления целлю-

лозы), при очистке нефтяных погонов и фракций каменноугольного дегтя, при производстве разнообразных продуктов из каменноугольного дегтя (фенол, резорцин, нафтолы, ализарин, индиго и другие полуфабрикаты) и т. д. Наибольшее потребление NaOH имеет место в США (в *m*):

Для целей	1927 г.	1928 г.
Мыловарения	90 000	97 000
Химич. промышленности	80 000	82 500
Нефтяной промышленности	82 500	90 000
Производства искусств. шелка	65 000	78 000
Текст. промышленности	77 500	69 500
Производства каучука и гуттаперчи	31 000	35 000
Очистки растит. масел	12 000	11 000
Бумажной промышленности	33 000	33 000
Экспорта	50 000	60 000
Всего	521 000	556 000

В дореволюционное время в пределах б. Российской империи NaOH потреблялся в следующих количествах (в *m*):

Для целей	1913 г.	1916 г.
Мыловарения	8 412,6	17 200,6
Химич. промышленности	1 055,8	5 092,1
Нефтяной промышленности	2 135,5	6 165,1
Текст. промышленности	10 325,4	4 987,2
Дистилляции и сахароварения	1 005,5	3 047,8
Специального назначения	—	4 906,7
Прочих потребителей	13 651,8	1 795,3
Всего	36 586,6	43 194,8

Потребление в пределах СССР за последние годы сильно возросло (в *m*):

Для целей	1927/28 г.	1928/29 г.
Мыловарения	15 500	15 000
Химич. промышленности	5 071	6 085
Нефтян. промышленности	4 500	6 875
Текст. промышленности	16 000	16 500
Прочих отраслей промышл.	10 156	12 570
Прочих потребителей	4 600	12 190
Всего	55 827	69 220

Мировое производство Е. н. достигло весьма значительных размеров; по данным 1925 года оно составляло 2 390 000 *m*, в том числе производство Англии 756 000 *m*, США — 608 000 *m*, Германии — 436 000 *m*, Бельгии—252 000 *m*, Франции —72 000 *m*, Австрии—46 000 *m*, Польши—46 000 *m*, Чехо-Словакии — 44 000 *m*, Италии — 44 000 *m*. Главнейшими экспортерами NaOH являются: Англия (211 014 *m*), США (50 000 *m*), Германия и Бельгия. В последние годы на мировом рынке выступает и СССР, экспорт к-рого в 1927/28 г. достиг 8 000 *m*. Имевший место до войны 1914—18 гг. импорт NaOH (442,5 *m* в 1913 г.) с 1914 г. прекратился.

Оптовые цены на Е. н. франко-завод (за *m*):

	1926 г.	1927 г.	1928 г.
СССР, в черв. руб.	207,40	195,0	195,0
СССР, в долл.	105,10	100,0	100,0
Германия » »	59,0	74,0	61,30
Англия » »	78,0	76,0	76,0
Франция » »	48,0	68,0	57,50
США » »	80,0	70,0	60,0

Валовая выработка NaOH в пределах б. Российской империи до войны 1914—18 гг. неуклонно росла: в 1900 году—32 101,6 *m*, в 1910 году—47 780,1 *m*, в 1913 году—49 373,2 *m*. Непрерывный рост производства NaOH происходит в последнее время и на заводах СССР: в 1924/25 г.—36 031,4 *m*, в 1925/26 г.—39 647,8 *m*, в 1926/27 г.—52 045,8 *m*, в 1927/28 г.—55 827,0 *m*. Выработка NaOH производится на Донецком содовом заводе им. Ленина Южхимтреста (ст. Переездная, Донецких жел. дорог): в 1926/27 г. было выработано 27 982 *m*, в 1927/28 г.—30 324 *m*. На Березниковском содовом заводе Северохима (ст. Усолье, Пермской ж. д.): в 1926/27 г. выработано 16 092 *m*, в 1927/28 г.—15 528 *m*. На Славянском содовом з-де Южхимтреста (ст. Славянск, Донецких ж. д.): в 1926/27 г.—7 363 *m*, в 1927/28 г.—9 975 *m*. На Донецком з-де выработка Е. н. производится по способу Лёвига и по ртутному способу, на Березниковском з-де по способу Лёвига и электролизом по методу Сименс-Биллитера, на Славянском заводе—по известковому способу и электролизом по методу Грисгейм-электрон.

В. Белозицкий.

Лит.: Сасс-Тисовский Б. А., Новое в области производства электролитическ. хлора, «ЖХП», 1925, т. 1, 3, стр. 16а; Лукьянов П. М., Современное состояние производства электролитич. хлора и хлорной извести за границей, «ЖХП», 1927, т. 4, 4—5, стр. 293—294; Lunge G., Handbuch d. Sodaindustrie, B. 2, 3, Braunschweig, 1909; Förster F., Elektrochemie wässeriger Lösungen, Handbuch der angew. physik. Chemie in Einzeldarstellungen, hrsg. v. G. Bredig, 4 Aufl., B. 1, Lpz., 1923; Billiter J., Die elektrolytische Alkalichloridzersetzung mit festen Kathodenmetallen, Monographien über angew. Elektrochemie, B. 43, T. 2, Halle a/S., 1913; Billiter J., Technische Elektrochemie, Die elektrochem. Verfahren d. chem. Grossindustrie, B. 2, Halle a/S., 1924; Askenasy P., Einführung in die techn. Elektrochemie, B. 2, Brschw., 1916; Lucion R., Elektrolytische Alkalichloridzerlegung mit flüssigen Metallkathoden, Monographien über angew. Elektrochemie, B. 23, Halle a/S., 1906; Landolt-Börnstein, Physikalisch-chem. Tabellen, 5 Aufl., B. 1—2, B., 1923; Messinger A., Dictionary of Chemical Solubilities (Inorganic), N. Y., 1921; Ullmanns Enz., B. 3, 8; Ferchland P., Die elektrochem. Industrie Deutschlands, Monographien über angew. Elektrochemie, B. 12, Halle a/S., 1904; Kershaw J. B. C., Die elektrochem. u. elektrometallurg. Industrie Grossbritanniens, aus d. Engl. übers., Monographien über angew. Elektrochemie, B. 28, Halle a/S., 1907.

ЕДКОЕ КАЛИ, гидрат окиси калия, KOH, представляет собою белую, твердую, непрозрачную массу с лучистым изломом, с уд. весом 2,04. При 360° Е. к. плавится в прозрачную жидкость; $t°_{кип.}$ 1 324°; в воде растворяется очень легко, с выделением большого количества тепла, образуя сильно щелочной раствор; на воздухе расплывается, притягивая воду, в к-рой и растворяется; при этом Е. к. поглощает из воздуха CO_2, превращаясь с поверхности в поташ K_2CO_3, который также расплывается на воздухе. С водой Е. к. образует несколько гидратов: с 1 частицей H_2O, 2 и 4 частицами H_2O; $t°_{пл.}$ их соответственно 143, 35,5 и —32,7°. Теплота образования KOH из элементов, по Томсену, составляет 103,2, а по Бертело 104,6 Cal. Теплота растворения в 250 молях воды, по Томсену, составляет +13,3 Cal. В водных растворах KOH диссоциировано так же сильно, как и NaOH. Благодаря высокой концентрации ионов OH' Е. к. является типичным представителем сильных оснований.

Е. к. получается в общем так же, как и *едкий натр* (см.). Наиболее простым и распространенным способом является действие извести на раствор поташа. Раньше для этой цели пользовались древесной золой, потом стали применять готовый поташ. Раствор поташа (1 ч. на 10—12 ч. воды) нагревают до кипения и к нему прибавляют постепенно известковое молоко (из расчета $^1/_2$—$^2/_3$ ч. CaO

на 1 ч. поташа). Кипячение продолжают до тех пор, пока проба раствора, прилитая к к-те, не перестанет выделять углекислоту; после этого продолжают кипячение еще с полчаса, затем нагревание прекращают и дают содержимому котла отстояться. Отделенный от осадка раствор КОН подвергают сгущению. Е. к. готовили также сплавлением сернокислого калия с известняком и каменным углем (леблановский процесс), увеличивая количество угля и поддерживая плавление в течение более продолжительного времени. Хороший продукт получается по способу Лёвига (Г. П. 21593) прокаливанием до ярко-красного каления однородной смеси поташа с окисью железа, пока не прекратится выделение углекислоты. Образующийся феррит калия $K_2Fe_2O_4$ разлагается горячей водой на КОН и Fe_2O_3, к-рая снова идет в дело. Е. к. получается также из сернокислого калия действием едкого барита, а еще лучше—извести. Наилучший выход получается при 0°, нагревания следует избегать; растворы д. б. не слишком разбавлены и д. б. насыщены сернокислым калием, для того чтобы выпадал образующийся гипс или сингенит (двойная сернокислая соль калия и кальция). Последнюю соль разлагают водой для извлечения сернокислого калия, поступающего опять в производство. Полученный раствор КОН выпаривают до кристаллизации избыточного сернокислого калия; Е. к. остается в растворе.

В настоящее время Е. к. готовят почти исключительно путем электролиза растворов хлористого калия. Электролитическ. щелок в качестве примесей содержит KCl, немного K_2CO_3 и KClO. Хороший щелок содержит в 1 *л* 100—130 *г* КОН и 70—100 *г* KCl. Выпаривание растворов Е. к. ведется до 50°Bé; в таком виде бо́льшая часть его и поступает в продажу в железных барабанах или вагонах-цистернах. Состав такого раствора приблизительно следующий: 48% КОН, 0,4% NaOH, 1,2% K_2CO_3, 0,7% KCl, незначительное количество хлората, следы железа. Плавление едкого кали лучше вести в никелевых сосудах, т. к. чугун оно разъедает. Техническое Е. к. имеет приблизительно следующий состав: 88—90% КОН, 3,5—4% K_2CO_3, 1—1,3% KCl, остальное — вода и другие примеси. Вполне хороший продукт приготовляется путем кристаллизации, причем при 60° получается моногидрат $KOH \cdot H_2O$, а при 32°—дигидрат $KOH.2H_2O$. Получение безводного КОН описано в Г. П. 254062. Е. к. употребляется в производстве зеленого мыла и высших сортов туалетного мыла, для щелочных плавок (получение шавелевой к-ты из древесных опилок), в хирургии—для прижиганий (lapis causticus) и в химич. анализе.

Лит.: см. Едкий натр. **М. Рождественский.**

ЕЛЬ, дерево первой величины, принадлежит к роду Picea Link. из сем. Pinaceae. В настоящее время в этом роде насчитывается до 26 видов, исключительно распространенных в сев. полушарии, причем в центральной и сев. части вост. Азии насчитывается 16 видов Е., в С. Америке—7, в Европе—3. В пределах СССР встречается 5—6 видов: P. excelsa Link., распространенная в Европ. части СССР, и ее разновидность P. obovata Ledb.; в Сибири и с.-в. части СССР—переходная форма между европейской и сибирской Е., P. medioxima W. Ny.; на Кавказе—P. orientalis LK. et Caro, в Туркестане, на горах Джунгарского Алатау и в Тянь-Шане—P. schrenkiana; в восточной Сибири, на Сахалине растут P. glehnii Mast. и P. ajanensis Fisch. Ее северная граница близка к границе распространения древесной растительности; на юге же Европ. части СССР ее распространение ограничивается сев. границей чернозема. Встречается много разновидностей ели, отличающихся особенностями роста, формы ветвления, строения шишек и т. п. Ель произрастает на суглинистых и глинистых почвах, хотя встречается и на супесчаных почвах при достаточной их влажности. Обладая поверхностной корневой системой, Е. чувствительна к излишней почвенной влажности. Она хорошо переносит очень низкие темп-ры в зимний период, но весьма чувствительна к поздним весенним заморозкам и потому нуждается при разведении на открытых местах в создании особого защитного полога из морозостойких древесных пород. Е. относится к отделу теневыносливых древесных пород, что обусловливает появление и рост под пологом еловых насаждений елового подроста. Поверхностный характер корневой системы Е. делает эту породу сильно подверженной вывалу во время сильных ветров. Кульминации роста в высоту Е. достигает на лучших почвах к 35 г., а на худших—приблизительно к 65 г. Е. принадлежит к довольно долговечным породам; нередко встречаются экземпляры в возрасте 300—500 лет. В столетнем возрасте Е. достигает, в зависимости от условий произрастания, 15—35 *м* высоты при диаметре в 18—44 *см*. Производительность еловых насаждений измеряется средним годичным приростом в возрасте его кульминации и определяется для лучших условий произрастания в 7,74 *м*³ с *га*, для средних 4,95 и для худших 2,55 *м*³. Ельники З. Европы и в частности Германии обладают более высокой производительностью; соответствующие числа: 18,16, 10,94 и 5,55 *м*³ с *га*. Е. начинает плодоносить (при росте в насаждениях) обычно в возрасте 40—50 лет; на солнечных и открытых местах возраст возмужалости наступает раньше. Шишки у обыкновенной Е. светлобурые или красновато-бурые, веретенообразно-цилиндрической формы от 10 до 15 *см* длиной, при ширине в 3—4 *см*.

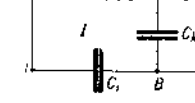
Е. растет преимущественно в чистых насаждениях, но встречается и в смеси с сосной, осиной, пихтой и березой. Возобновление сведенных еловых насаждений происходит обычно естественным путем, т. к. всегда в спелом лесу имеется достаточное количество елового подроста, но в нек-рых случаях приходится еловые насаждения возобновлять искусственно, путем посева и посадки. Рубка в еловых лесах должна производиться с наветренной стороны, чтобы по возможности предохранить остающееся насаждение от вывала, оставляя (для целей защиты) с подветренной стороны нетронутые рубкой защитные опушки. Для искусственного возобновления еловых насаждений употребляют преимущественно 2—3-летние сеянцы или

3—4-летнего возраста саженцы. Обычно высаживают от 8 до 11 тысяч сеянцев на 1 *га*, в зависимости от условий произрастания. Е. страдает от заморозков, ожога коры и гл. образом от ветровала, а в молодости и от выжимания всходов. Из вредных насекомых главными врагами Е. являются гусеница бабочки-монашенки и небольшой жучок—короед-типограф. Из грибных паразитов наиболее опасны опенок (Agaricus mellens), нападающий на корни, и Trametes radiciperda.

Древесина Е. белого цвета, без ядра, отличается чрезвычайной легкостью; ее объемный вес в воздушносухом состоянии 0,45 (0,35—0,60); в то же время она прочна, легко колется, обладает большой упругостью и мало коробится. Эти качества еловой древесины обусловливают ее применение в аэропланостроении. Под именем с п р у с а (товарное название древесины, идущей на аэропланостроение) известна гл. обр. древесина различных Е., вывозимая из США, причем наилучшими в этом отношении качествами обладает древесина P. sithensis Carr. Узкослойная древесина Е. с равномерными годичными слоями доставляет прекрасную резонансовую древесину, имеющую применение в производстве музыкальных инструментов. Еловая древесина служит также материалом для изготовления бумажной массы (см. *Древесина балансовая*). Кроме того в еловой коре имеется значительное количество дубильных веществ (см. *Спр. ТЭ*). В отношении теплотворной способности еловая древесина—весьма невысоких качеств, чем и обусловлено плохое качество еловых *дров* (см.). Еловая древесина употребляется также для построек, в столярном деле и в судостроении.

Лит.: Т и х о н о в, Хозяйство в еловых лесах, «Сел. хозяйство и лесоводство», СПБ, 1885, *I*; Т ю р м е р К. Ф., Пятьдесят лет хозяйств. практики, М., 1891; М о р о з о в Г. Ф., Учение о лесе, 4 изд., М.—Л., 1928; С у н а ч е в В. П., Лесные породы, ч. 1—Хвойные, вып. 1, М., 1928; B e i s s n e r L., Handb. d. Nadelholzkunde, 2 Aufl., B., 1909. **Н. Кобранов.**

ЕМКОСТНАЯ СВЯЗЬ, к о н д е н с а т о р н а я или э л е к т р и ч е с к а я с в я з ь, взаимодействие двух контуров при помощи емкости (C_k), общей для обоих контуров. Е. с. применяется в радиотехнике как в передатчиках (наприм. схема промежуточного контура с Е. с.), так и в приемниках (наприм. регенеративный приемник с обратной Е. с.). На практике кроме специально устанавливаемых схем с Е. с., приходится весьма часто встречаться с появлением так наз. вредных Е. с., произвольно получающихся почти во всех радиотехнич. схемах; эти паразитные Е. с. обусловливаются, с одной стороны, неизбежно существующей емкостью любого тела относительно земли, а с другой стороны—таким же естественным наличием емкости между отдельными частями и даже между отдельными проводами одной и той же схемы. Точнее выражаясь, Е. с. существует всегда в любой схеме (в той или иной степени), и влияние ее на любой процесс, совершающийся в данной схеме, необходимо всегда учитывать. О полезном применении Е. с. см. *Передатчики* и *Приемники*; о мерах, устраняющих или ослабляющих вредные Е. с., см. *Нейтродинный прием* и *Связь*. Коэф. связи для общего случая Е. с. (обозначения—на фиг.) выражается ф-лой:



$$k = \frac{\frac{1}{\omega C_k}}{\sqrt{\frac{1}{\omega C_I}\cdot\frac{1}{\omega C_{II}}}} = \frac{\sqrt{C_I\cdot C_{II}}}{C_k},$$

где $\frac{1}{C_I} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_k}$, а $\frac{1}{C_{II}} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_k}$. При Е. с. двух колебательных контуров получающиеся волны связи характеризуются угловыми частотами:

$$\omega' = \sqrt{\frac{\omega_1^2 + \omega_2^2 - \sqrt{(\omega_1^2 - \omega_2)^2 + 4k^2\omega_1^2\omega_2^2}}{2}},$$
$$\omega'' = \sqrt{\frac{\omega_1^2 + \omega_2^2 + \sqrt{(\omega_1^2 - \omega_2^2)^2 + 4k^2\omega_1^2\omega_2^2}}{2}}. \quad (1)$$

где $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{C_I\cdot L_1}}$ и $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{C_{II}\cdot L_2}}$. Практически коэф. Е. с. может быть определен измерением напряжений в различных точках схемы (см. фиг.) по ф-ле:

$$k = \sqrt{\frac{V_{12}\cdot V_{21}}{V_1\cdot V_2}},$$

где $V_{12} = \frac{I_1}{i\omega C_k}$—напряжение между точками A и B; $V_1 = \frac{I_1}{i\omega}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_k}\right)$—напряжение между точками A и 1 (причем в обоих случаях при измерении контур II разомкнут, и возбуждается лишь контур I); $V_{21} = \frac{I_2}{i\omega C_k}$—напряжение между точками A и B, а $V_2 = \frac{I_2}{i\omega}\left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_k}\right)$—напряжение между точками A и 3 (причем при этих двух измерениях контур I разомкнут и возбуждается лишь контур II). Подробнее см. *Связь*.

ЕМКОСТЬ э л е к т р и ч е с к а я между 2 проводниками—отношение заряда Q этих проводников к напряжению V между ними:

$$C = \frac{Q}{V}.$$

Если Q измеряется в кулонах, а V—в вольтах, то C выражается в фарадах. Обычно пользуются более мелкими единицами емкости, микрофарадой (μF) или нанофарадой (nF). Многие применяют в своих расчетах также электростатическую единицу емкости—с а н т и м е т р:

$$1\,F = 10^6\,\mu F = 10^9\,nF = 9\cdot 10^{11}\ «см».$$

Различают Е. с т а т и ч е с к у ю и Е. д и н а м и ч е с к у ю.

Е. статическая. Статической называют Е., измеряемую в стационарном или квазистационарном поле, когда можно говорить о разности потенциалов между проводниками. Е. статическая зависит от конфигурации проводников в электрич. поле и от промежуточной среды. Если один из двух проводников удален бесконечно далеко, то говорят о Е. уединенного проводника, равной заряду этого проводника, деленному на его потенциал, причем потенциал бесконечно удаленного проводника принимается равным нулю. Ниже приведены формулы для емкости

уединенных проводников в среде с диэлектрическим коэфициентом ε.

1) Шар радиуса r (*см*):

$$C = \varepsilon \cdot 1{,}11 \cdot 10^{-6} \cdot r \ \mu F,$$

т. о. Е. земного шара

$$C \cong 1{,}11 \cdot 10^{-6} \cdot 6{,}37 \cdot 10^{8} = 710 \ \mu F.$$

2) Эллипсоид вращения с полуосями $a > b = c$:

$$C = \varepsilon \cdot 2{,}22 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{ae}{\ln \frac{1+e}{1-e}} \ \mu F \left(e^2 = \frac{a^2-b^2}{a^2}\right).$$

3) Эллипсоид вращения с полуосями $b < a = c$:

$$C = 1{,}11 \cdot 10^{-6} \cdot \varepsilon \cdot \frac{ae}{\arcsin e} \ \mu F \left(e^2 = \frac{a^2-b^2}{a^2}\right).$$

4) Тонкая шайба радиуса r:

$$C = 0{,}71 \cdot 10^{-6} \cdot \varepsilon \cdot r \ \mu F.$$

Если оба проводника расположены на конечном расстоянии друг от друга, причем большинство силовых линий, исходящих от проводника с бо́льшим потенциалом, попадает на второй проводник, то они образуют к о н д е н с а т о р.

Приведем ф-лы для Е. различных конденсаторов в среде с диэлектрич. коэф-том ε:

1) Две круглые шайбы, толщина которых d, а радиус r, на расстоянии a:

$$C = 0{,}884 \cdot 10^{-7} \cdot \varepsilon \cdot \left[\frac{\pi r^2}{a} + r\left(\ln \frac{16\pi r(a+d)}{a^2} + 1 + \frac{d}{a} \cdot \ln \frac{a+d}{d}\right)\right] \mu F.$$

Если $a \ll r$, то

$$C = 0{,}884 \cdot 10^{-7} \cdot \varepsilon \cdot \frac{\pi r^2}{a} \ \mu F.$$

2) Две концентрические сферы с радиусами r и R:

$$C = 1{,}11 \cdot 10^{-6} \cdot \varepsilon \cdot \frac{r}{1-\frac{r}{R}} \ \mu F.$$

3) Цилиндрический конденсатор, радиусы внешней и внутренней обкладок к-рого r и R, а длина l:

$$C = 5{,}55 \cdot 10^{-7} \cdot \varepsilon \cdot \frac{l}{\ln \frac{R}{r}} \ \mu F.$$

4) Два эксцентрич. цилиндра радиусов r_1 и r_2, длиной l при расстоянии осей d.

а) Один цилиндр внутри другого:

$$C = 5{,}55 \cdot 10^{-7} \cdot \varepsilon \cdot \frac{l}{\ln \frac{l}{2r_1r_2}(r_1^2+r_2^2+k)} \ \mu F,$$

$$k^2 = (r_1^2+r_2^2)^2 - 2d^2(r_1^2+r_2^2) - d^4.$$

б) Один цилиндр вне другого:

$$C = 5{,}55 \cdot 10^{-7} \cdot \varepsilon \cdot \frac{l}{\ln \frac{1}{2r_1r_2}[d^2-(r_1^2+r_2^2)+k]} \ \mu F,$$

$$k^2 = d^4 - 2d^2(r_1^2+r_2^2) + (r_1^2-r_2^2)^2.$$

5) Цилиндр радиуса r и длиной l, параллельной бесконечной плоскости на расстоянии d от оси цилиндра:

$$C = 5{,}55 \cdot 10^{-7} \cdot \varepsilon \cdot \frac{l}{\operatorname{Ar\,sh} \frac{d}{r}} \ \mu F.$$

6) Провод радиуса r *см*, подвешенный на расстоянии h *см* от земли:

$$C = 5{,}55 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{\ln \frac{2h}{r}} \ \mu F \text{ км} \qquad (h \gg r).$$

(См. также *Емкость антенны*.)

Н е с к о л ь к о п р о в о д н и к о в. Если электрич. поле ограничено больше чем двумя проводниками, то понятие Е. усложняется, так как заряд каждого проводника в этом случае зависит от потенциала других проводников. Если имеется система из n проводников и земли, потенциал к-рой принимают равным нулю, то заряды q_i и потенциалы u_i (относительно земли) этих проводников связаны между собой линейными ур-ниями:

$$u_i = \sum_{\lambda=1}^{n} a_{i\lambda} q_\lambda \ (i = 1, 2, 3, \ldots, n).$$

Коэф-ты $a_{i\lambda}$ называются п о т е н ц и а л ь н ы м и к о э ф и ц и е н т а м и. Они симметричны, т. е. $a_{i\lambda} = a_{\lambda i}$. Коэф. $a_{i\lambda}$ равен потенциалу, к-рый устанавливается на проводнике i, когда проводник λ получает заряд $q_\lambda = 1$, а все остальные проводники не имеют зарядов. Решая данную систему ур-ий относительно зарядов q_i, получают систему линейных ур-ий:

$$q_i = \sum_{\lambda=1}^{n} \beta_{i\lambda} u_\lambda \ (i = 1, 2, 3, \ldots, n).$$

Коэф-ты $\beta_{i\lambda}$, пропорциональные минорам определителя $(a_{i\lambda})$, тоже симметричны, т. е. $\beta_{i\lambda} = \beta_{\lambda i}$, и всегда > 0. Коэфициенты $\beta_{i\lambda}$ называются к о э ф и ц и е н т а м и э л е к т р и ч е с к о й и н д у к ц и и. Обыкновенно пишут:

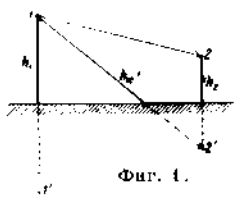
$$\beta_{ii} = C_{i1} + C_{i2} + \ldots + C_{in},$$
$$\beta_{i\lambda} = -C_{i\lambda},$$

и т. о. получается след. система уравнений:

$$q_1 = C_{11}u_1 + C_{12}(u_1 - u_2) + \ldots + C_{1n}(u_1 - u_n),$$
$$q_2 = C_{21}(u_2 - u_1) + C_{22}u_2 + \ldots + C_{2n}(u_2 - u_n).$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$q_n = C_{n1}(u_n - u_1) + C_{n2}(u_n - u_2) + \ldots + C_{nn}u_n$$

Коэф-ты C_{ii} называют Е. проводника i относительно земли, а $C_{i\lambda}$—частичной Е. между проводниками i и λ.

Рассмотрим несколько таких систем.



Фиг. 1.

1) Два провода с радиусами r_1 и r_2 подвешены на высоте h_1 и h_2 на расстоянии d_{12} друг от друга (фиг. 1). Для решения этой задачи рассматривают зеркальные изображения 1′ и 2′ проводов 1 и 2 относительно земли и расстояние $h_{12'}$ между 1 и 2′. Тогда

$$C_1 = 5{,}55 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\ln \frac{2h_1}{r_1}}{D} \ \mu F/\text{км},$$

$$C_2 = 5{,}55 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\ln \frac{2h_2}{r_2}}{D} \ \mu F/\text{км},$$

$$-C_{12} = 5{,}55 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\ln \frac{h_{12'}}{d_{12}}}{D} \ \mu F/\text{км},$$

где

$$D = \left(\ln \frac{2h_1}{r_1}\right) \cdot \left(\ln \frac{2h_2}{r_2}\right) - \left(\ln \frac{h_{12'}}{d_{12}}\right)^2$$

Если $r_1 = r_2 = r$, $h_1 = h_2 = h$, то

$$C_1 = C_2 = 5{,}55 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\ln \frac{2h}{r}}{\left(\ln \frac{2h}{r}\right)^2 - \left(\ln \frac{\sqrt{d^2+4h^2}}{d}\right)^2} \ \mu F/км,$$

$$-C_{12} = 5{,}55 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\ln \frac{\sqrt{d^2+4h^2}}{d}}{\left(\ln \frac{2h}{r}\right)^2 - \left(\ln \frac{\sqrt{d^2+4h^2}}{d}\right)^2} \ \mu F/км.$$

Аналогичные ф-лы выведены для трех- и четырехпроводных линий, для многожильных кабелей, для электронных ламп. При расчете Е. системы цилиндрич. проводников пользуются по б. ч. методом изображений электрических и методом конформных отображений (см *Электростатика*). Следует отметить, что Е. между двумя проводниками обратно пропорциональна электрич. сопротивлению между этими проводами, так что задачи расчета Е. и расчета сопротивлений математически эквивалентны.

В том случае, когда проводники соединены т. о., что все силовые линии проходят последовательно от одного проводника к следующему, эти проводники образуют цепь последовательно соединенных конденсаторов, имеющих один и тот же заряд Q, причем напряжение u_i на обкладках каждого конденсатора обратно пропорционально его емкости C_i:

$$u_i = \frac{Q}{C_i}.$$

Общая емкость C всей системы определяется по формуле:

$$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{C_n}.$$

При параллельном соединении, когда напряжение u на обкладках всех конденсаторов одинаково, заряд Q_i распределяется пропорционально емкости C_i этих конденсаторов:

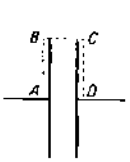
$$Q_i = C_i u,$$

а общая емкость C всей системы определяется по формуле:

$$C = \sum C_i = C_1 + C_2 + \ldots + C_n.$$

См. *Электрические конденсаторы*.

Е. динамическая. При быстрых колебаниях не существует электрич. потенциала. В этом случае напряжение между двумя точками зависит от пути, по которому измеряется это напряжение. Можно условиться называть динамическим напряжением $u_д$ плоского конденсатора линейный интеграл напряженности электрич. поля вдоль пунктирной линии $ABCD$ (фиг. 2). Тогда динамич. Е. $C_д$ определится как отношение заряда конденсатора q к его напряжению $u_д$:



Фиг. 2.

$$C_д = \frac{q}{u_д}.$$

Величина $C_д$ зависит и от среды и от частоты тока, так что при быстрых колебаниях поле распределяется неравномерно внутри конденсатора.

Статическая Е. C отличается от $C_д$, и отношение $\frac{C_д}{C} = a_v$ называется множителем вытеснения (Verdrängungsfaktor). Этот множитель в случае круглого плоского конденсатора радиуса R, при расстоянии d между обкладками и круговой частоте ω:

$$a_v = \frac{2}{\frac{\omega}{a} \cdot R} \cdot \frac{I_1\left(\frac{\omega}{a} \cdot R\right)}{I_0\left(\frac{\omega}{a} \cdot R\right)},$$

где $a^2 = \frac{9 \cdot 10^{20}}{\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\right)}$ (ε_0 — диэлектрич. коэфициент вакуума и ε — диэлектрич. коэф-т данной среды, вообще говоря, комплексный и только для совершенных диэлектриков являющийся действительным числом). Функции I_1 и I_0 — бесселевы ф-ии первого и нулевого порядка. При критических значениях частоты ф-ии I_1 или I_0 обращаются в нуль, и, соответственно, динамич. Е. становится равной нулю или бесконечности. Эти частоты соответствуют частотам собственных колебаний конденсатора. Практически такое изменение Е. может возникнуть только при очень больших частотах. Так например, конденсатор, у которого $R = 10$ *см* и $\varepsilon = \varepsilon_0$, т. е. $a = 3 \cdot 10^{10}$ *см/сек*, будет иметь первую критич. частоту при $\omega = 7{,}2 \cdot 10^9$, т. е. при 10^9 пер/сек.

В начале развития электротехники пользовались низкими напряжениями, при которых Е. не имела большого значения (Лейденская банка). В наст. время при громадном росте применяемых напряжений значение электрич. поля, а следовательно и Е., в технике сильных токов все увеличивается (кабели, воздушные линии, защита). Еще более существенной является роль емкости в технике связи, при определении частоты колебаний и связи между собой электрических цепей.

Лит.: Круг К. А., Основы электротехники, М., 1926; Maxwell C. J., Treatise on Electricity a. Magnetism, L., 1882; Orlich E., Kapazität und Induktivität, Brschw., 1909; Cohen L., Formulae a. Tables for the Calculation of Alternating Current Problems, N. Y., 1913; Breisig F., Theoretische Telegraphie, 2 Aufl., Brschw., 1924; Ollendorff F., Die Grundlagen d. Hochfrequenztechnik, Berlin, 1926; Wagner K. W., «Archiv für Elektrotechnik», B., 1920, B. 8, p. 145.
Я. Шпильрейн.

ЕМКОСТЬ АНТЕННЫ. Статическая Е. а. — емкость проводов сети относительно земли или противовеса. Определение Е. а. весьма важно, т. к. при заданном предельном напряжении $V_{пр}$ на конце антенны мощность передающей радиостанции ограничивается Е. а. Для затухающих колебаний:

$$C \geqslant \frac{2P}{NV^2_{пр}}, \qquad (1)$$

для незатухающих колебаний:

$$C \geqslant \frac{P}{\delta f V^2_{пр}}, \qquad (2)$$

где C — емкость антенны в F, P — мощность в антенне в W, N — число групп колебаний (искр) в сек., δ — логарифмический декремент затухания, f — частота. Неравенства (1) и (2) вполне справедливы лишь для сети, работающей длиной волны значительно больше собственной ($\lambda \geqslant 3\lambda_0$). При меньшей длине волны необходимо учесть неравномерное распределение напряжения вдоль антенны. В этом случае, при незатухающих колебаниях и антенне с равномерно распределенной во

длине емкостью, вместо неравенства (2) применяют следующее соотношение:

$$C \geqslant \frac{4\,243\,Jl}{V_{пр.}\sin ml}, \qquad (3)$$

где C—Е. а. в *см*, l—длина антенны в *м*, $m = \frac{2\pi}{\lambda}$ — угловая частота в пространстве.

Определение точной величины Е. а. встречает большие затруднения. Для этого необходимо было бы задать одинаковый потенциал всем проводам антенны и определить распределение заряда, что чрезвычайно сложно. Однако если бы это было возможно, то и тогда влияние окружающих предметов (деревья, здания, мачты, оттяжки и т. д.) настолько исказило бы величину емкости, что точное теоретич. определение все равно оказалось бы излишним. Поэтому точность в несколько процентов (в некоторых случаях даже до 10%) считается при определении Е. а. вполне достаточной. Так как антенна состоит обычно из ряда горизонтальных (или наклонных) и ряда вертикальных проводов, то емкости горизонтальной и вертикальной части определяются отдельно, а затем складываются.

Наиболее совершенный теоретич. метод для определения Е. а. дал Гоу (Howe) [1]. Задаваясь равномерно распределенным вдоль провода зарядом, Гоу определяет распределение потенциала, а затем находит среднее значение потенциала и емкость как частное от деления величины заряда на величину среднего значения потенциала. Для горизонтального провода, находящегося на высоте h над землей,

$$C = \frac{l}{2\left(\ln\frac{l}{r} - 0{,}309 - E\right)},$$

где l—длина провода, r—его радиус; все величины в *см*. E при большой высоте провода по сравнению с длиной равно $\frac{l}{4h}$; точная же его величина:

$$E = \operatorname{Ar\,sh}\frac{l}{2h} + \frac{2h}{l} - \sqrt{1 + \frac{4h^2}{l^2}}.$$

Ряд горизонтальных параллельно расположенных на высоте h проводов, если расстояние между ними равно d, обладает емкостью:

$$C = \frac{nl}{2\left[n\left(\ln\frac{l}{d} - 0{,}309 - E\right) - \ln\frac{d}{r} - B\right]},$$

где B—величина, зависящая от числа проводов, как это видно из нижеследующего:

$n =$	2	3	4	5	6	7
$B =$	0	0,46	1,24	2,24	3,48	4,85
$n =$	8	9	10	11	12	
$B =$	6,40	8,06	9,80	11,65	13,58	

Гоу дает также расчет емкости вертикального провода, влияния проводов вертикальной и горизонтальной части друг на друга, расчет сложных антенн различной формы и т. д. Пользуясь методом Гоу, Гровер (Grover) [2] дал все необходимые ф-лы и таблицы для расчета емкости сети (в английск. мерах). Изложен метод Гоу на русском языке В. Гуровым [3]. Упрощенный метод расчета емкости сети предложил М. В. Шулейкин [4]. Предполагая, как и Гоу, равномерно распределенным заряд, а не потенциал, М. В. Шулейкин определяет потенциал на поверхности проводника из ф-лы потенциала бесконечно длинного провода. Для одного провода получается емкость:

$$C = \frac{l}{2\ln\frac{2h}{r}}.$$

Для ряда параллельных горизонтально расположенных на расстоянии d друг от друга проводов:

$$C = \frac{nl}{2\ln\left[\frac{2h}{r}\left(\frac{2h}{d}\right)^{n-1}\cdot\frac{1}{(n-1)!}\right]}.$$

Для вертикального провода М. В. Шулейкин определяет потенциал средней точки провода и получает емкость:

$$C = \frac{l}{2\ln\frac{l}{r\sqrt{3}}}.$$

Для ряда параллельных вертикально расположенных на расстоянии d друг от друга проводов получается ф-ла:

$$C = \frac{nl}{2\ln\left[\frac{l}{r\sqrt{3}}\left(\frac{l}{d\sqrt{3}}\right)^{n-1}\cdot\frac{1}{(n-1)!}\right]}.$$

Из полуэмпирич. ф-л следует особенно отметить ф-лу Эттенрейха (Ettenreich) [5] для горизонтальной части антенны:

$$C = 0{,}36\,AB\sqrt{lb} + 0{,}079\,A'B'\frac{lb}{h},$$

где l—длина сети, b—ширина, h—высота над землей; все величины в *см*. Коэф-ты A и A' зависят от формы сети, а именно от отношения $\frac{l}{b}$, коэф-ты B и B'—от заполнения площади сети проводами, т. е. от величины

$$\delta = n\sqrt{\frac{l}{b}} \quad \text{и} \quad \delta' = \frac{\sqrt{lb}}{r}.$$

Коэфициенты A и A', а также B и B' получаются из табл. 1 и 2.

Табл. 1.—Значения коэф-тов A и A'.

$\frac{l}{b}$	1	2,67	4,16	6,00	10,6	16,7
A	1,03	1,08	1,16	1,22	1,35	1,47
A'	1,11	1,20	1,27	1,40	1,63	1,88

Для грубых подсчетов при расположении проводов на расстоянии около 1 *м* друг от друга можно руководствоваться следующими данными: один провод обладает емкостью 5 *см* на *м* провода, два параллельных провода—около 8 *см*, три провода—около 10 *см*, четыре—около 12 *см* на *м* длины антенны.

Табл. 2.—Значения коэфициентов B и B'.

δ	12			24			36		
δ'	500	2 000	20 000	500	2 000	20 000	500	2 000	20 000
B	0,86	0,74	0,68	0,95	0,90	0,82	0,98	0,94	0,89
B'	0,72	0,59	0,46	0,86	0,74	0,61	0,88	0,77	0,67

Динамическая Е. а.—емкость такого конденсатора, на к-ром при напряжении, равном максимальному напряжению (в пучности) антенны, сосредоточен заряд, равный заряду антенны, причем напряжение, как обычно, считается вдоль проводов антенны. Это м. б. выражено так:

$$C_{\partial.} = \frac{1}{V_{max}} \int_0^l C_1 V\, dx,$$

где C_1—емкость на единицу длины антенны, V—напряжение в точке с координатой x, V_{max}—напряжение в пучности. При равномерном распределении емкости вдоль проводов антенны

$$C_{\partial.} = C_0 \frac{\sin ml}{ml},$$

где C_0—статическая Е. а., $m = \frac{2\pi}{\lambda}$. Для собственной длины волны $\left(\lambda = \lambda_0;\ ml = \frac{\pi}{2}\right)$

$$C_{\partial.} = \frac{2}{\pi} C_0,$$

для большой длины волны $(\lambda \gg \lambda_0)$

$$C_{\partial.} \simeq C_0.$$

Эффективная Е. а.—емкость такого контура, к-рый по длине волны и по количеству электромагнитной энергии эквивалентен антенне. Для собственной длины волны

$$C_{эфф.} = \frac{8}{\pi^2} C_0 = 0.812 C_0.$$

для большой длины волны

$$C_{эфф.} \simeq C_0.$$

Вопрос о динамической и эффективной емкостях подробно разобран Вагнером (Wagner) [6] и Гундом (Hund) [7].

Е. а. при расчете приемных радиостанций играет значительно меньшую роль в виду крайне незначительных напряжений, получающихся на концах приемной антенны (см. *Излучение и прием*). О емкости замкнутой антенны см. *Замкнутая антенна*.

Лит.: 1) Howe G. W. O., «Electrician», L., 1914, *73*, p. 859, 906, 1915, *75*, p. 870, 1916, *77*, p. 761, 880; Howe G. W. O., «Jahrbuch d. drahtlosen Telegr. u. Teleph.», B., 1916, B. 10, p. 412; 2) Grover F. W., Methods. Formulae a. Tables for the Calculation of Antennae Capacity, «Bureau of Standards, Scientific Papers», Wsh., 1928, *568*; 3) Гуров В., «ТиТбП», 1918, *3*, *4*, стр. 89, 113; 4) Шулейкин М. В., «Вестник военной электротехники и радиотелеграфии», П., 1917, *2*, стр. 71; его же, «ТиТбП», 1918, *1*, стр. 29; 5) Ettenreich R., «Jahrbuch d. drahtl. Telegr. u. Teleph.», B., 1922, B. 20, H. 3, p. 180; 6) Wagner K. W., «Archiv für Elektrotechnik», B., 1920, B. 8, p. 145; Miller J. M., «Proceedings of the Inst. of Radio Engineers», N. Y., 1919, June, p. 299; 7) Hund A., «Proceedings of the Inst. of Radio Engineers», New York, 1920, Oct., p. 424.—Кляцкин И. Г., «ТиТбП», 1921, *9*, стр. 307; Рожанский Д. А., там же, 1922, *13*, стр. 293; Фрейман И. Г., там же, 1922, *13*, стр. 303; Петровский А. А., Радиосети (издание на правах рукописи), Л., 1924; Cohen L., «Jahrb. d. drahtl. Telegr. und Teleph.», Berlin, 1913, B. 7, p. 439, ibid., 1916, B. 10, p. 405; «Electrician», 1913, *10*, p. 881, 917; Austin L. W., «Proceedings of the Instit. of Radio Engineers», New York, 1920, Apr., p. 164.

И. Кляцкин.

Ж

ЖАВЕЛЕВАЯ ВОДА, см. *Хлора соединения*.

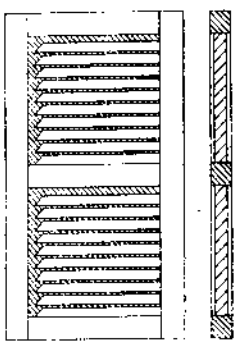
ЖАД, нефрит, разновидность минерала актинолита ($FeO \cdot 3\,CaO \cdot 4\,SiO_2$), плотного спутанно-волокнистого строения. Цвет его белый, серый, яблочно-зеленый до темнозеленого, иногда со слоистой или пятнистой окраской; черта белая, блестящая; в отшлифованном виде имеет масляный блеск; просвечивает по краям; наощупь несколько жирен; излом занозистый; весьма вязок: тв. Ж. 5,5—6,0, уд. вес 2,9—3,1. Ж. плавится с большим трудом, чем отличается от похожего на него минерала жаденита. В доисторические времена из него выделывали различного рода орудия. В настоящее время Ж. ценится в Средней и вост. Азии и Австралии как материал для выделки украшений, чашек, ваз, пикатулок, сабельных эфесов и др. В Китае для подделки нефрита идет зеленый *везувиан* (см.). Добывается как в коренных месторождениях (в областях кристаллич. сланцев), так и в виде галек и валунов. Главнейшие месторождения находятся в Китайском Туркестане (по рр. Яркенд и Кашгар). Новой Зеландии, ю. Китае (Юннан, Гань-Су) в Силезии (Иордансмюле) и Штирии. В СССР нефрит в виде валунов травяно-зеленого цвета встречается в Бурято-Монгольской АССР.

По своим физич. свойствам Ж. сходен с жаденитом, минералом пироксеновой группы, разновидностью сподумена. Химический состав жаденита $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4\,SiO_2$. Твердость 6,5—7; уд. в. 3,2—3,4; цвет от яблочно-зеленого до изумрудно-зеленого. Ценный поделочный материал. По стоимости ежегодной мировой добычи драгоценных камней жаденит занимает шестое место (см. *Драгоценные камни*). Месторождения жаденита известны в Азии (Бирма, Памир) и Европе (район Нейенбургского озера).

Лит.: Штини И. и Мушкетов Д., Технич. геология, Л., 1925; «НИ», т. 1, 1926; Лебедев Г., Учебник минералогии, СПБ, 1907; Fay A., A Glossary of the Mining a. Mineral Industry, Wsh., 1920.

ЖАККАРДОВА МАШИНА, жаккардова каретка, представляет собой зевообразующий механизм в ткацком станке, применяемый для выработки сложноузорчатых тканей, когда число групп одинаково переплетающихся основных нитей очень велико (см. *Ткацкое производство*).

ЖАЛЮЗИ, решетчатые оконные ставни, весьма распространенные в южных странах, служащие для защиты от палящих полуденных лучей солнца. В простейшем своем виде деревянные Ж., подобно глухим ставням, делаются створными и состоят из рамы или обвязки, середина которой имеет решетчатое заполнение из дощечек, поставленных наклонно и на некотором расстоянии одна от другой. Наклон к горизонту с уклоном в направлении наружу делается в 45°, причем пластинки шириною 10—12 *см* и толщиною 1—1,5 *см* располагаются так, что каждый верхний ряд несколько (на 12—15 *мм*) перекрывает нижний, с промежутком в 5—6 *см* (фиг. 1).

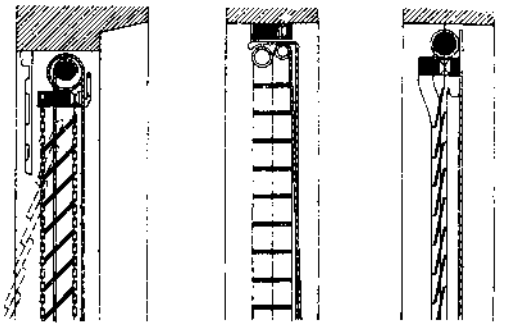


Фиг. 1.

Ж. препятствуют проникании солнечных лучей или косого дождя, но пропускают в достаточной мере и свет и воздух. Ж., не допуская заглядывания в окна снаружи, не мешают вместе с тем видеть из комнаты, что делается за окном, и отчасти предохраняют от мух, комаров и других насекомых, а также и от уличной пыли.

Другого вида оконные Ж. отличаются тем, что дощечки, их составляющие, могут вращаться около горизонтальных осей. Опуская или поднимая за рукоятку связывающий дощечки (при помощи закреп) вертикальный стержень, можно дощечкам придать больший или меньший наклон, увеличивая или уменьшая т. о. просветы между ними. При крайнем положении пластинок, близком к вертикальному, жалюзи представляют собою глухие ставни. Существуют Ж., напоминающие своим устройством шторы. Такие Ж. состоят обыкновенно из тонких, но широких деревянных пластинок (толщиною 3 *мм* и шириною 60 *мм*), соединенных или несколькими рядами холщевых лент или проволочными подвижными скрепами, образующими род цепей. Ж. прикрепляются к дощечке толщиною 3 *см* и шириною 6 *см* и,

будучи заделаны при помощи этой дощечки в оконном проеме, могут подниматься и опускаться. В опущенном состоянии просветы между пластинками Ж., в зависимости от натяжения шнура, могут изменяться до полного уничтожения. Шнуры, служащие для поднимания и опускания Ж., делаются из льна, стальной проволоки или составляются из железных цепей (фиг. 2). К этому типу



Фиг. 2.

подвижных Ж. относятся и свертывающиеся Ж.—в сущности уже шторы, выделываемые из дерева, а также из железа и даже стали. Металлич. подвижные Ж. изготовляются с целью защиты окон в первых этажах торгово-промышленных учреждений.

Все виды подвижных Ж. имеют: 1) вертикальные направляющие, в которых скользят при движении вверх и вниз концы пластинок, 2) застежки внизу и 3) коробки вверху для помещения в них Ж. в сложенном или свернутом состоянии. В последнем случае Ж. наматываются на закрепленный (в горизонтальном положении) в коробке деревянный барабан. Указанные части Ж. обеспечивают правильность движения и устойчивость против напора ветра.

Ж. находят применение и в устройствах стен таких помещений, в которых требуется постоянное энергичное возобновление и движение воздуха и вместе с тем достаточная защита от лучей солнца, дождя и снега. Так, стены в виде Ж. встречаются при устройстве различного назначения сушилен или, напр., помещений оросительных конденсаторов холодильных установок, в складах товаров и т. д. Небольшие металлич. Ж., изготовляемые из железа, стали, меди, цинка, бронзы, с неподвижными или подвижными пластинками, служат для прикрытия отверстий вентиляционных каналов. В этих случаях Ж. получают название жалюзийных клапанов.

Лит.: Иссель Г., Внутренняя отделка зданий, СПБ, 1900; Opderbeike A., Der innere Ausbau, Leipzig, 1904; Koch H., Fenster u. Türen u. andere bewegliche Wandverschlüsse, Handbuch der Architektur, hrsg. v. J. Durm u. E. Schmitt, B. 3, T. 3, H. 1, Stuttgart, 1901. **И. Дюмулен.**

ЖАРОВЫЕ ТРУБЫ, см. *Котлы паровые.*

ЖАРОПОНИЖАЮЩИЕ СРЕДСТВА, вещества, обладающие способностью понижать t° больного организма. Обыкновенно они обладают также и болеутоляющим (анальгезирующим) действием. Жаропонижающее и анальгезирующее действие у ряда ароматич. соединений сопровождается антисептич. действием. К главнейшим Ж. с. относятся: *антипирин* (см.), в последнее время часто применяющийся в соединении с салициловой к-той под названием салипирина; *пирамидон* (см.); цитрованиль, состоящий гл. обр. из лимоннокислого пирамидона; тригемин—химическое соединение пирамидона и бутилхлоралгидрата; антифебрин (см. *Анилиды*), вследствие своей ядовитости применяющийся мало, гл. образом в ветеринарной практике; фенацетин (ацетофенетидин), гораздо менее ядовитый, чем предыдущие, и реже вызывающий побочные явления; лактофенин (лактилфенетидин), действующий сильнее фенацетина; салициловая к-та и салициловый натр, кроме жаропонижающего действия обладающие хорошим антисептическим свойством; *аспирин* (см.) — широко распространенное жаропонижающее и анальгезирующее средство; салол, фениловый эфир салициловой кислоты, распадающийся в кишечнике на салициловую кислоту и фенол. Жаропонижающими свойствами обладают и другие вещества, редко употребляемые в качестве специально жаропонижающих средств (бензол, нафталин, гваякол, креозот).

Лит.: Кравков Н. П., Основы фармакологии, ч. 2, стр. 77—128, М.—Л., 1928. **О. Магидсон.**

ЖАСМИН. 1) Ложный жасмин, чубушник, Philadelphus coronarius L., небольшой кустарник из сем. Philadelpheae, произрастающий в горах Кавказа, на Амуре, в лесах южного Тироля и Венгрии. Ж. — прекрасное декоративное растение; он распространен в садах почти по всему СССР. Древесина Ж. плотная, с широкой сердцевиной, шла на изготовление чубуков. Из мелких ветвей добывают черную краску; цветы идут на изготовление духов, а иногда употребляются как суррогат чая. Кроме дикого Ж. в садах разводят целый ряд различных видов этого кустарника, произрастающих в С. Америке, например P. latifolius Schrenk и др.

2) Жасмин настоящий, Jasminum officinale L. и J. fruticans L., низкорослые кустарники из сем. Oleaceae Linde, произрастающие дико в Закавказьи; их разводят в садах и парках как декоративные растения, а также для добывания душистых эфирных масел. **Н. Кобранов.**

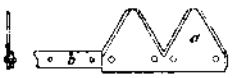
ЖАСМИННОЕ МАСЛО, эфирное масло цветов жасмина (Jasminum grandiflorum и J. officinale), не может получаться перегонкой с водяным паром, а исключительно методом *анфлеража* (см.) или путем экстракции; выход чистого масла при экстракции не превышает 0,07%, тогда как при анфлеражо удается его получить до 0,25%; Ж. м. обычно поступает в продажу в виде «помад» или твердого цветочного масла (Essence concrète), добывается Ж. м. гл. обр. на юге Франции. В состав Ж. м. входят бензиловый спирт, линалоол, уксусные эфиры бензилового спирта и линалоола, метиловый эфир антраниловой кислоты, жасмон (кетон) $C_{11}H_{16}O$ и индол. Т. наз. германское Ж. м. есть продукт, получаемый экстракцией из цветов чубушника (Philadelphus coronarius); состав этого масла не установлен, однако во многих случаях герм. Ж. м. может заменить

французское. Первое можно получать в СССР в Крыму и на Кавказе, второе—в южных и средних областях. Вследствие высокой цены натурального Ж. м. широко распространено применение искусственного, которое получается смешиванием составных частей натурального с другими соединениями, близкими по запаху. Применяется Ж. м. и очень больших количествах в парфюмерном производстве.

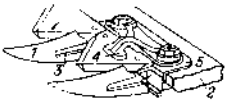
Лит.: Finnemore H., The Essential Oils, L., 1926; Jeancard P., Les parfums, P., 1927; Wagner A., Die ätherischen Öle, Lpz., 1925; Winter F., Handbuch d. gesamten Parfümerie u. Kosmetik, W., 1927.

Б. Рутовский.

ЖАТВЕННЫЕ МАШИНЫ, с.-х. орудия для механизации уборки хлебных злаков и полевых трав. Существенною частью Ж. м. служит режущий аппарат, состоящий из ряда треугольных стальных сегментов *a* с двумя отточенными краями (фиг. 1),



Фиг. 1.

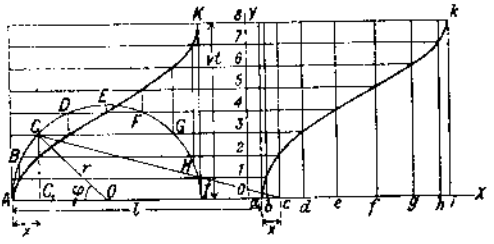


Фиг. 2.

приклепанных к стальной полосе, так наз. спинке ножа *b*. Получаемая т. о. ножевая полоса вставляется в особые пальцы *1* (фиг. 2 и 3), укрепляемые посредством болтов на пальцевом брусе *2*. В пальцы врезаны пластинки (вкладыши) *3*, укрепленные в них заклепками; края вкладышей имеют насечку, как у серпа, для удерживания захваченных стеблей при срезывании их ножевой полосой. Ножевые сегменты плотно прижаты лапками *4* к вкладышам, для того чтобы при резании не происходило сминания стеблей; сзади ножевая полоса упирается в особые пластинки *5*, называемые пластинками трения.

Фиг. 3.

Ножевая пластинка получает колебательное движение от кривошипного механизма и в то же время участвует в поступательном движении вместе со всей машиной. Если принять, что поступательное движение совершается равномерно, а колебательное есть гармоническое движение, т. е. такое, в котором ускорение колеблющейся точки пропорционально отклонению точки от ее



Фиг. 4.

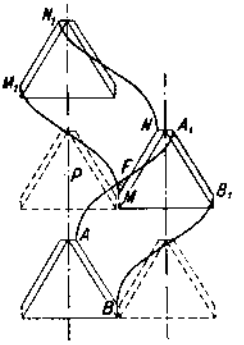
среднего положения, то в результате сложения этих двух движений каждая точка ножевой пластинки, а следовательно и ее лезвия, пробегает путь *AK* по некоторой синусоидной кривой (фиг. 4); в действительности, вследствие того, что шатун имеет не бесконечно большую, а ограниченную длину и что центр вращения кривошипа лежит не в средней плоскости движения ножей, а выше, колебание ножа совершаться будет не по простым, а по сложным гармоникам.

Для построения пути движения ножа надо провести полуокружность радиуса *OA*, равного длине кривошипа; разделив полуокружность на равные части, напр. на 8 частей, получают точки *A, B, C, D, E, F, G, H, I*; затем, сделав засечки на продолжении диаметра *AI* радиусом *Cc*, равным длине шатуна, и приняв это направление за ось *x*, получают соответственно точки *a, b, c, d, e, f, g, h, i*, в к-рые, при каждом повороте кривошипа на угол $\frac{\pi}{8} = 22^\circ 30'$, будет переходить данная точка ножевой полосы (при условии, что машина стоит на месте). При поступательном равномерном движении машины с нек-рой скоростью *v* надо отложить перпендикулярно к оси *x* расстояние *vt* (по оси *y*), соответствующее продвижению машины вперед за время полуоборота кривошипа *t*. Разделив этот отрезок на 8 равных частей, проведя из точек *1, 2, 3, 4, 5, 6, 7* и *8* линии, параллельные оси *AX*, и восставив из точек *a, b, c* и т. д. ординаты, получают точки пересечения, соединение которых дает кривую движения для любой точки ножа *ak*. Если найти точки пересечения горизонтальных прямых с соответствующими вертикальными, проведенными из точек *A, B, C* и т. д., то получим синусоиду *AK*, которая будет относиться к случаю бесконечно длинного шатуна, когда колебание является простым гармоническим. Передвижение по оси *x* проекции точки, бегущей по окружности, определяется след. обр.: если кривошип *OA* повернулся в положение *OC* на угол $\varphi = \omega t$, то отрезок AC_1, пройденный проекцией точки *C*, будет равен $x = r(1 - \cos \omega t)$; отрезок же, пройденный концом шатуна или (что то же самое) ножевой пластинкой, можно с достаточной для практики точностью выразить в общем виде так:

$$x_1 = r(1 - \cos\omega t) \mp \frac{r^2}{2l}\sin^2\omega t = r\left(1 - \cos\omega t \mp \frac{r}{2l}\sin^2\omega t\right),$$

где *l*—длина шатуна и *r*—радиус кривошипа. Поправка на длину шатуна $\mp \frac{r^2}{2l}\sin^2\omega t$ с изменением угла снова падает до нуля; чем меньше в машине отношение $\frac{r}{l}$, т. е. чем больше длина шатуна, тем меньше эта поправка, и тем более движение приближается к гармоническому. Например для кривошипа имеются следующие поправки: Диринга—0,75 $\sin^2\omega t$, Массей-Гарриса—0,61 $\sin^2\omega t$, Адрианса—0,45 $\sin^2\omega t$; для жнеек: Диринга—1,40 $\sin^2\omega t$, Массей-Гарриса—2,20 $\sin^2\omega t$, Мак-Кормика—2,00 $\sin^2\omega t$. Но в общем отклонение кривой движения ножевой пластинки мало отличается от синусоиды, а потому часто строят синусоиду *AK* вместо кривой *ak*.

Если построить путь за время движения ножа вправо и влево, то получится схема, изображенная на фиг. 5. При движении вправо лезвие *AB* срезает площадку AA_1B_1B, ограниченную двумя прямыми *AB* и A_1B_1 и двумя синусоидами AA_1 и BB_1, а при движении влево лезвие *MN* срезает площадку MM_1N_1N. Из схемы видно, что площадки AA_1B_1B и MM_1N_1N дважды перекрывают площадку *P*, и следовательно на ней происходит двойной срез при движении ножа вправо и влево, тогда как площадка *P* совсем не покрывается, и здесь стебли м. б. срезаны, только будучи наклонены вперед к площадке MM_1N_1N. Очевидно, что при более быстром колебательном движении но-



Фиг. 5.

жа площадки P уменьшаются, а площадки двойного среза F увеличиваются, а при более медленном—наоборот. Однако, по мнению некоторых исследователей (Горячкин, Крамаренко, Нахтве), отрицательное значение площадок P не имеет большого значения, так как здесь происходит отгиб стеблей; притом отгиб стеблей влечет за собой косой срез стебля, что, как показывает практика, даже облегчает работу машины. Что касается площадок F, то они являются вредными, так как нож бесполезно вновь перерезает уже срезанные стебли и обрезки засоряют пальцевый брус.

Угол наклона лезвия ножа по отношению к направлению движения делается различный. Проф. Горячкин дает зависимость между величиной этого угла α, скоростью поступательного движения машины v и линейной скоростью вращения кривошипа ωr в виде формулы:

$$\operatorname{tg}\alpha \leqslant \frac{r}{r\omega},$$

где ω—угловая скорость кривошипа и r—его радиус.

Ф-ла выводится след. обр. Абсолютное движение ножа слагается из 1) относительного движения от кривошипа вдоль пальцевого бруса и 2) поступательного движения пальцевого бруса вместе с машиной. Первое дает перемещение $x = r(1-\cos\omega t)$ со скоростью

$$u = \frac{dx}{dt} = r\omega\sin\omega t;$$

второе дает перемещение $y = vt$ со скоростью $v = \frac{dy}{dt}$.

Абсолютная скорость

$$w = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} = \sqrt{v^2 + r^2\omega^2\sin^2\omega t}$$

имеет направление под изменяющимся углом к лезвию (фиг. 6) и м. б. разложена на две скорости: w_1—с к-рой нож перерубает стебли, и w_2—с которой нож перерезает стебли скользящим движением (перепиливает); эта скользящая скорость изменяет свою величину и может иметь нулевое или отрицательные значения. Нулевое значение нежелательно; поэтому кривошипу надо придать такую скорость, чтобы она переходила через нуль только один раз или, еще лучше, не достигала его. Эта скорость равна

Фиг. 6.

$$w_2 = v\cos\alpha - \omega r\sin\alpha\sin\varphi,$$

где φ—угол, образуемый касательной к синусоиде с направлением движения машины. При $w_2 \geqslant 0$

$$v\cos\alpha - \omega r\sin\alpha\sin\varphi \geqslant 0,$$

откуда $\operatorname{tg}\alpha \leqslant \frac{v}{\omega r\sin\varphi}$.

Правая часть неравенства получает наименьшее значение при угле $\varphi = \frac{\pi}{2}$, следовательно $\operatorname{tg}\alpha \leqslant \frac{v}{\omega r}$.

По данным Нахтве, для америк. машин, при $v = 1$ *м/сек*:

для косилок . . .	$\alpha = 20-43°$;	$\omega r = 1{,}375$ -1,95 *м/сек*
для жней	$\alpha = 31-37{,}5°$;	ωr 1,1 —1,3 »
для сноповязалок	$\alpha = 31-48°$;	$\omega r - 1{,}1$ —1,5 »

Горячкин дает:

для косилок	α 27—46°
для жней	$\alpha = 37$ 42°
для сноповязалок	α 33—42°

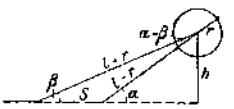
По испытаниям автора, при $v = 1$ *м/сек*, угол $\alpha \leqslant 21°43'$, и по измерениям для косилок он оказался равным 28—32°.

Для определения наивыгоднейшей угловой скорости кривошипа, обусловливающей соответствующую скорость ножа, Горячкин дает следующую формулу:

$$\omega \geqslant \sqrt{\frac{3}{2}\cdot\frac{E\cdot D^2\cdot\delta\cdot A}{l\cdot r\cdot\Sigma my^2}},$$

где E—модуль упругости стебля, D—диаметр стебля, δ—толщина стенок стебля, A—стрела прогиба на высоте срезания стебля l, Σmy^2—момент инерции стебля и r—радиус кривошипа.

Отсюда следует, что: 1) число оборотов, а следовательно и скорость ножа, д. б. больше для мягких стеблей травы; 2) скорость ножей, пробегающих два промежутка между пальцами (в сноповязалках), д. б. меньше; 3) число оборотов д. б. тем больше, чем толще стебли; 4) число оборотов д. б. тем больше, чем выше подрезается стебель; 5) число оборотов д. б. тем больше, чем легче колосья. Длина пробега ножевой пластинки S больше двойного радиуса кривошипа $2r$ вследствие того, что центр кривошипа находится выше средней плоскости движения ножей на некоторую величину h; т. о. ширина пластинки, а также и расстояние между центрами сечений пальцев д. б. меньше $2r$; при стандартной величине S, радиус кривошипа д. б. менее $\frac{S}{2}$. Геометрические соотношения между величинами S, r и h м. б. получены из следующих ур-ий (фиг. 7):



Фиг. 7.

$$\frac{S}{\sin(\alpha-\beta)} = \frac{l+r}{\sin\alpha} = \frac{l-r}{\sin\beta}, \quad (1)$$

$$h = (l+r)\sin\beta = (l-r)\sin\alpha, \quad (2)$$

$$S = \sqrt{(l+r)^2 - h^2} - \sqrt{(l-r)^2 - h^2}; \quad (3)$$

l—длина шатуна, α и β—углы наклона шатуна в мертвых положениях кривошипно-шатунного механизма.

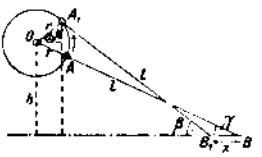
Из ур-ий (1) и (2) получается:

$$S = \frac{h\cdot\sin(\alpha-\beta)}{\sin\alpha\cdot\sin\beta}, \quad (4)$$

т. е., чем больше высота расположения оси кривошипа, тем больше пробег ножа; в косилках он значительно больше, чем в жнеях, т. к. пальцевый брус последних движется на большей высоте над землей и h соответственно меньше. Из ф-л (3) или (4) определяется величина пробега пластинки в современных машинах. Из ур-ий (3) можно получить проектируемый размер радиуса кривошипа r по данной величине пластинки S:

$$r = \frac{S}{2}\sqrt{\frac{4l^2 - 4h^2 - S^2}{4l^2 - S^2}}.$$

Аналитическое определение сил инерции кривошипно-шатунного механизма Ж. м. В виду того, что центр кривошипа O (фиг. 8) находится на высоте h над ножевой полосой, перемещение x точки B может быть определено из следующих соотношений:



Фиг. 8.

$$x = (r+l)\cos\gamma - l\cos\beta - r\cos\alpha,$$

$$k = r\sin\alpha,$$

$$h = (r+l)\sin\gamma,$$

$$k + h = l\sin\beta,$$

где l—длина шатуна, r—радиус кривошипа.

Из этих ур-ий определяем перемещение x:

$$x = \sqrt{(r+l)^2 - h^2} - r\cos\alpha - l\sqrt{1 - \left(\frac{r\sin\alpha + h}{l}\right)^2},$$

или, разложив подкоренное выражение второго корня по биному Ньютона, получим:

$$x = \sqrt{(r+l)^2 - h^2} - r\cos\alpha - l\left(1 - \frac{r^2\sin^2\alpha}{2l^2} - \frac{rh}{l^2}\sin\alpha - \frac{h^2}{2l^2}\right),$$

причем пренебрегаем третьим членом разложения по

его малости, т. к. напр. для косилок, при отношении $\frac{r}{l} = 0{,}04$ и $\sin\alpha = 1$, численное значение $\frac{1}{8}\left(\frac{r}{l}\sin\alpha\right)^4 = 0{,}00000032$. Перемещение точки B:

$$x_B = \sqrt{(r+l)^2 - h^2} - r\cos\alpha - l + \frac{r^2\sin^2\alpha}{2l} + \frac{rh}{l}\sin\alpha + \frac{h^2}{2l}.$$

Скорость точки B

$$v_B = \frac{dx}{dt} = r\frac{d\alpha}{dt}\left(\sin\alpha + \frac{r}{2l}\sin 2\alpha + \frac{h}{l}\cos\alpha\right);$$

если принять, что угловая скорость кривошипа постоянная, т. е. $\frac{d\alpha}{dt} = \omega$, то

$$v_B = r\omega\left(\sin\alpha + \frac{r}{2l}\sin 2\alpha + \frac{h}{l}\cos\alpha\right).$$

Ускорение для точки B получится после диференцирования:

$$j_B = \frac{d^2x}{dt^2} = r\omega\frac{d\alpha}{dt}\left(\cos\alpha + \frac{r}{l}\cos 2\alpha - \frac{h}{l}\sin\alpha\right) = r\omega^2\left(\cos\alpha + \frac{r}{l}\cos 2\alpha - \frac{h}{l}\sin\alpha\right);$$

пренебрегая членом $\frac{r}{l}\cos 2\alpha$ в виду его малости, получим:

$$j_B = r\omega^2\left(\cos\alpha - \frac{h}{l}\sin\alpha\right).$$

Следовательно сила инерции для точки B

$$T = mr\omega^2\left(\cos\alpha - \frac{h}{l}\sin\alpha\right).$$

Величина сил инерции довольно значительна; напр. (для косилок), при скорости ножа $v_B = \pm 2{,}5$ *м/сек* и ускорении $j_B = \pm 180$ *м/сек²*, сила инерции на ноже $T_B = 55$ *кг*; сила инерции на пальце кривошипа $T_A = 110$ *кг*; последняя раскладывается на центробежную (до 110 *кг*) и тангенциальную (до 45 *кг*). Работа сил инерции от качающихся масс ножа и части шатуна, равная за полный оборот нулю, в течение $^1/_4$ оборота м. б. выражена ф-лой:

$$L = \int_0^r m\omega^2 x\,dx = \frac{m\omega^2 r^2}{2} = \frac{I\omega^2}{2},$$

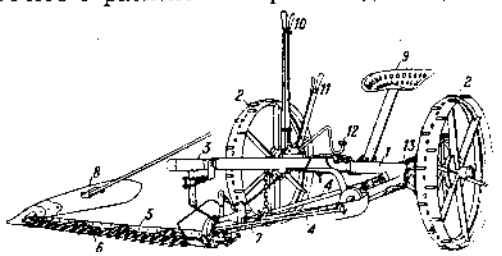
или в единицах мощности:

$$N = \frac{I\omega^2}{2\cdot 75}\left(\frac{4n}{60}\right) = \frac{4nm\omega^2 r^2}{2\cdot 75\cdot 60} = 0{,}00045\, m\omega^2 n r^2 \text{ Hp}.$$

Работа сил инерции от горизонтально движущихся масс, напр. в косилках,—от 0,75 до 1 Hp и от вертикально движущихся масс—от 0,2 до 0,4 Hp.

Виды Ж. м. Машины для уборки хлебов и трав можно подразделить на два главных класса: 1) косилки, которые оставляют срезываемые ими стебли на том же месте, где они росли, и 2) жнеи, приспособленные к тому, чтобы непосредственно после срезывания собирать стебли в особые кучи или снопы. Ж. м. последнего класса в свою очередь можно сгруппировать в три вида: а) лоботрейки, которые кладут срезанные стебли на платформу машины, откуда они сбрасываются в виде снопов пручную, б) жнеи-самосброски (грабельн.), которые автоматически складывают снопы на землю, и в) сноповязалки, которые кроме того связывают снопы шпагатом. Особняком нужно различать особые машины (хеддеры), которые собирают лишь одни колосья, и жнеи-молотилки и стрипперы, которые на месте же и молотят срезанные колосья.

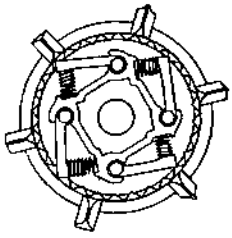
I. Косилки. Эта группа жатвенных машин применяется для срезывания травы и полеглого хлеба. Устройство косилки изображено на фиг. 9: рама *1* опирается на два ходовых колеса *2* и для запряжки имеет дышло *3*; к основной раме при помощи шарнирных тяг *4* присоединяется пальцевый брус *5*, в к-ром скользит нож (коса) *6*, приводимый в движение от шатуна (косогона) *7*. Для отодвигания срезанной травы имеется доска *8*, снабженная палкой. Близ сиденья для рабочего *9* расположены рычаги для подъема



Фиг. 9.

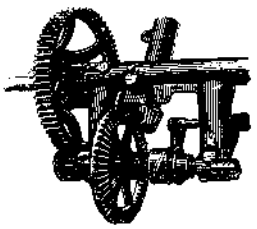
пальцевого бруса *10* и для наклона пальцев *11*, а также педаль *12* для подъема бруса и педаль *13* для включения механизма. Пальцевый брус опирается на два башмака, имеющие внизу стальные полозки, которыми они скользят по поверхности почвы. Этими полозками можно регулировать расстояние бруса и режущего аппарата от земли. Башмаки должны всегда прилегать к земле и скользить по ней, следуя всем неровностям и придавая брусу соответствующее положение. Для осуществления подвижности пальцевого бруса относительно основной рамы имеются необходимые шарнирные соединения. При работе косилки кроме установки полозков надо дать соответствующий наклон пальцам помощью рычага наклона. Для приподнимания бруса над землей служат рычаг наклона и педаль; первый применяется при переезде косилки с одного места работы на другое, вторая же—во время самой работы, когда встречается какое-нибудь препятствие, а также при поворотах, заездах или осаживании лошадей назад, так как при этом нельзя выпускать вожжей из рук.

Двигающий механизм косилки обычно состоит из двух пар зубчатых колес и кривошипной передачи; кроме того имеются храповой механизм для автоматического включения и выключения передаточного механизма и сцепная муфта для включения и выключения от руки или педалью. Ходовые колеса косилки снабжены рифами (выступами), во избежание скольжения, так как работа ножей зависит от вращения колес. Опыт показывает, что проскальзывание колес все же составляет ок. 5%. Устройство храпового механизма в ступице колес видно из фиг. 10. Благодаря этому устройству, при движении косилки назад (осаживание лошадей), механизм разобщается от ходовых колес. Число собачек в храповом механизме бывает различно, но каждый раз включается в работу только одна из них; по б. ч. ставится лишь по три собачки, и в таком случае при сцеплении одной собачки с зубом другая будет находиться от зуба на расстоянии $^1/_3$ ширины зуба, а третья


Фиг. 10.

на $^2/_3$. Такое расположение собачек необходимо для более быстрого включения механизма ножа во избежание забивания пальцев травой.

Зубчатые колеса (фиг. 11) ставят обычно в количестве двух пар: одной—цилиндрической и другой—конической; постановка третьей пары вызывает лишнее сопротивление и потому теперь не применяется. В первой паре обыкновенно имеются цилиндрич. зубчатки, а во второй—конические; такая постановка предпочтительнее. Цилиндрич. зубчатки м. б. с внутренним зацеплением (Диринг, Осборн, Адрианс, Вуд) или внешним (Мак-Кормик, Массей-Гаррис); внутреннее зацепление более плавно и прочно, но сильнее засоряется, чем внешнее. Зубчатая передача в косилках делается ускорительная; передаточное число, т. е. число, показывающее, сколько оборотов сделает последняя зубчатка (и кривошип) на один оборот первой зубчатки (и ходового колеса), для косилки Диринга составляет:



Фиг. 11.

$$i = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = \frac{83 \cdot 46}{12 \cdot 12} = 26{,}51,$$

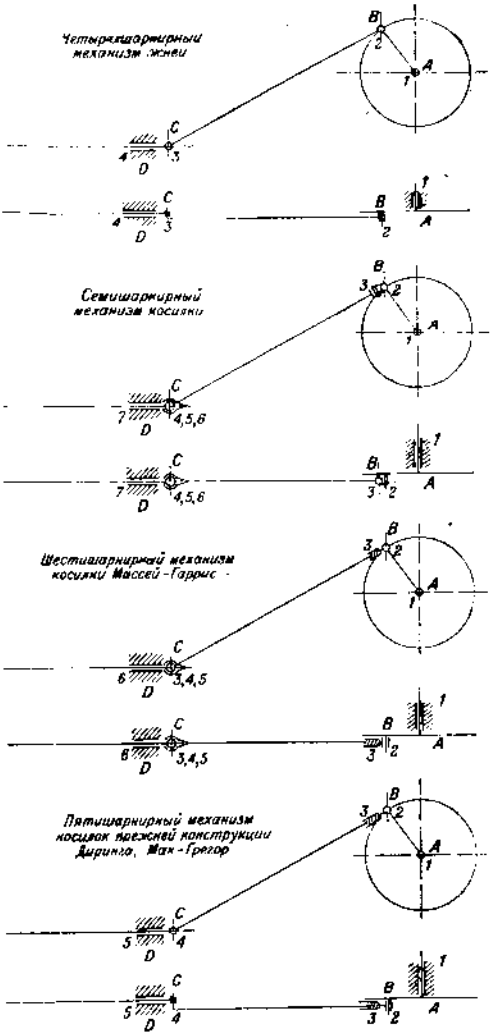
а для косилки Мак-Кормика:

$$i = \frac{67 \cdot 55}{12 \cdot 12} = 25{,}59.$$

Т. о. на один оборот ходового колеса кривошип делает 26 оборотов, а нож—$26 \times 2 = 52$ хода; при скорости движения лошади 1 *м/сек* ходовое колесо, имеющее в среднем диаметр 0,8 *м*, делает один оборот в 2,5 сек., а число ходов ножа в 1 сек. составляет ок. 21, или 600 000 ходов за 8-часовой рабочий день; при скорости трактора и 1,25 *м/сек*, получается в день 750 000 ходов.

Для включения и выключения механизма на ходу косилки вперед ставят сцепные муфты различной конструкции. Сначала в косилках Диринга, а затем и в большинстве других, было введено автоматич. выключение механизма при подъеме пальцевого бруса. Автоматич. выключение важно потому, что при поднимании пальцевого бруса без выключения механизма, последний, продолжая работать, может вызвать поломку шатуна.

Кривошипный механизм передает движение из плоскости вращения кривошипа в плоскость движения ножа. Плоскость вращения кривошипа не во всех косилках имеет вертикальное направление; в косилках типа Мак-Кормика, Новь, Крупп, Дейтше-Верке она составляет угол с вертикальной плоскостью, в косилке же Диринга она почти вертикальна. Плоскость движения ножа (перпендикулярная к средней плоскости ножевых сегментов) не может быть горизонтальна, так как пальцевый брус устанавливается под различными углами к горизонту. Поэтому кривошипный механизм в косилке является не плоским механизмом, как например в жнеях или в паровых машинах, а пространственным; пространственный механизм должен состоять из семи шарниров, в отличие от плоского, где достаточно четырех шарниров. По схеме кривошипного механизма, представленной на фиг. 12, один шарнир (соединение с пальцевым брусом) заменен ползуном; следовательно получаются для плоского механизма три шарнира A, B и C и один ползун D. В пространственном кривошипном механизме один шарнир также заменен ползуном D, другие два шарнира, соединяющие шатун с

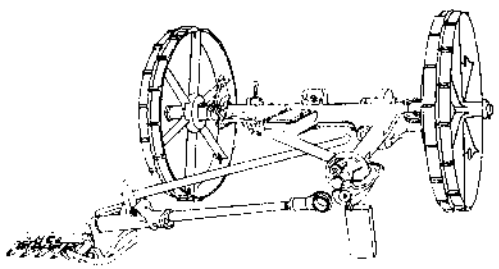


Фиг. 12.

кривошипом и ножевой полосой, д. б. усложнены для обеспечения достаточной подвижности в шарнирах при выходе шатуна из плоскости вращения кривошипа, с одной стороны, и из плоскости движения ножа,—с другой. Для этого необходимо и достаточно было бы поставить вместо простых шарниров шарниры Гука (Кардана) в точках B и C. В точке B так обыкновенно и делается, т. е. здесь имеется соединение двух шарниров—т. н. *кардановъ подвес* (см.), но при соединении шатуна с ножом в точке C такого шарнира было бы недостаточно, т. к. шатун при выходе из одной плоскости в другую

кроме того еще скручивается; поэтому в направлении длины шатуна д. б. поставлен дополнительный шарнир, или, другими словами, вместо шарнира *C* надо поставить три шарнира. Всякое отступление от схемы семишарнирного механизма вызывает неправильную работу механизма и влечет износ отдельных частей. Исключение из этого правила допущено: 1) в косилке Массей-Гарриса, где поставлено пять шарниров и один ползун, т. е. нехватает одного шарнира, и 2) в косилке Дирринга прежнего выпуска с железным шатуном, где имеются только четыре шарнира и один ползун и следовательно нехватает двух шарниров.

Кривошип косилки имеет обыкновенно форму диска, а шатун делается большей частью деревянный, длиной около 1 *м*; вес



Фиг. 13.

шатуна—от 2,4 до 3 *кг*. В раме косилки (фиг. 13), весьма массивной, чугунной, имеются трубчатые полости, через которые проходят главный вал (ось колес) и вал кривошипа. Чтобы вал не стирался, ставят роликовые подшипники. Спереди к раме присоединяется дышло; сзади прикрепляется на особой пружинной стойке сиденье для рабочего, так что вес рабочего до известной степени уравновешивает вес передней части рамы и дышла, что очень существенно, так как уменьшает давление дышла на лошадей: давление на конец дышла составляет около 24 *кг* без рабочего и 16 *кг* с рабочим.

Как уже сказано, к раме присоединены 2 основные тяги, идущие к пальцевому брусу. Эти тяги заключают в себе регулирующее приспособление, состоящее из резьбы и муфты; это приспособление необходимо для установки и выверки пальцевого бруса в надлежащем положении. При срабатывании ушек и штырей у шарниров ножи не смогут подрезать всю траву, захваченную пальцем, и будут забиваться нескошенной травой; т. к. число пальцев ок. 20, то при этом получается довольно значительное сопротивление, механизм косилки испытывает сильные толчки (около 10 в ск.), что отзывается на прочности механизма и в таких случаях обыкновенно ломается шатун или разрывается ножевая полоса. Нож должен двигаться так, чтобы каждая ножевая пластинка полностью пробегала расстояние от середины одного пальца до середины другого. Эти крайние положения должны соответствовать двум мертвым положениям кривошипа и шатуна; в противном случае надо помощью подвертывания или отпускания тяг отрегулировать ход ножей. Кроме того необходимо проверять помощью шнура, чтобы нож и шатун при сборке механизма находились в одной вертикальной плоскости. В нек-рых косилках можно изменять длину шатуна, пользуясь имеющейся в нем резьбой. Если косилка уже много работала и шарниры истерлись, не следует изменять длину шатуна, а производить регулировку тягами; в случае же невозможности сделать это, нужно произвести ремонт шарниров. Подтягивание пальцевого бруса производится различно в разных системах. К косилке обычно прилагаются две ножевые полосы, из которых каждая работает только полдня, после чего ее сменяют для того чтобы отточить, а частью и заменить сильно зазубрившиеся ножевые сегменты.

Косилки изготовляются большей частью с шириной захвата в 1,4 *м*. Такая косилка требует запряжки двух лошадей. Строятся однако и одноконные косилки с шириной захвата в 1,05 *м* и оглобельной запряжкой, но такие косилки тяжелы для одной лошади, и потому работать на них необходимо со сменными лошадьми.

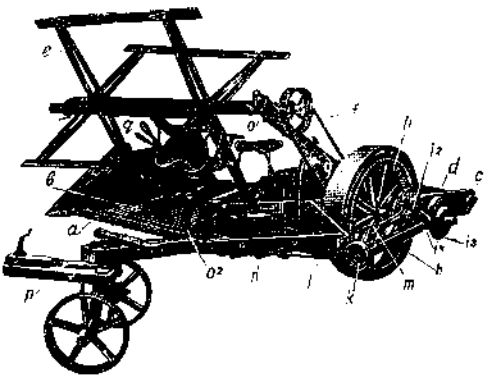
К косилке можно присоединять жатвенное приспособление, состоящее из небольшой платформы с рядом деревянных планок, служащих для образования снопа; к наружному башмаку присоединяется делитель для поддержки стеблей и колесико, приподнимающее брус на некоторую высоту. Для сбрасывания образовавшихся снопов применяются или ручные грабли или особое мотонило. Вообще говоря, жатвенные приспособления на косилке работают недостаточно удовлетворительно, особенно на спутанном хлебе, и их можно рекомендовать только для уборки яровых хлебов; но все же скорость ножа в этом случае является слишком большой, так как срезание стеблей хлеба производится выше, чем стеблей травы, вследствие чего нож захватывает меньшее число их, и кроме того сопротивление соломистых стеблей меньше, чем сочных стеблей травы.

Тракторные косилки известны двух типов: прицепные, построенные аналогично конным косилкам, и тракторные приспособления, состоящие из ножевого аппарата и кривошипного механизма, присоединенных к механизму трактора. Из приспособлений второго рода у нас особенно известна система Детройт. Здесь пальцевый брус располагается с правой стороны трактора, впереди ходовых колес. Движение ножа получается от конической винтовой шестерни, сидящей на валу шкива; шатун—железный, полый, короткий и легкий. Для изменения скорости движения ножа одна пара цилиндрич. зубчаток заменяется другой (весь механизм перемены передач и кривошипный вал заключены в коробку). Пальцевый брус присоединяется при помощи двух стальных тяг—передней, пружинной, более тонкой, и задней — более толстой. Приспособление Детройт строится на ширину захвата 1,5, 1,8 и 2,1 *м*. Кроме Детройт пользуются распространением системы Родрик Лин и Тасо.

Моторную косилку передвигают на колесах преимущественно вручную, причем только режущий механизм работает от поставленного на раме ее мотора; однако существует возможность заставить мотор действовать

на ходовые колеса так, чтобы машина передвигалась самостоятельно. Моторная косилка весит только 140 *кг*, а двигатель, весом в 21 *кг*, развивает действительную мощность в 5 HP. Мотор может обходиться без охлаждающей воды, так как он снабжен турбовентилятором для воздушного охлаждения. В моторной косилке имеются две различные скорости движения ножа в 2,5 и 5 *м/сек*.

2. Жнеи. а) Жнеи-лобогрейка (фиг. 14) имеет следующее устройство. Пальцевый брус *a* укреплен спереди четырехугольной

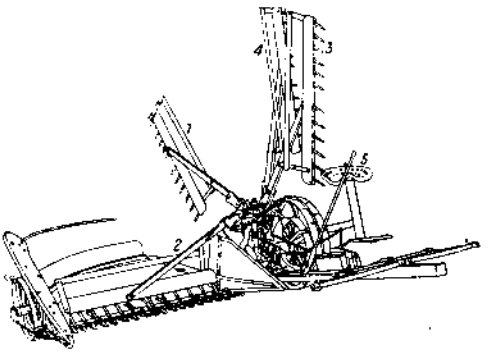


Фиг. 14.

платформы *b*, снабженной слева придатком в виде жолоба *c* с откидывающейся назад пружинной доской *d* или рядом прутьев. Спереди над ножами расположено мотовило *e*, приводимое в движение от ременной передачи *f*; планки мотовила пригибают стебли к ножам и откидывают их на платформу; мотовило м. б. передвинуто выше или ниже, вперед или назад перестановкой брусков *g* и подшипников его вала. Лобогрейка имеет одно ходовое колесо *h*; второе (полевое) колесо служит только для поддержки платформы. От ходового колеса движение к ножевой полосе передается парой цилиндрич. зубчатых колес i_1 и i_2 и парой конических i_3 и i_4; далее—в состав передачи входит кривошипный диск *k* и шатун *l*. Включение и выключение механизма производится передвиганием малой цилиндрич. зубчатки i_2 вдоль ее оси посредством особого рычага. Шатун лобогрейки делают железным, с загнутым штырем *n*, к-рый заводится в ушко ножевой полосы и удерживается пружинной защелкой; шатун имеет резьбу для регулировки расположения ножевых сегментов относительно пальцев: если сегменты не доходят до середины пальцев, то шатун надо удлинить, если переходят—укоротить. Рабочий, сидящий на заднем конце платформы на сиденьи o_1, собирает в сноп вилами или граблями падающие на платформу срезанные ножом стебли, продвигает сноп слева направо и затем сильным взмахом сбрасывает его с платформы. Сиденье o_2 второго рабочего, управляющего лошадьми, расположено впереди на коротком дышле (снипе) треугольной формы, опирающемся спереди на двухколесный передок *p*, снабженный дышлом для запряжки и шкворнем для вальков. Установка платформы, согласно потребной высоте резки, производится рычагом *m* относительно ходового колеса и аналогичным рычагом—относительно полевого; наклон платформы осуществляется рычагом *q* около переднего сиденья. Обод ходового колеса лобогрейки делается обычно без рифов, так как значительный вес машины обеспечивает сцепление колеса с землей. Ширина захвата (длина ножа) лобогрейки—1,8 *м*; запряжка в 2 лошади.

Преимущество лобогрейки перед другими Ж. м. состоит в простоте ее конструкции, удобстве обращения при работе и относительной легкости (тяговое усилие 80 *кг*). Многие типы лобогреек м. б. приспособлены для косьбы травы, для чего платформа снимается, а пальцевый брус опускается к земле; т. к. скорость ножа для уборки травы д. б. больше, чем для хлеба, то необходимо ставить другую передачу, для чего нек-рые з-ды ставят сменную шестерню с двумя венцами зубьев. После уборки лобогрейкой хлеб не связывается, так как он выходит из машины беспорядочно перепутанным, поэтому лобогрейка неприменима в тех районах, где хлеб должен дозревать в снопах. Лобогрейку применяют также для уборки кукурузы. В СССР эти машины распространены на юге и юго-востоке и отчасти в Сибири; нек-рые заводы пробовали строить лобогрейки со сбрасывающей граблей, но такое устройство не оправдалось вследствие сложности конструкции и быстрого забивания граблей соломой.

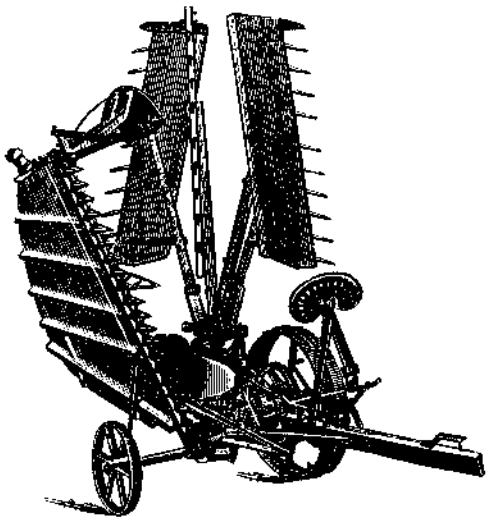
б) Жнея-самосброска (фиг. 15) отличается от предыдущей присутствием автоматич. сбрасывателя в виде 4 граблей *1*, *2*, *3* и *4*, к-рые сначала пригибают стебли к ножам, а затем сбрасывают на землю образовавшиеся на платформе снопы. Платформа



Фиг. 15.

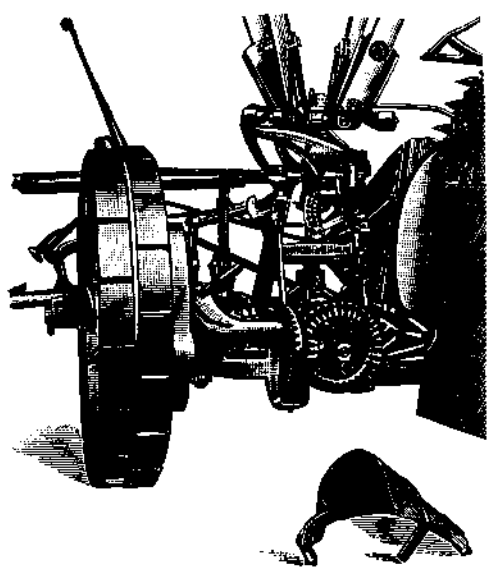
имеет вид четверти круга; пальцевый брус жестко соединен с платформой; сиденье *5* для рабочего расположено с левой стороны, так что рабочий своим весом разгружает полевое колесо и уменьшает давление на дышло, которое обыкновенно не имеет передка. При переездах с места на место жнею устанавливают на транспорт (фиг. 16), для чего платформа поднимается, а полевое колесо переставляется на другую ось, находящуюся под платформой. Передаточный механизм жнеи-самосброски состоит из следующих частей: а) для передачи движения к ножам служит храповой механизм, две пары зубчатых колес (первая—цилиндрическая и вторая—коническая) и механизм кривошипа и

шатуна; б) для передачи движения к грабельному аппарату от вала цилиндрич. зубчатки служат еще две пары конич. зубчаток



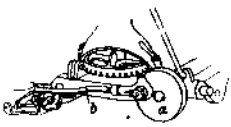
Фиг. 16.

(фиг. 17). Кривошип a (фиг. 18) выполняется большей частью в виде диска с противовесом; как показали исследования, противовес обыкновенно получает недостаточный вес и может уравновесить только 10—15% инерционных сил. Шатун b делается железный длиной в среднем 0,4 *м*; для изменения его



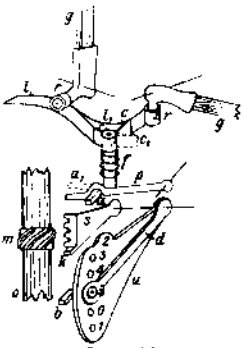
Фиг. 17.

длины он снабжается резьбой, которой может ввинчиваться в муфту. Передача к ножам ускоряющая, и передаточное число для жнеи Диринга $i = \frac{77 \cdot 37}{14 \cdot 11} = 18{,}5$, для жнеи Мак-Кормика $i = \frac{77 \cdot 47}{14 \cdot 11} = 23{,}5$. Таким образом при диаметре ходового колеса 0,82 *м* и скорости машины 1 *м/сек*, на один оборот ходового колеса нож делает в среднем 40 качаний, т. е. 16 качаний в сек., или ок. 1 000 в *м.*, а за 8-часовой рабочий день ок. 450 000 (по сравнению с косилкой меньше на 25%). Передача движения к грабельному аппарату делается замедляющею; передаточное число для Мак-Кормика $i = \frac{77 \cdot 5 \cdot 10}{14 \cdot 21 \cdot 30} = 0{,}44$, для Массей-Гарриса $i = \frac{78 \cdot 5 \cdot 10}{14 \cdot 22 \cdot 23} = 0{,}55$; следовательно вал, несущий грабли, делает 12 об/*м*. Головка грабельного аппарата сидит на вертикальной оси. Кроме того каждая грабля может подниматься и опускаться, вращаясь около своей горизонтальной осн. Грабли g снабжены роликами r (фиг. 19), которые катятся по особым



Фиг. 18.

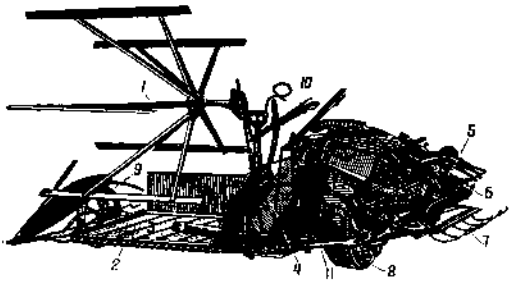
искривленным дорожкам; в том положении, когда грабля подходит к ножам, дорожка разделяется на две частн—верхнюю и нижнюю (по схеме, изображен. на фиг 19: внешняя дорожка l, внутренняя—l_1); если ролик идет по верхней дорожке, то грабля пригибает стебли к ножам, а затем поднимается кверху, проходя мимо платформы, не трогая снопа; если же ролик идет по нижней дорожке, то грабля проходит вдоль платформы и сбрасывает снопы. При переходе на верхнюю или нижнюю дорожку стоит стрелка c, снабженная пружиной f; проходя при открытом положении c_1 стрелки по нижней дорожке, ролик (вращая стрелку из положения c_1 в положение c) закрывает за собой стрелку и заставляет следующую грабли итти поверху. В закрытом положении стрелка удерживается посредством особой защелки, состоящей из крючка p и отростка a стрелки (a_1—положение отростка, соответствующее положению c_1 стрелки). Крючок нужно снять, чтобы под действием пружины f открылась стрелка. Снятием крючка заведует автоматически действующий прибор, называемый счетчиком. В зависимости от густоты хлеба счетчик устанавливают так, чтобы он пропускал грабли вдоль платформы подряд или через одну, две, три и т. д. Если желательно сбрасывать снопы один подле другого при каждом следующем заезде, то счетчик ставят на нуль и действуют педалью. Существуют 4 типа счетчиков: червячный, или секторный, храповой, кулачный и улиточный. Секторный счетчик состоит из следующих частей: на вертикальном валу o грабельной колонки насажен червяк m с четырьмя неполными винтовыми ходами, с которыми сцепляется рычажок-сектор s. При движении



Фиг. 19.

сектора s вверх он снимает крючок p, освобождая таким образом отросток a стрелки; при падении его вниз кулачок k упирается в выступ b рычажка d, перестанавливаемого по сектору u на соответствующее режиму работы граблей отверстие (по схеме 5). Хра-

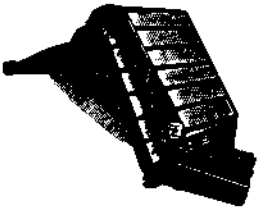
повой счетчик вместо сектора имеет храповую муфту, поворачиваемую помощью собачки, к-рая получает качательное движение от



Фиг. 20.

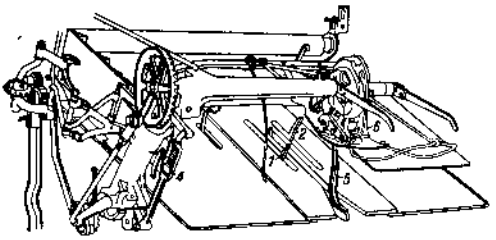
вертикального грабельного вала. При упоре собачки в последний зуб храповика, последний сбрасывает защелку. Кулачный счетчик, наиболее простой по конструкции, имеет переставную муфту с кулаками, расположенными чаще или реже. В улиточном счетчике рычажок, снабженный роликом, катится вверх по спиральной дорожке-улитке. Устанавливая ролик рычажка выше или ниже, получают более частое или редкое сбрасывание.

Жнея-самосброска имеет ширину захвата 2,5 *м*. Для запряжки требуется пара лошадей; есть и одноконные жнеи с шириной захвата 1,1 *м*, но эти машины очень тяжелы в работе. Сопротивление при работе распределяется так, что на перекатывание машины требуется 50% усилия, на работу механизма—20% и на резание и сбрасывание—30%.



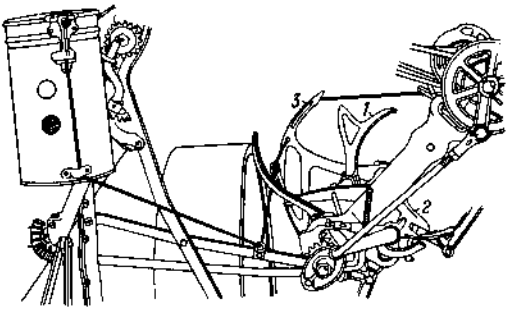
Фиг. 21.

в) Сноповязалка одновременно жнет и связывает снопы. Она состоит из следующих основных частей (фиг. 20): мотовила *1*, пригибающего стебли к ножам; режущего аппарата *2*; бесконечного полотна (платформы) *3*, передвигающего срезанные стебли к элеватору; элеватора *4*, поднимающего стебли; вязального стола *5*, где образуется сноп; вяжущего аппарата *6* и снопоноса *7*. Машина снабжена одним ходовым колесом *8* и одним



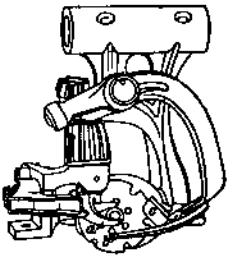
Фиг. 22.

полевым *9* и обыкновенно имеет двухколесный передок автомобильного типа с параллельно повертывающимися колесами; запряжка дышловая, трех- или четырехконная. Мотовило состоит из шести планок и устанавливается соответственно высоте и наклону стеблей при помощи рычагов *10*, расположенных около сиденья рабочего. Режущий аппарат отличается тем, что ножевые сегменты пробегают два промежутка между пальцами; шатун *11*—деревянный. Полотна платформы и элеватора снабжены деревянными планками (фиг. 21) для захватывания стеблей. Стебли, поданные элеватором на наклонный стол, скатываются по нему и подхватываются попеременно действующими вилками (компрессорами) *1* и *2* (фиг. 22 и 23), к-рые набивают сноп до тех пор, пока он своей упругостью не преодолеет действия пружины *4*, удерживающей упорный рычаг *5*. Тогда включается вяжущий механизм, и в прорез стола высовывается игла *3*, опоясывающая сноп шпагатом, концы, которого завязываются узловязателем *6*. В зависимости от длины стеблей (рожь, овес)



Фиг. 23.

вязальный стол можно передвигать так, чтобы вязка приходилась приблизительно по середине снопа. Узловязатель, к-рый применяется в настоящее время (сист. Эпльби), состоит из трех частей: клюва *a*, зажима *b* и ножа *c* (фиг. 24). Процесс вязки происходит след. образом: 1) на верхнюю челюсть клюва накладывается шпагат, закрепляемый в зажиме; 2) игла, обхватывая сноп, подает вторую нитку и накладывает ее рядом на клюв; 3) клюв поворачивается на 180°; 4) повернувшись еще на 90°, клюв раскрывается; 5) поворачиваясь далее, он захватывает обе нитки и сжимает их, приняв первоначальное положение. Т. о. на клюве образуется петля конец к-рой захвачен челюстями; если стащить петлю с клюва, то конец ее, задержанный клювом, пройдет в петлю, и получится узел. Стаскивание шпагата с клюва производится особыми вилками, сбрасывающими сноп. Конец шпагата, протаскиваемый в петлю, отрезается ножом. Зажим обыкновенно состоит из двух дисков—подвижного и неподвижного. В подвижном диске имеется ряд прорезов, в которые заправляют шпагат; когда диск поворачивается, то, захватывая шпагат, зажимает его. Снопоиос служит для того, чтобы связанные и выброшенные снопы не падали сразу на землю, а задерживались на нем и затем плавно опускались по 4—5 шт.



Фиг. 24.

Рабочий управляет снопоносом посредством особой педали.

Механизм сноповязалки довольно сложен: от ходового колеса идет цепь для движения поперечного вала, на к-ром сидят сцепная муфта и коническая зубчатка, передающая движение к кривошипному валу, на оси которого сзади сидит звездочка, передающая движение посредством цепи валикам полотен платформы и элеватора и узловязателю. Далее при помощи системы передач движение сообщается остальным частям. Сноповязалка снабжается передком автомобильного типа, позволяющим производить крутые повороты машины. Для перевоза машины в поле и обратно она устанавливается на особые колеса, а дышло переносится и укрепляется так, что сноповязалка передвигается поперек своего рабочего хода. Сила тяги, потребная для работы сноповязалки с шириной захвата 2 *м*,—ок. 330 *кг*; половина силы тратится на перекатывание машины. Расход силы на работу механизма распределяется приблизительно поровну между элеватором, узловязателем (с компрессорами), связкой и остальными механизмами. Тракторные сноповязалки имеют ширину захвата 2,25—2,85 *м*.

В новейших америк. сноповязалках имеется приспособление для вязки снопов и бабки (шокер), прикрепляемое сбоку, производящее связывание снопов по 5—6 штук вместе и затем опускающее их на землю. Шокер мало увеличивает силу тяги на ровной поверхности и твердом грунте и содействует уравновешиванию боковой тяги сноповязалки; он заменяет работу двух человек.

Кроме сноповязалок обычного типа строят т. наз. пушбайндеры—сноповязалки с шириной захвата 2,85—3,70 *м*, причем лошади впрягаются сзади машины и толкают ее перед собой. Колосоуборки, т. е. машины, срезывающие только колос или колос с небольшой частью стебля, носят название хеддеров. Они не имеют узловязателя, а захватывают срезанные колосья полотном платформы и передают их далее на элеватор, с к-рого они ссыпаются непосредственно в едущий рядом фургон. Хеддер по сравнению со сноповязалкой легче на ходу и имеет ширину захвата до 3,5 *м*; при конной тяге он по б. ч. имеет заднюю запряжку, но чаще всего он работает от трактора.

Данные о производительности жатвенных машин приводятся в следующей таблице:

Производительность уборочных машин (при конной и тракторной тяге).

Машина	Ширина захвата		Скорость *км/ч*	Производительность в *га* за 1 раб. день на		
	фт.	*м*		1 фт. захвата	1 *м* захвата	1 машину
Косилка						
Конная	4,5	1,37	3,2—3,7	0,8	2,66	3,6
»	5	1,52	3,2—3,7	0,8	2,66	4,1
»	6	1,83	3,2—3,7	0,8	2,66	4,8
Тракторная	8	2,44	4,8—5			10—12—15
Косильный аппарат	6	1,83	4,8—5	1,2	4,0	7,2
» »	8	2,44	4,8—5	1,2	4,0	9,6
Жатвенные машины						
Лобогрейка, конная	6	1,83	3,5	0,8	2,66	4,81
Самосброс, конный	5	1,52	3,5	0,8	2,66	4,0
Сноповязалка						
Конная	7	2,13	3,2—3,7	0,87	2,84	6,06
Тракторная	7	2,13	4,0	1,21	4,0	8,48
Тракторная специальная	7	2,13	4,85—5,25	1,2—1,4	4—4,6	8,4—9,8
Кукурузная конная	—	—	3,65*	—	—	2,4
» тракторная	—	—	4,00—5,25	—	—	3,6
Хеддер						
Конный	10	3,05	3,25—3,65	0,8—1,0	—	8—10
»	12	3,66	3,25—3,65	0,83—1,0	—	10—12
»	14	4,27	3,25—3,65	0,85—1,0	—	12—14

* При междурядии в 1 *м*.

В Австралии и вообще в местностях с очень сухим климатом и при полном созревании хлеба применяются стрипперы, или жнеи-молотилки, к-рые посредством особых гребенок и мотовил отбивают колосья, а иногда тут же и домолачивают зерно. Для специальных культур в Америке строят особые машины.

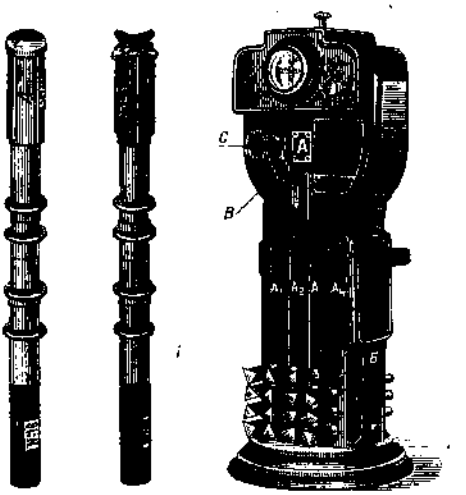
Лит.: Вейс Ю. А., Косилки, жатки и сноповязалки, 4 изд., М., 1926; его же, Курс с.-х. машиноведения, 2 изд., Л., 1927; Горячкин В. П., Теория жатвенных машин, СПБ, 1909; его же, Косилки, жнеи и сноповязалки, М., 1917; его же, Земледельч. механика, ч. 1, М., 1922; его же, Земледельч. машины и орудия, Москва, 1923; Ган В. Ю., Отчет о конкурсных испытаниях уборочных машин русского производства, СПБ, 1909; Дебен А., Машины для уборки урожаев, пер. с франц., СПБ, 1900; Крамаренко Л. П., Режущий аппарат современных жатвенных машин и его теории, Киев, 1917, 1923; Крилль Б. А., С.-х. машиноведение, ч. 1, Москва, 1927; «Вестник металлопромышленности», М.; «Восточно-европейский земледелец», Кенигсберг, с 1926; «Известия новейшей с.-х. техники», Берлин; «Американская техника», Нью Йорк; Walther K., Die landwirtschaftlichen Maschinen u. Geräte, B. 2, Lpz., 1923; «Die Technik in d. Landwirtschaft», B., ab 1922; «Die Landmaschine», B., ab 1925; «The Farm Implement News», Chicago; «The Implement and Machinery», L.; Fritz H., Handbuch d. landwirtschaftl. Maschinen, B., 1880; Kühne G., Die Mähmaschine, ihre Entwicklung u. Anwendbarkeit auf deutsche Verhältnisse, «Maschinen-Zeitung», B., 1910; Nachtweh A., Beitrage zur Kenntnis, Theorie u. Beurteilung d. Mähmaschinen, B., 1904; Perels E., Die Mähmaschinen, Jena, 1869; Perels E., Handb. d. landwirtschaftl. Maschinenwesens, B. 1—2, Jena, 1879—80; Schwarzer H., Landmaschinenkunde, 3 Aufl., B., 1927; Wüst A., Die Mähmaschinen d. Neuzeit, Lpz., 1875; Wüst A., Landwirtschaftl. Maschinenkunde, 2 Aufl., B., 1889; Hamm W., Die landwirtschaftl. Geräte u. Maschinen Englands, 2 Aufl., Brschw., 1856—58. **Б. Крилль.**

ЖЕЗЛОВАЯ СИСТЕМА, особый способ сношений между двумя соседними станциями на однопутных ж. д. для регулирования движения поездов. Основное правило безопасности движения поездов на однопутных ж. д. заключается в том, что ни один поезд не м. б. отправлен на перегон без разрешения той станции, на к-рую поезд отправляется. Ж. с. как способ сношения между этими станциями состоит в том, что на каждой станции устанавливается т. н. электрожезловой аппарат, в к-ром находится жезл, электрически связанный с таким же жезлом соседней станции и притом таким образом, что из этих двух жезлов м. б. вынут только один. Этот жезл и служит разрешением на следование по перегону до соседней станции и выдается машинисту каждого поезда или паровоза, отправляемого на перегон. Без жезла ни один поезд или отдельный паровоз не вправе проследовать со станции в пределы перегона, если он не имеет на то специального письменного распоряжения. При наличии у машиниста жезла никаких других письменных документов не требуется, а равно не требуется никаких других сношений о том, что путь свободен. Жезловые аппараты на двух соседних перегонах устанавливаются различных типов. Тип аппарата обозначается буквами латинского алфавита, для чего к аппарату прикрепляется табличка с обозначением той или иной буквы. Для аппаратов каждого перегона имеется своя серия жезлов, к-рые могут быть вложены исключительно только в аппараты этого перегона и не подходят к аппаратам смежных перегонов. Взаимозамыкающие электрожезловые аппараты двух соседних станций соединяются между собой линейным проводом и образуют электрич. цепь, к-рая носит название жезлового перегона.

Жезловые аппараты одного жезлового перегона должны удовлетворять следующим условиям: а) один аппарат в отдельности, не соединенный проводом с другим аппаратом, самостоятельно действовать не может; б) из двух аппаратов данного перегона можно вынуть только один жезл на одной какой-либо станции и только с согласия и разрешения соседней станции; в) вынутый жезл м. б. вложен в любой из двух аппаратов данного перегона без соглашения с противоположной станцией перегона, после чего аппараты вновь приходят в состояние, дающее возможность вынуть жезл на любой из двух станций перегона.

На дорогах СССР наиболее распространенными являются большие аппараты Вебба и Томпсона, малые аппараты Вебба, Томпсона и Смита, аппараты Вершинина, а за последние годы—аппараты системы Трегера русского производства. На 1 января 1927 г. на жел. дор. сети СССР было установлено ок. 5 000 жезловых аппаратов на протяжении 28 324 *км*, что составляет около 47% однопутных линий.

Оба аппарата одного перегона имеют в совокупности определенное, непременно четное число жезлов; в паре аппаратов большого типа обыкновенно заключается от 20 до 30 больших жезлов, а в паре аппаратов малого типа—до 40 малых жезлов. Жезлы (фиг. 1) представляют собой железные палки длиной—большие около 0,5 *м*, малые около 0,2 *м*, снабженные кольцами и утолщениями. Жезлы, принадлежащие одному и тому же перегону, совершенно тождественны, нумеруются порядковыми номерами и имеют отметку в виде одной из букв латинского алфавита; эти буквы обозначают тип или марку жезлов данного перегона. Жезлы же разных перегонов имеют вполне одинаковое расположение колец (от 4 до 5), но утолщения на жезлах размещены неодинаково. Кольца размещаются на средней части жезла, а на концах его прикрепляются таблички с названием перегона; концы жезлов иногда окрашиваются в разные цвета с целью отличия жезлов разных перегонов. С этой же целью в новейших конструкциях головко жезлов придают форму, особенную для каждого типа аппаратов. Жезлы изготовляются из одной цельной железной трубки или же из двух частей, соединенных между собой помощью винтовой нарезки (развинчивающиеся жезлы). Последний тип применяется там, где имеет место отправление поездов вслед или следование поездов с толкачом на

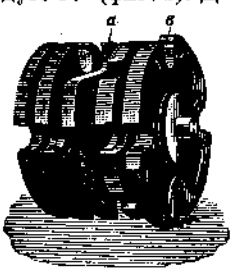


Фиг. 1. Фиг. 2.

протяжении всего перегона. Бо́льшая часть развинчивающегося жезла называется собственно «ж е з л о м», а меньшая—«билетом» к нему.

А п п а р а т ы В е б б а, Т о м п с о н а и С м и т а. Жезловой аппарат представляет собой колонну с уширением наверху (фиг. 2). В верхней части *A* помещаются механич. и электрич. приспособления для замыкания жезлов; в нижн. части *Б* аппарата имеются вертикальные каналы A_1, A_2,... для помещения в них жезлов. Обыкновенно число таких каналов равно 4. В верхнем конце каналы соединяются в один вертикальный канал, который затем переходит в дугообразный *B* (длиною в $^1/_4$ окружности), вливающийся в круглое отверстие *C*. Это отверстие служит для вкладывания жезлов и имеет несколько больший диаметр, чем кольца жезлов; каналы же имеют меньший диаметр, т. ч. помещенный в них жезл нельзя вынуть из аппарата иначе, как через отверстие *C*. В месте

соединения круглого отверстия с дугообразным каналом устроены приливы, точно соответствующие расположению колец и утолщений на жезлах. Поэтому в дугообразный канал нельзя вдвинуть жезл с другим расположением утолщений, т. е. жезлы, принадлежащие другому перегону. Приспособление, замыкающее жезлы, состоит из нескольких (обыкновенно пяти) дисков с вырезами, ряда переключателей и электромагнита. Диски насажены на горизонтальную ось, расположенную в центре головной части жезлового аппарата. Вырезы на дисках расположены один от другого на расстоянии по дуге 90° (фиг. 3). Диски устанавливаются таким образом, что один из вырезов всегда стоит против отверстия, в которое вкладывается жезл, а другой вырез—против отверстия вертикального канала в голове колонны. При вкладывании в аппарат жезл проходит через вырезы всех дисков и в дальнейшем своем движении увлекает диски за собой, поворачивая их на 90° против часовой стрелки. Из дисков два предназначены для замыкающего действия прибора, а прочие—для того чтобы нельзя было вложить или вынуть жезл, лишенный одного из своих концов. Действие одного из замыкающих дисков, так наз. затворного, основано на том, что этот диск имеет несимметричные вырезы *a*, в к-рые входит собачка, позволяющая диску свободно поворачиваться в сторону, соответствующую вкладыванию жезла, но препятствующая вращению диска в противоположном направлении, т. е. выниманию жезла. Собачка управляется электромагнитной системой, которая при токе определенного направления, получаемого с соседней станции, притягивает якорь и поднимает собачку, освобождая т. о. диск. Как только один жезл вынут, происходит автоматич. перемена направления тока, и другой жезл уже невозможно вынуть. Перемена производится при посредстве другого диска, называемого коммутационным. К окружности этого диска *в* прижимается головка двухполюсного переключателя, диск же имеет два сектора одного радиуса, а два другие—бо́льшего радиуса. При вращении диска, происходящем во время вынимания жезла, переключатель попадает на дугу сектора бо́льшего радиуса и меняет направление тока. Для более надежного действия аппарата служит ряд других рычажков (контактных), к-рые препятствуют выниманию жезла каким-либо искусственным путем, а также не позволяют ни вложить ни вынуть жезл неподходящего типа. Кроме перечисленных устройств и приспособлений при аппаратах д. б. на каждой станции: гальваноскоп или миллиамперметр, индуктор или батарея, телефон, линейный громоотвод, звонки.



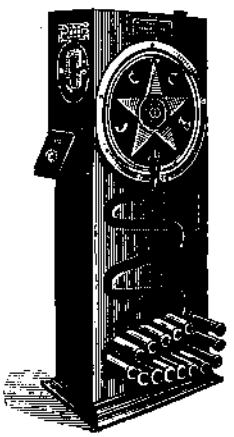
Фиг. 3.

Работа жезловыми аппаратами чрезвычайно проста. Станция, желающая отправить поезд по направлению к другой станции, вызывает последнюю к телефону путем нажатия соответствующей звонковой клавиши индуктора и одним коротким поворотом рукоятки этого индуктора. После переговоров по телефону и при согласии соседней станции принять поезд, агент последней нажимает соответственную клавишу индуктора и плавно вращает рукояткой его до тех пор, пока отклонившаяся при вращении рукоятки индуктора стрелка гальваноскопа не станет вертикально. Агент станции отправления, заметив, что стрелка гальваноскопа отклонилась в сторону, вынимает жезл и передает его на поезд, после чего вызывает к телефону соседнюю станцию и сообщает о времени отправления поезда. Снабженный жезлом поезд имеет право проследовать до следующей станции, по прибытии на к-рую жезл передается агенту этой станции. Последний вкладывает жезл в аппарат и сообщает по телефону на предыдущую станцию о прибытии поезда. После вложения жезла в аппарат возникает возможность вынуть жезл на любой из станций жезлового перегона и следовательно отправить поезд встречного или попутного направления. Поездным агентам вменяется в непременную обязанность убеждаться по надписям на жезле в том, что он принадлежит тому перегону, на к-рый поезд отправляется. Если после изъятия жезла из аппарата поезд почему-либо не м. б. отправлен, то жезл д. б. вложен обратно в тот же аппарат, и тогда можно или по соглашению с соседней станцией вынуть жезл снова или же дать согласие на прием поезда от соседней станции. При применении развинчивающихся жезлов возможно отправление одного поезда вслед за другим: при этом «билет» выдается на первый отправляющийся поезд, а «жезл»—на второй поезд. При вручении «билета» первому поезду поездной агент должен показать и вторую часть.

Если имеет место одностороннее движение, т. е. число поездов, проходящих в одном направлении, больше числа поездов другого направления, то жезлы из аппарата одной станции могут постепенно перейти в аппарат другой станции. В этом случае производится регулировка количества жезлов: особый агент вскрывает аппарат станции, где скопились жезлы, вынимает четное число жезлов и перевозит их в запломбированном чехле на станцию, где жезлов осталось мало. Перевезенные жезлы вкладываются в аппарат этой станции при составлении соответствующего акта, и после этого действие обоих аппаратов жезлового перегона продолжается обычным порядком. Передача жезлов на поезда обычно совершается ручным способом, но для устранения задержек поездов устраивают автоматич. приборы для обмена жезлами на ходу поезда. Жезловой аппарат Вебба и Томпсона не лишен нек-рых недостатков, напр. возможности заедания коммутационных рычажков, неадежности прижимных контактов и пр.

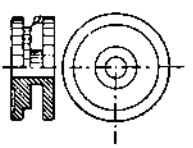
Жезловые аппараты Д. С. Трегера. Трегером введены изменения в жезловые аппараты Вебба, Томпсона и Смита. Прежде всего упрощен внутренний механизм аппарата и вместо 5 дисков оставлено лишь 3. Уменьшено и общее количество ры-

чажков. Вместо гальваноскопа установлен миллиамперметр, по включении к-рого можно сразу видеть направление тока в электромагнитном затворе. Задняя стенка аппарата сделана глухою, и жезлы вынимаются за передний конец, что затрудняет злоумышленное проникновение внутрь аппарата (фиг. 4). Каналы в аппарате Трегера имеют зигзагообразную и сомкнутую форму, позволяющую выемку жезлов производить последовательно, подвергая их одинаковому износу; самые же жезлы укорочены и имеют три кольца. Наконец облегчена переделка аппаратов из одного типа в другой, так как аппараты отличаются лишь типовыми патронами, укрепляемыми в отверстии для вкладывания жезлов. В виду этих преимуществ аппараты Трегера объявлены нормальными для сети дорог СССР.



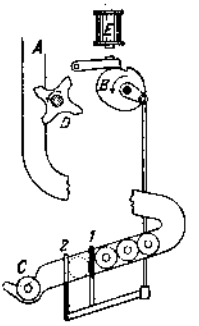
Фиг. 4.

Аппараты Г. Г. Вершинина. В аппаратах Вершикина жезлы имеют форму двойных дисков (фиг. 5), различающихся в аппаратах разных типов по величине и расположению внутреннего кольца *a*. Механизмы аппарата помещаются на шкафчике, внутри к-рого находится зигзагообразный жолоб. В одном и том же шкафчике м. б. расположены механизмы для двух соседних перегонов. Жезлы вкладываются в аппарат через жолоб *A* (фиг. 6) и по другому зигзагообразному жолобу скатываются вниз. В конце последнего имеется особая заслонка, движением к-рой управляет затворный диск *B*, имеющий лишь один зуб. Когда по обмотке электромагнитов *E* проходит постоянн. ток определенного направления, он притягивает якорь, и затворный диск получает свободу действий и отношении своего вращения вокруг оси. Ось затворного диска м. б. повернута посредством рукоятки, находящейся снаружи аппарата. При вращении этой оси против часовой стрелки находящаяся в конце зигзагообразного канала заслонка *1* приподнимается и пропускает жезл, задерживающийся другой заслонкой *2*. Затем рукоятка, а следовательно и затворный диск приводятся в свое первоначальное положение, и тогда первая заслонка, опускаясь, закрывает выход из зигзагообразного канала, а вторая заслонка освобождает путь находящемуся между обеими заслонками жезлу, так что последний выкатывается в лузу *C*, откуда м. б. взят агентом станции, отправляющим поезд. Коммутационный диск *D* производит переключение направления тока как при вкладывании жезла, так и при вынимании его. Аппараты Вершинина по принципу своего действия очень похожи на аппараты Вебба, Томпсона и Смита, но выгодно отличаются тем, что ответственные части их закрыты и что для вынимания жезлов и для звонковых сигналов применяется ток двух родов: постоянный—для жезлов и переменный—для звонков.



Фиг. 5.

Сравнивая между собой системы сношений при движении поездов на однопутных дорогах (телеграф, жезлы, блокировка), предпочтение как с точки зрения безопасности движения, так и в отношении пропускной способности перегонов, надлежит отдать блокировке. Однако высокая стоимость оборудования последней вынуждает до последнего времени пользоваться жезловыми аппаратами. Стоимость оборудования одного перегона протяжением в 15 *км* обходится при жезлах почти в три раза менее, чем при блокировке. По сравнению же с телеграфом Ж. с. имеет несомненное преимущество, так как применение жезлов удобнее, в достаточной степени гарантирует безопасность движения и дает бо́льшую пропускную способность, чем телеграф.



Фиг. 6.

Лит.: Рогинский Н. О., Ж.-д. сигнализация и обеспечение безопасности следования поездов, вып. 1, 5 изд., Москва, 1928; Номенклатура жезлового аппарата системы Д. С. Трегер, Транспечать, Москва, 1927; Правила движения поездов по жезловой системе (Код. 9116), Транспечать, М., 1927. **Н. Введенский.**

ЖЕЛАТИНА, высшие сорта животного клея, приготовленные из отборного сырья и соответственн. образом очищенные. Ж. состоит гл. обр. из глютина и хондрина. Глютин образуется при обработке горячей водой (особенно под давлением) коллагена (см. *Клей*), содержащегося в костях, хрящах, сухожилиях, соединительнотканных волокнах, а следовательно и в коже. Хондрин образуется при обработке горячей водой хондрогена, входящего гл. обр. в состав хрящей. Сущность перехода коллагена в глютин и хондрогена в хондрин в точности не известна. В отличие от глютина хондрин сравнительно трудно растворим в горячей воде, не содержащей солей щелочных и щелочноземельных металлов. При наличии последних в воде хондрин становится растворимым. Глютин растворяется в уксусной к-те при комнатной $t°$ и не дает осадка с уксуснокислым свинцом; хондрин не растворяется в уксусной к-те и дает осадок с уксуснокислым свинцом. По элементарному составу глютин представляет собой хондрин с частичной заменой кислорода азотом. Гофмейстер дал (1878 г.) следующую эмпирическую формулу Ж.:

$$C_{102}H_{151}N_{31}O_{39}\ (C_{102}H_{149}N_{31}O_{38}+H_2O).$$

Этот же исследователь, нагревал желатину до 130°, получил продукт, нерастворимый в воде, принимаемый им за коллаген согласно уравнению:

$$\text{коллаген} + H_2O \rightleftarrows \text{желатина}.$$

Высокосортными считаются те сорта желатины, которые содержат возможно большее количество глютина.

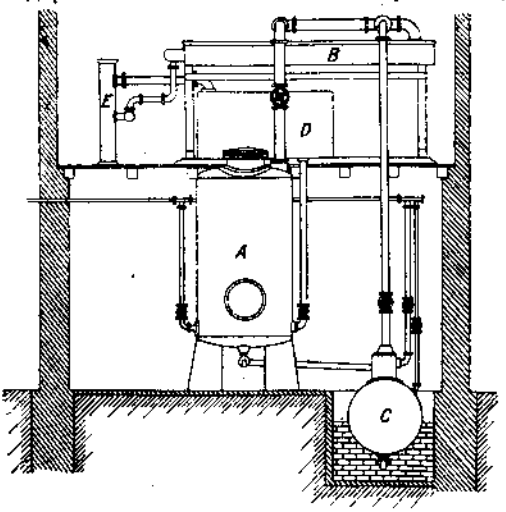
Свойства Ж. Удельный вес воздушносухой желатины равен 1,368, а безводной (по различным исследованиям)—1,412 и 1,346. Цвет: очищенная Ж. бесцветна; низкие и нек-рые технические сорта ее бывают от желтого до коричневого цвета; бесцветные сорта Ж. (в сухом виде) пропускают весь видимый спектр; в ультрафиолетовых лучах имеются две полосы поглощения: max—при 274 $\mu\mu$ и при 254 $\mu\mu$; первая полоса яснее выражена при $P_н$ меньшем 4,7, а вторая более выражена при $P_н$ большем 4,7. Показатель преломления Ж. равен приблизительно 1,5. Мутность: max мутности сухой Ж. наблюдается при $P_н = 4,6 \div 4,7$, т. е. в пределах изоэлектрич. точки Ж.; водный раствор Ж., застудненный при низкой $t°$, имеет мутность бо́льшую, чем раствор, застудненный при комнатной $t°$. Изоэлектрическая точка Ж. находится при $P_н = 4,7$. Знание $P_н$ раствора имеет громадное значение в производстве Ж., и особенности фотографической (см. ниже—Ж. в фотографии), т. к. целый ряд важных свойств соответствует определенным значениям $P_н$. Ж. является веществом *амфотерным* (см.). Набухание min наблюдается: при $P_н = 4,7$, max—при $P_н = 3,6$ и при $P_н = 9,0$. Растворы солей серной, уксусной, винной и щавелевой к-т понижают набухаемость, а растворы солей азотной, соляной, бромисто- и иодистоводородной к-т ее повышают. Набухание сопровождается нек-рым повышением $t°$. Количество поглощаемой воды в сильной степени зависит от $t°$, а также других факторов. При 24-часовом нахождении в воде при 15° хорошая Ж. должна набирать от 6 до 10 в. ч. от первоначально взятого ее веса. Набухшая Ж. при нагревании распускается в адсорбционной воде и, будучи охлаждена, вновь застывает, образуя студень. Вязкость min соответствует $P_н = 4,7$, max—$P_н = 2 \div 3$ и $P_н = 8 \div 10$. Вязкость повышается при уменьшении и понижается при увеличении $t°$. Чем выше концентрация раствора, тем вязкость больше при той же $t°$. Предварительная термическая и механическая (перемешивание, взбалтывание) обработка понижает вязкость раствора Ж. При $t°$ ниже 35—40° вязкость с течением времени увеличивается, при $t°$ выше 40°—уменьшается. Примеси солей серной, угольной, фосфорной, щавелевой и уксусной к-т повышают, а примеси солей бромистых, иодистых, роданистых и цианистых к-т понижают вязкость. Хлористые, хлорноватые и азотнокислые соли влияют на вязкость в ту или другую сторону, в зависимости от концентрации раствора, сорта и возраста Ж. В изоэлектрич. точке влияние солей на вязкость Ж. очень незначительно. Точка плавления раствора твердой Ж. (10%-ной) лежит ~ 28—31° и мягкой — ~ 25 — 27°. Точка застудневания обычно на 8—10° ниже точки плавления. Точки плавления и застудневания изменяются с изменением значений $P_н$. Наиболее быстро Ж. застудневает при $P_н = 4,7$; между $P_н = 7$ и $P_н = 7,5$ быстрота застудневания изменяется мало. С увеличением концентрации раствора повышаются точки плавления и застудневания, но для разных сортов Ж.—в разной мере. К-ты и щелочи действуют замедляющим образом на время застудневания. Соли одноосновных к-т понижают точку застудневания, соли двухосновных к-т повышают ее. При многократном расплавлении и застудневании растворы Ж. утрачивают способность застудневать. Это явление наступает также при 24-часовом кипении или непродолжительном нагревании в автоклаве при 140°, а также при действии нек-рых энзимов и бактерий (загнивание). Прочность студня зависит от концентрации растворов и $t°$. Факторы, влияющие замедляющим образом на застудневание, понижают прочность студня. Неорганические электролиты, находящиеся в Ж., имеют важное практическое значение. Их общее количество измеряется весом золы, к-рый в высоких сортах варьирует от 1 до 4% (см. *Спр. ТЭ*). Поверхностное натяжение желатинового раствора, имеющее особенное значение при изготовлении фотографич. бумаги и пластинок, меняется с изменением $P_н$. Мыльные растворы, альборит (препарат мыльного корня) и многие другие вещества уменьшают поверхностное натяжение; алкоголь и галоидные соли щелочных металлов его повышают. Осмотическое давление имеет минимум при $P_н = 4,7$. В сильно кислых и сильно щелочных растворах осмотическое давление повышается.

Производство Ж. Наиболее подходящим сырьевым материалом для изготовления Ж. являются свежие кости (предпочтительно молодых животных), рога, отбросы кожевенных з-дов, отбросы при выработке костяных изделий (т. н. решетка) и т. д. Качества Ж. в сильной степени зависят от рода употребляемого сырья. Сорт употребляемого сырья зависит также от цели, для к-рой предназначается желатина.

Ход производственных процессов при выработке Ж. в общем таков же, как и при выработке клея. Распределенный по сортам материал очищают и размельчают: кости—на специальных костедробилках, а кожу и ее отбросы—в особых голландерах. Размельченные кости обычно обезжиривают в экстракционных аппаратах. На фиг. 1 показан один из таких аппаратов, где *A*—вертикальный экстрактор, *B*—горизонтальный охладитель с конденсационными трубами, *C* и *D*—резервуары для растворителя, *E*—водоотделитель. Экстрагирование производится обычно бензином как наиболее дешевым растворителем (иногда бензолом, толуолом, ксилолом). Обезжиренные кости подвергаются мацерации (для удаления минеральных примесей) в растворе соляной, реже серной к-ты. К-ты растворяют кальциевые соли, но не растворяют коллагена костей (оссеина), остающегося в виде гибкого полупрозрачного хряща. Процесс мацерации продолжается от 7 до 14 дней.

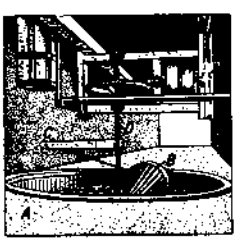
Размельченная кожа подвергается известкованию (золке) для разрыхления материала, омыления жиров и растворения белковых веществ. Золка обычно производится в растворе известкового молока (плотностью 1,8—2° Bé). Процесс золки продолжается 2—3 недели, причем известковое молоко меняют 2—3 раза. После мацерации и золки

полуфабрикат нейтрализуют и основательно промывают при перемешивании. На фиг. 2 изображен промывной аппарат, состоящий из деревянного чана *A* и конич. барабана *B*,



Фиг. 1.

вращающегося вокруг своей оси и передвигающегося поводком *C* вокруг оси *D*. Контроль над промывкой лучше всего производится путем определения водородного числа. Качество промывной воды имеет большое значение. Вода д. б. умеренно мягкой и не содержать примесей железа, сероводорода, углекислого натрия и аммиака. Присутствие хлористого натрия понижает качество готового продукта (пониженне точек плавления и застудневания, уменьшение прочности студни). С водой м. б. занесены также и гнилостные бактерии, вследствие чего необходимо обращать особое внимание на качество применяемой для промывки воды. После промывки следует варка, производимая обычно в больших деревянных чанах, снабженных на дне паропроводными трубами. При высших сортах Ж. t° доводится до 55—75°, при низших—до 100°. Варка производится до получения «бульона» желаемой крепости. Бульон сливают, и операция производится до тех пор, пока жидкость не будет больше застудневать. Обычно делают 3—4 выварки. Первая и вторая выварки дают лучшую Ж., третья и четвертая—идут на приготовление технической Ж. После варки бульон осветляют путем отстаивания, фильтрации или центрифугирования. Так как бульон обычно содержит 2—3% Ж., то его подвергают концентрированию. Концентрирование производится простым испарением, поверхностным испарением (посредством медленно вращающихся цилиндров, наполовину погруженных в бульон) и испарением при пониженном давлении (в вакуум-аппаратах). Концентрация доводится обычно до 5—6%.



Фиг. 2.

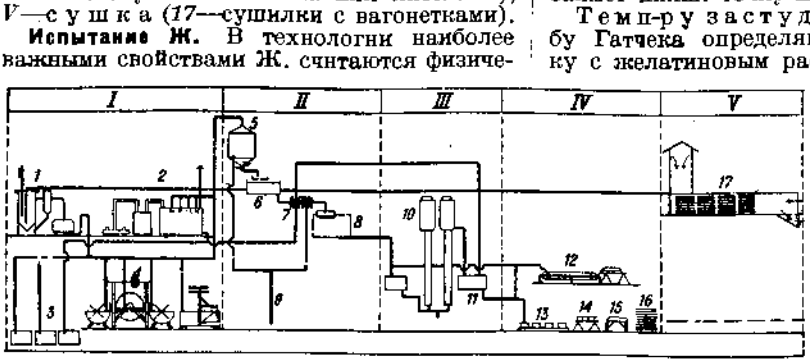
Дальнейшая операция состоит в отбелке бульона перекисью водорода, серной и сернистой к-тами и др. Следует отметить, что степень гидролиза коллагена на Ж. при значении $P_H=5{,}0\div6{,}0$ наименьшая; при $P_H=3{,}0\div4{,}0$ гидролиз значителен. Разложение Ж. на протеозы, пептоны и т. д. между значениями $P_H=3{,}0\div8{,}0$ незначительно, за пределами же этих значений—сильно возрастает. При продолжительном нагревании при высоких t° сильно возрастает как первый, так и второй гидролиз. Во время процесса концентрирования Ж. гидролиз зависит от P_H и достигает min при изоэлектрической точке ($P_H=4{,}7$).

За концентрированием следует охлаждение и разливка бульона по формам из оцинкованного или луженого железа. Вынутые из форм бруски студня разрезывают сначала на более мелкие брусочки, а затем при помощи машины рядом ножей нарезают на листы толщиной в 2—3 *мм*. Нарезанные листы раскладывают на сетки (пеньковые или металлические) и последние устанавливают друг на друга на вагонетки, поступающие в сушильное помещение.

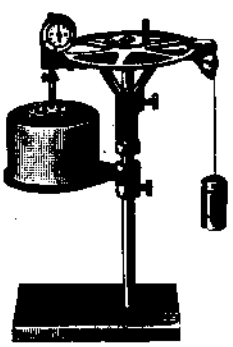
Одной из самых ответственных производственных операций является сушка Ж. Скорость высушивания зависит от толщины нарезанных листов, времени года, состояния погоды и конечно от устройства сушилок. Сушка происходит тем медленнее, чем больше концентрация Ж., т. к. верхние слои при большой концентрации скорее становятся непроницаемыми для воздуха и образуют как бы кожицу. Необходимо, чтобы сушильные приспособления легко поддавались регулировке. Обычно сушка производится при t° немного большей 20°, т. к. при более высокой t° Ж. размягчается и легко подвергается заражению бактериями. После сушки Ж. должна содержать 10—15% влаги; при большем содержании она загнивает, при меньшем—становится хрупкой. «Летняя» (т. е. изготовленная летом) Ж. обычно содержит 15—16% влажности; «зимняя»—приблизительно 8—10%. Наиболее экономичными в смысле расходования тепла и наиболее поддающимися регулировке являются сушилки, в к-рые воздух подается сверху. Размер высушенных листочков Ж. $8\div10\times21\div26$ *см*. Такие листочки обычно упаковываются по 0,5 и по 1 *кг*, причем в 1 *кг* содержится от 250 до 300 листков. Иногда Ж. придают вид нитей (вермишели) или порошка. Схема оборудования производства представлена на фиг. 3, где римск. цифрами обозначены операции, а арабскими—детали оборудования: *I*—подготовительные операции (*1*—водоочиститель, *2*—установка для серной к-ты, *3*—чаны для замочки, золки и мацерации, *4*—промывные аппараты); *II*—варка (*5*—варочные аппараты, *6*—приемник для бульона, *7*—фильтровальное приспособление, *8*—приемник для бульона, малой концентрации, *9*—трубы для проб); *III*—концентрирование (*10*—концентрационные аппараты, *11*—приемник для концентрированного бульона); *IV*—резка студня и подготовка к сушке (*12*—машины для получения студня в виде ленты, *13*—наиболее частый способ—разливка бульона по формам,

14—нарезка студня на бруски, *15*—нарезка брусков на листки, *16*—загрузка вагонеток сетками с уложенными на них листками); *V*—сушка (*17*—сушилки с вагонетками).

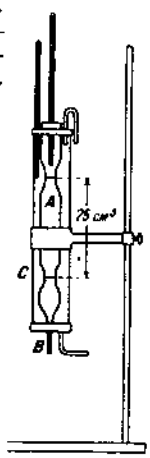
Испытание Ж. В технологии наиболее важными свойствами Ж. считаются физические или правильнее физико-химические свойства, характерные для коллоидов, напр вязкость, темп-ра плавления и застудневания и прочность студня, набухание, эластичность студня (особенно в фотографии), прозрачность, влажность, наличие жира, пенистость, загниваемость, а также активная реакция (P_H)—см. *Спр. ТЭ*, т. III, Склеивающие вещества и желатины.



Фиг. 3.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

Вязкость. Наиболее удобными в обращении следует признать вискозиметры сист. Мак-Майкела (McMichael) и Стормера (фиг. 4), основанные на вращении цилиндра в испытуемой среде. Отношение числа оборотов цилиндра в растворах Ж. к числу его оборотов в воде принимается за относительную вязкость растворов. Из вискозиметров, основанных на принципе истечения, больше всего заслуживает внимания вискозиметр Штерна (фиг. 5), состоящий из трубки *A* вместимостью 75 *см*³, к к-рой припаян внизу капилляр *B* длиною в 10 *см* и диам. от 1 до 5 *мм*. Трубка окружена стеклянным кожухом *C*, в котором циркулирует вода определенной *t*°. Вязкость в данном случае определяют скоростью вытекания 75 *см*³ раствора; но можно определять также и относительн. вязкость.

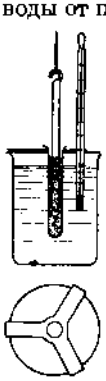
Темп-ра плавления по способу Поля определяется след. обр.: кусочек желатинового студня приплавляют к термометру с большим шариком и дают застыть капле при горизонтальном положении термометра; затем в воздушной бане постепенно нагревают термометр и, когда капля, расплавившись, займет нижн. точку шарика, отмечают $t°_{пл}$.

Темп-ру застудневания по способу Гатчека определяют, помещая пробирку с желатиновым раствором в охлаждающую ванну, где находится и термометр; в пробирке с раствором опускают и поднимают стеклянный стержень: когда пробирка поднимается вместе со стержнем, отмечают точку застудневания (фиг. 6). Наиболее же точный способ определения точек плавления и застудневания состоит в том, что пропускают через известные промежутки времени сквозь толщу исследуемого раствора пузырьки воздуха: когда пузырьки перестанут двигаться (сосуд с раствором в охлаждающей ванне), отмечают точку застудневания; когда пузырьки приходят в движение (сосуд в теплой ванне), отмечается точка плавления.

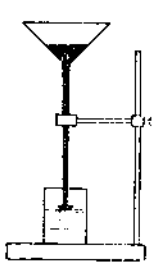
Прочность студня чаще всего определяется прибором Липовица (фиг. 7), состоящим из воронки, снабженной стержнем: в воронку наливают ртуть или насыпают дробь до появления трещин на студне; вес груза вместе с воронкой дает выраженное в *г* значение прочности. Хорошие сорта Ж. (10%-ный раствор после 24-часового стояния при *t*° 15°) должны выдерживать нагрузку в 300—400 *г*. Прочность студня определяется также **пенетрометрами**: скорость продвижения в студне металлич. стержня (фиг. 8) и глубина проникновения дают значение прочности.

При определении степени **набухаемости** навеску Ж. в 30—50 *г* оставляют на 24 часа в воде при *t*° 15°. Затем, просушив фильтровальной бумагой с поверхности, взвешивают набухшую Ж. Хорошая Ж. должна поглощать не больше 6—10 частей воды от первоначального веса взятой пробы.

Поверхностное натяжение растворов Ж. определяется **сталагмометром** Траубе. Более точно и быстро поверхностное натяжение определяется **тензиометром** Нуи (Noüy) (фиг. 9) по явлениям сцепления кольца *a* с раствором.



Фиг. 6.



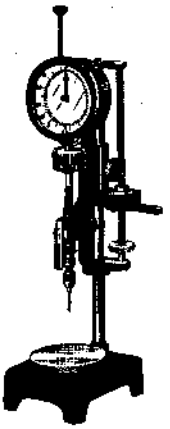
Фиг. 7.

Прозрачность определяется на-глаз чтением шрифта разной величины через слой раствора Ж., и более точно колориметрами (цветность) и турбидиметрами.

Турбидиметр Жаксона (фиг. 10) состоит из градуированного цилиндра *A* в металлич. кожухе *B*. Внизу кожуха имеется отверстие, под к-рым находится лампа на-

каливания *C* с одной нитью. При мутных растворах нить лампы видна лишь в тонком слое раствора, налитого в цилиндр.

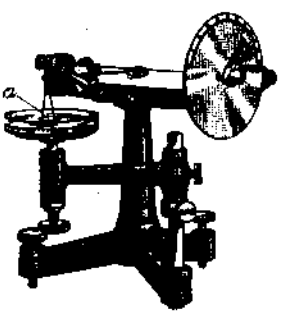
Количество влаги в Ж. определяется нагреванием навески при 110—120° до постоянного веса. Пенистость (по Кислингу) определяется следующим способом: 10%-ный раствор Ж. в количестве 50 *см*³ помещают в градуированный закрытый цилиндр, емкостью в 100 *см*³ и диам. в 2,5 *см*. Раствор нагревают в воздушной бане в течение 30 мин. до 45°. Отмечают время освобождения пены от жидкости и объем пены и жидкости в момент отстоя. Пенистость Ж. вредит при изготовлении эмульсий в фотопроизводстве, ибо на стекле или бумаге образуются участки, не покрытые эмульсией.



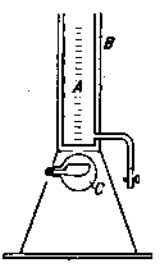
Фиг. 8.

Для обнаружения жира 10%-ный раствор Ж. оставляют в теплом месте на несколько дней. При наличии жира, на поверхности выделяются жировые глазки. Количественное определение жира производится при экстрагировании эфиром в аппарате Сокслета порошка, полученного смешением раствора Ж. с гипсом и высушенного при температуре 105—110°.

Хорошие сорта Ж. не должны: 1) загнивать, 2) терять способность желатинироваться и 3) выделять аммиак при стоянии в виде студня (10%-ного) в течение 5—8 суток.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

Активная реакция (см. *Концентрация водородных ионов*) удобнее всего определяется колориметрич. методом. Реакция бывает различна в зависимости от сорта желатины и ее назначения.

Применение Ж. Пищевая Ж. применяется при изготовлении кушаний, в кондитерских изделиях, для осветления вина, пива и минеральных вод, а также при изготовлении английского пластыря, аптекарских капсул и оболочек для лекарств, предназначаемых для внутреннего употребления. Она не должна содержать вредных для человеч. организма примесей, д. б. чистой (бесцветной), без всякого вкуса и запаха, а также быть способной давать крепкие студни. Техническая Ж. употребляется при изготовлении гектографич. массы, лент для шапирографов, глянцевого картона и бумаги, имитации черепахи, рога, искусственного жемчуга, при изготовлении валиков, намазывающих краску в печатных машинах, форм для моделей, синдетикона и т. д. О фотографической Ж. см. ниже.

Лит.: Михаэлис Л., Практикум по физ. химии, преимущественно по коллоидной химии, пер. с нем., стр. 106, 125, Л., 1925; Левитес, «Ж», 1903, т. 35, ч. 1, стр. 253, 1908, т. 40, ч. 1, стр. 174; Fisher M. H., «Chemical Abstracts», Washington, 1915, v. 9, p. 2830; Lloyd D. J. a. Pleass W.B., «British Chem. Abstracts», L., 1928, p. 119; Gerngross O. a. Bach S., «Kodak Abstracts», N. Y., 1925, v. 11, *1*, p. 31; Terzaghi C., «Science et industrie photographique», P., 1928, t. 8, *2*, p. 27; Rosinger A. et Vetter J., ibid., *3*, p. 51; Sheppard S. E., Gelatine in Photography, v. 3, p. 126, 146, N. Y., 1923; Thiele L., Leim u. Gelatine, p. 79, Leipzig, 1922; Krüger D., «Photographische Industrie», B., 1928, B. 26, *8*, *10*, p. 196, 197, 226—229; Rossel L. u. Morgenstern V., Kunstdüngeru. Leim-Industrie, B., 1927, *25*; Quincke u. Drude W., «Ann. d. Phys.», Lpz., 1903, B. 10, p. 486; Krüger D., Der Leim u. Klebstoffe, «Chem. Ztrbl.», B., 1905, B. 9, p. 1697; Michaelis L. u. Davidsohn H., «Biochem. Ztschr.», B., 1911, B. 33, p. 456; Ostwald W., «Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie d. Menschen u. d. Tiere», B., 1905, H. 108, p. 563; Kissling R., Leim u. Gelatine, p. 186, Stg., 1923; Cambon V., Fabrication des colles et gélatines, 2 éd., p. 38, P., 1923; Sörensen S. P., «Ztschr. f. physikalische Chemie», Leipzig, 1919, B. 93, p. 106; Loeb J., «Journal of General Physiology», New York, 1918, v. 1.

Н. Колесов.

Ж. в фотографии играет чрезвычайно важную роль как среда, в к-рой взвешены микроскопич. кристаллики галоидных солей серебра, придающих фотографич. эмульсиям светочувствительность. В настоящее время Ж. почти совершенно вытеснила коллодий в виду большей чувствительности желатинных эмульсий и большего удобства обращения с сухими фотографич. желатинными слоями. В различных фотомеханических репродукционных процессах Ж. (сенсибилизированная хромовыми солями) сама играет роль светочувствительного вещества. При приготовлении фотоэмульсий Ж. обволакивает микроскопич. кристаллики галоидных солей серебра и не дает им соединяться в более крупные зернышки. Этим она регулирует светочувствительность эмульсий, в значительной степени зависящую от размеров кристалликов. Ж. сообщает латентному изображению проявляемость, т. е. обусловливает почернение в проявительных растворах только тех зернышек, к-рые были подвергнуты действию света. В отсутствии Ж. все кристаллики галоидн. солей Ag, даже не испытавшие действия света, восстанавливались бы проявителями до металлич. серебра. Наконец Ж. сильно повышает светочувствительность солей серебра, являясь сенсибилизатором. Раньше эта функция Ж. приписывалась тому, что Ж. соединяется с одним из продуктов распада солей Ag—галоидом. Это объяснение оказалось неверным. В настоящее время, на основании работ Шеппарда, сенсибилизирующие свойства Ж. приписывают наличию в ней в ничтожных количествах (от 1 ч. на 300 000 ч. до 1 ч. на 1 000 000 ч.) сернистых органических соединений, попадающих в желатину из сырья (телячьих кож). При созревании эмульсий эти соединения образуют сернистое серебро, которому приписывается повышение светочувствительности. При обработке эмульсий проявительными, фиксирующими, а также другими растворами желатина регулирует

скорость диффузии этих растворов в светочувствительный слой.

Для фотомеханич. процессов пользуются обработанной хромовыми солями Ж., к-рая становится от этого светочувствительной: в местах, на к-рые попал свет, она перестает растворяться в теплой воде, удерживает жирные типографские краски и т. д. Этими функциями Ж. в фотографии определяются те требования, к-рые предъявляются к Ж.: фотографическая Ж. должна быть чиста в химич. отношении, содержать не больше 2—3% золы, не больше 0,05% жира, ничтожные следы тяжелых металлов—Cu, Fe, Pb—и очень мало восстановительных веществ, присутствие которых определяется потемнением аммиачного раствора $AgNO_3$. Для полива пластинок, пленок и бумаг расплавленной эмульсией Ж. последняя должна иметь определенную вязкость; для того чтобы слой фотоэмульсии мог выдержать ряд обработок в различных растворах, Ж. должна обладать определенными механич. свойствами—крепостью студня; для скорости проникновения растворов в слой и для сушки очень важна ее набухаемость; от фотографической Ж. требуется определенная степень кислотности (P_H = 5÷6), не далеко отстоящая от P_H изоэлектрич. точки Ж. = 4,7. Важны также $t°_{пл.}$ и $t°_{мет.}$ Ж. и студней различной концентрации.

Испытание фотографич. Ж. сводится к измерению вышеуказанных свойств и сравнению их со стандартами; однако решающим испытанием пригодности данного сорта Ж. для приготовления фотоэмульсий является варка из нее пробных эмульсий.

Изготовление фотографич. Ж. производится так же, как и других высших сортов Ж., но для нее особенно тщательно выбирается сырье (преимущественно обрезки телячьих шкурок—ножки и головки—и обрезки кож из производств); для приготовления фотографической Ж. берут первые спуски, не подвергающиеся дальнейшему нагреванию (при выпаривании и т. д.), и весь процесс производства ведется особо тщательно и в условиях, обеспечивающих достижение наибольшей чистоты.

Лит.: Валента Э., Химия фотографич. процессов, вып. 2, Ленинград, 1927; Sheppard S. E., Gelatine in Photography, v. 1, New York, 1923; Cambon V., Fabrication des colles et gélatines, 2 éd., Paris, 1923; Alexander J., Glue a. Gelatine, New York, 1923.

А. Рабинович.

ЖЕЛЕЗНАЯ БЕРЕЗА, дерево сем. Betulaceae, березовых, отождествляется с березой Шмидта (Betula Schmidtii Regel—онооре-камба у японцев), отличающаяся однако от последней по константам древесины. Ж. б. доставляет весьма ценную древесину, известную на дальневосточном рынке под названием корейской или карельской березы (не смешивать с обычной карельской березой!). Листья и семена Ж. б. и обыкновенной русской (Betula alba) сходны между собой, но кора Ж. б.—темная, напоминающая кору черемухи, а в изломе—красноватая, цвета сукровицы; толщина коры ок. 5 *мм*. Географически Ж. б. приурочивается к Дальнему Востоку, и в частности распространение ее установлено в Посьетском, Суйфунском (Никольск-Уссурийском) и других районах.

Свойства древесины. Древесина Ж. б. отличается исключительными свойствами: на изгиб она прочнее всех видов древесины и превосходит другие дальневосточные древесины по уд. в. (тонет в воде, даже морской), твердости (от нее отскакивают пули нагана) и нейтральности к воде. Свойства этой древесины, по предварительн. данным, установленным инж. П. К. Молгачевым (Никольск-Уссурийский) и Отделом материаловедения Всесоюзного эл.-тех. ин-та, таковы.

Торец Ж. б. показывает ясную границу между розовато-желтым ядром и широкой более светлой оболонью, причем по объему последняя превосходит ядро. Годичные кольца очень тонки и на торце трудно сосчитываемы даже в микроскоп (малой силы); для подсчета удобно пользоваться косым спилом под острым углом. Радиальные лучи мало выражены, особенно в ядре, и представляют инкрустацию шириной менее 0,5 *мм* из вещества более темного, чем самая древесина. Торец усеян светлыми пятнышками—порами поперечником до 0,1 *мм*, образующимися от выпадения бетулина. Абсолютная влагоемкость ядра при погружении в воду установлена в 28%, а оболони—в 50% (у микромелеса—другой ценной древесины Дальнего Востока—соответственные величины—92 и 120%); гигроскопичность абсолютно сухого образца, после пребывания его в воздухе с 80—90% влажности в течение 33 час., достигала 10,7%. Воздушно-сухая древесина при сушке до постоянного веса при 110° теряет 6,9% влаги. От сырости древесина Ж. б. не коробится, а гигроскопич. скорость ее приблизительно в полтора раза меньше, чем у микромелеса. Механически древесина Ж. б. в комнатно-сухом состоянии, выдержанная, характеризуется следующими данными: уд. в. ядра 1,048, а оболони — от 0,921 до 1,025; разрушающее усилие на изгиб 2 500—2 120 *кг/см²* (у русского ясеня—785—1 232, у клена 820—1 180, у гикори 1 346—1 561) и близко к таковому же сварочного железа, превосходя разрушающее усилие на изгиб чугуна. Коэф. качества при изгибе (т. е. отношение разрушающего усилия при изгибе к уд. весам) 2 380—3 350; твердость, измеренная копром микротвердости П. К. Молгачева и выраженная в *мм* проникновения в древесину падающей иглы: вдоль волокон 1,2, а по радиусу 1,0 (тогда как соответственные величины у липы 4,0 и 4,0, а у дуба 2,4 и 1,8); твердость, охарактеризованная в *мм* проникновения пули нагана, выпускаемой с расстояния 5 *м*, поперек волокон 12, а вдоль 2, причем пуля отскакивает (соответственные величины у липы 62 и 117, а у дуба 51 и 44); модуль упругости на изгиб—от 189 000 до 226 860 *кг/см²* (соответственная величина у дуба 100 000, а у сосны 111 000). Прочность на сжатие при усилии, направленном параллельно волокну, характеризуется коэфициентом 1 200—1 320 *кг/см²*, а в направлении, перпендикулярном к волокну, и наклоненном к радиусу,—коэфициентом 500—720 *кг/см²*, смотря по месту, из к-рого был выпилен образец. Статическая твердость по Бринелю характеризуется (при нагрузке 250 *кг*) данными, приведенными в табл. 1.

Табл. 1.—Статическая твердость по Бринелю.

Испытуемая часть ствола	Число Бринеля в кг/мм² при усилии	
	параллельном волокну	перпенд. волокну и под углом ок. 45° к радиусу
Ядро	19,8	12,3—17,6
Край ядра	18,4	10,7
Оболонь	13,2	8,5

Динамическая твердость, по Шору, характеризуется средними числами:

Параллельно волокну	44,2
Перпендикулярно волокну, ядро	42,0
Перпендикулярно волокну, оболонь	38,4

Наконец, электрич. сопротивление древесины Ж. б. характеризуется данными табл. 2.

Табл. 2.—Электрическое сопротивление древесины железной березы.

Состояние древесины	Удельное объемное электрич. сопротивление древесины в Ω-см	
	параллельно волокну	перпендикулярно волокну и приблизительно в радиальном направлении
Воздушно-сухая	$0.96 \cdot 10^{11}$	$2,26 \cdot 10^{11}$
Абсолютно сухая	$>7 \cdot 10^{12}$ (порядка 10^{14})	$>7 \cdot 10^{12}$ (порядка 10^{14})

Острожка торца трудна, обрабатываемость древесины хотя и затруднительна, но—в меньшем отношении к твердости и прочности, чем у более мягких пород.

Применение. До настоящего времени древесина Ж. б. была известна лишь на Дальнем Востоке и шла на рубанки, фуганки, оси, колеса и другие грубые поделки. Однако исключительно высокие качества этой древесины дают основание рассчитывать на использование ее в более ответственных и промышленно важных применениях, напр. для машиностроения, для ткацких челноков (вместо америк. древесин персимон и флоридаль), для ручек молотков (вместо гикори), для чертежных принадлежностей—линеек, угольников, рейсшин и т. д., для столярных и плотничных инструментов; м. б. возможно также использование Ж. б. и для производства активированного угля. Предвидится особенно важное применение Ж. б. в авиапромышленности, в связи с исключительно большим коэф-том качества при изгибе, превосходящим не менее чем на 50% лучшие авиаматериалы, и нейтральностью в отношении к воде. Плотность и однородность Ж. б. намечают этой древесине также широкое применение в кислографии (вместо самшита). Опыт в этом направлении, сделанный П. Я. Павлиновым, показал высокую степень пригодности торца Ж. б. для граверного дела, причем мелкие поры оставляют след лишь при первом оттиске, а при дальнейших—забиваются краской и не вредят качеству эстампов (см. *Гравирование*).

Экономика. Экономика вопроса Ж. б. до сих пор мало выяснена. Ориентировочно, по непроверенным данным, указывается на возможность ежегодно экспортировать из одного только района Никольска-Уссурийского ок. 1 400 м³ древесины Ж. б. по цене на берегу ок. 53 р. за м³, причем древесина м б. доставлена в восьмигранных брусьях длиной ок. 356 *см*.

Лит.: Молгачев П. К., Железная береза, «Лесопромышленное дело», Владивосток, 1928, 4, стр. 27—28.

П. Флоренский.

ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА, в широком смысле всякий путь с возвышенной металлич. колеей, пригодный для передвижения по нему соответствующего подвижного состава (локомотивы, вагоны, вагонетки). Эру Ж. д. обычно принято считать с 27 сентября 1825 г., т. е. со дня открытия первой паровозной Ж. д. общего пользования в Англии (Стоктон—Дарлингтон). Ход развития ж.-д. сети на земном шаре представлен в табл. 1.

Преимущества Ж. д. В современных условиях Ж. д. благодаря целому ряду преимуществ играют главную роль в общей сети путей сообщения на всех континентах. Эти преимущества — дешевизна перевозок по Ж. д., скорость, регулярность и сравнительная безопасность движения, а также приспособляемость Ж. д. к массовым перевозкам.

Дешевизна перевозок. Т. к. сопротивление движению по Ж. д. раз в десять менее сопротивления по шоссейной дороге и в 10—50 раз менее, чем по грунтовой дороге, то стоимость перевозки груза на дальние расстояния при гораздо более мощных двигателях обходится во много раз дешевле безрельсовых перевозок. В отношении дешевизны перевозок перед ж.-д. (помимо морских путей) имеют преимущества только внутренние водные пути, но, во-первых, количество этих путей ограничено, во-вторых, они работают не круглый год, и, в-третьих, скорость движения по ним значительно ниже. При коротких расстояниях, когда стоимость дополнительной перевозки между станциями Ж. д. и складами, а также перегрузка грузов на Ж. д. ложатся слишком большим накладным расходом на полную стоимость перевозки, преимущества Ж. д. в отношении дешевизны могут сильно снизиться, и за известным пределом, когда эти накладные расходы превышают экономию от самой перевозки, более выгодными могут оказаться автоперевозки или гужевые перевозки.

Скорость движения. Средняя скорость движения пассаж. поездов доходит у нас до 65, а за границей до 100 *км/ч*, считая в том числе и остановки; предельная же скорость движения в пути доходит теперь при паровой тяге до 140 *км/ч*, а при электрич. тяге были опыты движения со скоростью более 200 *км/ч*. Средняя коммерч. скорость движения товарных поездов при ручных тормозах пока невелика (в среднем 13—14 *км/ч*). С введением более мощных паровозов, автотормозов, маршрутизации поездов и пр. эта скорость м. б. повышена, как показывает заграничная практика, до 40 *км/ч*. В отношении скорости Ж. д. уступают только воздушным сообщениям, к-рые однако значительно менее спокойны и менее удобны для

Табл. 1.—Постепенное развитие ж.-д. сети на земном шаре (в км).

Государства	Год открытия первой Ж. д.	Протяжение ж.-д. сети, находящейся в эксплоатации, к концу соответствующих годов (в км)									
		1840	1850	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	1926 *1
Англия (Великобритания и Ирландия)	1825	1 348	10 653	16 787	24 999	28 854	32 297	35 186	37 579	39 262	39 262
Бельгия	1835	336	854	1 729	2 997	4 120	5 263	6 345	8 510	11 093	11 093
Германия	1835	549	6 044	11 633	19 575	33 838	42 889	51 391	61 148	58 148	58 156
Италия	1839	8	427	1 800	6 134	8 715	12 907	15 787	18 960	20 118	21 100
СССР (Россия)	1838	26	601	1 598	11 243	23 857	30 957	48 107	59 559	—	57 516
Франция	1832	497	3 083	9 528	17 931	26 189	36 895	42 827	49 385	53 561	53 561
По всей Европе *2	1825	2 925	23 504	51 862	104 914	168 993	223 869	283 525	333 848	372 688	384 420
Аргентина	1857	—	—	36	732	2 273	9 800	16 269	28 636	—	37 790
Бразилия	1854	—	—	129	691	3 200	9 500	14 793	21 370	—	30 500
Канада	1840	26	114	3 359	4 018	11 037	22 533	23 697	39 792	—	64 523
Мексика	1850	—	11	32	349	1 120	9 800	14 573	24 559	—	26 462
США	1830	4 534	14 515	49 292	85 139	150 717	268 409	311 094	388 173	—	403 875
По всей Америке *2	1830	4 754	15 064	53 935	93 139	174 667	331 417	402 171	526 382	611 721	601 136
Британская Индия	1853	—	—	1 350	7 681	14 977	27 000	38 235	51 647	—	62 074
Китай	1871	—	—	—	—	11	200	646	8 724	—	12 030
СССР	1880	—	—	—	—	125	1 433	2 669	6 544	—	16 979
Япония	1872	—	—	—	—	121	2 333	2 892	9 806	—	22 582
По всей Азии *2	1853	—	—	1 303	8 185	16 287	33 794	60 301	101 916	117 704	135 590
Алжир и Тунис	1862	—	—	—	517	1 379	3 104	4 251	5 044	—	7 779
Египет	1856	—	—	443	1 056	1 500	1 547	3 358	5 913	—	7 876
По всей Африке *2	1856	—	—	455	1 786	4 646	9 386	20 114	36 854	51 881	60 320
Виктория	1854	—	—	151	443	1 930	4 325	5 178	5 640	—	7 215
Квинсленд	1865	—	—	—	331	1 019	3 435	4 507	6 456	—	11 378
Новый Южный Уэльс	1855	—	—	113	545	1 368	3 641	4 523	6 089	—	9 100
По всей Австралии *2	1854	—	—	367	1 765	7 847	18 889	24 014	31 014	38 071	48 457
По всему земному шару	1825	7 679	38 568	108 012	209 789	372 430	617 355	790 125	1 030 014	1 192 065	1 229 923

*1 Archiv für Eisenbahnwesen, № 1, 1928. *2 Включая остальные государства и колонии.

Табл. 2.—Классификация железных дорог по различным признакам.

1. По условиям эксплоатации:	
а) Ж. д. общего пользования.	Подчиняются правилам общего устава; обслуживают всеобщие нужды в отношении регулярных пассажирских и товарных перевозок, совершаемых по установленным тарифам.
б) Ж. д. частного или необщего пользования	Обслуживают лишь нужды определенного органа, предприятия или группы предприятий. К этому виду дорог относятся: военные, промышленные, лесовозные, сельскохозяйственные и т. п.
2. По условиям финансирования и хозяйства:	
а) Казенные или государственные Ж. д.	Финансируются за счет государственного бюджета и эксплоатируются государством. Протяжение государственных дорог на земном шаре составляет лишь 25% всей ж.-д. сети. В СССР все Ж. д.—государственные.
б) Частные Ж. д.	Финансируются частным капиталом, иногда при некоторых гарантиях государства. Эксплоатируются распоряжением частных владельцев с подчинением установленным положениям. Наибольшее распространение частные дороги имеют в Америке (95%).
3. По характеру дороги и размеру ожидаемого движения:	
а) Магистрали усиленного типа, или сверхмагистрали .	Транзитные Ж. д. исключительно важного государственного значения с особенно большим массовым грузооборотом.
б) Магистрали нормального типа	Транзитные дороги общегосударственного значения с большим грузооборотом.
в) Магистрали облегченного типа	Транзитные Ж. д. общегосударственного значения с сравнительно незначительным движением. К этому виду относятся пионерные дороги большого протяжения, устраиваемые в целях вовлечения новых районов в общегосударственный оборот.
г) Подъездные пути и ветви .	Ж. д. местного значения, устраиваемые в целях развития районов и улучшения условий подвоза грузов к магистралям.
4. По ширине колеи:	
а) Ширококолейные Ж. д. . .	Ширина колеи: 1 524, 1 600, 1 667 и 1 676 *мм*.
б) Ж. д. нормальной колеи .	Ширина колеи 1 435 *мм*; такую колею имеют 67% Ж. д. земного шара.
в) Узкоколейные Ж. д. . . .	Ширина очень разнообразная: от 1 422 до 181 *мм*. Наиболее распространенными являются размеры: 1 067, 1 000, 914, 760 и 750 *мм*.
5. По топографическим условиям:	
а) Равнинные Ж. д.	Проходят в равнинной и слабо холмистой местности. Отличаются малыми уклонами и пологими закруглениями.
б) Ж. д. предгорные и проходящие в холмистой местности	Проходят в средне- или сильно холмистой местности. Имеют значительные уклоны и иногда довольно крутые закругления.
в) Горные Ж. д.	Проходят в гористой местности. Трасируются по необходимости крутыми уклонами и закруглениями малых радиусов.
6. По числу главных путей:	
а) Однопутные Ж. д.	Один главный путь (на перегонах между станциями).
б) Двухпутные Ж. д.	Два главных пути, причем один служит для поездов одного направления, а другой—для обратного.
в) Многопутные Ж. д.	Имеют три и более главных путей, устраиваемых для обслуживания особенно большого движения.
7. По конструкции пути:	
а) Обыкновенные Ж. д. (неподвижного типа)	Имеют два гладких рельса, образующих рельсовую колею.
б) Переносные Ж. д.	Имеют два гладких рельса легкого типа, монтируются и укладываются целыми звеньями, свободно переносимыми 1—6 рабочими. Применяются для небольших грузооборотов в случаях изменения погрузочно-разгрузочных пунктов и расположения Ж. д.
в) Зубчатые Ж. д.	Имеют кроме двух путевых рельсов расположенную по середине пути зубчатую рейку, за которую зацепляются зубчатые колеса локомотивов, приводящие в движение поезд. Применяются в горных местностях при уклонах от 0,040 до 0,480.
г) Трехрельсовые и четырехрельсовые Ж. д.	Имеют три или четыре гладких рельса, образующих две ширины колеи. Применяются для пропуска подвижного состава, обращающегося на Ж. д. двух разных размеров колеи, в тех случаях, когда Ж. д. одной колеи разделена небольшим участком Ж. д. иной колеи.

д) Однорельсовые Ж. д. . . .	Имеют один лишь рельс, по которому катится колеса подвижного состава, равновесие которого поддерживается особыми устройствами.

8. По расположению пути:

а) Наземные Ж. д.	Прокладываются по поверхности земли на специально устраиваемом земляном полотне и лишь в отдельных местах проходит по мостам, по путепроводам или в туннелях.
б) Надземные Ж. д. (двухрельсовые)	Располагаются на всем своем протяжении на искусственных сооружениях (виадуки, эстакады) и в некоторых случаях и на гражданских сооружениях. Применяются в особенно крупных, сильно застроенных центрах.
в) Подвесные, или висячие Ж. д.	Передвижение производится по одному рельсу или по канату, расположенному над землей на отдельных опорах с б. или м. значительными пролетами. Ц. т. подвижного состава находится ниже пути его передвижения.
г) Подземные Ж. д.	Располагаются сплошь в туннелях или штольнях, применяются в особо крупных центрах (метрополитены), а также при разработке полезных ископаемых (рудничные дороги).

9. По виду энергии, применяемой для тяги поездов или отдельных вагонов:

а) Паровозные Ж. д.	Имеют преимущественное распространение. Движение осуществляется посредством паровозов. Наибольшим подъемом, допускаемым при этом виде тяги на дорогах с гладкими рельсами, у нас является 0,040. За границей на некоторых дорогах применяются и более крутые подъемы, а именно до 0,045, а в исключительных случаях и более (до 0,075).
б) Электрические Ж. д. . . .	Тяга поездов производится электровозами, а 1—3 вагонов—электромоторными вагонами. Отличаются рядом преимуществ, как то: большая провозная способность, использование на месте дешевой энергии, возможность накопления энергии при движении под уклон, отсутствие дыма, меньший шум, более спокойный ход, симметричность локомотива и пр. Однако этим дорогам присущи и значительные недостатки: очень высокая стоимость устройства и оборудования и зависимость всего движения от центральных станций. Применяются преимущественно для городского и густого пригородного движения, для подземной рудничной откатки, а также для междугородного сообщения в гористых местностях и при очень большом движении. Наибольшие подъемы, преодолеваемые при электрич. тяге на дорогах с гладкими рельсами, достигают 0,127.
в) Тепловозные Ж. д.	Для тяги поездов применяются локомотивы с двигателями внутреннего сгорания. Преимущества: более высокий (по сравнению с паровозами в 2—2½ раза) коэф. использования топлива, отсутствие надобности в значительном количестве воды, меньше дыма и шума, симметричность локомотива и постоянная готовность к действию. Однако тяга этого вида широкого распространения пока не получает, т. к. не удалось еще выработать достаточно удачного типа тепловоза большой мощности; имеющиеся типы еще очень сложны и дороги, причем как ремонт, так и амортизация их требуют больших затрат. Наибольшее практич. применение тепловозная тяга пока получает при сравнительно незначительном и нерегулярном движении, а также на военно-целевых дорогах. Имеется основание предполагать, что в безводных районах этот вид тяги получит большое распространение.
г) Воздуховозные Ж. д. . . .	Локомотивы работают сжатым воздухом (под большим давлением до 150—200 *atm*). Преимущество — полная безопасность в пожарном отношении и отсутствие газов, портящих воздух. Главный недостаток — ограниченный район работы локомотивов (~10 *км*). Применяются преимущественно для подземной откатки на рудниках, а также для обслуживания особенно огнеопасных предприятий.
д) Канатные или цепные Ж. д.	Тяга отдельных вагонов или вагонеток производится посредством приводимого центральным двигателем бесконечного стального каната или цепи. При этом виде тяги допускаются очень крутые подъемы (до 0,800); безопасность движения обеспечивается особыми видами автоматических тормозов, охватывающих головку рельса. Применяются для небольших протяжений в гористых районах, а также в рудниках. В некоторых случаях при следовании груза под уклон движение по дорогам с канатной тягой может осуществляться автоматически, причем порожние вагонетки поднимаются бесконечным канатом, приводимым в движение спускающимися сцепленными с ним вагонетками.
е) Конные или ручные Ж. д.	Движение производится лошадьми или людьми. Применяются при очень малых грузооборотах, преимущественно на коротких временных ветках.

10. По назначению дороги:

а) Транзитные Ж. д.	Обслуживают гл. обр. транзитное движение, связывающее между собой отдаленные центры и районы. Устраиваются с возможно более легким профилем и по кратчайшему направлению. Обычно рассчитываются на большие скорости и на значительное движение.
б) Разгружающие Ж. д. . . .	Основная задача—разгрузка перегруженных направлений других Ж. д.; при этом не исключаются и все другие задачи, выполняемые Ж. д.
в) Спрямляющие Ж. д. . . .	Основная задача спрямить кружное направление массовых потоков, причем не исключаются и другие задачи, выполняемые Ж. д.
г) Пионерные (колонизационные) Ж. д.	Устраиваются для вовлечения в общий цикл народнохозяйственной и культурной жизни новых отсталых и нетронутых районов. Если предполагается систематическое заселение этих районов, то дороги получают название колонизационных.
д) Стратегические Ж. д. . . .	При выборе направления, типа и оборудования дороги особое внимание обращается на стратегич. соображения. В мирное время выполняют общие функции Ж. д.
е) Пригородные Ж. д.	Устраиваются для нужд населения особенно больших центров, живущего за пределами города.
ж) Курортные Ж. д.	Обслуживают нужды курортной публики как в отношении связи курортов с железнодорожной сетью, так и в отношении внутренней связи взаимно дополняющих курортов.
з) Промышленные Ж. д. . . .	Обслуживают транспорт одного или нескольких фабрично-заводских предприятий и в соответствующих случаях связывают их с сетью Ж. д.
и) Местные Ж. д.	Обслуживают нужды местного населения и хозяйства, связывают отдельные пункты районов между собою и с сетью магистралей. Устраиваются по облегченным технич. условиям и рассчитываются на небольшую скорость движения (до 30 км/ч).
к) Портовые Ж. д.	Устраиваются в пределах портов для обслуживания портовых операций и для связи порта с ж.-д. сетью.
л) Окружные Ж. д.	Устраиваются для разгрузки узлов и станций особенно больших городов, в к-рых сходится значительное количество ж. д., а также для обслуживания периферии особенно крупных городов.
м) Городские Ж. д.	Обслуживают нужды городского населения и городского хозяйства, связывая между собою отдельные районы и пункты города. По виду энергии, применяемой для тяги, это, в большинстве случаев, электрич. ж. д. (трамвай) и, в редких случаях, конные ж. д. (конка).

пассажиров и столь дороги для грузов, что им выгодно пользоваться только для перевозки почты и особенно ценных товаров (золото, меха и т. п.) по тем направлениям, где нет Ж. д. или где перевозки этих грузов по Ж. д. не обеспечены от ограбления.

Регулярность движения. В отношении регулярности движения Ж. д. стоят на первом месте перед всеми иными путями сообщения, т. к. движение по ним не зависит от времени года и за исключением редких стихийных явлений от состояния погоды. При правильной организации пассаж. поезда ходят с точностью до нескольких минут, тогда как опоздание пассажирских пароходов измеряется при больших расстояниях часами. Грузовое движение в особенности при введении маршрутных поездов совершается по Ж. д. с точностью, значительно превосходящей иные сообщения.

Безопасность движения. Несмотря на большую скорость движения ж.-д. сообщение является одним из самых безопасных. Статистика показывает, что сообщение по безрельсовым дорогам, особенно в населенных центрах, дает гораздо большее число жертв на пассажирокилометр, чем сообщение по Ж. д. Чем совершеннее оборудована и чем лучше обслуживается Ж. д., тем больше безопасность движения, причем с увеличением скорости безопасность несколько уменьшается.

Приспособляемость к массовым перевозкам. Никакое другое сухопутное сообщение не может осуществить перевозки грузов и пассажиров в таком громадном масштабе, как Ж. д. Кроме того Ж. д. сравнительно легко приспособляется, в известных пределах к увеличению и уменьшению размеров движения при помощи передачи подвижного состава с одной дороги на другую.

Значение Ж. д. Создавая быстрый и дешевый сухопутный транспорт в любом направлении и давая возможность свободно преодолевать большие расстояния, Ж. д. оказывают благотворное влияние на развитие прорезаемых ими районов. Соединяя между собой целые страны и самые отдаленные районы и создавая между ними культурную и экономич. связь, Ж. д. дают возможность рационализировать и расширять массовое производство в наиболее благоприятных условиях, способствуют удешевлению продуктов производства и потребления, помогают регулированию цен и смягчению местных затруднений в снабжении, парализуют губительное влияние местных неурожаев, содействуют развитию отсталых районов и утилизации их естественных богатств. Дешевизна и срочность ж.-д. перевозок оказывают громадное влияние на развитие торговли и массового товарообмена. Являясь рассадником культуры, Ж. д. оказывают благотворное влияние и в социальном отношении, поднимая культурный уровень, улучшая условия жизни и благосостояние населения. Помимо своего неоспоримого культурно-экономич.

Табл. 3.—Главнейшие характеристики классификации ж.-д. нормальной колеи с паровой тягой (по характеру дороги и размеру ожидаемого движения).

Характеристика	Магистрали усиленного типа (сверхмагистрали)	Магистрали нормального типа	Магистрали облегченного типа	Подъездные пути и ветви
Наименьш. грузооб. в грузовом направл.	Для однопутной сверхмагистрали ⊲ 8 000 000 *тхм/км* Для двухпутной ⊲ 12 000 000 *тхм/км*	Не менее 500 000 *тхм/км*	Менее 800 000 *тхм/км*	При длине до 100 *км*—независимо от размера грузооборота При длине от 100 до 200 *км* вкл.—менее 300 000 *тхм/км* При длине от 200 до 250 *км* вкл.—менее 150 000 *тхм/км*
Число путей	Несколько или один путь	Один или два пути	Один путь	Один или два пути
Руковод. подъем . .	Не круче 0,004	Нормально не круче 0,007 и, во всяком случае, не круче 0,009	Нормально не круче 0,012 и, во всяком случае, не круче 0,015	Нормально не круче 0,025 и, во всяком случае, не круче 0,040
Число пар коммерческих поездов максимального параллельного графика . .	В зависимости от условий эксплоат.	При одном пути—21 пара, при 2 путях—не менее 40 пар	14 пар	В зависимости от условий эксплоатации
Воинское движение .	По особому заданию в каждом отдельном случае	При одном пути: а) при руководящем подъеме до 0,007 включит.—24 пары поездов максимального параллельного воинского графика (считая факультатив, пассаж. и хоз. поезда), из к-рых чистых воинских 16 пар б) при руководящем подъеме от 0,008 до 0,009 вкл. не менее 21 пары поездов максимального параллельн. воинского графика (считая факультатив, пассаж. и хоз. поезда), из которых чистых воинских 14 пар При двух путях—по особому заданию в каждом отдельном случае	14 пар поездов максимального параллельного воинского графика (считая факультатив, пассаж. и хоз. поезда), из к-рых чистых воинских поездов 8 пар	По особому заданию в каждом отдельном случае
Радиусы закруглений в *м**				
а) основной рекомендуемый . . .	2 000 / —	1 000 / —	1 000 / —	1 000 / —
б) наименьший нормальный	1 000 / 800	600 / 500	400 / 250	300 / 250
в) наименьший в исключительных случаях	400 / 300	300 / 200	250 / 200	200 / 200
Расчетн. скорость на руковод. подъеме .	1) При руководящем подъеме 0,004 и менее—15—20 *км/ч* 2) При руководящем подъеме более 0,004, но не более 0,009 включительно—12 *км/ч* 3) При руководящем подъеме свыше 0,009—10 *км/ч*			
Коммерч. скорость (ориентировочно) . .	В зависимости от местных условий	Для двухпутной магистрали 18 *км/ч* Для однопутной магистрали 15 *км/ч*	12 *км/ч*	В зависимости от местных условий
Схемы нагрузок для расчета искусственных сооружений . .	Усиленная или нормальная (схема «У» или «Н»)	Нормальн. или усиленная (схема «Н» или «У»)	Облегчен. или нормальная (схема «О» или «Н»)	Облегченная, нормальная или усиленная (схема «О» или «Н» или «У»)

Примечание: «У»—2 шестиосных паровоза; нагрузка на ось по 30 *т*, с 4-осным тендером—нагрузка на ось по 30 *т*. «Н»—2 шестиосных паровоза; нагрузка на ось по 25 *т*, 4-осный тендер—нагрузка на ось по 25 *т*. «О»—один паровоз; нагрузка на ось 18 *т*, с 4-осным тендером—нагрузка на ось 16 *т*. Вагон. нагрузка во всех случаях—8 *т* на *п. м* пути. В наст. время эти нормы пересматриваются с целью их снижения.

* Числа, стоящие над чертой, даны для равнинной и слабо холмистой местности. Числа, стоящие под чертой,—для горной и сильно холмистой местности.

Табл. 4.—Протяжение железных дорог в отдельных государствах. *1

Государства	Площадь в тыс. км²	Число жителей в тыс.	Протяжение железных дорог в км	Показатели обслуженности		
				k_1	k_2	k
Бельгия	30,4	7 812	11 093	36,5	14,2	22,8
Швейцария	41,3	3 918	5 773	14,0	14,7	14,3
Дания	43	3 420	5 067	11,8	14,8	13,2
Великобритания	244	45 213	39 262	16,1	8,7	11,8
Венгрия	92,9	8 275	9 529	10,3	11,5	10,9
Франция	551	44 744	53 561	9,7	12,0	10,8
Германия	472	63 184	58 156	12,3	9,2	10,2
Чехо-Словакия	140,4	13 613	14 030	10,0	10,3	10,1
Австрия	83,8	6 535	7 038	8,4	10,8	9,5
Швеция	448,5	6 006	15 715	3,5	25,6	9,5
Латвия	65,8	1 845	2 856	4,3	15,5	8,2
Литва	55,9	2 371	3 120	5,6	13,2	7,4
Эстония	47,5	1 107	1 433	3,0	12,9	6,2
Италия	309,9	38 756	21 100	6,8	5,4	6,1
Польша	388,4	27 177	19 399	5,0	7,1	5,9
Испания	505,2	21 967	15 572	3,1	7,1	4,7
Югославия	248,7	11 997	9 846	3,6	8,2	5,4
Румыния	294,2	17 500	11 918	4,1	6,8	5,3
Греция	127	5 022	3 192	2,5	6,3	4,0
Финляндия	388,5	3 365	4 540	1,2	13,5	4,0
Норвегия	323,8	2 732	3 589	1,1	13,1	3,8
Болгария	103,1	5 483	2 638	2,5	4,8	3,5
Турция	27	1 000	414	1,5	4,1	2,5
СССР	5 803	115 508	57 516	1,0	5,8	2,2
Всего в Европе *2	10 992,6	472 894	384 420	3,5	8,1	5,3
США	9 389	106 139	403 875	4,3	38,0	12,8
Канада	9 660	9 364	64 523	0,7	68,9	6,9
Мексика	1 962,2	14 281	26 462	1,3	18,5	4,9
Аргентина	2 978,6	9 847	37 790	1,3	38,4	7,1
Чили	751,5	3 754	8 661	1,2	23,1	5,3
Бразилия	8 511,2	33 767	30 500	0,4	9,0	1,9
Перу	1 355	5 550	3 363	0,2	6,0	1,1
Всего в Америке *2	41 288,7	214 556	601 136	1,5	28,0	6,5
Япония с Кореей, Формозой и Квантуном	679,7	84 567	22 582	3,2	2,7	2,9
Британская Индия	4 901,9	319 647	62 074	1,3	1,9	1,6
СССР	16 035	50 712	16 979	0,1	5,5	0,7
Китай	11 520	441 200	12 020	0,1	0,3	0,2
Всего в Азии *2	42 225,5	1 007 315	135 590	0,3	1,3	0,6
Алжир и Тунис	700,6	8 159	7 779	1,1	9,5	2,2
Южно-Африканский Союз	1 223,4	7 394	18 901	1,5	2,6	2,0
Египет и Судан	3 525	19 949	7 876	0,2	3,9	0,9
Юго-западная Африка	835,1	228	2 704	0,3	118,6	6,0
Родезия	1 140	2 011	3 977	0,3	19,8	2,4
Франц. колонии в зап. Африке	4 800	12 283	3 331	0,1	2,7	0,5
Всего в Африке *2	24 471,1	112 382	60 320	0,2	5,4	1,0
Виктория	227,6	1 671	7 215	3,2	43,2	11,8
Квинсленд	1 736,5	855	11 373	0,7	133,0	9,6
Зап. Австралия	2 527,6	368	7 837	0,3	212,8	8,0
Южн. Австралия	984,4	543	5 614	0,6	103,4	7,9
Новый Южный Уэльс	801,4	2 272	9 100	1,1	40,1	6,6
Всего в Австралии *2	8 008,5	7 695	48 457	0,6	63,0	6,1
Всего по земному шару	126 986,4	1 814 842	1 229 923	1,0	6,8	2,6

*1 «Archiv für Eisenbahnwesen», № 1, 1928. *2 Включая и остальные (не перечисленные отдельно) государства и колонии.

Табл. 5.—Результаты эксплоатации железных дорог.

Характеристика	Наименование единицы	Великобритания 1925 г.	Германия*1 1925 г.	Италия*2 1924/25 г.	Франция*3 1925 г.	США 1925 г.	Канада*8 1925 г.	Япония*10 1924/25 г.	СССР 1924/25 г.	СССР 1926/27 г.
Эксплоатационная длина	км	32 835	53 227	16 485	39 678	416 610*5	62 569	11 962	74 399	75 753
Перевезено грузов	тыс. т	345 256	408 694	63 171	228 274	1 225 211	98 822	71 178	83 451*11	135 934*11
» пассажиров	тыс. чел.	1 743 318	2 106 000	102 608	727 675	902 000	40 304	635 454	211 825*11	254 199*11
Средний пробег грузов	км	87,4	146	180	150	497	550	161	568	601
» » пассажиров	км	—	24	—	38	65	115	38	30	37
Средний грузооборот или густота движения (на 1 км эксплоатационной длины)	т. км/км	915	1 129	774	662	1470	740	917	6 8	1 078
Средний пассаж. оборот	пас. км/км	—	953	—	705	140	71	1 488	236	292
Средняя подъемная сила вагонов тов. парка	т	10,9	16,6	19	—	40,6	33	12,5	17,1*a	17,1*a
Средний вес тов. поезда (нетто)	т	132	243	—	—	675*7	475	—	387,8	411,1
Количество локомотивов в шт. на 1 км эксплоат. длины		0,74	0,50	0,44	0,47	0,165	0,09	0,33	0,27	0,24
Количество вагонов тов. парка		23,70	13,90	9,80	12,40	5,90	3,50	4,85	5,98	6,03
Колич. вагонов пассаж. парка		2,20	1,60	0,90	0,95	0,145	0,10	0,84	0,40	0,39
Средняя скорость тов. поездов	км/ч	13	—	—	—	19	—	—	13,7	13,4
Количество работников на 1 км эксплоат. длины	чел.	21,5	13,8	11	—	4,6*7	2,6*9	16,3	10,8	13,2
Средний расход на 1 км эксплоатационной длины	руб.	47 000	34 400	19 300	—	—	—	17 500	5 891	10 035
Средний расход на 1 *поезд-км*	»	—	3,40	2,50	—	—	—	1,44	2,04	2,41
Валовой доход (округл.)	тыс. руб.	1 870 000	2 150 000	330 000	806 000	12 000 000*7	870 000	372 000	525 373*b	693 840*c
» расход »	» »	1 540 000	1 830 000	318 000	730 000	8 900 000	710 000	209 000	438 274*b	760 291*c
Коэф. эксплоатации		83	85	96	84	74	82	56	83,42	85,07
Основной капитал	тыс. руб.	11 200 000	12 000 000	—	3 020 000*4	42 200 000*7	6 600 000	1 840 000	5 151 700	5 151 700*d
Основной капитал на 1 км эксплоатационной длины	» »	340	226	—	99*4	102	105	153	69	68
Всего пострадавших на ж. д. лиц (рабочих, пассажиров и посторонних) при движении и вне движения:										
а) убито	тыс. чел.	—	—	0,527	0,059	6,766	0,362*9	—	2,587	3,749
б) ранено	» »	—	3,042	3,068	0,772	137,435	9,808*9	—	27,478	75,219

При составлении этой таблицы денежные выражения указаны в золотых руб., причем перевод иностранной валюты произведен по паритету 1925 г. из расчета: 1 долл.=1,94 зол. р., 1 фунт. ст.=9,46×0,99=9,36 р., 1 мар.=0,46 р., 1 фр.=0,375×0,246=0,092 р., 1 лира=0,375×0,206=0,077 р., 1 пена=0,965×0,82=0,79 р.

Примечания

*1 Данные по сети Об-ва госуд. ж. д.

*2 Данные по сети госуд. ж. д. (протяж. частн. ж. д. на 1914/15 г. составл. 4 100 км).

*3 По дорогам госуд. и пяти основных частных компаний (Сев., Вост., Юж., Орлеанск. и Париж—Средиземн. море).

*4 По пяти частн. компан.

*5 При эксплоатации участка двумя или более дорогами, эксплоат. длина учитывается каждой дорогой; поэтому длина эта в США получается больше строительной длины (403 249 км).

*6 Кроме основного капитала компаний, эксплоатир. узловые и конечные станции, составляющего ~ 1 500 000 р.

*7 По дорогам с доходом свыше 2 000 000 р. (эксплоат. длина их 350 797 км).

*8 Данные взяты по дорогам с доход. свыше 1 000 000 р. в год (90% всей сети).

*9 На 1924 г.

*10 По сети госуд. ж. д.

*11 Отправлено.

Источники.

Для иностр. государств данные взяты из материалов по статистике путей сообщения ЦСК НКПС, вып. 67, 1927 г.

По СССР основные показатели взяты из «Материалов статистики путей сообщения», вып. 85, М., 1928 г., а отдельные данные соответственно:

*a «Ежемесячн. бюллетень транспортной статистики», 8 (54), стр. 72,

*b По общ. тов. инд. 1,815,

*c » » » » 1,821 (инд. взяты из «Планового хозяйства», М., 1927, 9),

*d Контр. цифры Госплана СССР на 1927/28 г.

значения железные дороги необходимы и для обеспечения обороны страны.

Классификация Ж. д. В зависимости от их конструкции и назначения, а также от условий сооружения и эксплоатации Ж. д. разделяются на различные виды. Официально установленной, определенной классификации Ж. д. не существует, и различные авторы подходят к вопросу классификации с индивидуальной точки зрения. Стандартная классификация для Ж. д. СССР разработана пока только по признаку грузооборота (проект НКПС, опубликованный в «Вестнике стандартизации», № 5, 1927 г.). В действительности классифицировать Ж. д. приходится по целому ряду признаков, как указано в табл. 2.

Основным видом Ж. д., имеющим преимущественное распространение во всех странах земного шара, являются обыкновенные наземные паровозные Ж. д. с двумя гладкими рельсами, образующими прочную рельсовую колею, по к-рым обращается специальный подвижной состав с глухо насаженными на оси однореборными колесами. Главнейшие характеристики нашей стандартной классификации таких Ж. д. в зависимости от размеров ожидаемого движения даны в табл. 3.

Обслуженность как целых стран, так и отдельных районов Ж. д. в значительной степени характеризует уровень их хозяйственного и культурного развития. Достаточно удовлетворительные показатели обслуженности, учитывающие все основные данные, пока не выработаны. Обычно показатели (коэфициенты) обслуженности выражаются в виде отношения протяжения Ж. д. (L *км*) того или иного района: а) к площади его территории (F в сотнях *км*²):

$$k_1 = \frac{L}{F},$$

б) к его населению (N в десятках тысяч жителей):

$$k_2 = \frac{L}{N},$$

в) к площади и населению, причем в этом случае показатель является средним геометрическим первых двух показателей (формула Энгелн):

$$k = \sqrt{k_1 \cdot k_2} = \frac{L}{\sqrt{F \cdot N}}.$$

Наиболее характерным из этих трех показателей является последний.

Современное протяжение (к началу 1926 г.) Ж. д. в отдельных государствах и колониях земного шара с характеристикой их обслуженности указано в табл. 4.

Железнодорожные устройства. Все ж.-д. устройства, или отдельные части Ж. д. обычного типа, подразделяются на следующие виды: а) земляное полотно—насыпи и выемки с соответствующими укреплениями их откосов, с кюветами и водоотводными канавами; б) искусственные сооружения—мосты, путепроводы, трубы, лотки, туннели, подпорные стенки; в) верхнее строение пути—балласт, шпалы, рельсы, скрепления, стрелочные переводы, крестовинные пересечения; г) принадлежности и оборудование пути—путевые знаки, инвентарь, переносные щиты, снегоочистители, жилые изгороди; е) связь—телеграф, телефон, сигнализация и блокировка; ж) путевые постройки (казармы, полуказармы, сторожевые будки) и переезды; з) станционные постройки—пассаж здания, платформы, тов. помещения, дежурные помещения, паровозные депо, вагонные сараи, мастерские, больницы, амбулатории, диспансеры, прачечные, материальные склады и прочие здания; и) водоснабжение и канализация—водоприемники, водоподъемные и водоемные здания, водопроводные трубы, гидравлич. колонки, пожарные и водоразборные краны, канализационная сеть и ее оборудование; к) принадлежности и оборудование станций—семафоры, централизация стрелок и сигналов, поворотные устройства, вагонные весы, упоры, габаритные ворота, кубы для кипячения воды, заборы, нефтеснабжение, освещение, оборудование всех зданий.

Сооружение Ж. д. Перед сооружением Ж. д. должны быть произведены тщательные экономич. и технич. изыскания, на основании которых устанавливается тип и класс дороги, составляется общий проект и расценочная ведомость на ее устройство и оборудование. Сооружение Ж. д. значительного протяжения производится по заранее составленному плану работ особым строительным управлением, находящимся в ведении Центрального отд. строит. Ж. д. НКПС. Подъездные пути малого протяжения обычно строятся распоряжением правления той ж. д., к к-рой путь примыкает, или же распоряжением заинтересованного предприятия. Во время постройки Ж. д. по ней при первой возможности открывается временное движение.

Эксплоатация Ж. д. По окончании постройки Ж. д. сдается в эксплоатацию, и по ней открывается регулярное движение. Под эксплоатацией Ж. д. разумеется вся система организационных и производственных мероприятий, необходимых для осуществления пассажирских и грузовых перевозок. Для этой цели организуются центральные и линейные органы, которые д. б. обеспечены кадром служащих и рабочих, а также необходимыми предметами и материалами. Результаты эксплоатации современных Ж. д. характеризуются табл. 5. **Ю. Энгельгардт.**

Лит.: см. соответствующие статьи.

ЖЕЛЕЗНАЯ ЛИНИЯ СВЯЗИ. Железные линии имеют в СССР большое распространение на телефонных магистралях второстепенного значения; они строятся из проводов диаметром 3, 4, 5 и 6 *мм*. Телефонирование на большое расстояние по железным линиям невозможно вследствие сильного влияния *скин-эффекта* (см.), увеличивающего омич. сопротивление и уменьшающего самоиндукцию проводов. Дальность передачи по железным линиям при условии прекрасной слышимости не превышает 120 *км*. Расчет омич. сопротивления R' переменному току и расчет самоиндукции L' железного провода производится следующим образом:

$$R' = k_1 R \ \Omega,$$

где R—сопротивление постоянному току, k_1—коэф-т, определяемый из помещаемой

ниже таблицы в зависимости от величины

$$x = 2\sqrt{\frac{\omega\ \mu}{R \cdot 10^4}},$$

(ω—круговая частота, μ—магнитная проницаемость, равная 120—150);

$$L = L_1 + k_2 L_2,$$

где L_1— внешняя, L_2—внутренняя самоиндукция провода, обусловливаемая магнитным полем внутри провода, k_2—коэфициент, определяемый из той же таблицы. Подставляя

Значения коэфициентов k_1 и k_2.

x	k_1	k_2	x	k_1	k_2
0,25	1,00001	1,00000	3,5	1,49202	0,76550
0,50	1,00032	0,99984	4,0	1,67787	0,68632
1,00	1,00519	0,99741	5,0	2,04272	0,55597
1,50	1,02582	0,98711	6,0	2,33359	0,46521
2,00	1,07818	0,96113	8,0	3,03445	0,35107
2,50	1,17538	0,91347	10,0	3,79857	0,28162
3,00	1,31809	0,84517	20,0	7,32767	0,14128

значения L_1 и L_2, получим выражение для действующей самоиндукции на единицу длины провода (1 *км*):

$$L' = \left(0{,}4605 \lg \frac{a}{\varrho} + k_2 \cdot 0{,}05\ \mu\right) 10^{-3}\ \text{H},$$

где a—расстояние между проводами, ϱ—радиус провода; обе величины—в одних и тех же единицах. На 1 *км* шлейфа мы будем иметь:

$$L' = \left(0{,}921 \lg \frac{a}{\varrho} + k_2 \cdot 0{,}1\ \mu\right) 10^{-3}\ \text{H}.$$

См. *Линия связи.*

Лит.: Фауль Ф., Справочник по электротехнике, пер. с англ., т. 1, М., 1928; Spielrein J., La lumière électrique, P., 1914. **Н. Баев.**

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ, система условных знаков (сигналов), которыми жел.-дор. агенты уведомляют друг друга о разных обстоятельствах, относящихся к движению поездов. Необходимость Ж. с. обусловлена тем обстоятельством, что во многих случаях жел.-дор. практики нет возможности передать необходимое уведомление на словах или письменно; напр. когда нужно своевременно сообщить приближающемуся к станции поезду, может ли он быть принят на станцию, ему подается условный знак специальным сигнальным прибором—семафором. С сигналом не следует смешивать разные встречающиеся на ж. д. надписи, напр.: «свисток», «закрой поддувало», «место остановки паровоза» и т. п.

В какие бы формы Ж. с. ни выливалась, она должна удовлетворять следующим требованиям: 1) быть понятна и доступна наименее образованным ж.-д. служащим (напр. путевым сторожам); 2) быть возможно более простой (напр. требование остановки поезда—красный цвет); 3) гарантировать от недоразумений (напр., к какому из двух рядом стоящих поездов относится данный сигнал); 4) быть последовательной, т. е. один и тот же сигнал при всяких обстоятельствах должен означать одно и то же. Ж. с., не удовлетворяющая этим требованиям, в особенности при мало подготовленных агентах, не только не способствует безопасности движения, но зачастую и сама ведет к катастрофам.

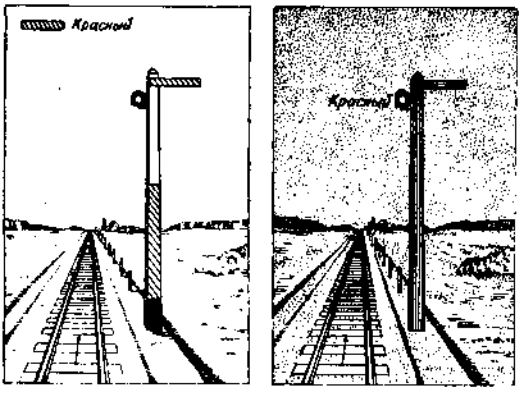
Уведомление, условно заключенное в сигнале, м. б. по своему содержанию либо приказом для обязательного исполнения либо только оповещением. В первом случае сигнал требует от соответственного ж.-д. служащего каких-нибудь определенных и безотлагательных действий; например красный огонь на семафоре требует от машиниста немедленной остановки поезда. Во втором случае сигнал никаких действий не требует, а только держит ж.-д. служащих в курсе дела; напр. красный огонь в голове поезда слева по направлению движения сообщает, что поезд следует по неправильному пути не в силу какого-то недосмотра, а согласно сознательно сделанному распоряжению.

Сигналы разделяются на видимые (оптические) и звуковые (акустические). Видимые сигналы подразделяются на дневные и ночные. Видимые сигналы выражаются цветом, формой и положением сигнальных приборов, а в нек-рых случаях и числом приборов. Дневные сигналы применяются в светлое и ясное время, когда их можно различать на расстоянии не менее 700 *м*. Ночные сигналы применяются в темное время и в непогоду, когда дневной сигнал на расстоянии 700 *м* не м. б. различаем. Приборами, служащими для подачи дневных видимых сигналов, являются крылья семафоров, цветные диски, щиты, флаги и знаки на стойках стрелок. При неимении сигнальных приборов сигналы подаются маханием рук или каким-нибудь предметом. Средством для подачи ночных видимых сигналов служат цветные огни, помещаемые в сигнальных фонарях, а также махание любым светящимся предметом.

Главную роль в сигнализации играет цвет сигнальных приборов, а не их геометрич. форма, так как цвет прибора в большинстве случаев различается на значительно большем расстоянии, чем его геометрич. очертание. В Ж. с. приняты следующие цвета: а) днем: красный—для окраски сигнальных приборов, подающих приказ «стой»; зеленый—приказ «тише»; желтый—для предупредительных сигнальных приборов; белый с черным—для остальных случаев; б) ночью: красный, выражающий безусловное требование остановки; зеленый, выражающий на всех приборах, кроме семафоров, требование замедлить ход, а на семафорах—требование свободного дальнейшего следования; желтый, оповещающий о том, что находящийся впереди семафор закрыт; синий, выражающий требование прекратить маневры; молочно-белый, выражающий на предупредительных сигнальных приборах требование дальнейшего следования поезда, на маневровых приборах—требование продолжать маневры, а на стрелочных указателях и дисках путевого заграждения—уведомление о положении стрелки и заграждения; прозрачно-белый, применяемый в ручных фонарях при маневрах—для оповещения о том, что путь свободен для дальнейшего следования, а также в поездных фонарях. Постоянные сигнальные приборы устроены так, что появление на них ночью прозрачно-белого огня, вместо сигнального цветного, свидетельствует о неисправности прибора. Отсутствие в надлежащем месте семафора (например у входа на стан-

цию) или другого постоянного сигнального прибора, а равно отсутствие на них сигнала, неясная или двойственная подача сигнального приказа, одновременное появление разноречивых сигнальных приказов и вообще всякое сомнение в правильности подачи сигнала д. б. принимаемо за приказ остановки. Звуковые сигналы выражаются числом или сочетанием звуков различной длительности и применяются в одинаковом виде днем и ночью. Приборами, служащими для подачи звуковых сигналов, являются духовые рожки, ручные свистки, свистки паровоза, хлопушки, станционные колокола и гудки мастерских.

По продолжительности своего применения сигналы подразделяются на постоянные (наприм. сигналы семафора у входа на станцию) и переносные (например сигнал зеленого диска, требующий замедления хода при ремонтных работах на пути). По своему значению сигналы подразделяются на пять групп: 1) путевые сигналы—ограждающие путь, сооружения и станции; 2) стрелочные указатели и сигналы—маневровые, путевого заграждения и водоналивных кранов; 3) поездные указательные сигналы; 4) распорядительные сигналы

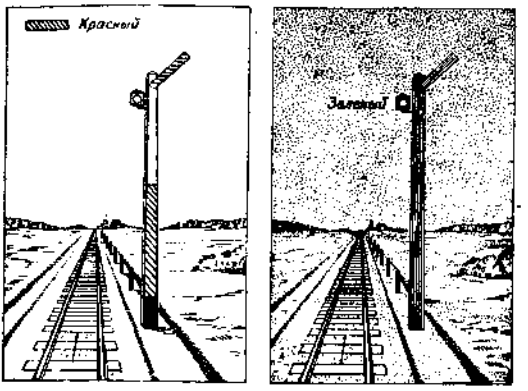


Фиг. 1.

при отправлении и следовании поездов; 5) оповестительные сигналы и сигналы для взаимных сношений.

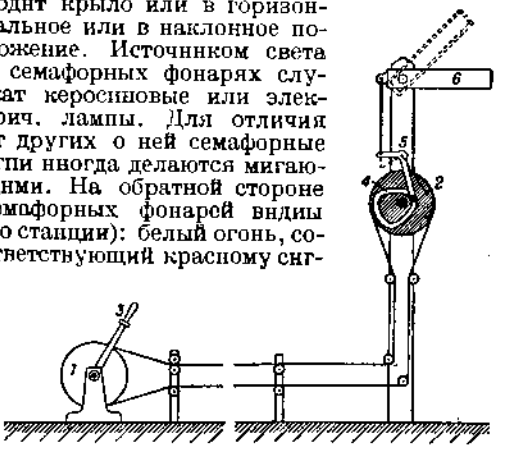
К приборам, подающим путевые сигналы, относятся: а) постоянные сигнальные приборы: семафоры и их предупредительные диски, а также красные и зеленые диски на столбах, и б) переносные сигнальные приборы: красные и зеленые диски (или красные и зеленые флаги) на шестах, красные и зеленые флаги в руках служащего, подающего сигналы, а также все приборы, подающие звуковые сигналы, как то: рожки, свистки и хлопушки.

Семафоры чаще всего применяются для подачи поезду сигнальных приказов: 1) при подходе его с перегона к станции (входные семафоры), 2) при отправлении со станции (выходные) и 3) при проследовании с одного путевого участка перегона на другой (проходные семафоры). Реже семафоры применяются в случаях подхода к нек-рым искусственным сооружениям или особенным местам пути, как то: подъемные мосты, пересечения ж.-д. линий на одном уровне (семафоры прикрытия). Семафоры устраиваются в виде мачты высотой в 8 м и более, с прикрепленным к ней подвижным крылом и



Фиг. 2.

подвижными очками, для помещения перед фонарем стекол надлежащего цвета. Семафоры подают два приказа: 1) «стой», который днем выражается горизонтальным положением крыла, а ночью—красным огнем фонаря (фиг. 1), и 2) «путь свободен», к-рый днем выражается наклонным положением крыла, поднятого под углом 45° к горизонту, а ночью—зеленым огнем фонаря (фиг. 2). Для перевода крыла из одного положения в другое применяется и настоящее время приспособление, изображенное на фиг. 3: шкивы *1* и *2* соединены между собою гибким стальным тросом, так что, поворачивая рычаг *3*, сигналист соответственным образом поворачивает и шкив *2*. На последнем имеется жолоб (улитка) *4*, по к-рой ходит палец двуплечного рычага *5*, соединенного штангой с хвостом семафорного крыла *6*. Т. о., переводя рычаг *3* из одного положения в другое, сигналист переводит крыло или в горизонтальное или в наклонное положение. Источником света в семафорных фонарях служат керосиновые или электрич. лампы. Для отличия от других о ней семафорные огни иногда делаются мигающими. На обратной стороне семафорных фонарей видны (со станции): белый огонь, соответствующий красному сиг-

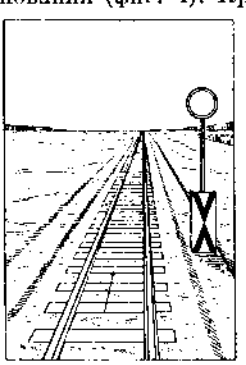


Фиг. 3.

нальному огню, и зеленый, соответствующий зеленому сигнальному; эти огни называются контрольными. Нормальным положением семафорного крыла считается горизонтальное (приказ «стой», или, как иногда говорят, «семафор закрыт»). При пропуске поезда

крыло поднимают, но по проходе поезда тотчас возвращают в горизонтальное положение. В случае разрыва троса крыло автоматически должно возвратиться в горизонтальное положение. Крылья семафоров располагаются с правой стороны, если смотреть с приближающегося к нему поезда, и окрашены с сигнальной стороны в красный, а с обратной стороны—в белый цвет. Мачты окрашиваются след. обр.: нижняя часть в черный цвет, средняя—в красный и верхняя—в белый цвет.

В тех случаях, когда по местным условиям необходимо, чтобы машинист знал о семафорном сигнале еще до того, как он увидел самый семафор, впереди последнего устанавливаются приборы, подающие т. н. предупредительные сигналы. Эти приборы представляют собою столб с поворотным круглым диском и фонарем на нем и таким образом механически связаны с семафором, что, когда семафор подает приказ «стой», диск показывает в сторону поезда днем желтый круг, расположенный поперек пути, а ночью—желтый огонь фонаря; когда же семафор подает приказ «путь свободен», круг на диске расположен вдоль пути, а ночью виден молочно-белый огонь. В Германии предупредительные диски устанавливаются впереди всех без исключения семафоров и самый диск имеет резко бросающийся в глаза вид благодаря оригинальной окраске своего основания (фиг. 4). Кроме того впереди предупредительных дисков устанавливаются еще от 3 до 5 т. наз. оповестительных витов, имеющих вид белых прямоугольников с наклонными черными полосами (фиг. 5).

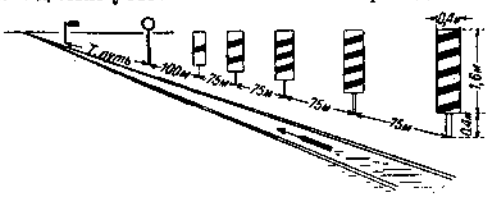


Фиг. 4.

На маловажных ветвях вместо семафоров изредка устанавливаются красные диски в виде невысокого (3—4 *м*) столба с прикрепленным к нему кругом, окрашенным с сигнальной стороны в красный цвет, а с обратной—в белый. Днем красный диск подает приказ «стой» тем, что его круг располагается поперек пути красной стороной к поезду, а приказ «путь свободен»—положением круга вдоль пути. Ночью красный диск подает те же сигналы, что и семафор.

Для подачи поезду сигнального приказа замедлить ход применяются зеленые диски в виде невысокого столба с наглухо прикреплен. к нему диском, расположенным поперек пути и окрашенным с сигнальной стороны в зеленый, а с обратной—в белый цвет. Днем зеленый диск выражает требование замедлить ход зеленым цветом своего круга, а ночью—зеленым огнем фонаря. В обратную сторону фонарь дает белый огонь. Все постоянные сигнальные приборы устанавливаются так, чтобы с приближающегося к ним поезда, к-рому они сигнализируют, они были видны с правой стороны по направлению движения поезда.

В тех случаях, когда неожиданно возникло на пути препятствие для движения поездов или когда необходимо оградить место ремонтных работ, связанных с нарушением целости и надежности рельсового пути, приказ «стой» отдается при посредстве переносных красных дисков. Они окрашены с обеих сторон в красный цвет и насаживаются на шест высотой ок. 2 *м*; ночью на шест навешивается красный фонарь. Красные диски устанавливаются от ограждаемого



Фиг. 5.

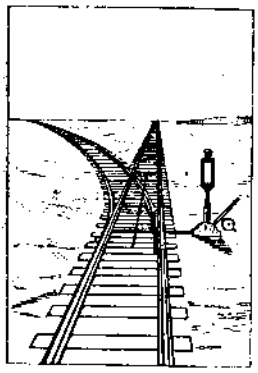
ими места на расстоянии полной длины тормозного пути, т. е. на таком расстоянии, чтобы поезд мог быть остановлен. Длина тормозного пути зависит гл. обр. от профиля пути и скорости движения поезда; для ж. д. СССР минимальная длина тормозного пути составляет 700 *м*.

При необходимости замедления хода поезда вследствие ослабления пути и искусственных сооружений, для сигнала «тише» применяются переносные зеленые диски. Они окрашены с сигнальной стороны в зеленый, а с обратной—в белый цвет и насаживаются на шест высотой ок. 2 *м*; ночью на шест навешивается зеленый фонарь. Зеленые диски устанавливаются от ограждаемого ими места на расстоянии не менее 350 *м*. За неимением красных и зеленых дисков вместо них можно помещать на шестах развернутые красные или зеленые флаги, а при отсутствии шестов красные и зеленые флаги и фонари можно держать в руках. Переносный сигнал «путь свободен» подается днем свернутым зеленым флагом, а ночью—белым огнем ручного фонаря.

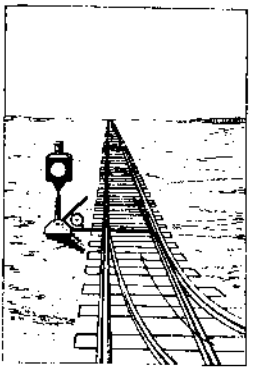
При неимении видимых сигнальных приборов сигналы «стой» и «тише» можно подавать движением рук или подачей звуков. Приказ «стой» выражается днем быстрым кругообразным махением одной руки, а ночью—таким же махением любым светящимся предметом или (как днем, так и ночью) подачей трех коротких звуков свистком, рожком или взрывом хлопушек. Сигнал «тише» подается: днем—медленным махением вверх и вниз одной рукой, а ночью—таким же махением любым светящимся (но только не красного цвета) предметом или же (как днем, так и ночью) подачей двух отрывистых звуков свистком или рожком.

Стрелочные указатели являются постоянными сигналы. приборами и применяются для указания положения остряков стрелок на достаточно большом расстоянии от последних—на практике, при наиболее благоприятных условиях, до 300 *м*. Имеется много разновидностей стрелочных указателей. «Нормальный» стрелочный указатель днем и ночью указывает положения стрелочных остряков след. обр.: 1) стрелка

поставлена на прямой путь по шерсти или против шерсти—днем и ночью виден молочно-белый прямоугольник (фиг. 6); 2) стрелка поставлена на отклоненный путь по шерсти—днем и ночью виден молочно-белый круг



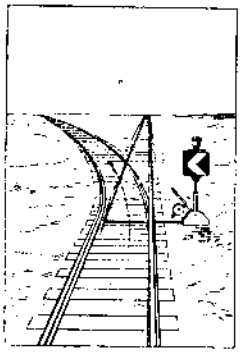
Фиг. 6.



Фиг. 7.

(фиг. 7); 3) стрелка поставлена на отклоненный путь против шерсти—днем и ночью виден молочно-белый угол с вершиной, обращенной в сторону отклоненного пути (фиг. 8).

Для подачи сигнальных приказов разрешения и прекращения маневров применяется квадратный щит, который окрашен с обеих сторон в белые и черные квадраты в шахматном порядке и показывает ночью молочно-белый и синий огни. Приказ «производить маневры» выражается: днем положением щита вдоль пути, а ночью—молочно-белым огнем фонаря. Приказ «прекратить маневры» выражается днем положением щита поперек пути, а ночью—синим огнем (фиг. 9). С обратной стороны маневровый щит показывает ночью те же огни, что и с сигнальной стороны. Прочие приказы при маневрах подаются ручными и звуковыми сигналами. Приказ «двинуться трубою паровоза вперед» выражается маханием над головой днем развернутым зеленым флагом, а ночью—фонарем с зеленым или белым огнем и одним протяжным звуком свистка или рожка. Приказ «двинуться тендером вперед» выражается маханием у ног днем развернутым зеленым флагом, а ночью—фонарем с зеленым или белым огнем и двумя протяжными звуками свистка или же рожка. Приказ «стой» выражается маханием по кругу—днем любым флагом, а ночью—фонарем с любым огнем и тремя отрывистыми звуками свистка или рожка. Приказ «тише» выражается медленным маханием вверх и вниз вытянутою рукою: днем—с развернутым зеленым флагом, а ночью—с фонарем с зеленым или белым огнем и двумя отрывистыми звуками свистка или рожка.

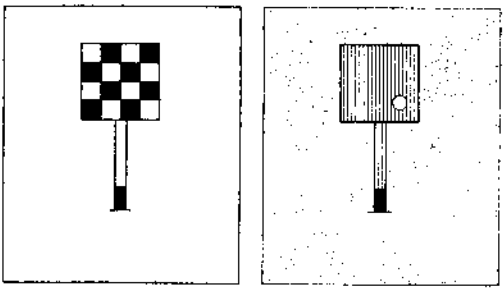


Фиг. 8.

Для обозначения откидных брусьев, откидных тормозных башмаков, сбрасывающих стрелок, глухих упоров в конце тупиков и других заграждений применяются сигнальные приборы путевого заграждения. Между сигнальным прибором и самим заграждением должна существовать механич. связь. Когда путевое заграждение находится на пути, то сигнальный прибор показывает днем и ночью молочно-белый круг с горизонтальной черной полосой (фиг. 10), а когда путевое заграждение снято с пути, черная полоса имеет вертикальное направление (фиг. 11).

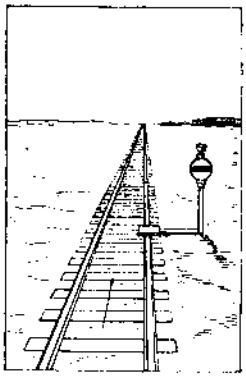
Для того чтобы машинист заблаговременно знал положение рукавов водоналивных кранов, применяются следующие сигналы: когда рукав расположен вдоль путей, днем на кране не видно никаких сигналов, а ночью виден прозрачно-белый огонь; когда же рукав расположен поперек пути, то днем виден самый рукав, окрашенный в красный цвет, а ночью—красный огонь фонаря на кране (фиг. 12).

Для подачи с поезда сигналов оповещений (но не приказов) применяются поездные указательные сигналы, к-рые имеют целью

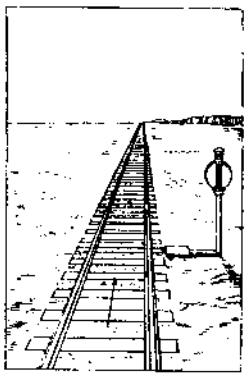


Фиг. 9.

обозначать голову и хвост каждого движущегося поезда. Голова поезда днем в нормальной обстановке движения не обозначается никакими сигналами, а ночью снаб-



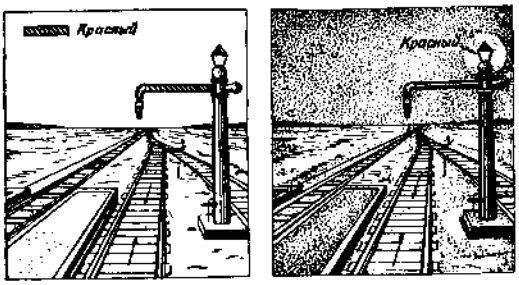
Фиг. 10.



Фиг. 11.

жается двумя белыми огнями, когда в голове поезда находится паровоз, и тремя белыми огнями, когда в голове поезда находится вагон. Когда в голове поезда, перевозящего людей, находится паровоз трубою вперед, то у основания трубы зажигается третий фонарь, светящий белым огнем и

служащий не сигнальным прибором, а лишь для освещения пути перед поездом. Голова одиночно следующего паровоза обозначается одним белым огнем. Когда поезд следует на двупутном участке по неправильному пути, то в голове его днем слева по направлению



Фиг. 12.

движения ставится красный диск (или флаг), а ночью левый фонарь показывает красный огонь. Когда в хвосте поезда находится вагон, то хвост поезда обозначается: днем—двумя незажженными боковыми фонарями и красным диском (или флагом) у упряжного крюка, а ночью—тремя красными огнями фонарей; когда в хвосте поезда находится тендер или паровоз трубою назад, то хвост обозначается: днем—одним красным диском (или флагом), а ночью—красным огнем фонаря на левом конце буферного бруса. Хвост одиночно следующего паровоза обозначается так же, т. е. одним красным сигнальным прибором. Маневровый паровоз обозначается ночью как спереди, так и сзади одним белым огнем фонаря. Дрезина и путевой вагончик обозначаются на однопутных участках: днем—красным в обе стороны диском (или флагом) на шесте, а ночью—красным огнем фонаря, также в обе стороны, а на двупутных участках—в сторону, откуда может появиться поезд, показывается днем красная сторона диска, а в обратную—белая сторона, и ночью, соответственно с этим,—красный и белый огни.

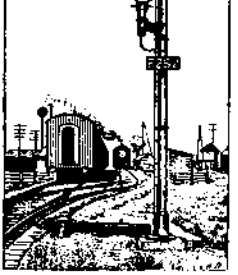
К р а с п о р я д и т е л ь н ы м сигналам, подаваемым при отправлении и следовании поездов, относятся: 1) сигнал, подаваемый перед отправлением пассажирского поезда, заключающийся в одном протяжном звуке ручным свистком, подаваемым главным кондуктором, и ответном на него протяжном звуке паровозного свистка; 2) сигнал, подаваемый перед отправлением товарного поезда, заключающийся в одном отрывистом звуке ручным свистком, подаваемым главным кондуктором, ответном на него отрывистом звуке паровозного свистка, означающем готовность паровоза к отправлению, после чего следуют протяжный звук свистка главного кондуктора и протяжный паровозный свисток, подаваемый машинистом и означающий, что паровоз трогается с места и требуется внимание кондукторской бригады; 3) сигнал, подаваемый машинистом бригаде о необходимости тормозить ручными тормозами, заключается в 3 коротких звуках паровозного свистка, быстро следующих один за другим; 4) сигнал «оттормозить», подаваемый машинистом, заключается в двух коротких звуках паровозного свистка и 5) сигналы остановки или замедления хода, подаваемые машинисту из вагона поезда флагами или фонарями.

О п о в е с т и т е л ь н ы е с и г н а л ы п р и д в и ж е н и и п о е з д о в применяются следующие. Сигнал о приближении поезда к станциям и переездам, к людям на пути, дрезине или путевому вагончику подается одним длительным звуком паровозного свистка. Сигнал общей тревоги (например о нападении злоумышленников на станцию, налете неприятельского воздушного флота и т. п.) подается в виде ряда частых отрывистых звуков гудка мастерских или свистков паровозов, рожков, ручных свистков или ударов в станционный колокол. Сигнал пожарной тревоги выражается чередующимися группами звуков, состоящих из одного длинного и двух коротких, подаваемых гудком мастерских, свистками паровозов, рожками или ручными свистками, или чередующимися группами звуков, состоящих из перезвона и двух отдельных ударов колокола. На перегоне путевой стражей, а на станции стрелочниками подаются оповестительные сигналы о приближении поезда: в случае нечетного поезда—в виде одного, а четного—двух протяжных звуков рожка. Сигналы о движении поездов вслед (один за другим) подаются в голове и хвосте первого из двух поездов, отправленных парою, след. обр. В голове поезда: днем—один зеленый диск или флаг справа, ночью—один зеленый огонь; в хвосте поезда: днем—один зеленый диск или флаг, ночью—один зеленый огонь справа. К оповестительным сигналам относятся также подаваемые пассажирам и служащим сигналы отправления пассажирского поезда посредством станционного колокола: один удар в колокол оповещает о предстоящем отправлении поезда, а два удара приглашают занять места. Немедленное отправление поезда дежурный по станции сигнализирует поднятием над головой днем белого диска, а ночью—фонаря с белым огнем. **В. Лесновец.**

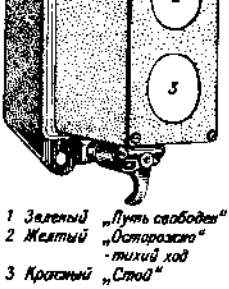
Реконструкция Ж. с. в СССР. Несоответствие прежних «Общих правил сигнализации» (ОПС) возрастающим скоростям и густоте движения поездов, а с другой стороны, устарелость сигнальных устройств (однопроводные семафоры, деревянные мачты, неправильно размещенные крылья, неправильно установленные семафоры, недостаточная видимость и пр.) потребовали изменения тех и других. Полная реконструкция по плану НКПС разделена на три очереди так, чтобы при каждом новом издании ОПС вводились новые принципы и производилась переделка сигналов. Установлены следующие принципы реконструкции. 1) Полная централизация выработки общих форм сигналов и сужение прав отдельных ж. д. на издание т. н. «необязательных сигналов». 2) Абсолютный характер показаний семафора с крылом на три положения—«стой», «тихо», «путь свободен»; три формы семафорных крыльев для входных, выходных и прочих семафоров; два сигнальных семафорных огня: красный и зеленый (белый исключается); конструкция семафора должна обеспечивать от принятия

крылом неправильного положения в случае порчи семафора; применение контрольных огней только в неизбежных случаях, причем исключается пользование для этого сигнальными цветами. 3) Обязательная установка предупредительных сигналов перед каждым главным сигналом, на расстоянии не менее полной длины тормозного пути; предупредительные сигналы должны давать также три показания, резко отличаемые от показаний главного сигнала; хорошая дальность их видимости с сигнальными огнями: желтым и молочно-белым и с окраской самого сигнала в желтый цвет. 4) Введение стандартного типа стрелочного указателя на три положения. 5) Разработка рациональных форм, размеров и окраски переносных дисков с цветами: красный—«стой», зеленый—«тихо», желтый—«тормози до остановки» и желто-белый—«тормози до тихого хода». 6) Ручные флаги трех цветов: красный, зеленый и желтый. 7) Огни переносных фонарей: красный, зеленый, желтый и белый. 8) Порядок ограждения опасных мест пути при необходимости остановки или тихого хода поезда. 9) Установление ночной сигнализации во время тумана, дождя, снега и пр., с ограждением постоянных сигналов переносными и хлопушками. 10) Выработка простого способа для определения длины тормозного пути линейными агентами. 11) Установление обязательного рационального ассортимента сигнальных цветов.

Ж. с. за границей. На Западе и в Америке Ж. с. отличается большим разнообразием не только в отдельных государствах, но зачастую и на отдельных ж.-д. сетях одного и



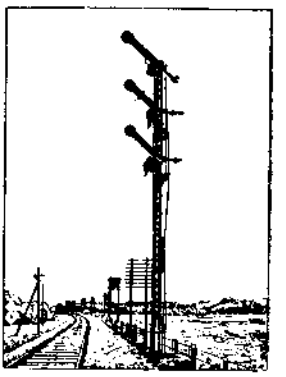
Фиг. 13.



Фиг. 14.

того же государства. Все это разнообразие м. б. сведено к четырем главным системам: немецкой, французской, английской и американской (США). Непрерывное возрастание скоростей движения поездов и густоты движения вызывает необходимость увеличения дальности видимости сигналов, а это связано с увеличением высоты семафорных мачт, изменением формы и размеров крыльев и дисков, усилением освещения сигнальных фонарей помощью рефлекторов, оптич. линз и сильных источников света (электрического, ацетиленового). Успех применения светофоров (фиг. 13) поставил на очередь замену дневных сигналов ночными. Кроме того в будке поездного машиниста стали устанавливать особые «кеб-сигналы», которые автоматически непрерывно сигнализируют машинисту о положении находящегося впереди сигнала (фиг. 14).

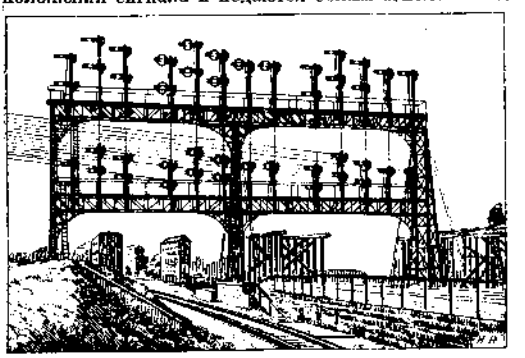
Немецкая система Ж. с. принята в Германии, Австрии, Венгрии, Швеции, Швейцарии, Норвегии, Дании и (с некоторыми отступлениями) в СССР. Главная особенность немецкой системы, в отличие от принятой в СССР, заключается в том, что в этой системе ночные сигналы на предупредительных дисках показывают: при закрытом положении диска два желтых огня, расположенных по наклонной к горизонту линии, а при открытом—два таким же образом размещенных зеленых огня. В Баварских ж. д. имеется особый маневровый сигнал, представляющий собой столб с отвесно опущенным вниз решетчатым крылом и ночным голубым огнем—запрещающий производить маневры, если поезд стоит на станции или ожидается его прибытие. На Саксонских ж. д. применяется сигнал освобождения пути, состоящий из одного или нескольких круглых дисков, окрашенных наполовину в белый и наполовину в красный цвет. В Австрии и Венгрии открытое положение семафора ночью сигнализируется фонарем с белым цветом. Предупредительный сигнал (прямоугольный или круглый зеленый диск) показывает в темное время: зеленый огонь—при открытом положении и белый—в закрытом. В Швейцарии входным сигналами и блок-сигналами служат поворотные диски и семафоры с крыльями, направленными вправо; для выходных сигналов применяются только семафоры. Предупредительным сигналом служит круглый поворотный зеленый диск с косой белой полосой; ночные сигналы: открытый диск—зеленый огонь, закрытый—белый. В Дании обычные немецкие сигналы дополнены сигналом занятия участка рабочим поездом—белый флаг. Крыло входного семафора имеет на конце круглый диск; крыло выходного и проходного обреза о под прямым углом; крыло блок-сигнала имеет на конце наклонный квадрат; конец крыла предупредительного сигнала имеет форму ласточкина хвоста. «Путь свободен» сигнализируется крылом, опущенным вниз под углом 45°. Для сигнализирования сквозного через станцию прохода поезда на входном семафоре ниже главного сигнала помещают второе крыло предупредительного сигнала. Свободный сквозной проход сигнализируется опусканием обоих крыльев под углом 45°; остановка на станции—опусканием крыла главного сигнала под углом 45° и поднятием на 90° крыла предупредительного сигнала. «Тихий ход» сигнализируется желтым цветом. В Швеции крылья семафоров расположены с левой стороны мачты (фиг. 15). Предупредительные сигналы (диски) сигнализируют так же, как и в Австрии.



Фиг. 15.

Англ. система принята кроме Англии в Бельгии, Италии и отчасти в Голландии. Здесь различают сигналы: а) постоянные неподвижные, б) ручные, в) хлопушки и г) поездные. Общее значение сигнальных цветов: красный—«опасность», зеленый—«путь свободен». В качестве постоянных сигналов применяются только семафоры, сигнализирующие: а) «стой»—днем горизонтальное положение крыла, а ночью—красный огонь; б) «путь свободен»—днем крыло вниз под углом 45°, ночью—зеленый огонь. Крыло предупредительного сигнала имеет на конце треугольный вырез; этот сигнал устанавливается впереди главного сигнала на различных расстояниях—от 250 до 900 м. Конец крыла входного семафора обрезан перпендикулярно длине. Ночные сигналы—главный и предупредительный—сигнализируют одинаково; красный огонь ночью и горизонтальное крыло днем в Англии

обозначают: на входном сигнале «стой», а на предупредительном не запрещают проезда мимо него; в этом заключается существенный недостаток англ. системы сигнализации. Сигналы разветвления непременно устанавливаются на отдельных мачтах, однако помещаются на общей консоли. На станциях на одной мачте могут помещаться несколько крыльев, если пути, к которым они относятся, расположены влево; в этом случае крылья сигнализируют по порядку, сверху вниз, путям, в порядке расположения их, слева направо. Пригласительные сигналы подаются короткими крыльями, расположенными под крылом главного входного сигнала. Крыло этого семафора может быть поднимаемо в том только случае, когда надо остановить поезд у входного сигнала и затем дать разрешение на осторожное продвижение по свободному пути станции, но ни в коем случае не проезжать выходного семафора. Маневровые семафоры имеют короткие крылья с буквой S или другим знаком, располагаемым на мачте главного сигнала, или состоят из крыла и диска на особом столбе высотой 3,5 *м*. Сигналы разветвления служат для движения с боковых на главные пути. Контрольные сигналы на постоянных сигналах вообще применяются только при закрытом положении сигнала и подаются белым огнем. Иногда



Фиг. 16.

в качестве контрольного применяется пурпурово-красный цвет при показании сигнального огня «путь свободен». Благодаря принятой в Англии системе число сигналов на линии и на станциях весьма велико, и пестрота их значительно усложняет картину сигналов (фиг. 16). Прочие сигналы значительных особенностей не представляют. Для поездных сигналов принято правило, что нижний хвостовой фонарь (красный цвет) д. б. зажжен днем и ночью на случай тумана, ливня или снега; два других хвостовых фонаря (также красный цвет) зажигаются только в темное время. В Бельгии правила технич. эксплоатации различают: постоянные сигналы, поездные и переносные. Главный и предупредительный сигнализируют крыльями различной формы. Особой формы семафоры (в виде канделябра) устанавливаются при подходе к станции нескольких путей. В Италии семафоры разделяются на три класса: главные, предупредительные и оградительные. Способ сигнализации соответствует английскому. Голландские правила разделяют сигналы на путевые, поездные и маневровые. Как и в Бельгии, главные и предупредительные сигналы подаются только крыльями семафоров, а именно: днем—горизонтальное крыло и ночью—красный огонь для сигнала «стой»; крыло вверх или белый огонь—«путь свободен»; крыло вниз или зеленый огонь—«тихий ход».

Французские правила различают путевые и поездные сигналы. Путевые сигналы заявляют: «путь свободен», «стой» и «тихий ход». Отсутствие сигнала обозначает, что путь свободен. Переносные сигналы—ручные флаги и фонари; неподвижные—диски и семафоры. Во Франции в качестве главного сигнала служат как диски, так и семафоры, что создает пестроту системы. Круглые красные диски на два положения показывают: поперек пути (ночью красный огонь)—«стой», параллельно пути (ночью белый огонь)—«путь свободен». При сигнале «стой» машинист должен двигаться далее и принять меры к остановке у впереди стоящего предохранительного столба. Сигналом абсолютной остановки является четырехугольный шахматный с красными и белыми клетками диск, принимающий два положения: поперек пути (ночью два красных огня)—«безусловная остановка» и параллельно пути (ночью один белый огонь)—«путь свободен». Эти диски служат входными на станцию сигналами. Семафоры с одним или несколькими крыльями, расположенными влево от мачты, применяются как блок-сигналы и сигнализируют: «стой»—днем горизонтальное положение крыла, а ночью—один зеленый и один красный огонь; «тихий ход»—днем наклоненное вниз крыло, а ночью один зеленый огонь; «путь свободен»—днем опущенное вниз отвесно крыло, а ночью белый огонь. Сигнал «тихий ход»—поперек пути: днем круглый зеленый диск, ночью один зеленый огонь; тот же диск параллельно пути (ночью один белый огонь)—«путь свободен»; эти сигналы применяются при проходе стрелок ответвлений против шерсти. Сигналы разветвления—четырехугольные шахматные диски с зелеными и белыми клетками—устанавливаются (часто одновременно с красными круглыми дисками) перед сигналом абсолютной остановки у разветвлений на перегоне. Вместо этого ставится также диск с освещенной сбоку или изнутри надписью «BIFUR». Поездные сигналы мало отличаются от наших сигналов.

В США наблюдается большое разнообразие сигнализаций; однако в последние годы начинают преобладать следующие принципы. Постоянным основным сигналом является семафор на три положения: горизонтальное крыло днем, красный огонь ночью сигнализируют «стой»; наклоненное вверх под углом 45° к горизонту, а ночью желтый огонь—«тихий ход»; поднятое вертикально вверх крыло, а ночью зеленый огонь—«путь свободен». Ниже крыла главного сигнала на той же мачте часто помещается предупредительный сигнал, относящийся к расположенному впереди главному сигналу. Этот предупредительный сигнал часто также имеет три положения и отличается от главного формой, цветом и ночными огнями (красный, пурпурово-красный, зеленый и желтый). Американская практика последних лет расширяет применение светофоров.

Лит.: Труды 19 Съезда начальников служб связи и электротехники путей сообщения, М., 1924; Martens H., Grundlagen d. Eisenbahnsignalwesens, Lpz., 1909; Röll's Enzyklopädie d. Eisenbahnwesens. 2 Auflage, B. 1—9, B.—W., 1912—21; «The Railway Signalling», Chicago, 1925.

Д. Каргин.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ СТАТИСТИКА, отрасль транспортной статистики, которая, в свою очередь, является одной из ветвей общегосударственной статистики. Ж. с. в центре ведает Центральный отдел статистики и картографии (ЦСК), объединяющий всю статистич. работу транспорта и руководящий ею. На местах на ж.-д. транспорте имеются специальные статистич. органы в правлениях ж. д. С 1927 г. ЦСК вошел в состав Центрального планового управления НКПС, и т. о. на транспорте, так же как и по всей линии ЦСУ, достигается проникновение статистической работы потребностями планирования. Железнодорожная статистика является наиболее развитой и установившейся отраслью транспортной статистики.

Как и всякая практическая статистич. работа, Ж. с. охватывает три стадии: 1) собирание материала, 2) сводку и 3) научную обработку и анализ. Основным источником статистич. наблюдения в отношении технич. статистики, дающей статику ж.-д. хозяйства, является использование записей, фиксирующих состояние имущества дороги, значащегося в целом ряде его описей, профилях, инвентарях и т. п. Для отражения динамики работы дороги пользуются рядом документов, характеризующих работу ж. д. Так напр., данные о работе подвижного состава получаются из разработки маршрутов машинистов по паровозам в различных видах их работы, а также из поездных (путевых) журналов по поездам и вагонам; результаты работы ж. д. по перевозкам исчисляются на основании дорожных и передаточных ведомостей по моменту выдачи грузов или сдачи с дороги на дорогу, а для пассажиров—по отчетам о продаже билетов; источником сведений по статистике труда и быта являются платежные ведомости; по рас-

ходу топлива на паровозе—те же маршруты машинистов и т. д. На основании этих источников наблюдения осуществляется по преимуществу сплошной документальный учет по всем главным отраслям ж.-д. хозяйства, причем то обстоятельство, что эти документы выявляются в результате хозяйственного процесса, придает им особенную достоверность.

Выборочный метод исследования, т. е. наблюдение лишь части объектов и распространение результатов на другие объекты, имеет весьма ограниченное применение и используется пока преимущественно лишь в статистике труда (напр. при обследовании бюджетов работников транспорта). Этот метод наблюдения д. б. всячески рекомендуем, как наиболее экономичный и дающий возможность выяснения ряда других существенных вопросов, как напр. о скорости продвижения грузов, простоях вагонов, бюджете их времени и т. п.

Помимо указанных методов на ж.-д. транспорте применяется еще единовременный учет на определенный момент, например перепись вагонов, производимая обыкновенно в мае, служащая основанием для разверстки вагонов товарного парка и основанная на непосредственном списывании № вагонов и их основных признаков с натуры, такой же метод применим для учета железнодорожников и их семей. Вообще на ж.-д. транспорте мы имеем как основные, так и текущие статистич. наблюдения. К первым следует отнести изучение состояния явления на данный момент, применяемое к явлениям, мало меняющим свой состав по времени, напр. технич. статистика, к-рая проводится один раз в несколько лет. Ко вторым—изучение явления в его изменениях, напр. работа подвижного состава, перевозки и т. п.

Наиболее сложной работой, требующей значительной затраты средств, является табличная с в о д к а первичного материала. Основные признаки, по к-рым производится разработка и табулирование, д. б. тщательно проработаны—от этого зависит дальнейшее использование материала. Документы, поступающие в отделы статистики дорог, проверяются, обрабатываются, с них выписываются карточки, количество к-рых по перевозкам достигает на дорогах сотен тысяч в месяц, а в год—несколько миллионов. В связи с громоздкостью производства этих работ ручным способом, в настоящее время ИСК проводит применение счетно-аналитич. машин Голлерита и Пауэрса, значительно ускоряющих и удешевляющих разработку материала. В результате указанной сводки получаются абсолютные величины—количество подвижного состава и работа его, выраженная в простых и сложных единицах измерения (напр. паровозо-, поездо-, вагоно-осекилометры, тоннокилометры, пассажирокилометры и т. д.). Эти абсолютные величины сами по себе еще не дают качественной характеристики состояния хозяйства и его работы; такие данные получаются в следующей стадии статистических работ—в научной разработке, при выводе производных величин и при сопоставлении их между собой как в пространстве—между отдельными дорогами, так и во времени—по месяцам и годам. Эти производные величины, характеризующие по преимуществу работу и использование перевозочных средств ж.-д. транспорта, обычно называются измерителями и служат как для аналитич. целей, так и для расчетных и сметных построений.

Основными отраслями Ж. с. являются: 1) технич. статистика, 2) эксплоатационная статистика, 3) статистика перевозок пассажиров, багажа и грузов, 4) статистика материалов и топлива, 5) статистика труда и быта и 6) финансовая статистика.

1. Т е х н и ч е с к а я с т а т и с т и к а имеет своим предметом все основное имущество ж.-д. транспорта, его сооружения и оборудование. Сюда относятся: а) территория, путь и сооружения (гражданские и искусственные); б) устройства по водоснабжению, главные и участковые мастерские и силовые станции; в) инвентарь подвижного состава.

а) Статистич. сведения о территории заключают в себе описание полосы отчуждения ж. д. Изучение пути имеет двоякий характер: с одной стороны, путем сопоставления протяженности с территорией, населенностью и экономикой района, оно выясняет степень обслуженности страны, а с другой—имеет производственное значение. В последнем отношении различаются длина строительная и эксплоатационная, и кроме того, в связи с однородностью единиц измерения, приобретает специальное значение длина виртуальная, приводящая данную длину к условной прямой, в связи с особенностями рельефа и конфигурации пути. Далее, в этом же разделе изучается рельсовое хозяйство, шпальное—по типам и по возрасту, и для характеристики выводятся соответствующие %-ные величины и средний возраст; сюда же относится изучение балласта. Перечисляются и классифицируются станции и устройства пути, стрелочные переводы и пр. Искусственные сооружения рассматриваются по их типам и протяжению.

б) Вторая группа имеет производственный характер и изучается по трем разделам: описание самого имущества, затрачиваемой и предоставляемой энергии и продукции. По водоснабжению имеются общее описание пунктов водоснабжения и характеристика их оборудования, с выделением котлов, насосов и двигателей, а также данные о расходе воды. По главным мастерским, по отдельным их видам, указываются площадь вместимость (подробно по цехам), оборудование, мощность силовых установок и пр. Помимо этого изучается и техническая производительность мастерских, что представляет однако большие затруднения. По несколько упрощенной программе изучаются и участковые мастерские.

в) Третья группа разбирает вопросы подвижного состава. Парк паровозов и вагонов учитывается как инвентарь в физич. единицах, чем этот учет отличается от учета эксплоатационного, где он фигурирует в среднесуточных величинах. Основанием учета являются формуляры и акты о приемках, испытаниях и пр. Изучение производится как по составу парка, с подробным разделением по типам, сериям с подробным описа-

нием частей и пр., так и по возрастам или годам постройки. Основным моментом этого изучения является приведение к одной единице измерения предоставленной мощности паровоза, вместимости пассажирского вагона и грузоподъемности товарного вагона. Только в этом случае получается правильная статистич. сумма парка. Такими единицами являются: сила тяги паровозов (в *кг*), количество мест в пассажирских вагонах, грузоподъемность товарных вагонов (в *т*).

2. Статистика эксплоатационная. Объектом ее является работа подвижного состава ж. д. В виду важности особого наблюдения за этой работой по оперативной линии, существуют диспечерская и иная суточная распорядительная отчетность, например сведения о погрузке и проч. Статистическая отчетность обнимает три раздела: учет наличия подвижного состава, выраженного в среднесуточных величинах; работа, выраженная в паровозо-, поездо-, вагоно- и осекилометрах; измерители, характеризующие указанную работу.

Учет наличия ведется по признаку участия парка в рвботе. Так напр., для паровозов учитывается общее наличие подвижного состава в распоряжении дорог (операционный парк, рабочий, эксплоатируемый и действующий). Особым разделом является деление на здоровый и больной подвижной состав. Изучение ведется и по типам подвижного состава. Учет паровозов, а также пассажирских и специальных вагонов особых затруднений не представляет; учет же товарных вагонов, непрерывно обмениваемых между дорогами, представляет большие затруднения. Ранее существовал т. н. номерной учет, по к-рому можно было легко проследить продвижение каждого вагона; в соединении с майской переписью вагонов это давало ежегодно почти исчерпывающую сверку вагонов и их размещения по дорогам. Теперь мы имеем только количественный учет, дающий меньшую точность, и поэтому работы как по переписи, так и по текущему обмену сопряжены с большими трудностями.

Работа паровозов, выраженная в пробегах, различается по видам: а) поездной пробег, учитываемый в зависимости от рода движения (пассажирское, служебное, товаровинское и хозяйственное движение) по количеству поездокилометров, и б) вспомогательный, называемый обычно непроизводительным, делящийся на линейный (двойная тяга, подталкивание и одиночное следование) и условный (маневры, простой в горячем состоянии), исчисляемый в часах и затем условно переводимый в *км* (маневры—5 *км*, горячий простой—1 *км*). Пробег вагонов, как пассажирских, так и товарных, различается по типам вагонов (мягкие, жесткие, крытые, платформы, цистерны и пр.) и отдельно для различного рода движения.

Измерители (производные величины) отражают качество использования подвижного состава и подразделяются на паровозные, поездные и вагонные. По паровозам учитывается среднесуточный пробег паровоза (наличного или рабочего) для разного рода движения, получающийся в результате деления величин пробега на количество паровозов и дающий материал для суждения о потребном их количестве. По поездам—средний состав по родам движения, средний вес поездов в товаро-воинском движении нетто (т. е. чистый вес груза) и брутто (+вес подвижного состава кроме паровоза) и средняя скорость техническая (без остановок по участку на промежуточных станциях) и коммерческая (с учетом этих остановок). Для вагонов: пассажирских—населенность на 1 ось вагона, товарных—средняя динамическая нагрузка вагона, получающаяся в результате деления количества *ткм* на количество вагоно-осекилометров, и статич. нагрузка—количество *т* на количество погруженных вагонов. Все эти измерения дают материал преимущественно для расчетов и сметных построений. Что же касается надлежащего их использования в аналитич. целях, то они требуют известной группировки и обобщения; в этом направлении следует отметить предложение тотальных и оптимальных измерителей, например количество *ткм* брутто на 1 эксплоатируемый паровоз в сутки, количество *ткм* на 1 вагон в сутки [1].

3. Статистика перевозок пассажиров, багажа и грузов. Статистика пассажиров ведется в месячном и годовом разрезе. По месяцам изучаются количество перевезенных пассажиров, пробеги и средние дальности пробегов по сообщениям пригородному, местному и прямому. Годовая статистика добавляет к этому отправление пассажиров с отдельных станций с цензом 15 000 пассажиров. Наконец один раз в 5 лет ведется сводная статистика пассажиров, дающая корреспонденцию станций и отдельных районов между собой. К этому виду статистики проявляет особый интерес ЦСУ СССР, черпающее отсюда сведения о механич. движении населения; в связи со значением таких данных возник проект расширения этой статистич. работы.

Статистика перевозок багажа ведется только в годовом размере, по краткой программе. Статистика перевозок грузов представляет собою наиболее полно развитую область работы. Помимо большого ведомственного значения она удовлетворяет нужды и ЦСУ СССР и отдельных наркоматов и организаций, характеризуя передвижение грузов по территории. Грузооборот изучается в ряде разрезов. Для изучения конъюнктуры даются срочные данные по десятидневкам о повагонной погрузке по наименованиям и по дорогам; такого же порядка данные, выраженные в вагонах, даются ежемесячно по районам Статплана СССР, через 10 дней после отчетного месяца. Наконец сюда же следует отнести изучение движения грузов (сдача и прием) в вагонах по главнейшим узловым пунктам, дающее схематич. разрез грузовых потоков и исчисляемое по передаточным ведомостям.

Более тяжелая статистика дает перевозки по месяцам—в *т* для разного рода движения (коммерч. поезда, хозяйственные) и по категориям (коммерч. и хозяйственные грузы), их пробеги и среднюю дальность пробега 1 *т*, а равно густоту движения, выраженную в *ткм* на 1 *км*. В месячном же разрезе перевозки грузов и их пробеги изучаются по зна-

чительному количеству наименований (до 40), а равно по отправлению и прибытию постанционно, с объединением их по районам Статплана СССР.

Особым видом статистич. работы, возникшим нед вно в связи с тарифной работой ведомства, является изучение грузооборота по видам тарифа (общий, льготный, исключительный и пр.), по отдельным родам грузов и по категориям грузохозяев (государственные, кооперативные, частные), а также совместное изучение перевозок и дохода по ряду наименований, что дает возможность исследования средних ставок дохода по тем же грузам. В годовом разрезе помимо указанных сведений ведется особая работа по изучению густоты движения по линиям ж.-д. сети, как по всему грузообороту, так и по отдельным наименованиям, и наконец сводная статистика перевозок грузов по большому количеству наименований (207). При этом по системе разработок имеются две категории грузов: 1-я категория—постанционное отправление и прибытие, корреспонденция станций и районов Статплана СССР между собой и распределение перевозок по поясам пробегов (1—50 *км*. 51—100 *км* и т. д.), а 2-я категории—только по станциям и районам отправления, причем грузы 1-й категории охватывают свыше 90% грузооборота.

На основании указанных данных, а отчасти и собственного материала, ЦСУ исчисляет транспортные балансы отдельных районов. Кроме того ЦСУ изучает вопрос о транспортных накидках на цены товара и т. п.

4. Статистика материалов и топлива ведется как в количественном, так и в ценностном выражениях. Статистика материалов дается по 17 группам главнейших предметов (металлы, лесные материалы и т. д.) в годовых отчетах ж. д. Расход изучается гл. обр. по топливу, при ем исчисляется в эквивалентном 7 000-калорийном топливе. Расход исчисляется как общий, так и на паровозы, причем последний—на особые измерители—*ткм* брутто. Кроме того по главнейшим материалам имеется расход на измеритель по работе главных мастерских.

5. Статистика труда и быта проводится в следующих разрезах: 1) изучение численности и состава работников ж. д. транспорта, 2) использование труда и рабочего времени, 3) заработная плата, 4) производительность труда, 5) вопросы быта (жилище, бюджет, род жизни и пр.) и 6) прочие вопросы (просвещение, здравоохранение, несчастные случаи и пр.). Из указанных вопросов изучение производительности труда представляет большие трудности, в связи с разнохарактерными условиями работы различных предприятий, и пока носит опытный характер.

6. Финансовая статистика изучает: 1) основной капитал, его строение и динамику на основании годовых отчетов по эксплоатации ж. д.; 2) доходы ж. д., определяемые теперь ЦСК путем разверстки общих поступлений между дорогами на основании их перевозок, с расчленением по источникам (от грузов, пассажиров, багажа, дополнительные сборы и пр.); 3) расходы ж. д. в соответствии с формой их отчета; 4) себестоимость перевозок, с расчленением по видам движения (пассажирские и товарные). Для изучения вопроса о ведении учета себестоимости различных элементов эксплоатации ж. д. в НКПС образована особая комиссия.

Изложенное выше передает главнейшее содержание статистич. работ на ж.-д. транспорте, но не исчерпывает их. Следует напр. особо отметить изучение статистич. материалов иностранных ж. д. в целях сравнения. Результаты всей статистич. работы по ж. д. регулярно публикуются в «Ежемесячных бюллетенях транспорт. статистики» и в «Материалах по статистике путей сообщения».

Лит.: [1]) Казанский Е. В., «Ежемес. бюлл. трансп. статистики», Москва, 1929, *3*; Некраш Л. В., Статистический метод в ж.-д. хозяйстве, Москва, 1927; «Материалы по статистике путей сообщения», Москва, 1921—28.

Е. Спенглер.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ ЭКСПЛОАТАЦИЯ, содержание и использование всех средств ж. д. для осуществления ее основной цели, т. е. перевозки пассажиров и грузов. Т. к. железные дороги можно рассматривать с двух точек зрения: как сложный технич. аппарат, предназначенный для выполнения механич. работы, и как организованное промышленное предприятие, то под Ж. э., в широком смысле слова, разумеют всю совокупность ж.-д. хозяйства как в техническом, так и в коммерческом отношениях. Т. о. она распадается на две главные отрасли: техническую эксплоатацию и коммерческую эксплоатацию. К первой относятся: а) содержание и ремонт пути, б) содержание и ремонт сооружений, в) содержание и ремонт подвижного состава (тяговое хозяйство) и г) техническая организация движения. Ко второй относятся: а) извлечение доходов из ж.-д. перевозок и б) порядок оформления перевозок. Далее, как и всякое обширное хозяйство, ж.-д. предприятие требует строго планомерной деятельности. Разработка предварительных планов перевозок и приспособление наличных средств к осуществлению этих планов составляет содержание третьей отрасли Ж. э.—планирования и регулирования перевозок.

I. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛОАТАЦИЯ.

а) Содержание и ремонт пути.

Виды ремонта. Для поддержания пути в нормальном состоянии необходим постоянный надзор за ним и своевременное устранение обнаруживаемых неисправностей; это и составляет задачу текущего ремонта, который называется также частичным, когда путь ремонтируется по частям, по мере обнаружения неисправностей. С течением времени при таком ремонте путь делается неоднородным и неустойчивым. Поэтому признается необходимым раз в год проходить путь сплошным, или плановым, ремонтом, т. е. ремонтировать его во всех частях и на всем протяжении. Цель сплошного ремонта не только исправить обнаруженные неправильности, но и предохранить путь от повреждения на возможно более продолжительное время. Кроме частичного и сплошного ремонта, время от времени приходится производить массовую замену шпал, рельсов, скреплений и балласта; эти работы составляют капитальный ремонт пути.

Иногда к капитальному ремонту относятся работы, к-рые по существу своему должны исполняться при текущем ремонте, но вследствие каких-либо причин требуются в таких размерах, что выходят из обычных рамок этого ремонта. Наконец такие работы, которые предпринимаются для исправления каких-либо внезапных повреждений после стихийных явлений, схода поезда и т. п., составляют особую группу т. н. случайного ремонта. Работы последнего вида бывают крайне разнообразны—от небольшого исправления, соответствующего обычному текущему ремонту, до полного возобновления пути.

Для осуществления надзора и ремонта ж. д. подразделяется на участки, протяжением 100—150 *км*, находящиеся в ведении начальников участков. Участки подразделяются на околотки, протяжением до 24 *км* на магистралях и до 32 *км* на пионерных дорогах, находящиеся в ведении дорожных мастеров. Околотки, в свою очередь, подразделяются на рабочие отделения (6—8 *км*), поручаемые артельным старостам. Указанные протяжения соответствуют однопутной линии; на двупутных линиях они уменьшаются в 1,75 раза. Станционные пути считаются по 1 *км* за 0,33 *км* однопутной линии.

Текущий ремонт. 1) Выправка, перешивка и рихтовка линии. Одним из наиболее частых видов неисправности пути являются т. н. толчки, образующиеся от местных на одной или нескольких шпалах просадок одной или обеих рельсовых ниток. При одинаковой величине просадки обеих рельсовых ниток получается прямой толчок; при различной—перекос; последний вид просадки случается более часто и в большей степени отражается на ходе подвижного состава. Толчки и перекосы бывают обыкновенные и потайные. При обыкновенном толчке вызываемая им неправильность пути видна на глаз, а перекос обнаруживается поверкой пути по уровню. При потайном толчке путь на взгляд, а также при поверке по уровню может казаться правильным; толчок в этом случае обнаруживается появлением трещин в балласте вокруг шпалы (трясущиеся шпалы), дребезжанием подкладок, а иногда, при мокрой погоде и плохом качестве балласта,—т. н. выплесками. Исправление толчков делается подъемкой просевшего места и подбивкой шпал балластом. Подъемка производится посредством домкратов или ваг, а подбивка—сначала посредством деревянных подштопок, а затем посредством железных подбоек. В кривых наружная рельсовая нить располагается выше внутренней, причем необходимое повышение устанавливается по формулам:

а) при наибольшей скорости на перегоне до 40 *км/ч*

$$h = 12{,}5\,\frac{V^2}{R},$$

б) при наибольшей скорости на перегоне свыше 40 *км/ч*

$$h = 500\,\frac{V}{R},$$

где h—возвышение наружного рельса в *мм*, V—наибольшая скорость движения на кривой в *км/ч*, а R—радиус кривой в *м*. Иногда просадки пути на более или менее значительном протяжении имеют плавный вид и не вызывают резких толчков при движении поездов; такие просадки (лощины), не превышающие 6 *см*, исправляются при сплошном текущем ремонте подъемкой просевшего места; более же значительные—при капитальном ремонте.

От боковых усилий, действующих на рельсы при проходе подвижного состава, происходит изменение ширины колеи, особенно на тех кривых частях пути, где происходит еще нажатие реборд колес на рельсы при вписывании подвижного состава в кривую. Неправильность ширины колеи обнаруживается поверкой пути по шаблону и исправляется перешивкой пути, причем на известном протяжении костыли вытаскиваются посредством лапчатого лома, и в оставшиеся дыры забиваются деревянные пробки, после чего правильно расположенный рельс вновь пришивается к шпалам железными костылями. Нормальная ширина пути между внутренними гранями головок рельсов на прямых равна 1 524 *мм*; на кривых ширина пути должна быть следующая:

Радиус кривой в *м*	Ширина пути в *мм*	Уширение в *мм*
1100 и более	1 524	0
От 1099 до 800	1 529	5
» 799 » 500	1 534	10
» 499 » 350	1 539	15
» 349 и менее	1 544	20

Отступления от указанной ширины колеи допускаются не более 5 *мм*, причем ширина колеи менее 1 524 *мм* правилами НКПС не допускается.

От тех же боковых усилий сбивается и направление пути—появляются извилины, которые, если их не устранить, быстро увеличиваются и делают путь неспокойным. Эти неправильности легко заметны на глаз и устраняются рихтовкой пути, для чего рельсы вместе со шпалами передвигаются посредством ломов в ту или другую сторону.

В кривых частях путь должен не только представлять в плане плавную линию, но и иметь правильный, назначенный по профилю радиус, соответственно к-рому ставится ширина колеи и возвышение наружного рельса; поэтому необходимо при сплошном текущем ремонте делать поверку кривой по хордам и при рихтовке выправлять не только плавность направления, но и кривизну кривой, не допуская отклонения в величине радиуса более 10% в обе стороны. Стрелы прогиба при различной длине рельсов приведены в табл. 1.

2) Разгонка зазоров. От продольных усилий, действующих на рельсы при проходе подвижного состава, рельсы передвигаются вдоль пути по направлению движения, отчего зазоры, оставляемые в стыках между рельсами, сбиваются, т. е. в одном месте увеличиваются, а в другом совершенно исчезают. Это явление неблагоприятно отражается на износе рельс и кроме того может вызвать опасное искривление пути. Неисправность устраняется путем разгонки зазоров. Более значительная

Табл. 1.—Стрелы прогиба в *мм* при различной длине рельсов.

Радиус кривой в *м*	2 звена 17,069 *м* (4-саж. рельсы)	2 звена 21,335 *м* (5-саж. рельсы)	2 звена 25,603 *м* (6-саж. рельсы)	2 звена 25,00 *м* (12,5-*м* рельсы)
2 000	18	28	41	39
1 800	20	32	46	43
1 600	23	36	51	49
1 500	25	38	54	52
1 200	30	47	68	65
1 000	37	57	82	78
800	46	71	102	98
600	59	95	136	130
500	73	114	164	156
400	91	142	205	195
300	110	190	273	261
200	182	285	410	391

разгонка зазоров, когда вместе с рельсами сильно сдвинуты со своих мест стыковые шпалы и перекошены стыки, составляет отдельную работу, к-рая относится к работам капитального ремонта. Нормальная величина зазоров для дорог средней полосы европ. части СССР и Сибири приведена в табл. 2.

Табл. 2.—Нормальная величина зазоров в *мм*.

Темп-ра	Длина рельса 12,801 *м*	10,667 *м*	8,535 *м*
60°	0,0	0,0	0,0
50°	1,5	1,5	1,0
40°	3,0	2,5	2,0
30°	4,5	3,5	3,0
20°	6,0	5,0	4,0
10°	7,5	6,0	5,0
0°	9,0	7,5	6,0
−10°	10,0	8,5	7,0
−20°	12,0	10,0	8,0
−40°	15,0	12,0	10,0

3) **Подуклонка.** Наклон рельса должен соответствовать конничности бандажей подвижного состава, т. е. плоскость подошвы рельса должна иметь относительно верхней поверхности шпалы наклон в $^1/_{20}$. Неправильный наклон рельса вызывает неправильный износ его, а неодинаковый в разных местах наклон кроме того делает путь неспокойным. Неправильный наклон рельса является следствием неправильной зарубки шпал, поэтому и устранение его сводится к исправлению зарубки посредством декселей (французских топоров). На кривых шпалы лежат не горизонтально, а наклонно, и этот наклон тем больше, чем больше возвышение наружного рельса. При возвышении 80 *мм* шпала будет иметь наклон к горизонту в $\frac{80}{1530+80}$, т. е. ок. $^1/_{20}$; следовательно при зарубке в $^1/_{20}$ внутренний рельс кривой будет стоять вертикально, а при возвышении больше 80 *мм* он будет иметь даже наклон наружу, что лишает его надлежащей устойчивости против опрокидывания. Во избежание этого на кривых зарубка шпал для внутреннего рельса делается с наклоном более $^1/_{20}$ (табл. 3).

Чтобы убедиться, что рельс имеет наклон внутрь пути, нужно стать над рельсом так, чтобы он был между ступнями ног, и смотреть на него сверху: при этом с наружной стороны пути подошва рельса д. б. видна больше, чем с внутренней. Если на прямой подошва

Табл. 3.—Зарубка шпал для внутреннего рельса на кривых.

Способы зарубки		Возвышение наружного рельса в *мм*: менее 45	45—85	85—125
Уклон затеки шпалы	При плоск. подкладках или без подкладок . . .	$^1/_{20}$	$^1/_{15}$	$^1/_{12}$
	При клинчатых подкладках . .	0	$^1/_{40}$	$^1/_{30}$
Уклон подошвы рельса	При плоск. подкладках или без подкладок . . .	$^1/_{20}$	$^1/_{15}$	$^1/_{12}$
	При клинчатых подкладках . .	$0+{}^1/_{20}={}^1/_{20}$	$^1/_{40}+{}^1/_{20}={}^1/_{13}$	$^1/_{30}+{}^1/_{20}={}^1/_{12}$

рельса одинаково видна с обеих сторон головки рельса, то это доказывает, что рельс стоит вертикально и следовательно его нужно подуклонить. Т. к. при увеличении наклона зарубки для внутреннего рельса на кривых наклон его не будет уже соответствовать конничности бандажей подвижного состава, то блестящий след от колес (накат) не будет итти посредине головки рельса, а несколько отодвинется к ее наружной грани. Для более точного определения величины подуклона рельса применяются специальные шаблоны: Шульженко, Кнопфа и др.

4) **Оправка балластного слоя.** Обычно после зимы балластный слой несколько расстраивается, а потому весной необходимо производить его оправку; необходимо также немедленно исправлять его после ливней и не допускать зарастания балласта травой. Ежегодно производится пополнение естественной убыли балласта. Если балластный слой покрыт щебнем, то все вышеизложенное относится и к этому последнему.

5) **Исправление пучин.** В зимнее время часто в некоторых местах пути образуются пучины, которые делают путь неспокойным, а при значительной величине и опасным для движения. Исправление заключается в разгонке пути в обе стороны от горба правильными пологими спусками, причем в соответствующих местах рельс поднимается посредством укладываемых между рельсами и шпалами деревянных подкладок соответствующей толщины, так называемых **нашпальников**.

6) **Очистка снега и пропуск весенних вод.** К текущему ремонту относятся также работы по очистке пути от снега, ограждению его от снеговых заносов, по пропуску весенних вод и осушке балластного слоя и земляного полотна.

7) **Замена частей пути.** При текущем ремонте пути производится единичная смена отдельных частей пути со следующими повреждениями. **Рельсы** — со сплющенными головками у концов, с уширенным головки более двух *мм* в одну сторону, с выбитыми частями головки или подошвы,

с продольными трещинами на поверхности головки, подошвы или шейки, глубиной более 1 *мм*; с равномерным износом по высоте на величину более 6 *мм*; сбуксованные и лопнувшие. Накладки—треснувшие, изогнутые, с поврежденными верхними кромками, с выбоинами верхних кромок под концом рельса. Подкладки—лопнувшие и с разработанными костыльными отверстиями. Болты—погнутые, с испорченной нарезкой и вообще со всякими изъянами, не дающими возможности поставить и завинтить болт. Костыли—имеющие трещины, подъеденные, искривленные и со сбитыми головками. Шпалы—сгнившие, лопнувшие и расколотые.

Капитальный ремонт. 1) Смена шпал и рельсов. Смена шпал производится ежегодно, причем число сменяемых шпал составляет такую часть общего числа шпал, сколько лет в среднем может прослужить шпала. Смена шпал может производиться или сплошь целыми километрами, сотками или пикетами или в одиночку. В СССР производится исключительно одиночная смена; сплошная смена м. б. разрешаема только при переходе к другому сорту или типу шпал (напр. при замене непропитанных шпал пропитанными). Сплошная смена рельсов и скреплений производится целыми километрами или участками для замены износившихся рельсов или при переходе к рельсам более тяжелого типа. В исключительных случаях производится самостоятельная смена только скреплений, напр. при замене плоских накладок фасонными.

2) Подъемка и передвижка пути. Сплошная подъемка пути производится для выправки продольного профиля пути, нарушенного осадками полотна или балластного слоя, при увеличении толщины балластного слоя или при замене негодного балласта новым. Передвижка пути производится при выправке сильно сбитых с направления или неправильно разбитых кривых и как вспомогательная работа при сплошной замене балластного слоя, различных работах по ремонту земляного полотна, перестройке искусственных сооружений и пр.

3) Разгонка зазоров—см. выше.

4) Замена балласта. Замена балласта производится, если балласт настолько неудовлетворительного качества, что плохо пропускает воду, не держит подбивки, разжижается и т. п.

5) Уничтожение пучин. Пучины значительно увеличивают расход по содержанию пути, являясь причиной постоянной порчи его и преждевременного изнашивания шпал, рельсов и скреплений; поэтому необходимо изучить причины, вызывающие пучины, и принимать меры к планомерному уничтожению их посредством отвода воды, а где это не помогает,—посредством замены грунта песком (см. *Земляное полотно*).

Сезоны работ. Осенние работы. Ко времени наступления морозов (октябрь) на большей части ж. д. СССР все работы по ремонту пути заканчиваются и путь приходит в полный порядок. В октябре и ноябре делают все подготовительные работы по борьбе со снегом, а именно: подготовляют путь к проходу снегоочистителя; отмечают вешками кюветы, нагорные и отводные канавы, входные и выходные русла у труб; устанавливают снеговые щиты; подготовляют все необходимое для ремонта пучин. Когда балластный слой замерзает, весь путь проходится поверкою по шаблону и делается необходимая перешивка, причем особое внимание обращают на выправку коротких искривлений рельсов, которые летом, при рыхлом балласте, обычно выправить не удается.

Зимние работы. С конца ноября приходится внимательно следить за возникновением и ростом пучин и производить своевременное исправление их. Зимой кроме очистки пути от снега и ремонта пучин необходимо бывает усилить наблюдение за рельсами и скреплениями, т. к. зимой чаще лопаются рельсы и накладки.

Весенние работы. С наступлением оттепелей (март) производят открытие кюветов, канав, русла труб и малых мостов; окалывают лед у опор больших мостов и у свай деревянных мостов и принимают меры к скорейшему освобождению балластного слоя от снега. Вновь проходят путь сплошной поверкой по шаблону; готовятся к пропуску весенних вод и устанавливают надзор за проходом их. По мере оттаивания балласта принимают меры к скорейшей осушке балластного слоя, ведут усиленное наблюдение за пучинами, заделывают пробками отверстия после вынутия костылей при снятии нашпальников. Очищают балластный слой и полотно пути от накопившейся за зиму щепы на местах исправления пучин и вообще от мусора. После окончания прохода весенних вод производят очистку кюветов. Убирают снеговые щиты и по мере осушки балластного слоя оправляют его и бермы полотна.

Летние работы. По окончании частичного, после зимы, ремонта пути приступают к плановому ремонту и ведут его с таким расчетом, чтобы закончить на всем протяжении главного пути не позднее 1-го августа. Одновременно с плановым ремонтом, или несколько ранее, производят и смену шпал. Работы по ремонту пути на станциях обычно откладывают до окончания планового ремонта главного пути. В конце лета (август—сентябрь) путь вновь проходит сплошь подробным осмотром и поверкой и исправляют все неправильности, к-рые могли появиться после сплошного ремонта.

б) Содержание и ремонт сооружений.

1) Земляное полотно. Откосы насыпей и выемок обычно бывают покрыты дерном. Корни растений, образующих дерн, защищают поверхность земли от сильного размачивания, и поэтому необходимо наблюдать за сохранностью дернового покрова и беречь его от повреждения скотом или неосторожной косьбой. Необходимо следить, чтобы дренажи не засорялись и исправно отводили воду. Сплывы земляного полотна в насыпях редко происходят внезапно. Обычно им предшествует ряд предвестников: частые просадки и расстройства пути, вспучивание нижней части откосов, морщины и трещины на поверхности откосов. Своевременное обнаружение этих грозных признаков, определение

и устранение основной причины их, а равно принятие мер предупредительного характера могут избавить дорогу от катастроф.

2) Переезды и подъездные дороги. Забота о переездах и подъездных дорогах заключается прежде всего в содержании их в чистоте и недопущении застоя воды на их поверхности. Если происходит нарушение целости настилов или поверхностей замощения на переездах, то необходимо возможно скорее исправить поврежденные места, так как в противном случае разрушение пойдет ускоренным темпом и потребует крупного и дорого стоящего ремонта. Необходимо также обращать внимание на исправное состояние барьеров, закрывающих проезд на путь, и на надолбы, ограждающие подъезд к переезду. Последние, особенно, если они состоят из деревянных тумб, весьма полезно заменять живыми насаждениями, которые на много десятков лет избавляют от расходов на ремонт и возобновление надолбов.

3) Защитные насаждения. Защита пути древесными насаждениями от снежных и песчаных заносов имеет на дорогах сети СССР весьма большое значение. Т. к. живые насаждения являются действительной защитой от снега только при определенной густоте и высоте их, то они должны находиться под непрерывным наблюдением. Чтобы защита не перерастала, ее подрезают сверху на определенной высоте. При отмирании нижних ветвей производится подсадка молодняка; при чрезмерной густоте производится прореживание посадок. В общем эти живые защиты при ничтожном расходе на них дают громадные сбережения в борьбе со снегом.

4) Искусственные сооружения. Мосты, путепроводы, туннели, трубы, в целях обеспечения непрерывности и безопасности движения, требуют частых осмотров и тщательного содержания. Прежде всего необходимо содержать в чистоте отверстия водопропускных сооружений, не допуская зарастания их травою или кустами, засорения наносным грунтом, камнями и пр. При обнаружении подмывов или размывов необходимо немедленно ликвидировать их при помощи камня, фашин, тюфяков или укреплять иными приемами в зависимости от характера повреждений и глубины и скорости течения в водотоке. Размывы и подмывы бывают особенно опасны во время высокой воды. Водовороты и удары волн у входа в водоток, а также резкое падение подпора со стороны выхода из него создают крайне невыгодные условия для конусов в откосах и струенаправляющих дамбах. Материал, из которого изготовлено сооружение, уже сам по себе определяет характер порчи и приемы ремонта. Волнистые железные оцинкованные трубы разрушаются ржавчиной и механически повреждаются песком и камнями; чугунные трубы расходятся в швах и лопаются; кладка из кирпича и бетона а также из слабых пород камня выветривается и начинает крошиться сначала с поверхности облицовки, затем глубже. Весьма опасным фактом для каменной облицовки является выпадение расшивки из швов, т. к. при наличии пустых швов в климатич. условиях СССР разрушение облицовки идет ускоренным темпом. Выветрившаяся облицовка каменных сооружений обычно вырубается, для того чтобы удалить все подвергшиеся распаду элементы и создать хорошую поверхность для сцепления с новой облицовкой. Разрушение стен и сводов каменных искусственных сооружений происходит не только от действия влаги на наружных поверхностях, но также в значительной, если не в большей степени, и от влаги, просачивающейся в них из земляного массива через всю толщину кладки. Для борьбы с этим злом приходится устраивать изоляционные покрытия, дренажи и отводы. При обнаружении трещин в сооружениях производится всестороннее обследование с целью определения глубины, направления и причин образования этих трещин. Иногда такие повреждения исправляются помощью заполнения трещин жидким цементным раствором, нагнетаемым в кладку под большим давлением; в некоторых же случаях сооружение приходится перекладывать, а иногда даже бросать совершенно и строить новое на новом месте. Осмотр железных пролетных строений мостов и испытание их под нагрузкой производятся по специально разработанным инструкциям и в точно установленные сроки. Для испытания крупных мостов в СССР организованы специальные мостовые испытательные станции, оборудованные большим количеством весьма точных приборов, представляющих собой последнее слово измерительной техники. Вся служба большого моста непрерывно записывается в его формуляр—«мостовую книгу». В этой книге находят отражение все испытания моста и все работы, к-рые когда бы то ни было производились на нем. Такие наблюдения и записи являются тем более необходимыми, что вес поездов непрерывно возрастает, в силу чего возникает необходимость усиливать и улучшать отдельные части мостов. Главным врагом железных мостов является ржавчина; поэтому уже при проектировании ферм стараются по возможности избегать таких конструкций, в к-рых могут легко скопляться мусор и пыль и затруднена очистка. То же относится и к атмосферной влаге. Мусор и грязь, попадающие на фермы, счищаются, а самые фермы периодически окрашиваются масляной краской. В последнее время для окраски мостов в Америке начали применять краски из целлюлозы, изготовленной из ленточного пороха, оставшегося от войны. Эти краски, абсолютно лишенные взрывчатых свойств, оказываются наилучшими для предохранения от ржавчины, т. к. затягивают поверхность железа сплошным слоем, чего нельзя сказать о масляных красках. Ржавчина обладает таким свойством, что раз она появилась, она усиленно начинает развиваться под влиянием гальванических пар, образующихся в присутствии хотя бы самого незначительного количества влаги. Поэтому, в случае обнаружения на фермах ржавчины, последняя должна немедленно же очищаться, а очищенное место — окрашиваться. Кроме ржавчины в мостах наблюдается расстройство заклепочных соединений и ослабление натянутых элементов. Последнее

узнается по дребезжанию их при проходе поездов по мосту, слабость же заклепок обнаруживается при простукивании их молотком. Слабые заклепки сменяются, а слабо натянутые части натягиваются помощью специально применяемых приемов (в последнее время преимущественно при помощи сварки). В опорных частях мостов приходится наблюдать за очисткой мусора и грязи, за правильным расположением катков и шарниров и за правильным действием их при удлинении ферм от действия $t°$, а также под влиянием распрямления их под нагрузкой. Порча деревянных мостов выражается главным образом в подгнивании опорных частей в местах соприкосновения их с землей и проезжей части под настилом. Испорченные части д. б. удалены и заменены новыми.

5) Водоснабжение. Сезонной и наиболее часто встречающейся порчей водоснабжения является засорение водоприемников при весеннем половодьи или паводках. Засорению подвергаются водоприемники, расположенные как на больших, но неглубоких реках, так и на небольших водотоках, когда колодец для сосуна устраивается на берегу в расстоянии двух-трех десятков *м* от уреза воды и соединяется с рекой помощью соединительной галлереи; в громадном большинстве случаев оно является результатом или изменения режима реки или же недостаточно продуманного устройства водоприемника. Весьма нередки также случаи прорыва плотин при проходе весенней воды или при паводках. В водоснабжениях, питающихся помощью дренажных труб, абиссинских или артезианских колодцев, бывают также случаи засорения, в результате которого может появиться необходимость устройства новых дренажей или новых колодцев. Повреждения напорной линии происходят от недостаточного количества вантузов, смягчающих жесткие удары насоса на данной линии, от неправильной укладки труб или наконец от деформации труб при недостаточной устойчивости грунта. До последнего времени при сооружении ж.-д. водоснабжения высота башен и размеры разводящих труб в большинстве случаев назначались без надлежащего расчета; поэтому иногда такие водопроводы оказываются недостаточными, что приводит к весьма трудным и дорого стоящим новым работам.

6) Канализация станций. Т. к. основной целью всех дренажных и канализационных устройств является возможно быстрое удаление вод, то необходимо заботиться, чтобы все предназначенные для приема вод желоба, канавы, пропуски, трубы и каналы были всегда свободны от всяких предметов, препятствующих быстрому стоку воды. Во избежание засорения трубопроводов необходимо производить по временам просмотр на свет соединительных трубопроводов между сточными, отстойными и т. п. колодцами. Всякое, хотя бы частичное, засорение труб, в особенности при большом диаметре их, д. б. тотчас устранено прочисткой. Почти всегда этого можно достигнуть помощью тонкого гибкого железного прута (железной проволоки), разрыхляя им вязкий осадок, в то время как в верховой конец трубы обильно льют воду для промывки. Если имеется достаточный запас воды, то весьма полезно по временам делать основательную промывку всех канализационных устройств, чтобы по возможности устранить накопление осадков. В случае засорения и прекращения действия дренажей единственной мерой для восстановления их действия является вскрытие их и после прочистки полное восстановление их наново. Уход за нефтеуловителями и жироуловителями осуществляется помощью периодич. или непрерывного удаления из них всплывшего жира или нефти, а также тяжелого ила, осевшего на дно в отстойнике жироуловителя. Уход за устройством биологической очистки заключается в периодической очистке всех ее частей. Из отстойных бассейнов удаляется верхняя корка и выпавший на дно ил. Восстанавливающее действие засоренных окислителей, как контактных, так и оросительных, производится помощью снятия, промывки и прокаливания и даже полной замены шлаков (или кокса).

7) Гражданские сооружения. Кроме общих причин порчи зданий, присущих всем зданиям вообще, возможна порча их, специфически обусловливаемая той службой, к-рую эти здания выполняют. Так, если паровозы отапливаются каменным углем, то пары серной к-ты, содержащиеся в продуктах горения, настолько сильно действуют на железную кровлю паровозных зданий, что несмотря на тщательную окраску она в два-три года приходит в полную негодность.

Лит.: Прутковский Н. В., Железнодорожное дело, П., 1915; Харламов Н. Н., Содержание рельсового пути и стрелочных переводов, Москва, 1923; Миленгаузен К. К., Ратнер И. В. и Фомин Е. Ф., Руководство для дорожных мастеров, М., 1927; Временное наставление к производству работ по ремонту верхнего строения пути (Код. 89), М., 1928; Мурманская ж. д., Доклады И. И. Бенешевского и В. В. Рачинского, М., 1924; Блюм, Боррис, Баркгаузен, Содержание и эксплоатация ж. д., СПБ, 1902; Кнопф В. М., Сборник постановлений и систематич. указатель к трудам совещательных съездов инженеров службы пути жел. дорог СССР, Москва, 1929.

В. Кнопф.

в) Тяговое хозяйство.

Деловские участки. В отношении движения поездов и обслуживания их паровозами дорога делится на распорядительные, или деповские, участки. На конечных станциях этих участков находится депо, из к-рых одно—основное, а другое—оборотное (см. *Железнодорожное депо*). Расстояние между депо (120—150 *км*) до последнего времени определяется из условия, чтобы непрерывная продолжительность работы бригады не превосходила норм, установленных Кодексом законов о труде. При обезличенной езде, целесообразность которой не нашла подтверждения при опыте ее введения на железных дорогах в СССР, расстояние между депо может быть значительно увеличено. Все тяговые устройства обычно сосредоточены в одной части деповской станции, на так назыв. тяговой территории; здесь располагаются: а) паропозное здание, б) мастерская для среднего ремонта паровозов, в) поворотный круг или заменяющий его треугольник, г) очистная канава, д) гидравлическая колонка, е) устройство для

подачи песка, ж) устройство для механической подачи топлива.

Паровозные здания. Число стойл, необходимых для стоянки, промывки и текущего ремонта поездных паровозов, определяется обычно в 40% от числа действующих паровозов для основных депо и в 20% для оборотных депо. Оборудование паровозных зданий составляют: а) водо-, паро- и воздухопроводная сеть, б) промывочные, заправочные и растопочные устройства, в) приспособления для продувки дымогарных труб и очистки паровозов от грязи, г) подъемные механизмы, д) транспортные приспособления, е) печи для сушки песка и подъемники для подачи его на паровозы. Кроме непосредственной работы с поездами паровозу приходится еще затрачивать время на поворот по кругу, снабжение водой и топливом, промывку, текущий ремонт. Время, затрачиваемое на указанные операции, зависит главным образом от технич. оборудования и в частности от приспособлений для погрузки топлива на тендер.

Подача топлива и воды на паровоз. Подача нефти на паровоз производится при помощи нефтекачек, где нефть насосом из нефтехранилища перекачивается в раздаточный бак, а оттуда самотеком поступает на паровозный тендер. Для подачи угля наиболее распространенным орудием служит кран-журавль с кадками вместимостью до 150—200 *кг* угля; при этом подача угля совершается медленно, что вызывает излишние простои паровозов. Реже встречаются более совершенные краны с кадками вместимостью до 900 *кг*; при этом продолжительность набора топлива паровозом сокращается до 10—15 мин. Как исключение встречаются на наших дорогах эстакады с закромами вместимостью до 2 *т*. Из закромов уголь по жолобу спускается в тендер. В этом случае простой паровозов под набором угля не превышает 5 м. Подача дров на тендер производится или вручную с земли или с эстакады. Что касается набора воды, то при достаточном диаметре гидравлической колонки продолжительность наполнения полного тендера не превышает 5—7 м.

Промывка. Каждый работающий паровоз через определенные промежутки времени должен подвергаться промывке. Промывка производится струей воды из брандспойта с давлением 3—4 *atm*, причем удар струи отбивает накипь. Кроме промывки накипь удаляется механич. очисткой. При промывке холодной водой паровоз сперва д. б. охлажден, благодаря чему холодная промывка требует простоя от 24 до 36 ч. Более совершенный способ—горячая промывка—совершается в течение 7—8 ч., но зато требует сравнительно больших затрат на специальное оборудование. Однако и при наличии приспособлений для горячей промывки необходимо периодически, через 2—3 горячие промывки, производить одну холодную, которая, в виду значительного простоя паровоза и полного спуска воды из котла, дает возможность произвести тщательный осмотр и требуемый ремонт. Промывка паровоза делается, в зависимости от качества воды, после пробега от 700 до 2 000 *км*. Если принять за среднюю норму 1 200 *км* и считать простой под промывкой в 1 сутки, то отсюда следует, что паровоз после каждых 9—7 дней работы один день простаивает под промывкой, т. е. на последнюю расходуется 10—12% времени, что в сутки составит ок. 2 ч.

Ремонт паровозов. Продолжительность ремонта каждого рода, т. е. мелкого, среднего и капитального (см. *Железнодорожные мастерские*), зависит от мощности оборудования мастерских, от степени совершенства организации работ и от состояния паровоза, поступающего в ремонт. При нормальном износе в средний ремонт паровоз поступает после пробега в 22—90 тыс. *км*; после пробега 120—300 тыс. *км* паровоз поступает в капитальный ремонт. Общее количество паровозов, приписанных к данному депо, составляет наличный парк обслуживаемого участка или линии. Часть наличного парка не обслуживает непосредственно движения поездов, а именно: паровозы больные, ожидающие ремонта или находящиеся в ремонте, паровозы оставленные в холодный запас, паровозы на маневрах и толкании. Остальная часть наличного парка составляет т. н. рабочий парк паровозов. По роду своей работы паровозы разделяются на пассажирские, товарные и маневровые. К пассаж. паровозам предъявляются требования возить поезда сравнительно малого веса, но с большими скоростями; тов. паровозы, наоборот, должны возить поезда большого веса с меньшими скоростями; маневровые паровозы д. б. приспособлены для работы на станционных путях с небольшой сравнительно скоростью, быстро развивать скорость при трогании с места и проходить без затруднения крутые кривые, обычно применяемые на станционных путях.

Вагонные сараи. На начальных и конечных станциях ж. д. устраиваются крытые сараи обыкновенно такой длины, что весь состав пассажирского поезда помещается в них без расцепки. В сарае находится несколько продольных путей для установки одновременно нескольких составов. Между рельсами путей по всей их длине устроены канавы глубиной ок. 0,5 *м* для осмотра под вагоном. Оборудование вагонного сарая состоит из водопровода, установки для испытания автоматич. тормозов, приборов для механич. очистки вагонов, приспособлений для снаряжения поезда освещением и пр.

Ремонт вагонов. Осмотр, очистка и мелкий ремонт тов. вагонов производятся обычно на станционных путях без подачи вагонов в мастерские или вагонные сараи. Смазка вагонов производится либо поездными либо станционными агентами. При поездной смазке устанавливаются особые артели на распорядительных, узловых станциях, на станциях с большой погрузкой, а также на нек-рых промежуточных т. н. буксоконтрольных станциях. Что касается ремонта вагонов, то пассаж. вагоны подвергаются, не считая текущего (мелкого), большому и среднему ремонту по мере надобности и кроме того раз в год периодич. осмотру. Для тов. вагонов кроме текущего ремонта производится раз в три года конвенционный осмотр. Между конвенционными осмотрами

пассаж. и тов. вагонов производится ревизия букс. Конвенционный осмотр носит характер предупредительного ремонта, к-рому вагон подвергается несмотря на то, что по состоянию своему он мог бы еще работать. Жесткие сроки конвенционного осмотра вносят известную планомерность, предупреждающую случайное скопление неисправных вагонов с неизбежной задержкой их в ожидании ремонта.

г) Техническая организация движения.

Механика движения поездов. Движение поездов совершается при помощи локомотивов, преодолевающих сопротивление движению поездов и сообщающих последнему скорость и ускорение. Различают двоякого рода сопротивление движению поезда: а) основное, имеющее место при всяких условиях движения и вызываемое гл. обр. трением всякого рода, и б) дополнительное, зависящее от характера профиля и трасы линии (подъемы и кривые). Величина основного сопротивления, обычно обозначаемого через w_0, зависит гл. обр. от скорости движения и нагрузки вагона и составляет примерно 2—4 *кг* на каждую *т* веса поезда. Дополнительное сопротивление i_k составляет для каждой тысячной подъема 1 *кг* на *т* и следовательно на руководящих подъемах (0,008—0,010) достигает 8—10 *кг* на *т* веса поезда. Т. о. важнейшим фактором сопротивления движению является профиль пути, к-рый при данном типе паровоза определяет вес поездов и скорость их движения; на данной же линии, имеющей определенный профиль, вес поезда и его скорость определяются мощностью локомотива. Зависимость веса поездов от мощности локомотива и характера профиля выражается следующим соотношением:

$$Q + P = \frac{F_k}{w_0 + i_k}, \qquad (1)$$

где Q—вес вагонов в *т*, P—вес паровоза с тендером, F_k—сила тяги локомотива (на ободе) в *кг*. Максимальные значения веса товарных поездов для наиболее распространенных у нас паровозов при средних условиях профиля ($i = 0{,}008$) следующие:

Серия паровоза . .	Э	Ѳ	Е	Щ	О
Вес поезда в *т* . .	1 350	1 300	1 400	930	800

Влияние руководящего подъема на вес поездов иллюстрируется следующими цифрами:

Руководящий подъем	0,004	0,006	0,008	0,010
Вес поезда в *т*, паровоза серии Э	2 400	1 770	1 350	1 130

Скорость движения поездов зависит от их веса, мощности паровоза, количества тормозных средств в поезде и степени прочности верхнего строения пути и мостов. При данных размерах котла и машины реализуемая мощность паровоза зависит от количества и качества топлива, сжигаемого в топке паровоза. Чем больше сжигается топлива и чем выше его калорийность, тем больше интенсивность парообразования и тем больше скорость движения. Так как наши тов. вагоны пока еще оборудованы ручными тормозами, то слабость тормозных средств служит фактором, к-рый ограничивает скорость движения, вследствие чего максимальная скорость тов. поездов не превышает 30—40 *км/ч*. В пассаж. поездах, оборудованных автоматич. тормозами и имеющих меньший вес сравнительно с товарными, реализуются значительно бо́льшие скорости, и при достаточн. мощности паровоза ограничивающим скорость фактором является качество верхнего строения пути и мостов. Качество верхнего строения пути обычно характеризуется типом рельсов, числом шпал на звене и качеством балласта. В зависимости от этих элементов и от серии обращающихся паровозов и устанавливаются пределы скорости движения поездов.

Грузовые потоки. Грузовым (или пассажирским) потоком называется количество грузов (или пассажиров), провозимое в единицу времени по данному участку дороги в данном направлении. Мощность потока оказывает существенное влияние на условия и результаты эксплоатации участка. Как и во всяком производственном предприятии, чем больше количество продукции, тем в большей степени используется мощность оборудования и тем дешевле при прочих равных условиях обходится единица продукции. Наряду с мощностью грузового потока большое значение имеют равномерность его по отдельным периодам и направлением и расстояние или дальность перевозки груза. Если мощность грузового потока в отдельные периоды (месяцы, дни) равномерна, т. е. мало отличается от среднегодовой, то и технич. оборудование м. б. рассчитано лишь на эту среднюю мощность; наоборот, при значительных колебаниях грузового потока приходится держать запас технического оборудования по наибольшим размерам потока, и этот излишек остается неиспользованным в периоды ослабления потока. Дальность перевозки обусловливает время занятия вагонов грузом, а следовательно и число вагонов; при увеличении дальности перевозки неизбежные простои вагонов под нагрузкой и выгрузкой ложатся меньшим накладным расходом. Кроме грузового и порожнего направлений (см. *Железнодорожные изыскания*) различают четное и нечетное направления. Для удобства сношения и учета все поезда, идущие в одном направлении, имеют четную нумерацию, и соответственное направление называется четным, а поезда, идущие в противоположном направлении, имеют нечетную нумерацию, и направление называется нечетным. На условия работы участка оказывает влияние и род сообщения. В этом отношении различают перевозки местного сообщения, когда груз перевозится в пределах одной дороги, и перевозки прямого сообщения, когда груз следует по двум и более дорогам. Перевозки прямого сообщения разделяются на ввоз, когда груз следует с другой дороги назначением на данную дорогу, вывоз, когда он следует из пределов данной дороги на другую, и транзит, когда груз, следуя с одной на другую, чужую, дорогу, проходит часть пути своего следования по данной дороге. Важным для условий эксплоатации фактором является также соотношение между количеством повагонных и мелочных грузов (см. *Железнодорожные тарифы*). Преобладание транзитных и пова-

гонных грузов является благоприятным для эксплоатации фактором, позволяющим снизить расходы по перевозкам.

Измерители работы. Для суждения о количестве и качестве работы ж. д. существуют основные измерители, которые можно разделить на две группы: а) измерители, характеризующие производительность дороги, и б) измерители, характеризующие степень использования подвижного состава—паровозов, вагонов и поездов.

а) Одним из измерителей производительности дороги является количество перевезенных за определенный период m груза и число пассажиров; другой весьма распространенный измеритель—суточное количество погруженных и принятых с соседних дорог вагонов (суточная работа дороги). Эти измерители являются несовершенными, т. к. они не отражают очень важных факторов: расстояния перевозки и фактич. средней нагрузки вагонов. Более совершенными измерителями производительности дороги являются тоннокилометры и пассажирокилометры. Если количество исполненных за известный период *тнм* Σpl разделить на сумму m перевезенных за тот же период грузов Σp, то получается величина $l_{гр.} = \frac{\Sigma pl}{\Sigma p}$, называемая средней дальностью пробега одной m груза. Частное от деления числа исполненных на данном участке *тнм* Σpl на длину участка L выражает плотность, или мощность, грузопотока в *тнм* на 1 *км* пути. Успешность выполнения перевозки груза по времени измеряется скоростью движения груза, т. е. средней скоростью продвижения груза от момента приема его от отправителя до момента прибытия или выгрузки на станции назначения.

б) Работа подвижного состава выражается в вагонокилометрах Σns, паровозокилометрах ΣMs и поездокилометрах ΣNL. Различают ваг.-*км* груженые $\Sigma(ns)_{гр.}$ и порожние $\Sigma(ns)_{пор.}$. Если количество *тнм*, исполненных на данном участке за нек-рый период, разделить на количество исполненных ваг.-*км*, то получается величина $p = \frac{\Sigma pl}{\Sigma ns}$, называемая средней нагрузкой вагонов. Если количество исполн. ваг.-*км* (за сутки) разделить на величину суточного наличия вагонов n, то получается величина $s = \frac{\Sigma ns}{n}$, называемая средним суточным пробегом наличного вагона. Количество исполненных с поездами пар.-*км* ΣMs, разделенное на наличное количество паровозов M, называется средним суточным пробегом паровоза. Успешность работы участка в отношении движения поездов оценивается измерителем, называемым участковой, или коммерческой, скоростью движения поездов $V_к$. Она представляет собою частное от деления длины участка L на время T пребывания поезда в пути от момента выхода с деповской станции до прибытия на соседнюю деповскую станцию: $V_к = \frac{L}{T}$. Т. о. коммерческая скорость поездов характеризует лишь скорость движения их между деповскими станциями и следовательно не учитывает наиболее длительн. простоев вагонов, имеющих место на деповских и сортировочных станциях. Поэтому величина коммерческой скорости поездов значительно больше величины коммерческой скорости грузов, на к-рой отражаются простои вагонов на деповских и сортировочных станциях, а равно в пунктах погрузки и выгрузки. Если из времени T исключить простой на промежуточных станциях, то получается технич. скорость движения, характеризующая степень использования мощности паровозов. Последнюю величину характеризует еще и другой измеритель—средний состав поезда в m, представляющий собою частное от деления числа ваг.-*км* на число поездо-*км*. Пробег паровозов ΣMs всегда больше пробега поездов ΣNL, т. к. кроме производительного пробега во главе поездов паровозу приходится выполнять вспомогательный пробег. Вспомогательный пробег вызывается необходимостью в отдельных случаях (в зависимости от профиля, состояния погоды и пр.) применять подталкивание поездов или двойную тягу и выполнять станционный пробег, главную часть которого составляют маневры.

В 1926/27 г. измерители имели в СССР следующие средние значения:

Средний состав поездов, осей	95
Вспомогательный пробег паровозов, %	28,3
Плотность грузопотока, поездо-*км* на *км*	49,4
Средняя нагрузка вагона, m	13,1
Средний суточный пробег тов. вагона, *км*	80,4
» » » паровоза, *км*	132,0
Коммерческая скорость, *км/ч*	13,7
Техническая скорость, *км/ч*	21,0

Мощность дороги. Мощность (работоспособность) ж. д. зависит как от неподвижных устройств (главные пути, раздельные пункты перегонов, водоснабжение и пр.), так и от подвижных элементов (подвижной состав, личный состав, топливо и пр.). Мощность дороги, зависящая от неподвижных устройств, носит название пропускной способности; мощность, зависящая от подвижных элементов, называется провозной способностью дороги. Практически наибольшее значение имеют: для пропускной способности—число и расположение раздельных пунктов перегонов (длина перегонов), для провозной способности—число паровозов и вагонов. Число поездов, вагонов или m, которое м. б. пропущено по участку дороги в единицу времени (обыкновенно в сутки), в зависимости от мощности неподвижных устройств, представляет собой пропускную способность этого участка. Так как по условиям обеспечения безопасности движения в пределах перегона может одновременно находиться не более одного поезда на каждом пути, то чем больше времени занят перегон каждым поездом, тем меньшее количество поездов может пропустить этот перегон в течение суток. Максимальная пропускная способность перегонов участка (в парах поездов):

$$n = \frac{1\,440}{\left(\frac{l}{V} + a\right) \cdot 2} = \frac{1\,440}{t + 2a}, \qquad (2)$$

где 1 440—число минут в сутках, l—длина перегона, V—средняя скорость движения по перегону, $t = 2\frac{l}{V}$ — время хода поезда по

перегону в обоих направлениях, $2a$—время, затрачиваемое на сношения при движении поездов. В нормальных условиях работы число пропускаемых поездов должно составлять не свыше 70—80% от максимальной пропускной способности; в противном случае создаются затруднения в движении, и сильно снижается коммерческ. скорость движения поездов. В особых случаях, в виде отступления от нормальных правил движения поездов, основанных на принципе разграничения попутных поездов определенным пространством (перегоном), разрешается отправление поезда вслед, т. е. отправление поезда ранее прибытия на соседнюю станцию впереди идущего по тому же пути. Такой порядок основан на принципе разграничения поездов не пространством, а временем, т. к. второй поезд отправляется через 15—20 мин. после первого. Отправление поездов «вслед» естественно увеличивает пропускную способность участка и повышает коммерческую скорость поездов. Однако отправление поездов вслед применяется лишь в тех случаях, когда необходимо срочное усиление пропускной способности; в нормальных же условиях оно не допускается, т. к. не обеспечивает безопасности движения.

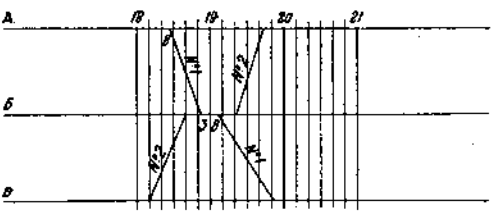
Т. к. поезда обычно обращаются между деповскими станциями, ограничивающими участок, разделенный на несколько перегонов, то очевидно, что пропускная способность участка ограничивается пропускной способностью того перегона, для к-рого она является наименьшей (труднейший перегон). Пропускная способность участка в m (брутто) определяется произведением nQ, где n—число пар поездов, к-рое м. б. пропущено по участку, а Q—вес поезда. Согласно ф-лам (1) и (2) пропускная способность участка в m м. б. выражена так:

$$nQ = \frac{1440}{t+2a}\left(\frac{F_k}{w_0+i_k} - P\right). \qquad (3)$$

Повышение пропускной способности участка м. б. достигнуто одним из следующих способов: а) применением более совершенных средств связи, позволяющих уменьшить величину a, б) укладкой второго (или третьего) пути, в) уменьшением длины перегонов (устройство дополнительных разъездов и постов), г) повышением скорости движения, д) применением более мощных паровозов, е) применением двойной тяги или подталкивания и ж) уменьшением руководящего подъема (смягчение профиля). Значение величины a, т. е. времени, затрачиваемого на сношения при движении поездов, практически может изменяться от 5 мин. при телеграфном сношении до 1,5 минуты при блокировке. Поэтому применение более совершенного средства связи для усиления пропускной способности участка дает существенные результаты лишь при больших размерах движения, когда время хода поезда по труднейшему перегону сравнительно невелико. Из ф-лы (2) видно, что напр. при $t = 100$ мин. и телеграфном сношении знаменатель $t+2a$ равен $100 + 2 \cdot 5 = 110$, а при блокировке он равен $100 + 2 \cdot 1{,}5 = 103$, и следовательно при замене телеграфа блокировкой пропускная способность может увеличиться лишь на 6%; при $t = 40$ мин. и телеграфном сношении знаменатель составляет 50, а при блокировке 43, что дает увеличение пропускной способности на 14%; в условиях же густого пригородного движения, когда время хода по перегону доходит до 10 мин., замена телеграфа блокировкой может увеличить пропускную способность даже на 35%.

Мероприятия по усилению пропускной способности, указанные в пунктах а, б, д, ж, требуют единовременной затраты сравнительно больших средств, и потому их осуществление не всегда возможно. Применение двойной тяги хотя и значительно повышает пропускную способность, но экономически в большинстве случаев нецелесообразно, т. к. сила тяги второго паровоза при этом используется в недостаточной степени. Подталкивание может дать существенный эффект только при определенных условиях профиля, а именно в тех случаях, когда предельные подъемы сосредоточены на близком друг от друга расстоянии, что на большинстве наших линий встречается редко. Поэтому на практике для усиления пропускной способности чаще всего применяется способ уменьшения длины перегонов путем устройства дополнительных разъездов или постов. Однако такое уменьшение длины перегонов может применяться лишь до известных пределов, т. к. оно сопровождается увеличением числа скрещений и обгонов поездов, т. е. увеличением числа остановок и следовательно понижает скорость движения; поэтому при достижении длины перегона определенного предела дальнейшее дробление нецелесообразно. В зависимости от всей совокупности экономических и технических факторов, характеризующих работу участка, выбирается тот или иной способ усиления его пропускной способности.

Графики движения. Для руководства при регулировке движения поездов и определения пунктов скрещений и обгонов

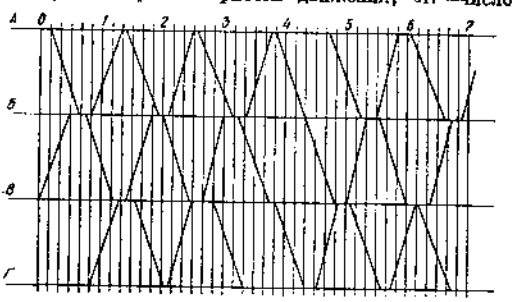


Фиг. 1.

движение поездов изображается обыкновенно графически на т. н. графиках движения. Графики движения представляют собою сетку, разделенную на 24 вертикальных полосы (если график суточный) равной ширины, соответствующие часам суток, причем каждая часовая полоса делится на полоски, соответствующие 5 или 10 мин. Горизонтальные полосы обозначают перегоны и располагаются в последовательном порядке. Горизонтальные линии соответствуют разграничивающим перегоны пунктам; движение поездов изображается наклонными прямыми линиями в условном предположении равномерного движения поездов в пределах перегонов. На фиг. 1 изображена часть гра-

фика, из к-рой видно, что поезд № 1 отправился со станции *А* в 18 ч. 28 м., прибыл на станцию *Б* в 18 ч. 53 м., отправился с последней в 19 ч. 08 м. и т. д.; далее, из этого графика видно, что на станции *Б* поезда № 1 и 2 имеют скрещение. Если все поезда двигаются с одинаковой скоростью, то график имеет вид, показанный на фиг. 2. Такой график называется параллельным. Если же поезда двигаются с разными скоростями, то график имеет вид, показанный на фиг. 3, и такой график называется коммерческим. Движение поездов по параллельному графику имеет место лишь в исключительных случаях, напр. при массовых перевозках, когда требуется в кратчайший срок выполнить максимальное количество перевозок, не считаясь с нарушением удобств пассажирского движения. В нормальных условиях движение происходит по коммерческому графику. Для каждого участка в зависимости от его технич. элементов (числа переговов, скорости движения) и характера грузового потока (равномерность по направлениям) можно установить предельную загрузку поездами, или предельное использование его пропускной способности.

При обозначениях: L—длина участка, $V_к$.—средняя коммерч. скорость, T—время прохода участка в час, K—число действующих перегонов на участке, N—число поездов, проходящих в грузовом направлении, α—коэф-т непарности движения, αN—число



Фиг. 2.

поездов встречного направления, $\beta V_к$.—средняя коммерческ. скорость (β—отношение коммерч. скорости в двух направлениях),—условие нахождения на каждом перегоне в каждый данный момент по одному поезду дает для однопутного графика следующее соотношение (при насыщенном графике):

$$24\,K = TN + \frac{\alpha TN}{\beta} = \frac{LN}{V_к} + \frac{L}{\beta V_к}\,\alpha N, \qquad (4)$$

откуда

$$N = \frac{24\,KV_к}{L} \cdot \frac{\beta}{\alpha+\beta}. \qquad (5)$$

Принимая во внимание, что $L = V_к.T$, получаем:

$$K = \frac{NT}{24} \cdot \frac{\alpha+\beta}{\beta}. \qquad (6)$$

Из ур-ия (5) имеем зависимость между $V_к$. и K при постоянных L и N:

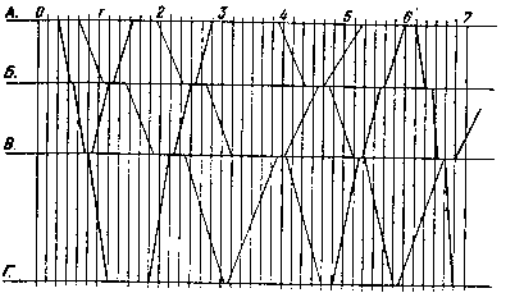
$$V_к = \frac{LN}{24\,K} \cdot \frac{\alpha+\beta}{\beta}.$$

Ур-ие (6) м. б. представлено в следующем виде:

$$NT = \frac{24\,K\beta}{\alpha+\beta} = \text{Const}. \qquad (7)$$

Полученные соотношения могут быть формулированы так: при установившейся работе в условиях предельной загрузки участка, произведение предельного числа поездов на время хода по всему участку есть величина постоянная. Соотношение вида (7) геометрически есть ур-ие гиперболы. Такая кривая м. б. построена для каждого участка дороги и представляет собой кривую предельной загрузки, а числовое значение постоянной величины $\frac{24\,K\beta}{\alpha+\beta}$ — техническая характеристика участка.

Пропускная способность станции определяется числом вагонов, которое станция может в зависимости от ее устройства принять, погрузить, выгрузить, пересортировать и отправить в сутки. Соответственно



Фиг. 3.

количеству и роду технической и коммерческой работы станции ей дают то или иное путевое развитие; естественно, чем станция больше, тем больше она может переработать вагонов, и тем больше следовательно будет ее пропускная способность.

Расчет потребности в паровозах. Число паровозов, потребное для данного размера движения, в значительной степени зависит от системы обслуживания паровозов бригадами. В этом отношении различают следующие системы обслуживания.

1) Хозяйская, или личная, езда, самая распространенная до последнего времени на русских ж. д., характеризуется тем, что каждый паровоз обслуживается постоянной бригадой, т. е. каждый паровоз вверяется особому машинисту. Нахождение паровоза в руках одной и той же бригады позволяет возложить на последнюю и всю ответственность за правильное содержание паровоза, что способствует большей сохранности и исправности последнего. Но отрицательная сторона прикрепления паровоза к машинисту та, что во время отдыха бригады бездействует и паровоз, хотя он еще ни в каком отдыхе не нуждается. По дореволюционным нормам средний рабочий день паровозной бригады равнялся 12 ч., и в месяц предоставлялось 2 свободных дня; при этом из $30 \times 24 = 720$ ч. месяца бригада работала $28 \times 12 = 336$ ч., т. е. коэф. использования времени составлял $\varphi = \frac{336}{720} = 0{,}47$. В настоящее же время число рабочих часов бригады в месяц — 192; следовательно $\varphi = \frac{192}{720} = 0{,}27$. Поэтому прикрепление паровоза к одной бригаде является нецелесообразным.

2) Сменная езда заключается в том, что паровоз вручается двум или любой из свободных в данный момент бригад. Естественно, что при этом коэфициент использования времени увеличивается. Различают следующие системы сменной езды.

а) Парная езда. Каждый паровоз поручается двум постоянным бригадам. Благодаря этому коэф. использования удваивается по сравнению с хозяйской ездой.

б) Подсменная езда. Основная бригада следует от основного депо до определенного пункта участка (обыкновенно $^4/_5$ расстояния между основным и оборотным депо), где и остается отдыхать, передавая паровоз другой, подставной, бригаде. Подставная бригада следует на паровозе до оборотного депо, берет там обратный поезд и без отдыха в оборотном депо возвращается обратно до пункта подсмены, где и передает паровоз основной бригаде, получившей за это время нужный отдых.

в) Обезличенная, или американская, езда. При недостатке паровозов или необходимости дальнейшего увеличения коэф-та φ применяется т. н. обезличенная, или американская, езда, т. е. полное обезличение паровозов, когда с паровозом может ехать любая бригада, отдых которой кончился. Она доводит паровоз до сменного пункта, где его принимает любая отдохнувшая бригада, и т. д. до оборотного депо, откуда паровоз возвращается, меняя бригады на сменных пунктах тем же порядком.

г) Турная езда. Паровоз пропускается со сменными бригадами по нескольким перегонам, причем одна бригада едет на паровозе, а другая в это время отдыхает в специально оборудованном вагоне в этом же поезде. Эти две бригады сменяют друг друга в пути.

В зависимости от способа обслуживания паровозов бригадами и длины тягового участка суточный пробег паровозов и бригад и определяемая этим пробегом потребность в паровозах и бригадах значительно изменяются (табл. 4).

нич. характера все же весьма велик. Так, учитывая, что в капитальном ремонте паровоз простаивает ок. 60 дней каждые 5 лет, в среднем ремонте 30 дней каждые два года и в текущем ремонте, превышающем 1 день, примерно—10 дней ежегодно, получаем, что простой в ремонте требует исключения паровоза из рабочего парка на $\frac{60}{5}+\frac{30}{2}+10=37$ дн. в году, т. е. около 10% своего времени паровоз находится в ремонте. Следовательно максимальное время пребывания наличного паровоза в рабочем парке составит $24\cdot0,9=21,6$ ч. в сутки. Далее, по прибытии паровоза на станцию с депо до отправления со следующим поездом, д. б. произведены снабжение его водой и топливом, чистка и смазка, поворот на круге или на треугольнике, а очень часто и мелкий ремонт. На все эти операции затрачивается в коренном депо ок. 5 час. и в оборотном ок. 2 час., т. е. всего за оборот—7 час. Если принять расстояние между коренным и оборотным депо в 150 *км*, коммерческую скорость движения—в 14 *км/ч*, то на пробег в оба конца паровоз затратит $\frac{150\cdot2}{24}\cong22$ ч.; далее, если считать промывку через 1 500 *км* и продолжительность промывки 24 часа, то на пробег $2\cdot150=300$ *км* приходится $\frac{300}{1\,500}\cdot24\cong5$ часов. Следовательно на пробег в 22 ч. приходится неизбежных простоев на деповских станциях 12 час., или 35% всей службы (22 + 12 час.) рабочего паровоза. При таких условиях наличный паровоз может находиться в движении лишь $21,6\cdot0,65=14$ ч., а рабочий паровоз $24\cdot0,65=15,6$ ч. Если принять указанное среднее значение коммерческой скорости, то максимальный суточный пробег наличного паровоза (при длине участка в 150 *км*) получается 196 *км*, а рабочего паровоза 218 *км*. При этом учитываются простои паровозов лишь по техническим надобностям, и не принято во внимание неизбежные в отдельных случаях простои, вызываемые условиями регулировки движения. Последние простои имеют место, когда момент технической готовности паровоза не совпадает с моментом наличия поезда, к-рый можно отправить, что может обусловливаться например малыми размерами движения, неравномерностью движения, движением «пачками», когда большинство поездов отправляется через короткие промежутки времени в течение определенной части суток, а затем наступает более или менее длительный перерыв. Таким образом продол-

Табл. 4.—Потребность в паровозах и бригадах.

Измерители	Хозяйская езда	Подсменная езда	Парная езда	Обезличенная езда	Турная езда	Длина участка в *км*
Суточный пробег паровоза в *км* . .	55 55 57	66 69 66	86 90 86	109 121 147	109 121 147	125 150 500
Потребность в паровозах для пробега в 100 *км*	1,8 1,7 1,8	1,5 1,4 1,5	1,15 1,10 1,15	0,91 0,82 0,67	0,91 0,82 0,67	125 150 500
Потребность в бригадах для выполнения 100 пар.-*км*	1,82 1,75 1,82	2,07 1,95 2,07	2,31 2,21 2,31	3,43 3,09 2,54	3,66 3,30 2,71	125 150 500

Бригада на поездном паровозе состоит из 2, 3 или 4 лиц, в зависимости от рода отопления и мощности. Паровоз с момента одного выхода из основного депо до другого делает полный оборот своего пробега и перевозит за это время по участку одну пару поездов. Часть времени полного оборота затрачивается на движение, а другая часть—на простой. Время, затрачиваемое на движение, равно $\frac{2l}{V_к}$, где l—длина участка, $V_к$—коммерческая скорость движения. Простои на деповских станциях определяются главным образ. системой обслуживания паровозов бригадами.

Необходимо отметить, что, хотя при обезличенной езде суточный пробег паровозов значительно увеличивается, процент времени, затрачиваемого на неизбежный простой паровозов по разным причинам тех-

жительность оборота паровоза в часах выражается формулой:

$$T=\frac{2l}{V_к}+t_1+t_2,$$

где t_1 и t_2—простои паровоза на деповских станциях. Если эту величину выразить в сутках, то получим:

$$Q=\frac{T}{24}=\frac{1}{24}\left(\frac{2l}{V_к}+t_1+t_2\right),$$

или т. н. коэфициент потребности паровозов на одну пару поездов. По коэфициенту потребности легко определить парк паровозов M, требующийся для выполнения заданных размеров движения:

$$M=NQ+\frac{NT}{24},$$

где N—число пар поездов. Для достижения наилучших результатов в смысле использования паровозов необходимо выполнить заданный размер перевозок, т. е. определенное число *ткм* при наименьшем числе

пар.-км. Число пар.-км, необходимое для выполнения заданного числа *ткм* груза ($P_{гр.}$), выражается ф-лой:

$$\Sigma Ms = \frac{(1+\alpha)(1+\beta)\Sigma pl}{P_{гр.}m},$$

где α—коэфициент порожнего пробега (отношение порожнего пробега вагонов к груженому), β—коэф. вспомогательного пробега (отношение вспомогательного пробега паровоза к поездному), p—средняя нагрузка вагона, m—среднее число вагонов в поезде и s—пробег паровоза.

Если же задано определенное число ваг.-км Σns, то число пар.-км определится из соотношения:

$$\Sigma Ms = \frac{(1+\beta)\Sigma ns}{m}.$$

Т. к. $\frac{\Sigma Ms}{s} = M$, то число паровозов, требующихся для заданного числа *ткм* груза, определяется так:

$$M = \frac{\Sigma Ms}{s} = \frac{(1+\alpha)(1+\beta)\Sigma pl}{P_{гр.}\cdot s\cdot m},$$

а при заданном числе ваг.-км

$$M = \frac{\Sigma Ms}{s} = \frac{(1+\beta)\Sigma ns}{m\cdot s}.$$

Приведенные ф-лы показывают, что для лучшего использования паровозов необходимо достижение: а) наибольшего состава поезда, соответствующего полному использованию силы тяги паровоза, б) наибольшего суточного пробега паровоза путем уменьшения излишних простоев, удлинения тяговых участков и введения смежного обслуживания бригадами, в) наименьшего вспомогательного пробега, на выполнение которого затрачивается ок. 20% всего паровозного парка.

Расчет потребности в вагонах. При перевозке груза в поездах сила тяги локомотива расходуется не только на перемещение полезного груза, но и на перемещение тары вагонов. Для уменьшения расхода энергии локомотива необходимо, чтобы отношение тары вагона к его нагрузке было возможно меньше. С этой точки зрения сравнительная оценка разных типов вагонов производится посредством коэф. тары, т. е. отношения веса тары вагона к его подъемной силе:

$$\varphi = \frac{G_m}{Q},$$

где G_m—вес тары, Q—подъемная сила вагона. Для нормального крытого вагона $\varphi \cong 0{,}44$.

Наиболее простой способ определения числа вагонов, потребного для выполнения заданных перевозок—расчет по их обороту. Каждый нагруженный вагон совершает в своем движении известный цикл, к-рый схематически можно представить так: в каком-либо пункте A ежедневно грузится для пункта $Б$ определенное количество вагонов n. Эти вагоны по разгрузке их в пункте $Б$ возвращаются порожними в пункт A для новой нагрузки. Весь цикл движения вагона от одной нагрузки до следующей, выраженный в сутках, называется оборотом вагона, а время T, затраченное на это движение, продолжительностью оборота, к-рую для краткости тоже иногда называют оборотом. Т. о. для погрузки 1 вагона в пункте A для пункта $Б$ потребуется затрата T дней, и если погрузка 1 вагона должна совершаться ежедневно, то надо иметь парк вагонов в T единиц, а для ежедневной погрузки n вагонов требуется парк в nT вагонов. Хотя в действительности вагоны не прикреплены к определенным маршрутам и после выгрузки в пункте $Б$ вагон может попасть для новой нагрузки не в A, а в любой другой пункт, тем не менее для каждого данного участка или линии, в зависимости от местных условий работы, можно определить размер среднего оборота $T_{ср.}$, для чего пользуются статистич. данными за предшествующий период. При учете работы определенной дороги или участка необходимо учитывать кроме погруженных у себя вагонов и число вагонов, принятых с соседней дороги. Сумма тех и других n_1+m_1 называется суточной работой дороги. Т. о. формула потребности в вагонах для дороги или участка в вагоно-сутках имеет вид:

$$B = T(n_1 + m_1).$$

В последнее время при расчетах потребного парка в целях уточнения принято учитывать отдельно груженую и порожнюю часть вагонного парка.

Размеры потребного вагонного парка можно определить также по заданному грузообороту и суточному пробегу вагона, на основании следующих соображений. Если Σp—количество m груза, подлежащего перевозке, l—дальность рейса груза, то Σpl определяет размеры перевозок в *ткм*, при средней нагрузке вагона qpl (в m), а $\frac{\Sigma pl}{q_{гр.}}$ определяет требуемое количество груженых ваг.-км. Учитывая известный процент α порожнего пробега, получим общее число ваг.-км.

$$\Sigma ns = \frac{\Sigma pl(1+\alpha)}{q_{гр.}}.$$

Считая суточный пробег вагона в s *км*, требуемое количество вагонов

$$B = \frac{\Sigma ns}{s} = \frac{\Sigma pl(1+\alpha)}{sq_{гр.}}.$$

Подсчитанное т. о. число вагонов представляет рабочий парк; кроме него имеется часть вагонов в ремонте или в запасе; это количество подвижного состава обычно составляет определенный процент δ от рабочего парка, и тогда наличный парк

$$B' = B(1+\delta).$$

Из этой ф-лы видно, что для выполнения заданной перевозки с наименьшим расходом вагонов необходимо: 1) увеличение средней нагрузки вагонов, 2) уменьшение порожнего пробега и 3) уменьшение простоев вагонов.

1) Увеличение средней нагрузки вагона. Так как при повагонных отправках тарифная плата взимается в размере не менее нормы повагонной нагрузки, то отправитель заинтересован в использовании полной подъемной силы или вместимости вагона. Что касается мелочных грузов, то для улучшения использования вагонов требуются особые мероприятия, к-рые в основном сводятся к следующему. Вся линия делится на т. н. сортировочные участки, в пределах к-рых раздача и сборка мелочных грузов производится в определенных поездах и особых вагонах, обслуживаемых специальными агентами-раздатчиками. Пограничные станции сортировочных участков являются сортировочными центрами, где производится планомерная сортировка прибывших грузов по направлениям и пунктам их назначения. Такая организация, повышая среднюю нагрузку вагона, увеличивает кроме того расстояние перевозки мелочных грузов без

перегрузки и следовательно уменьшает расходы и задержки. Несмотря на это средняя нагрузка вагонов с такими грузами почти всегда меньше, чем при повагонных грузах; это обстоятельство дороге приходится компенсировать более высокими тарифами, применяемыми к мелочным отправкам.

2) Уменьшение порожнего пробега. Размер порожнего пробега вагонов обусловливается разницей в размере перевозок грузового и порожнего направлений. Если грузооборот одинаков в обоих направлениях, то при одинаковой средней нагрузке груженого вагона порожний пробег должен равняться нулю. Однако на практике полная равномерность грузового потока в обоих направлениях почти не встречается, и всегда в одном направлении (груженом) идет больше груза, чем в обратном (порожнем). Для уменьшения порожнего пробега дороги стремятся привлечь грузы в порожнем направлении, снижая тариф или же предоставляя другие льготы, а также используя порожние направления для перевозки хозяйственных грузов, требующихся для самой дороги. Наконец применяют систему кругового переучета долгов (см. ст. 515).

3) Уменьшение простоя вагонов. Статистич. данные показывают, что вагон находится в движении 5—6 ч. в сутки, т.е. около 25% всего времени нахождения в рабочем парке; остальные 75% времени вагон простаивает по разным причинам. Следующие операции вызывают простой вагонов: а) нагрузка и выгрузка, б) формирование и расформирование поездов, в) перевеска, г) сортировка мелочных грузов, д) отцепка для исправления технич. неисправностей, е) ожидание накопления вагонов данного направления при специализации поездов. В зависимости от рода груза, числа грузчиков и наличия механич. приспособлений для грузовых работ, время, потребное для нагрузки, колеблется от 2 до 8 ч., а на выгрузку для большинства грузов меньше. Однако на практике простой под нагрузкой и выгрузкой достигает 1—1,5 суток, что вызывается гл. обр. ожиданием этих операций, а равно ожиданием постановки в поезд. В настоящее время в СССР тов. дворы для коммерческих операций и некоторых родов грузов открыты круглые сутки. Если вагон прибывает на станцию в другие часы, то он вынужден простаивать до следующего дня. Поэтому наиболее действительным мероприятием для уменьшения простоев вагонов под нагрузкой и выгрузкой было бы введение кругло-суточной коммерч. работы станции, что однако сопряжено со значительными расходами. Ожидание включения в поезд особенно велико на промежуточных станциях, где отдельные вагоны убираются сборными поездами, проходящими один раз в сутки; в этом отношении важное значение имеет наиболее правильная прокладка сборных поездов на графике. Для уменьшения простоев вагонов при формировании и расформировании поездов важное значение имеет т.н. специализация поездов, которая заключается в подборке в формируемый поезд вагонов одного назначения или одного направления, которая обеспечивает прохождение поезда без расформирования на возможно большее расстояние. Разумеется, что связанное с этим сокращение промежуточных простоев должно превышать неизбежные дополнительные простои вагонов на станции формирования до накопления полного состава.

На величину простоев вагонов, как и на средний вес поездов, оказывает большое влияние относительное число сборных поездов. В отличие от транзитных поездов, проходящих по участку без остановок для прицепки и отцепки вагонов, сборные поезда предназначены для сборки и раздачи груженых и порожних вагонов на промежуточных станциях участка; поэтому естественно, что скорость следования и средний вес сборных поездов меньше, чем транзитных. Для ослабления отрицательного влияния сборных поездов принимаются особые меры для наилучшей организации их работы. Нормально на каждом участке обращается лишь одна пара сборных поездов; при малых размерах движения сборный поезд назначается через день. При увеличении размеров сборной работы на участок назначаются 2—3 сборных поезда, причем для уменьшения простоев работа их распределяется так, что один поезд обслуживает лишь первую (по ходу поезда) часть участка, а остальную часть проходит без работы—транзитом. Другой поезд, наоборот, проходит транзитом первую часть участка, а вторую обслуживает как сборный. По такому же принципу можно организовать работу и большего числа сборн. поездов. Для уменьшений простоев сборных поездов на промежуточных станциях необходимо: а) своевременно подготовить имеющиеся на станциях вагоны к прицепке и документы на них, а в нужных случаях и рабочую силу для возможной отгрузки или погрузки мелочных грузов; б) правильное формирование сборных поездов начальными станциями для устранения отцепок на одной станции из разных мест поезда; в) рациональное расположение станционных путей, пакгаузов и др. пунктов нагрузки и выгрузки для уменьшения маневров со сборными поездами.

Пассажирские перевозки. В отличие от грузовых, пассажирским перевозкам присущи нек-рые особенности, а именно: а) большая скорость передвижения, б) срочность следования поездов, в) необходимость удобств для пассажиров. Для достижения больших скоростей движения требуются: обслуживание поездов быстроходными паровозами при меньших составах, лучшее технич. состояние ходовых частей вагонов, возможное уменьшение стоянок по станциям и в связи с этим форсирование всех работ с поездом во время стоянок. Для срочности следования пассаж. поездов движение поездов должно происходить по жесткому расписанию, причем все назначенные в движение поезда д. б. в ходу, не считаясь с тем, достаточно ли они наполнены или нет. Удобства, к-рые необходимо предоставить пассажирам, зависят гл. обр. от дальности поездки. К числу удобств относятся: отдельные купе, спальные места, прицепка вагонов-ресторанов, организация беспересадочных сообщений целыми поездами, отдельными вагонами или группами вагонов.

Расписания пассажирских поездов устанавливаются два раза в год—на зимний и летний периоды. Выработка расписаний происходит на специальных съездах, на которых кроме представителей всех дорог участвуют представители ведомств.

Меры безопасности. Правила технической эксплоатации. Так как ж.-д. перевозки совершаются в поездах большого веса и с большими сравнительно скоростями, то обеспечение безопасности движения является одной из основных задач ж.-д. эксплоатации. Безопасность движения зависит от целого ряда факторов: от надлежащего состояния пути и сооружений, от надлежащей сигнализации, от внимательного и добросовестного отношения агентов к своим обязанностям и от точного соблюдения ими установленных правил (см. *Безопасность ж.-д. движения*). Для обеспечения безопасности движения все основные операции ж.-д. агентов, связанные с движением поездов, выполняются по строго установленному порядку, регламентированному т. н. «Правилами техническ. эксплоатации ж. д.» (П. Т. Э.), которые в основной своей части издаются НКПС и дополняются местными правлениями ж. д. в соответствии с местными условиями.

Способы движения. П. Т. Э. устанавливают способы движения поездов, т. е. определенный порядок приема и выпуска поездов со станции на перегон. При этом различаются основные способы движения и отступления от них. Основными способами движения поездов являются: 1) на дорогах одноколейных—движение поездов только после предварительных сношений станций данного перегона между собой, т. е. по получении станцией отправления от станции назначения соответственного разрешения; 2) на дорогах двухколейных—движение поездов исключительно по распоряжению начальника станции отправления, причем никаких предварительных сношений со станцией назначения не требуется, обязательно лишь уведомление о прибытии предыдущего поезда; 3) как на двухколейных, так и на одноколейных ж. д.—движение поездов под контролем участкового распорядителя движения; при этом способе ни один поезд не может отправиться на перегон без телеграфного или телефонного распоряжения участкового распорядителя, к-рый в этом отношении заменяет собой всех начальников станций участка. В отступлении от основных способов движения П. Т. Э. допускают еще следующие способы на одноколейных дорогах: 1) сохранение пунктов скрещений—все поезда должны двигаться по расписанию, причем для каждого поезда устанавливается определенный пункт скрещения, где поезд обязательно должен выждать встречный, с к-рым ему назначено скрещение; 2) пользование только одним паровозом—все поезда передвигаются по данному участку только одним паровозом; безопасность соблюдается полностью, но способ применим лишь при крайне незначительных размерах движения; 3) жезловой способ—каждый перегон при этом способе движения имеет один жезл, отличающийся по форме и цвету от жезлов других перегонов, и поезда могут отправляться только при получении машинистом указанного жезла; 4) система поездных проводников—этот способ аналогичен предыдущему, но жезл заменен здесь живым человеком-проводником, к-рый сопровождает поезд по данному перегону; 5) единоличное распоряжение начальника станции—на данной линии устанавливает преимущественное направление (обычно—то, по к-рому движутся нечетные поезда), и в этом направлении начальник станции имеет право отправлять поезда без всяких предварительных сношений, убедившись лишь в том, что на вверенной ему станции не имеется сведений о несвободности перегона или о неготовности для принятия поезда станции, на к-рую поезд отправляется. Все способы движения, являющиеся отступлениями от основных, при нормальных условиях и размерах движения не применяются; к ним прибегают только на участках с весьма слабым движением или же при невозможности пользоваться основными способами движения, например при перерыве средств сношения, при закрытии одного из путей двупутного участка, и пр. Во всяком случае при каждом способе необходимы известные сношения между станциями—в одном случае для возможности отправить поезд, в другом—для извещения станции, что поезд отправлен или что он прибыл. Для сношений станций пользуются письменными сообщениями, телефоном, телеграфом, электрожезловой системой, блокировкой. Пользование письмом очень замедляет сношения, поэтому к нему прибегают только при невозможности всех иных способов. Наиболее употребительный на наших дорогах способ сношений—телеграф, причем предписано точно придерживаться установленного трафаретного текста телеграмм и считать недействительными телеграммы, отличающиеся от него хотя бы одним словом. При этом способе поезда отправляются только при выдаче машинисту и главному кондуктору копии разрешающей депеши. При электрожезловой системе из каждой пары аппаратов, установленных на соседних станциях, можно вынуть лишь один жезл, и притом не иначе как с согласия соседней станции. Вынутый жезл является для машиниста разрешением на занятие перегона, и, пока поезд не придет на соседнюю станцию и жезл не будет вложен в аппарат, вынуть другой жезл невозможно, а следовательно и второго поезда на этот же перегон отправить нельзя (см. *Жезловая система*). При автоматич. блокировке разрешением для поезда отправиться на перегон является открытие выходного семафора. При помощи специальных аппаратов на соседних станциях достигается такое замыкание семафоров, при к-ром во время нахождения поезда на перегоне открыть выходной семафор нельзя, а следовательно нельзя и выпустить следующего поезда. Способ сношений по электрожезловой системе применяется на однопутных дорогах, блокировка—главн. обр. на двупутных, хотя есть и т. н. «однопутная блокировка» (см. *Блокировка путевая, Блокировка станционная*).

Классификация и формирование поездов. Виды поездов приведены в табл. 5.

Табл. 5.—Классификация поездов.

Вид	Назначение	Категория	Назначение
I. По роду сообщения:			
1. Дальние	Проходят промежуточные станции без работы	а) Прямого сообщения	Сформированы из вагонов, следующих за пределы дороги
		б) Местного сообщения	Сформированы из вагонов, следующих на какую-либо станцию своей дороги
2. Участковые (товарные сборные)	Обслуживают один участок между распорядительными станциями, подают порожняк на промежуточные станции участка, собирают груженые вагоны и перевозят по участку вагоны со сборным грузом		
II. По роду перевозок:			
1. Пассажирск. движения	Перевозят пассажиров, багаж, грузы пассаж. скорости и почту	а) Экстренные	Для проезда правительственных лиц, администрации дороги, а также частных лиц и организаций за особую плату
		б) Курьерские	С большими скоростями и минимальным числом остановок
		в) Скорые	Скорость и число остановок средние между курьерскими и пассажирскими
		г) Пассажирские	С остановками почти на всех станциях
		д) Почтовые	Пассажирские поезда, имеющие специальный почтовый вагон
		е) Пригородные	Обслуживают районы, тяготеющие к большим городам
		ж) Товаро-пассажирские	Пассажирские, с присоединением вагонов для перевозки грузов
2. Воинского движения			
3. Санитарного движения			
4. Массовых людских перевозок	Для нерегулярных перевозок людей большими группами (переселенцев, эвакуированных и т. п.)		
5. Товарного движения	Для перевозки грузов и порожних вагонов		
6. Служебного движения		а) Вспомогательные и пожарные	Для подачи помощи при несчастиях и пожаре
		б) Служебные	Для перевозки администрации дороги, ж.-д. рабочих, детей служащих к месту учебных занятий и т. п.
7. Хозяйствен. значения	Перевозят грузы ж. д.: балласт, рельсы, шпалы, снег и т. п.		

Число вагонов, соединяемых в один поезд, и вес последнего бывают различны не только для разных дорог, но и для разных участков одной дороги, в зависимости от силы тяги паровоза, от профиля и плана пути этого участка и рода топлива; число порожних вагонов в поезде ограничено допустимой длиной поезда, к-рая в свою очередь определяется длиной станционных путей для возможности скрещения или обгона. Так. обр. при формировании поезда прежде всего д. б. учтен предельный его вес, установленный для данного участка; кроме того в поезд могут включаться только вполне исправные вагоны или платформы соответственной нагрузки и габарита. В каждый поезд, в зависимости от скорости движения, типа тормозов и профиля пути, должно включаться определенное

число тормозных вагонов, причем эти вагоны д. б. распределены по всей длине поезда согласно определенным правилам. Если в поезд включаются вагоны и груженые и порожние, то груженые как правило должны быть поставлены в голове поезда, а порожние в хвосте. Наконец поезд должен быть снабжен всеми установленными сигналами, снарядами и материалами и надлежащим числом поездных служащих.

Контроль движения поездов. Все сведения о ходе поездов по отдельным участкам сосредоточиваются в конторе отделения эксплоатации у специального агента-диспечера отделения, к-рый на основании получаемых им сведений вычерчивает график исполненного движения поездов. Этот график дает наглядную картину движения поездов по участку и облегчает диспечеру возможность давать станциям необходимые указания и устранять затруднения. Успешность работы диспечера в значительной мере зависит от степени совершенства связи со станциями. В этом отношении большой интерес представляет применяющаяся за последние годы на многих наших дорогах новая система регулирования и руководства движением при помощи так называемого американского диспечера (см. *Диспечерская система*).

А. Бабичков и В. Сонович.

II. КОММЕРЧЕСКАЯ ЭКСПЛОАТАЦИЯ.

а) Извлечение доходов из ж.-д. перевозок.

В отношении извлечения доходов от ж. д. между условиями частного ж.-д. хозяйства и условиями государственного хозяйства существуют коренные различия. При частном хозяйстве предприниматель смотрит на эксплоатацию ж. д. как на средство получения максимальной прибыли. Путями к увеличению прибыли являются уменьшение расходов и развитие грузооборота. Такая эксплоатация, проникнутая духом извлечения возможно более высокой выгоды, является коммерческой в точном значении этого слова. Однако даже в таких странах классического частного ж.-д. хозяйства, как США, ж. д. все же находятся под известным воздействием государства. В условиях же полного сосредоточения ж. д. в руках государства, как это имеет место в СССР, ж. д. являются лишь государственным предприятием, предназначенным для перевозки пассажиров и грузов; их задачей становится не извлечение максимальных доходов, а плановое обслуживание клиентуры в соответствии с общей экономич. политикой государства. Поскольку однако и в этом случае находит применение принцип платности транспортных услуг и самоокупаемости предприятия, здесь тоже приходится говорить о коммерческой эксплоатации, придавая ей конечно лишь терминологич. значение для характеристики известной стороны государств. деятельности. Источником доходов от ж.-д. предприятия служит взимание платы за перевозку пассажиров и грузов на основании утвержденных тарифов (см. *Железнодорожные тарифы*) и норм перевозочного права. Положения перевозочного права, согласно Уставу ж. д. и изданным в его развитие правилам, сводятся к тому, что ж. д., с одной стороны, а с другой—отправитель и неразрывно связанный с ним получатель заключают между собою договор. Государственно-общественный характер ж.-д. предприятия выражается в том, что ж. д. обязана вступить в договор и отказ в выполнении перевозки может последовать лишь в тех случаях, когда пассажир или груз не удовлетворяют определенным требованиям закона. За неправильный отказ ж. д. несет материальную ответственность. При перевозке пассажиров основой заключения договора является билет, к-рый пассажир должен приобрести до посадки в поезд, а при перевозке багажа — багажная квитанция. Под багажом разумеется кладь пассажира, предназначенная для обслуживания его личных надобностей; однако с разрешения начальника станции могут перевозиться и предметы, упакованные как товары; в особо же назначенных пассажирских и товаро-пассажирских поездах выполняется перевозка товаро-багажа, т. е. товара, следующего независимо от следования пассажира. Договор на перевозку груза составляется на особом стандартном бланке, носящем название накладной. Накладная м. б. составлена на предъявителя или на имя определенного лица. После приема груза и накладной дорога выдает отправителю дубликат накладной, также написанный на предъявителя или на определенное лицо, как и накладная. Дубликат на предъявителя представляет собою товарораспорядительный документ: как получение груза на станции назначения, так и распоряжение грузом в пути принадлежит любому держателю дубликата. Именной дубликат значительно суживает круг обращения товаров между отправителем и получателем.

Отправление грузов в количестве, к-рое ж. д. может отправить в течение 24 ч., производится непосредственно, без обождания на складе; грузы, превышающие это количество, принимаются на хранение в складочных помещениях ж. д. и отправляются в порядке очереди. При записи на очередь грузы подразделяются на 4 категории в зависимости от их свойства и назначения, и погрузка их начинается с высших категорий. Массовые горнозаводские грузы, как каменный уголь, руда, чугун, соль, а в нек-рых случаях и лесные материалы, отправляются в порядке разверстки вагонов между отправителями. Грузы перевозятся в зависимости от указания отправителя большой или малой скоростью. Расчет скорости перевозки слагается из трех основных элементов: срока на отправление, посуточной нормы движения в пути и срока передачи с одной дороги на другую; в случаях передачи грузов с широкой колеи на узкую, переправы через реку или передачи на боковые и малодеятельные ветви линии также добавляются особые сроки (табл. 6). Во время следования груза держатель предъявительского дубликата, а по именному дубликату—отправитель, получатель или правопреемник получателя могут потребовать изменения первоначальных условий перевозки, а именно: выдачи груза обратно на станции отправления, выдачи на промежуточной станции или выдачи не тому лицу, к-рое было первоначально указано.

Табл. 6.—Нормы продвижения груза.

Скорость	Норма продвижения, км	На отправл. (сутон)	На передачу с одной дороги на другую (сутон)	Примечание
Большая:				
Для магистралей	320	1	1	При исчислении сроков доставки расстояние до 25 км включительно в расчет не принимается, а расстояние свыше 25 км считается за полное суточное расстояние
Для прочих направлений	160	1	1	
Для малодеятельных линий	100	1	1	
Малая:				
Для новагонных отправок	160	2	1	Расстояния менее 25 км при исчислении откидываются, а выше 25 км считаются за полное суточное расстояние
Для мелочных отправлений и местного сообщения	120	2	1	
Для малодеятельных линий	60	2	—	Соответств. нормы при исчислении 12,5 км

На обязанность ж. д. возлагается правильное и своевременное выполнение перевозки. В случае утраты, порчи, повреждения груза ж. д. отвечает за причиненный ущерб в размере действительного размера убытка; в случае просрочки в доставке ж. д. уплачивает заинтересованному лицу вознаграждение в размере от 0,1 до 0,5 провозной платы, смотря по степени опоздания.

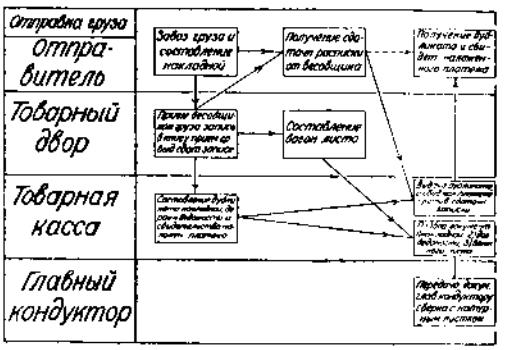
В связи с повышением доходности ж. д. стоит разработка мероприятий по улучшению условий пользования ж. д. для населения. Сюда относятся следующ. меры. 1) Открытие городских станций. Городские станции являются средством вынести нек-рые коммерч. операции ж. д. за пределы станции в близлежащие города и поселки. Городские станции производят как пассажирские операции по продаже билетов, плацкарт, по приему багажа, так и грузовые операции, принимая на дому у отправителя грузы для отправки и привозя ему на склад прибывшие по назначению грузы. Эти операции выполняются за особую комиссионную плату. 2) Развитие складов долгосрочного хранения. Эти склады дают клиентуре возможность пускать в оборот документы (складочные свидетельства), выдаваемые при приеме груза на хранение. Срок хранения на таких складах—до 6 мес. 3) Выдача ж. д. ссуд. Операция долгосрочного хранения теснейшим образом связана с операцией выдачи ссуд, к-рую жел. дорога имеет право производить с разрешения ПКПС. В СССР выдаются лишь целевые ссуды, предназначенные для оплаты провозных жел.-дор. платежей за грузы одного и того же грузохозяина. 4) Развитие прямых смешанных железнодорожно-водных сообщений. Такое сообщение установлено для всех линейных и городских станций ж.-д. сети с портами и пристанями пароходств главных рек Союза. На всем пути следования перевозочным документом является накладная, к-рая составляется на партию груза, соответствующую по весу подъемной силе вагона и по объему—его вместимости. Перегрузка производится пароходством, которое взимает за это особые сборы. Перевозка производится с соблюдением уставных сроков доставки по ж. д. и особых сроков доставки по воде (на Волге, вниз по течению 150 км и вверх—90 км в сутки). 5) Развитие ветвей необщего пользования. Такие ветви строятся государственными и кооперативными предприятиями для обслуживания нужд этих предприятий. Эксплоатация ветвей необщего пользования не подчиняется Уставу ж. д., а производится на особых договорных условиях между владельцем ветви и ж. д. 6) Международные перевозки. В настоящее время установлены прямые сообщения с Латвией, Эстонией, Литвой, Польшей, Финляндией, Германией, Австрией, Чехо-Словакией, Францией, Италией, Китаем, Персией и Турцией. С нек-рыми из этих стран установлены грузовые и пассажирские сообщения, с другими одни только пассажирские или одни грузовые.

б) Порядок оформления договоров.

Коммерческая работа железных дорог выполняется по грузовому движению товарными станциями, по пассажирскому—пассажирскими станциями.

Грузовое движение. Товарные станции бывают двух видов: 1) тарифные станции, открытые для постоянного пр-ва всех или нек-рых коммерческих операций с расчетом платы за действительное расстояние, 2) нетарифные станции, открытые для временного выполнения тех же операций и взимающие плату по расчету не за действительное расстояние, а за весь перегон до соседней тариф. станции. Тарифные и нетарифные станции противопоставляются станциям, производящим технич. операции, на к-рых ж. д. не обязана производить грузовых или пассаж. операций. На больших станциях коммерч. операции более диференцированы, чем на малых станциях. Так, на больших станциях операция приема груза сосредоточена в особых пакгаузах отправления, а операции выдачи—в пакгаузах прибытия. Операции на больших станциях распадаются на операции грузового двора и на операции товарной кассы. Соответственно этому и коммерч. персонал станции распределяется на две группы. Общее руководство коммерч. работой лежит на начальнике станции или иногда на его помощнике по коммерч. части. Товарный, или грузовой, двор служит для операций по приему и выдаче грузов, погрузке их в вагоны и для отправления груженых вагонов. Гру-

зовой двор д. б. оборудован пакгаузами, крытыми и открытыми платформами и по мере надобности специальными складочными помещениями: холодильниками, элеватором, нефтехранилищами и пр. Пакгаузы д. б. снабжены передвижными, неподвижными (врезными), а на некоторых станциях и вагонными весами. Прием груза производится весовщиками по накладной, которая следует с грузом до станции назначения и выдается получателю вместе с грузом. Погруженные вагоны пломбируются пломбами (фиг. 4) с указанием дня, месяца и года операции: каждая стадия коммерческой работы на жел. дор. тщательно регистрируется. После фактической приемки груза на товарном дворе товарная касса составляет след. грузовые документы: дубликаты накладных, дорожные ведомости, следующие вместе с накладными и грузом до станции назначения, а в случае требования отправителя—также свидетельство о наложенном платеже, выдаваемое отправителю.

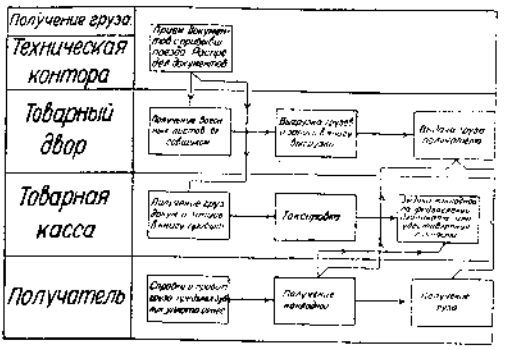


Фиг. 5.

В последнем случае вместе с накладной следует извещение о наложенном платеже. По окончании всех операций в товарной конторе и в товарном дворе документы подбираются и сдаются главному кондуктору.

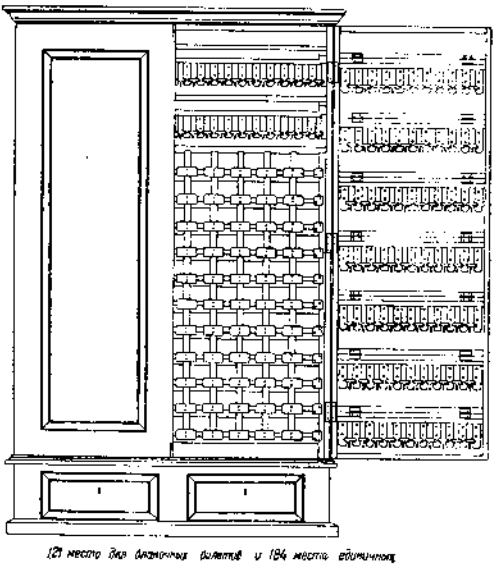
Операции на линии заключаются в том, что кондуктор доводит поезд до ближайшей распорядительной станции, где смена кондукторской бригады влечет за собою сдачу поезда и прием его станцией, а затем передачу новой кондукторской бригаде в том же порядке. Так происходит на каждой попутной распорядительной станции и на передаточных станциях. По прибытии груженых вагонов на станцию назначения грузы выгружаются в пакгаузы, осматриваются, регистрируются и подготовляются к выдаче. В товарной конторе составляется уведомление получателю о прибытии груза и производится окончательная таксировка. Последовательность всех этих операций показана схематически на фиг. 5 и 6. При обнаружении недостачи, порчи или утраты груза станция составляет коммерческий акт, служащий весьма важным документом для определения ответственности ж. д.

Пассажирское движение. Пассажирские перевозки обслуживаются пассажирскими станциями, где основная коммерческая работа сосредоточена в кассах продажи билетов. Пассаж. станции подобно товарным м. б. тарифными и нетарифными. Для наиболее



Фиг. 6.

ходовых направлений билетные кассы снабжаются картонными билетами т. н. эдмонсоновского типа, с отпечатанными названиями станций отправления и назначения, с указанием типа вагона, цены билета и в некоторых случаях и направления. Для менее ходовых направлений заготовляются бланковые билеты, на к-рых все нужные обозначения вписываются от руки. Выдача такого билета требует довольно большой затраты времени (3—3,5 мин. на билет). Для упрощения работы кассы снабжаются алфавитными перечнями, в к-рых приводятся три направления: кратчайшее, беспересадочное и выгоднейшее по времени до всех станций



Фиг. 7.

назначений сети. На билете при выдаче пробиваются компостером (игольчатым) дата выдачи и номер поезда. Запас билетов, представляющий большую материальную ценность, должен тщательно храниться и учитываться. Хранение многочисленных билетов требует особых шкафов, в к-рых билеты, назначенные для продажи, располагаются в

особых гнездах. На фиг. 7 представлен эскиз билетного шкафа на 121 место для бланковых билетов и 184 места для единичных. Система готовых билетов, помещаемых в шкафах, весьма громоздка и дорога. Поэтому за последние 25 лет неоднократно предпринимались попытки механизации работы станционных касс. За границей, особенно в Германии, механич. билетопечатающие кассы уже введены на многих станциях. Их особенность заключается в том, что билеты печатаются тут же при выдаче, и одновременно автоматич. касса подсчитывает выручку. Перевозка пассаж. багажа выполняется теми же поездами, с которыми следует пассажир; пассажир получает багажную квитанцию, а багаж передается в поезд при багажной дорожной ведомости.

Лит.: Устав ж. д. СССР, М., 1927; Положение о прямом сообщении между ж. д. СССР, М., 1929; Свод тарифов, М., 1928; Свод тарифов на перевозку пассажиров и багажа по ж. д. СССР, М., 1928; Положение об отчетности на путях сообщения. Отчетность по перевозкам пассажиров, багажа и грузов, М., 1928; Хохлов Н. И., Коммерч. эксплоатация ж. д., 2 изд., М., 1926; Сонович В. А., Коммерч. эксплоатация в вопросах и ответах, М., 1927; Антошин А. Н., Материалы к курсу коммерч. эксплоатации, М., 1927; Быков К. В., Работа станций, ч. 1 и 2, М., 1928; Колешко А. И., Практич. руководство по коммерческой эксплоатации ж. д., М., 1929; Josserand L., Les transports, 2 éd., Paris, 1926; Rundnagel R., Die Beförderungsgeschäfte, Handb. d. gesamten Handelsrechts, hrsg. v. V. Ehrenberg, B. 5, Abt. 2. Lpz., 1915; Das deutsche Eisenbahnwesen der Gegenwart, hrsg. v. Hoff, Kumbier und Anger, 3 Aufl., Berlin, 1927.

А. Антошин.

III. ПЛАНИРОВАНИЕ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОК.

Наиболее характерной чертой, отличающей транспортные предприятия в ряду других производственных предприятий, является невозможность накопления их продукции. В то же время, в силу своего общественно-правового характера, они всегда д. б., как исправный возчик, готовы к совершению предъявляемых им перевозок в соответствующих направлениях. Отказать в перевозке, задержать ее, а равно направить по тому или другому пути ж. д. могут только в рамках, строго очерченных уставом ж. д. Процесс согласования транспортных возможностей с требованиями на перевозки носит общее название регулирования перевозок. При этом комплекс мероприятий по приведению перевозочных средств в каждом пункте железнодорожной сети в соответствие с ожидающимися или уже совершающимися перевозками составляет область технического регулирования, а предусмотренные законом меры согласования предъявляемых перевозок с транспортными возможностями—область экономического регулирования. В общей системе регулирования ж.-д. перевозок наблюдаются два момента: планирование перевозок, заключающееся в предварительном на известный период согласовании предложения транспортных услуг со спросом на них, и регулирование перевозок, в тесном смысле, как система мероприятий, направленных к наилучшему проведению плана в жизнь и приспособлению его к конкретным условиям. Таким образом общий цикл мероприятий по регулированию перевозок распадается на планирование экономическое, планирование техническое, регулирование экономическое и регулирование техническое.

Органами, планирующими перевозки, являются Центральный к-т (ЦКП) и районные к-ты (РК) по перевозкам—междуведомственные организации, состоящие при Народном комиссариате путей сообщения; органами, регулирующими—Центральное управление ж. д. (Цужел), управления районных к-тов и правления ж. д. с их линейными организациями—отделениями службы эксплоатации. В соответствии с непосредственными целями планирования перевозок перевозочные планы распадаются на годовые, квартальные и месячные. На каждый год определяется бюджет ж.-д. транспорта; для этого раз в год составляются эксплоатационные сметы, производственные, ремонтные и строительные программы железн. дорог. Отсюда—потребность в годовом плане перевозок как основе смет и бюджета ж.-д. транспорта. Так как нек-рые элементы сметы (напр. подвижной состав) во избежание слишком жестких рамок перевозок д. б. рассчитаны не по средней годовой работе, а по крайней мере по работе максимального квартала, и т. к. перевозки различного характера обычно достигают максимальных размеров и различные сезоны года, то годовой план дается с разделением на кварталы; особо при этом планируются массовые потоки грузов через перегруженные узлы и в выходных направлениях, как обоснование необходимых работ по усилению их пропускной способности. Годовые планы составляются РК и представляются к 1 августа предшествующего планируемому году на утверждение ЦКП. Этот срок представляется слабым местом годового плана. Он является слишком поздним, для того чтобы служить основой для составления смет дорог на май—июнь, и слишком ранним, для того чтобы подвести под него солидную экономич. базу, так как переброска грузов, связанных с урожаем в стране, определяется только в июле—августе. Последнее обстоятельство, делая годовой план недостаточно пригодным для непосредственно оперативных целей, заставляет прибегать к составлению еще и квартальных планов, применительно к соответствующему распределению бюджетного года; такое деление на кварталы близко совпадает и с сезонностью в колебании размеров и характера перевозок; для отдельных же видов перевозок, сезон к-рых не вполне совпадает с квартальным делением, предусматриваются специальные сезонные планы. Квартальные планы составляются в РК за месяц до начала планируемого квартала и к 12 числу представляются на утверждение в ЦКП. Квартальные цифры перевозок проектируются с распределением по месяцам и служат, по утверждению их ЦКП, контрольными цифрами для составления в РК оперативных месячных планов, выпускаемых для руководства дорогам к началу планируемого месяца.

Экономическое планирование. Экономическ. планирование перевозок осуществляется РК двумя путями. Все те перевозки, для к-рых м. б. с достаточной точностью определены отправитель, получатель, станция (участок) отправления и станция (участок) назначения

груза, подвергаются жесткому планированию и включаются в план на основании заявок отправителей с точным указанием всех перечисленных элементов и в календарных нормах, если не на каждый день, то на короткие 3—5-дневные периоды; выполнение жестких планов сопровождается обоюдной денежной ответственностью клиента и ж. д.: первого за неныполнение норм погрузки, второго—за неподачу вагонов. Жесткие планы уже применяются в настоящее время к определенному кругу перевозок нефти, угля, руды, постепенно расширяясь; директива СТО от 23 августа 1928 г. предлагает обратить особое внимание на расширение круга применения жестких планов как наиболее совершенной формы планирования перевозок. Однако пока еще менее четверти всех перевозок подчиняется жесткому планированию; вся остальная масса перевозок осуществляется по ориентировочным планам, создаваемым на основе статистико-экономич. метода. Динамика статистич. цифр перевозок по 15 главнейшим наименованиям, с учетом общеэкономич. конъюнктуры и с коррективами по ориентировочным заявкам отправителей, определяет планы перевозок основной массы грузов. Упомянутая директива СТО, перенося центр тяжести планирования и этой категории грузов на заявки клиентуры, позволяет из этой массы перевозок выделить нек-рую часть, способную уже и теперь подвергаться «полужесткому планированию» (т. е. жесткому планированию лишь нек-рых элементов с ограниченной обоюдной ответственностью). В виду неоднообразия подвижного состава, требующегося для перевозки различных грузов, планировка перевозок ведется отдельно для грузов, требующих крытых или открытых вагонов, цистерн, изотермич. вагонов и т. д.

В деле экономич. планирования перевозок серьезным осложняющим моментом является необходимость планировать не только погрузку каждой дороги, но и полную ее работу, в к-рую входит не только ее собственная погрузка, но и прием груженых вагонов от соседних дорог, приходится иногда особо планировать работу отдельн. затрудненных участков, узлов и даже станций назначения грузов. Статистико-экономич. метод оказывается здесь недостаточным, и только жесткий план и уточнение заявок отправителей могут упорядочить эту сторону экономич. планирования перевозок. В этих целях с 1929 г. введено обязательство указывать в месячных заявках отправителей не только дороги отправления и районы назначения, но и участки (станции) отправления и дороги назначения грузов. Эти данные дают основания для установления норм сдачи грузевых вагонов с дороги на дорогу по каждому передаточному пункту на каждый планируемый период. Эти нормы носят название «плановых норм» обмена в отличие от «максимальных норм» обмена, устанавливаемых раз в год и характеризующих максимальные размеры пропускной способности соответствующего направления. Последние нормы могут быть изменяемы только в порядке их установления; от плановых же норм могут допускаться отступления дорогами, сдающими вагоны, но лишь как исключение и в размере не более одного состава поезда.

Техническое планирование. Данные экономич. планирования перевозок служат основой их технического планирования. Последнее заключается в определении технич. средств, необходимых для выполнения запроектированных перевозок и естественно ведется по тем же годичным, квартальным и месячным срокам, как и экономич. планирование. Необходимый для выполнения заданной работы рабочий парк вагонов определяется как сумма

$$n = n_{г.} + n_{п.} = u \cdot \vartheta_{г.} + u_{п.} \cdot \vartheta_{п.},$$

где $\vartheta_{г.}$—время, затрачиваемое вагоном на его груженый рейс от нагрузки (или приема от соседней дороги) до выгрузки (или сдачи на соседнюю дорогу); $\vartheta_{п.}$—время, затрачиваемое вагоном на его порожний рейс от выгрузки (или приема от соседней дороги) до новой погрузки (или сдачи на соседнюю дорогу); u—работа дороги, выраженная суммой погруженных и принятых от соседних дорог груженых вагонов; $u_{п.}$—работа порожней части вагонного парка, выраженная суммой загруженных или сданных на соседние дороги вагонов; n, $n_{г.}$ и $n_{п.}$ соответственно общий вагонный парк дороги, груженая и порожняя его части, необходимые для выполнения заданной работы. Величина u является т. о. данным экономического планирования, а $u_{п.}$, $\vartheta_{г.}$ и $\vartheta_{п.}$—элементы технич. планирования, причем $\vartheta_{г.}$ и $\vartheta_{п.}$ планируются не в целом, а с разделением на их составные элементы: время, затрачиваемое на передвижение вагонов в поездах и простой под нагрузкой, выгрузкой, по станциям в пути. Все эти элементы планируются по данным статистики прошлого с учетом динамики статистич. цифр и той технич. конъюнктуры, к-рая ожидается в планируемом периоде. Общий пробег вагонов определяется как

$$\Sigma ns = \Sigma ns_{г.} + \Sigma ns_{п.} = u \cdot l + u_{п.} \cdot l_{п.},$$

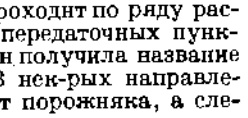
где $\Sigma ns_{г.}$, $\Sigma ns_{п.}$ и Σns—пробег вагонов в груженом, порожнем состояниях и общий; l и $l_{п.}$—рейсы груженого и порожнего вагонов, т. е. средние расстояния пробега вагонов в первом случае от нагрузки (приема груженых от соседних дорог) до выгрузки (сдачи груженых на соседние дороги), во втором—от выгрузки (приема порожних от соседних дорог) до нагрузки (сдачи порожних на соседние дороги). Он и дает основание для планировки рабочего парка паровозов, необходимого для выполнения заданной работы. Для этого общий пробег вагонов распределяется по тяговым (распорядительным) участкам дороги и, путем разделения на средний ожидаемый состав поездов и длину распорядительного участка и умножения на время оборота паровоза на участке, дает потребный рабочий парк паровозов для каждого участка:

$$M = \frac{\Sigma ns' \cdot \theta}{m' \cdot L_{Д.}},$$

где $\Sigma ns'$—пробег вагонов в грузовом направлении, m'—состав поездов в грузовом направлении, $L_{Д.}$—длина распорядительного участка, θ—оборот паровоза, т. е. время, необходимое для того, чтобы обслужить

паровозом пару поездов на каждом распорядительном участке. К величине рабочих парков паровозов и вагонов, определенной указанными выше методами, добавляется неизбежный расход их на ремонт, хозяйственное движение и прочие нужды, непосредственно к обслуживанию перевозок не относящиеся.

Техническое регулирование. Так как полученные в итоге технич. планирования паровозные и вагонные парки могут не совпасть с действительным их наличием на каждой дороге, то последние приводятся в соответствие с планом; это достигается методами технического регулирования. Простейшим приемом регулирования паровозного и вагонного парков является их перекомандирование. Регулирование паровозного парка этим приемом и исчерпывается; вагонный же парк, как более гибкий и более нуждающийся в технич. регулировании в каждый данный момент и в каждом данном пункте железнодорожной сети, подвергается целой системе мероприятий. В основе их лежит автоматич. обмен вагонами—своеобразный прием, резко отличающий вагонное хозяйство СССР от других стран. Заграничная практика обычно зиждется на срочном возврате вагонов, т. е. на обязательстве каждой дороги, получившей с грузом чужой вагон, в определенный срок вернуть его дорого-собственнице. На дорогах Союза такой порядок применяется лишь по отношению к вагонам специального типа, предназначенным для определенного вида перевозок и имеющимся на сети в ограниченном количестве: их естественно надо возвращать туда, откуда производится погрузка специфич. грузов. Весь же остальной парк на дорогах СССР обезличен; он м. б. загружаем или пересылаем порожняком в любом направлении. Для того чтобы при этом не получалось отлива вагонов от дорог-грузчиц, установлен порядок обмена—вагон за вагон на каждом пункте перехода вагонов с дороги на дорогу; дорога, принимающая к себе поток груженых вагонов, должна сдать обратно равное количество вагонов, дополняя их, при недостатке груженых вагонов, порожними; могущие образоваться недостачи записываются за неисправной дорогой долгом, подлежащим немедленному погашению. Выполнение этого обязательства дорог находится под постоян. наблюдением центра (ЦКП) и управления соответствующ. район. к-та (РК), имеющих право в целях регулирования корректировать обменные обязательства дорог. Корректирование производится 2 способами. Первый способ заключается в списывании всего или части долга одной дороги другой, чем достигается усиление парка одной дороги за счет другой; этот прием регулирования носит название «командировки вагонов путем зачета по обмену»; при этом, если дорога, на к-рую командируются вагоны, не имеет за командирующей дорогой долга, к-рый мог бы быть списан, то за последней образуется искусственный долг, который д. б. ею погашен в срок, указываемый управлением районного к-та. Второй способ носит название «кругового переучета вагонных долгов» и применяется в целях сокращения пробега порожних вагонов на сети. Сущность и порядок кругового переучета м. б. пояснены на таком примере: имеются две дороги *А* и *Б*, состоящие из значительных параллельных магистралей, соединяющихся по концам сравнительно короткими ветвями (фиг. 8); обменными станциями являются станции *а* и *в*. Предположим, что погрузочными районами являются: *аб*—грузящий по назначению в район *ег*, и *вг*—грузящий по назначению в *ед*. При такой конфигурации грузовых потоков должно образовываться накопление вагонных долгов в *а* за дорогой *Б* и в *в* за дорогой *А*, вызывающее значительные и на большом протяжении магистралей встречные пробеги: по дороге *Б*—от *е* к *а*, а по дороге *А* от *д* к *в*, к-рые с полным успехом для дела м. б. заменены короткими пробегами от *е* к *г* и от *д* к *б*. Для возможности такой замены необходимо периодическое освобождение дороги *А* от ее долговых обязательств дороге *Б* по пункту *в*, а дороги *Б*—от ее долгов дороге *А* по пункту *а*. Это и осуществляется путем списывания на равную сумму встречных между дорогами *А* и *Б* долгов, образующихся по обменным пунктам *а* и *в*. Т. к. на практике в таком кругообороте порожняка зачастую участвуют не 2, а 3, 4 и более дорог, то списывание долгов проходит по ряду расположенных по кругу передаточных пунктов, почему эта система и получила название кругового переучета. В нек-рых направлениях такой кругооборот порожняка, а следовательно и списывание долгов имеют настолько постоянный характер, что это списывание дороги производят самостоятельно, без наряда РК, а по ежедневным или через каждые 2—3 дня взаимным уведомлениям пунктов, участвующих в переучете, о размерах образующихся у них долгов.



Фиг. 8.

Второй большой областью технич. регулирования является забота об успешном продвижении грузового потока, потребность в к-рой возникает в силу загруженности отдельных направлений, узлов и пунктов отправления или прибытия груза. При этом различаются следующие случаи. а) Если затруднения возникают в пути следования, то применяется кружное направление груза, в обход затрудненного направления. б) Если затруднения произошли в пунктах выгрузки или если кружное направление неосуществимо за отсутствием или отдаленностью таких направлений, то устанавливается временное сокращение (а в нужных случаях и полное прекращение) течения груза в данном направлении, или же на станциях назначения принимаются меры к улучшению их работы (сокращаются сроки бесплатного хранения грузов и простоя вагонов, передаются грузы за счет грузохозяина на хранение в специально нанимаемые дорогой склады, повышаются сборы за хранение груза и простой вагонов). Регулирование течения грузов в определенных направлениях проводится распоряжением регулирующих органов путем сокращения норм обмена между дорогами, а также сокращения или полного прекращения погрузки в регулируемом направлении. в) Если затруднения возникают вследствие запол-

нения складочных помещений и площадей для хранения грузов на станции отправления, то последняя закрывается для приема грузов впредь до улучшения ее положения. Перечисленные регулировочн. мероприятия на станциях отправления и назначения применяются распоряжением РК или ко всему грузовому потоку или к тем лишь категориям грузов, к-рые являются причиной создавшихся затруднений; в исключительных случаях распоряжением ЦКП эти мероприятия могут вводиться и по отношению к определенным неисправным грузохозяевам.

Экономическое регулирование. Так как не всегда и не везде перевозочные средства могут иметься в количестве, достаточном для безотказного выполнения требований на перевозки, то приходится прибегать и к т. н. обратному, или экономическому, регулированию, заключающемуся в приведении перевозки в соответствие с транспортными возможностями. Основой экономич. регулирования является предусмотренная Уставом ж. д. «очередная система перевозок». Все наименования грузов по степени их экономич. ценности разбиты на 4 категории с тем, что грузы каждой категории имеют преимущественное право на перевозку перед грузами низших категорий. Для каждой категории и каждого направления движения устанавливаются очередные книги, в к-рые и записываются предъявленные к перевозке грузы в случае невозможности их немедленного отправления. Т. к. экономическая градация отдельных видов грузов улавливается 4 категориями очередной системы не всегда достаточно полно, то Центральному и районным к-там предоставлено право повышать на определенный срок категорию отдельных наименований грузов для определенных станций отправления. В целях придания экономич. регулированию перевозок еще большей гибкости и достижения возможности регулировать потоки грузов определенных наименований не только в целом, но и в любом направлении, тем же органам предоставлено право выделять для отдельных станций отправления грузы, следующие в определенных направлениях, в особые «дополнительные» очередные книги, с правом погрузки значащихся по этим книгам грузов независимо от старшинства очередей в основных книгах. В исключительных случаях и этого бывает недостаточно: возникает необходимость выделить и обеспечить погрузку грузов не только по наименованию и направлению, но и по признаку отправителя или получателя груза. Такого вида регулирование как исключительное применяется только по отдельным каждый раз решениям ЦКП и является последним звеном в общей системе регулирования железнодорожных перевозок, окончательно увязывающим в этой сфере интересы промышленности, торговли и транспорта. **В. Померанцев.**

Себестоимость перевозок.

Определение себестоимости перевозок играет весьма важную роль во многих вопросах эксплоатации и тарифной политики. Полная себестоимость перевозок P слагается из двух частей: одна соответствует погашению затраченного капитала K_0 и процентам на него, а другая—годовым расходам $Э$ по эксплоатации дороги. Затраченный капитал K_0 с процентами д. б. погашен в течение определенного числа лет, причем размер погашения $П$ в год выражается нек-рым процентом от погашенного капитала. Следовательно $P = П + Э$. Измерителем результатов эксплоатации дороги как коммерч. предприятия служит отношение расходов по эксплоатации к валовому доходу дороги за год:

$$\varphi_Э = \frac{Э}{Д}.$$

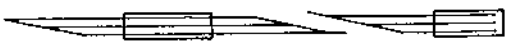
Эта величина $\varphi_Э$ называется коэф-том эксплоатации. Если в большинстве предприятий по коэф-ту эксплоатации можно судить о хозяйственности ведения дела, то в ж.-д. предприятии значение коэф-та эксплоатации характеризует лишь доходность предприятия; судить же по значению $\varphi_Э$ о хозяйственности ведения дела можно лишь при наличии ряда дополнительных данных. Действительно, для понижения значения $\varphi_Э$ необходимо понижение расходов эксплоатации $Э$ и увеличение дохода дороги $Д$. Расходы по эксплоатации состоят из двух частей: одна часть зависит от размеров перевозки и работы подвижного состава, другая часть мало зависит от размеров движения, т. к. имеет место при любых размерах движения и следовательно с увеличением размеров движения относительно (на единицу продукции) уменьшается. Однако, если числитель коэф-та эксплоатации, т. е. расходы эксплоатации, в значительной степени зависят от руководства ж.-д. предприятием, то знаменатель—доходы от перевозок—от последнего почти совсем не зависит, т. к. плата за перевозку или тарифы определяются родом груза и следовательно при одном и том же размере перевозок доходы дороги м. б. разные. Точное определение себестоимости железнодорожной перевозки как функции от ряда факторов является весьма сложной и до настоящего времени еще не решенной задачей. Некоторые авторы на основании научного анализа расходов предложили формулы, выражающие зависимость расхода эксплоатации от влияющих на нее факторов. Эти ф-лы весьма разнообразны, но общая их структура такова:

$$Э = a + bx + cy + \ldots + ku,$$

где $a, b, c, \ldots, k$—числовые коэф-ты, $x, y, \ldots, u$ — эксплоатационные измерители, влияющие на расходы. Знав величину коэф-тов и заданные значения измерителей, нетрудно определить величину $Э$. Существуют 2 способа определения коэф-тов себестоимости—математический и статистический, к-рые и применяются различными авторами. Однако выборы измерителей и особенно нахождение коэф-тов представляет весьма трудную задачу, почему практическое применение разных ф-л себестоимости весьма ограничено.

Лит.: Манос И. Я. и Фролов А. Н., Общий курс эксплоатации ж. д., ч. 1, М.—Л., 1926; Сокович В. А., Вагонное и паровозное хозяйство, 2 изд., М., 1926; Хальфин В. С., Использование перевозочных средств ж. д. и организация перевозок, 2 изд., М., 1928; Васильев И. И., Теория использования перевозочных средств, ч. 2—3, М., 1923—25; Лопуцько В., Правила технич. эксплоатации ж. д., М., 1927. **А. Бабичев.**

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ДЕПО, специальное теплое здание предназначенное для стоянки, осмотра, промывки, чистки, ремонта (кроме капитального) и заправки паровозов. Железнодорожные депо разделяются на: а) основные (или коренные), где производятся все вышеуказанные операции по подготовке паровозов к движению, и б) оборотные, где паровоз простаивает только до отправки в основное депо и подвергается лишь мелкому ремонту, необходимому для обратн. следования. Депо должно быть оборудовано: 1) путями для стоянки паровозов, 2) смотровыми канавами (кочегарными ямами) для осмотра паровозов и спуска воды из котлов, 3) водопроводом с приспособлениями для набора воды, промывки и пр., 4) вентиляцией для удаления дыма и пара, 5) отопительными приборами для поддержания требуемой t° и 6) приспособлениями



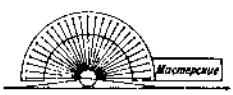
Фиг. 1.

для сушки песка. Кроме того при всех депо устраиваются помещения для дежурного по депо, дежурных кочегаров и круговоротчиков (при отсутствии механического поворота паровозов), кладовые для хранения паровозного инструмента, запасных частей паровозов и ходовых материалов,—смазочных, осветительных и обтирочных. При основных депо д. б. приспособления для промывки паровозов и помещения для среднего ремонта их (участковые паровозные мастерские). При оборотных депо устройство небольших мастерских (кузницы и слесарной) требуется только при обслуживании более 20 паровозов в сутки. Число стойл (стойло—часть депо, занимаемая одним паровозом) на ж.-д. магистралях нормального типа должно составлять не менее 60% от всего числа инвентарных паровозов. На ж.-д. магистралях облегченного типа и пионерных ж. д. эта норма должна соблюдаться только для северных районов; для средних районов СССР она снижается до 55, для южных—до 45, а для Закавказья и Средней Азии—до 40%. Из этого количества $^2/_3$ должны приходиться на основные депо, а $^1/_3$—на оборотные.

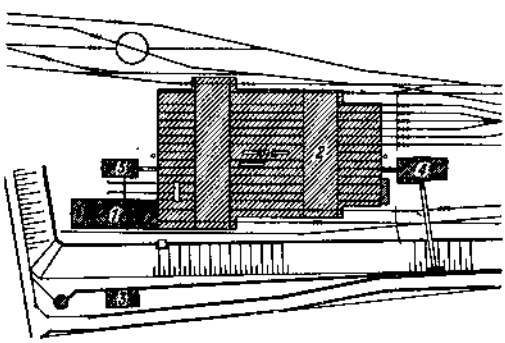
Типы Ж.-д. депо. В СССР приняты следующие типы депо по очертанию их в плане: прямоугольные (фиг. 1), ступенчатые (фиг. 2) и веерные (фиг. 3). На некоторых дорогах

Фиг. 2.

наиболее ранней постройки имеются еще круглые депо с поворотным кругом в центре здания. Преимущества прямоугольных и ступенчатых депо: меньшая площадь ворот, пола и крыши, приходящаяся на одно стойло, и простота конструкции стен и перекрытий, а в ступенчатых депо сверх того—возможность увеличения числа стойл и легкость вписывания в общие контуры станционных путей. Недостатками прямоугольной формы являются: а) ограниченность числа стойл (пределом можно считать три пути по три стойла на каждом, так как при большем числе путей усложняется перекрытие, требуется удлинение наружных путей и увеличение станционной территории, а при большем числе стойл на каждом пути затрудняется вывод паровозов); б) сквозняки при открытии противоположных ворот, затрудняющие поддержание ровной темп-ры. Недостатки ступенчат. депо: сквозники и трудность удлинения стойл в средних секциях при введении в обращение более длинных паровозов. За границей в последнее время строят прямоугольные депо на большое число путей (до 14 и более), длиною на четыре паровоза и более каждый, причем подача паровозов на любое из стойл производится при помощи тележек. Фиг. 4 изображает такое депо (в Эрфурте): *1*—мастерская, *2*—паровозный сарай, *3*—дежурные комнаты, *4*—контора, *5*—помещение для мастеровых. В этом случае здание перекрывается рядом двускатных крыш с перпендикулярными к путям коньками или пилообразным шедом, также расположенным перпендикулярно. Тележки находятся в открытом помещении, и ввод паровозов на них



Фиг. 3.



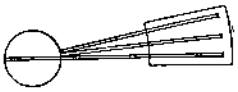
Фиг. 4.

производится по съездам с внешних путей через особые тамбуры. Преимущества этого типа: удобство ввода и вывода любого паровоза, минимальное протяжение наружных путей, минимальное число ворот (не более четырех на 1 тележку) при минимальной площади наружных стен, приходящейся на 1 стойло, и весьма экономичном использовании площади депо и станционной территории.

Преимущества веерного депо по сравнению с прямоугольным: несколько меньшая площадь наружных стен, приходящаяся на 1 стойло, удобство вывода любого паровоза независимо от других, легкость увеличения числа стойл, меньшее охлаждение при открытии ворот и малая длина наружных путей, а стало быть—и относительно небольшая площадь занимаемой территории. Недостатки веерного депо: полная зависимость вывода паровозов от исправности поворотного круга (самый важный недостаток); большее число ворот; бо́льшая площадь пола и крыши, приходящаяся на 1 стойло,

и затруднительность переделки депо при появлении более длинных паровозов.

По величине радиуса веерные депо как в СССР, так и за границей бывают следующих разновидностей: а) без взаимного пересечения путей между краем поворотного



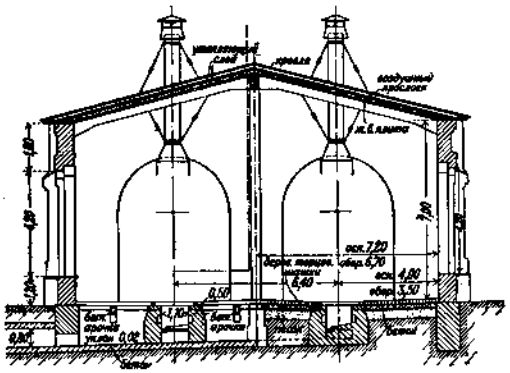
Фиг. 5.

Фиг. 6.

круга и депо (фиг. 5), б) с пересечением путей у самого края поворотного круга (фиг. 6) и в) с пересечением их между кругом и депо (фиг. 7). Расстояние между осями смежных путей по внешней линии передней стены депо для магистралей должно быть 5,45 *м*; диаметр поворотного круга до 25 *м*. С увеличением радиуса передней стены депо разница между площадями стойла веерного депо и стойла прямоугольного уменьшается. Вместе с тем однако увеличиваются длина наружных путей и площадь занимаемой территории. Величина радиуса определяется на основании экономич. подсчетов и в зависимости от возможности занятия соответственной территории. Равным образом и выбор между прямоугольным и веерным депо диктуется конфигурацией станционной территории и другими местными условиями. Прямоугольных депо с тележками в СССР не имеется. Круглых депо теперь нигде не устраивают вследствие их высокой стоимости, невозможности увеличения диаметра поворотного круга, а также невыгодной формы клиньев для каждого стойла.

Фиг. 7.

Детали. Стены. Внутренняя высота стен в основных депо—не менее 7 и в оборотных—не менее 6 *м* (фиг. 8). Материалом для стен служат б. ч. кирпич, бутовый камень, бетон или железобетон. Стены временных депо устраивают деревянные и фахверковые. В противопожарных целях, а также



Фиг. 8.

для уменьшения охлаждения зданий веерные депо разделяют внутренними перегородками из несгораемых материалов на секции по 6 стойл. Если наружные стены или перекрытия не сделаны несгораемыми, то внутренние перегородки устраивают в виде брандмауеров—кирпичных, толщиной не менее $1^1/_2$ кирпича, или железобетонных, толщиной не менее 30 *см*.

Крыша. Перекрытия м. б. металлические, железобетонные или деревянные. Во избежание разъедания сернистыми газами при угольном отоплении паровозов, металлич. части перекрытий необходимо окрашивать предохранительным составом; деревянные же части перекрытий необходимо предохранять специальными составами от возгорания. Материалом для кровель служат: этернит, рубероид, толь, железо.

Полы. Наиболее совершенные и прочные полы—деревянные, из шашек, пропитанных горячей смолой или антисептическими составами и настланных по бетонному основанию.

Смотровые канавы (кочегарные ямы), глубиной от 0,65 до 1 *м*, устраиваются по одной из схем фиг. 9. Вода, поступающая в канавы, отводится в канализационную

Фиг. 9.

сеть. Материалом для кочегарных ям служит большей частью бутовый камень или бетон, облицованный железняком или глазурованными плитками.

Рельсовые пути для стоянки паровозов укладываются по стенкам смотровых канав на деревянных кобылках, закладываемых в стенки, или на лежнях или непосредственно на кладке, покрытой бетонным слоем. В последнем случае рельсы укрепляются на кладке заделанными в нее штырями. При тупиковых путях концы рельсов загибают кверху для предупреждения схода паровоза. Длина пути определяется из расчета, чтобы промежуток между буферами паровоза и стеной со стороны ворот был не менее 1,5 *м* и со стороны окна—3,0 *м*. Если путь предназначен для стоянки нескольких паровозов, то расстояние между буферами двух смежных паровозов д. б. не менее 2 *м*. Расстояние между осями смежных стойл д. б. не менее 5,85 *м*, а при наличии колонн—не менее 6,40 *м*. Расстояние от оси пути до стены для коренных депо—4,0 *м* и оборотных—3,5 *м*. В зависимости от этих размеров длина стойл для коренных депо д. б. (при длине паровозов с тендером 24 *м*) не менее 30 *м*, а в оборотных—не менее 26 *м*. Не менее 15% общего числа стойл д. б. снабжено приспособлениями для подъемки паровозов, и не менее одного стойла в каждом основном депо должно иметь приспособление для опускания и выкатки колесных пар.

Водопровод и вентиляция. На междупутьях (через одно) устанавливают гидранты (краны) для промывки паровозов. Для горячей промывки котлов д. б. специальное оборудование. Для удаления дыма устраивают вытяжные трубы круглого или прямоугольного сечения, по две на каждое стойло. Отверстие в свету трубы по

диаметру д. б. не менее 70 *см*. Трубы выше конька крыши при естественной тяге снабжаются специальными дефлекторами, а внизу—зонтами прямоугольного сечения в виде усеченной пирамиды таких размеров, чтобы паровоз при перемещении на половину окружности ведущих колес не выходил из предела зонта. Иногда вместо зонтов при каждой трубе устраивают общий жолоб, соединяющий все трубы одного пути. Материалом для вытяжных труб служат покрытое асфальтовой смолой железо, пропитанное огнестойкими составами дерево, этернитовые плиты (асбестоновые—инж. Карягина) и чугун. В последнее время для более совершенного удаления дыма применяют побудительную вентиляцию при помощи эжектора или высоких дымовых труб с подогревателями. Кроме того в повышенных местах потолочных перекрытий устраивают отверстия для выхода скопляющихся наверху дыма и газов. Во избежание обратной тяги должен быть обеспечен приток чистого подогретого воздуха.

Отопление. Для поддержания требуемой $t°$ (не ниже 10° в основных депо и 5° в оборотных) депо должны отапливаться или отдельно стоящими печами с большой теплоотдачей (наприм. чугунные ребристые печи сибирского типа) или при помощи центрального отопления. В последнем случае иногда является выгодным использование пара находящихся на стоянке паровозов или отработанного пара силовой установки мастерских. Для сохранения тепла окна делаются с двойными рамами, ворота—с двойной обшивкой и прослойками из нетеплопроводных материалов (толь, войлок и др.). Для предупреждения охлаждения снизу к воротам подвешиваются на петлях подворотни или специальные эластичные тюфяки. Сушка песка производится или при помощи спец. приспособлений или на простых печах с горизонтальными ходами в устроенных над ними ящиках. **Н. Иванов и Э. Штремер.**

Стойла для среднего ремонта. Для подъемок паровозов и тендеров в основных депо устраиваются специальные стойла. Подъемка паровоза и выкатка всего комплекта колес вызывается прокатом на бандажах, требующих обточки, и соединяется с ремонтом ответственных частей паровоза. Объем этого ремонта зависит от пробега паровоза, от предыдущего среднего ремонта, условий его работы (вода и путь) и пробега, от капитального ремонта. Совокупность ремонта, сопровождающего подъемку, носит название среднего ремонта паровозов. До настоящего времени пробег этот в среднем был около 40 000 *км*, а наименьший пробег на нек-рых дорогах доходил до 22 000 *км*. Согласно приказу НКПС (№ 715 от 16 января 1929 г.) в связи с применением понятия среднего ремонта, пробег между средними ремонтами для пассажирских паровозов повышен до 90 000 *км*, а для товарных до 75 000 *км*. При этом вводится промежуточная обточка для пассажирских паровозов через 30 000, а для товарных через 25 000 *км* пробега. Количество стойл для среднего ремонта определяется пробегом паровозов между двумя обточками и простоем, необходимым для совершения круга работ, сопровождающ. обточку. Простой паровоза в среднем ремонте—26 дн., однако при правильной организации и соответственных технич. условиях его можно считать в среднем до 14 рабочих дней. Пробег тендеров между подъемками можно допустить в 1,5—1,7 раз больше пробега паровозов, а простой в ремонте—от 4 до 6 рабочих дней.

Стойла д. б. снабжены кочегарными ямами и иметь по бокам фундаменты для установки подъемных козел Беккера. Фундаменты располагаются симметрично относительно двух соседних канав, для того чтобы поворотом козел можно было обслуживать оба стойла. Комплект козел из 4 домкратов должен иметь общую подъемн. силу в 100 *т*. Вместо козел м. б. устанавливаемы краны.

Помещение стойл для среднего ремонта и помещение для мастерской могут или примыкать к зданию депо с эксплоатационными стойлами или находиться в отдалении от него. В обоих случаях проход в стойла для среднего ремонта д. б. помимо поворотного круга. Форма здания—прямоугольная, с наружными воротами для каждого паровоза или с внутренней тележкой, движущейся перпендикулярно осям одного или двух рядов стойл, на к-рых расположено по одному паровозу. Не следует располагать в стойле более одного паровоза без возможности самостоятельного для каждого из них выхода. Если помещения среднего ремонта находятся в значительном отдалении от эксплоатационных стойл депо, то в районе расположения последних надо устраивать небольшую механическую мастерскую для текущего ремонта. При расположении стойл в непосредственном соседстве с эксплоатационными стойлами, промывочные стойла должны располагаться ближе к помещениям среднего ремонта, так как на них сосредоточивается большой текущий и предупредительный ремонт.

Помещения для среднего ремонта должны заключать в себе кроме стойл и мастерские, площадью в 27 $м^2$ на каждый инвентарный паровоз. В состав этих мастерских входят: а) механическая, из расчета 27 $м^2$ на каждый станок, включая в эту площадь и площадь, необходимую для ремонта арматуры, тормозов, аппаратов измерения скорости и давления и инструментов. Общее число станков определяется по норме 9 станков на 1 млн. *км* годового пробега; при больших депо, с большим годовым пробегом, норма площади на станок м. б. понижена до 22 $м^2$; б) кузница, площадью в 22 $м^2$ на один ординарный горн; число горнов определяется нормой $N = \frac{A}{25} + 3$, где A—число инвентарных паровозов; при постановке молота в 0,25 *т* прибавляют 27 $м^2$ для его размещения; в) медницкая и жестяницкая, площадью в 30 $м^2$ на большой медницкий горн.

Примерное оборудование мастерских участка определяется следующими нормами на 1 млн. *км* годового пробега: колесно-токарные станки—4, токарные—3, карусельный—1, сверлильные—0,75, строгальн.—0,6. Вне зависимости от пробега на каждую ма-

стерскую полагается один болторезный станок и не менее одного переносного станка для расточки цилиндров. Количество рабочей силы определяется следующими средними нормами: средний ремонт четырехосных паровозов—2 200 чв-ч., пятиосных—2 600 чв-ч.; текущий ремонт четырехосных паровозов на 100 паровозокилометров—8 чв-ч., пятиосных—10 чв-ч. На вспомогательные работы участка, не связанные с ремонтом подвижного состава, берется рабочих 15—20% от занятых ремонтом подвижного состава. Работы по ремонту вагонного парка в указанные нормы не входят. Общая площадь тяговой территории, занятая хозяйством депо, колеблется в пределах от 1 до 15 *га*, в среднем 10—12 *га*.

В последнее время возникла тенденция к концентрации среднего ремонта примерно в отношении 3 : 1, т. е. к обслуживанию среднего ремонта трех участков средним из них. Предел концентрации обусловлен стоимостью пробега паровозов к месту ремонта и затратой времени. Примерная стоимость среднего ремонта—ок. 2 800 р., из к-рых рабочая сила составляет 60% и материал ок. 40%. Примерная стоимость пересылки холодного пятиосного паровоза на 100 паровозокилометров при суточном пробеге в 100 паровозокилометров и заводской его стоимости в 100 000 р. определяется в 135 руб.

Лит.: Положение по составлению проектов тяговых устройств, НТК НКПС, вып. 46, М., 1926; Михайлов В., Тяговое хозяйство, Л., 1926; «Жел.-дор. дело», М., 1926—27; Caner, Lokomotivschuppen, Enzyklopädie d. Eisenbahnwesens, hrsg. v. V. Röll, B. 7, p. 199—222, B.—W., 1915; Lügers Lexikon d. gesamten Technik, B. 6, p. 217—228, B.—Lpz., 1910; Cornelius, Das Entwerfen u. d. Bau v. Lokomotivschuppen, «Ztschr. f. Bauwesen», B., 1909; Droege J., Freight Terminals of Trains, p. 387, N. Y., 1912; Maintenance of Way Cyclopedia, p. 301—306, N. Y., 1921; Poettgen, Einzel- u. wechselbahre Lokomotivschwenkbühnen, «Bahnbau», B., 1925, H. 45; Poettgen, Lokomotivschuppen und Portalschiebebühnen, ibid., 1927, H. 9; Poettgen, Lokomotivschuppen mit Drehwinkel, ibid., 1927, H. 43; «Proc. of the 22—28-Annual Conventions of the Amer. Railway Eng. Assoc.», Chicago, 1922—28; Das deutsche Eisenbahnwesen d. Gegenwart, B., 1923; «Glasers Annalen», B., 1927, Jubiläums-Sonderheft. **А. Воронцов-Вельяминов.**

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО.

Сооружение ж. д. слагается из двух отдельных последовательных процессов: составления проекта и собственно постройки. О составлении проекта—см. *Железнодорожные изыскания*; что же касается постройки ж. д., то она обладает целым рядом специфич. особенностей, отличающих ее от других видов строительства. Сюда относятся: а) разнообразие и разнородность сооружений и работ; б) удаленность района постройки, во многих случаях на весьма значительные расстояния, от торгово-промышленных центров и населенных мест; в) обширность и растянутость территории постройки, иногда на тысячи *км*; г) разнообразие местных условий; д) необходимость большую часть работ производить под открытым небом. Кроме этих особенностей Ж. с. постройка каждой ж. д. часто имеет еще свои индивидуальные отличительные черты, зависящие от объема задания, от назначения, от местных условий и от вида дороги (см. *Железная дорога*). Особенно сильное влияние на способ и порядок постройки железных дорог оказывают местные условия: климат, топография, степень населенности, растительный покров и орошение. Постройка каждой железной дороги распадается по характеру и времени исполнения работ на три стадии: 1) подготовительную, 2) основную (или производственную) и 3) ликвидационную.

Подготовительная стадия. Подготовительные к постройке ж. д. работы составляют весьма важную часть всех работ. Чем лучше произведена эта подготовка, тем с меньшими затратами, прочнее и скорее может быть произведена вся постройка. Особенно большое значение подготовительные работы имеют при постройке пионерных колонизационных дорог, проходящих в пустынных и отдаленных от центров местностях. Подготовительные работы в свою очередь разделяются на два периода. Первый период характеризуется неполным штатом административно-технич. персонала и очень малым количеством рабочих. Этот период служит как бы переходом от изысканий к постройке. Второй период проходит при постепенно пополняемом штате служащих до полного количества и при все увеличивающемся числе рабочих. Этого требует самый характер подготовительных работ, исполняемых в этот период, а также то обстоятельство, что в это время обыкновенно производятся и нек-рые основные работы, подготовка к которым уже закончена. Общий срок подготовительных работ, в зависимости от размера постройки и местных условий, колеблется от 2—3 месяцев до 1 года. Стадия подготовительных работ должна захватывать часть строительного сезона в виду необходимости производства ряда полевых работ. Для сокращения общего срока постройки целесообразно начинать подготовительные работы в конце сезона. Это позволяет с осени получить дополнительные и изыскательские данные, произвести зимнюю рубку леса, использовать для подвозки материалов дешевый санный путь (к-рый в нек-рых случаях является и единственным путем) и подготовить за зиму все проекты, чертежи, расценки и т. п.

В состав первого периода подготовительных работ входит: 1) организация управления по постройке и наем первоначального личного состава; 2) тщательное изучение проекта линии; 3) восстановление проектной линии на месте с разбивкой осей всех сооружений и со съемкой дополнительных поперечных профилей, необходимых для составления детальных проектов отдельных сооружений; 4) производство изысканий по улучшающим вариантам; 5) наблюдение за горизонтами воды, за направлением течения в разных горизонтах в реках и ручьях, за проходом ливневых вод в оврагах и на косогорах и за ледоставом и ледоходом; 6) проверка расчета отверстий искусственных сооружений согласно полученным данным; 7) наблюдение за толщиной снежного покрова и за движением снега во время метелей, для выяснения возможности снежных заносов или особенно глубокого промерзания грунта; 8) дополнительное исследование грунтов на местах будущих земляных работ, искусственных сооружений и крупных гражданских сооружений; 9) пробная разработка выемок и резервов для получения более точных данных о стоимости производства работ; 10) дополнительные гидрологич. обследования для составления проектов водоснабжения линии; 11) составление типовых чертежей разного рода сооружений и составление детальных проектов отдельных крупных или своеобразных сооружений; 12) собирание сведений о карьерах, строительных материалах, фураже и продовольствии, о помещении для складов и жилья, о средствах сообщения, о рабочей силе; 13) составление общего окончательного проекта линии на основании собранных

данных; 14) составление полных ведомостей требуемых работ; 15) составление общего плана постройки; 16) составление окончательной расценочной ведомости; 17) представление окончательного проекта линии, плана постройки и окончательной расценочной ведомости на утверждение высших инстанций; 18) составление инструкций для всех сотрудников.

В состав второго периода подготовительных работ входит: 1) заключение коллективного договора с Союзом строительных рабочих и персональных договоров с отдельными работниками; 2) приобретение и доставка к месту работ инструментов и инвентаря; 3) заготовка строительных материалов, фуража и продовольствия; 4) предварительная опись земель и строений, подлежащих отчуждению для надобностей строящейся линии; 5) устройство временных дорог вдоль линии и в сторону от нее для сообщения с ближайшими речными и ж.-д. путями и организация транспорта; 6) устройство телеграфной и телефонной связи; 7) осушительные работы в районе полотна и станций будущей дороги; 8) постройка временных домов (бараков); 9) организация медико-санитарного обслуживания линии; 10) пополнение личного состава административно-технического аппарата и рабочих.

Одной из самых важных и сложных подготовительных работ первого периода является составление плана постройки, т. е. распределение всех работ по времени и пространству. В план входят следующие задачи: 1) установление начального и конечного сроков постройки всей ж.-д. линии и отдельных ее частей, если они точно не установлены в законодательном порядке уже при самом разрешении постройки; 2) установление в пределах этих общих сроков последовательных сроков исполнения отдельных работ; 3) установление способа производства работ (хозяйственный, подрядный, смешанный); 4) установление границ административно-технич. деления линии и период ее постройки; 5) установление потребности в рабочей силе, в инструментах, материалах, машинах и прочем оборудовании в каждом отдельном пункте и в каждый отдельный период; 6) установление потребности в кредитах на постройку по годам и по месяцам.

Установление сроков постройки всей линии и ее отдельных частей прежде всего основывается на общегосударственных соображениях. При определении начального срока учитывается возможность получения необходимого для открытия работ кредита. При определении конечного срока взвешивается выгодность того или иного срока постройки для государства, с учетом перспектив развития других видов народного хозяйства. Укорочение срока налагает на государство тяжелое бремя больших ежегодных ассигнований, но это может окупиться ускорением получения дохода от эксплоатации. Отсюда следует, что дороги, могущие давать большой доход тотчас после их открытия, выгодно строить быстрее. Далее принимаются во внимание оборона страны, а также интересы и потребности отдельных районов. Сроки начала и конца работ, установленные совокупностью вышеприведенных соображений, проверяются с точки зрения технической выполнимости.

Иногда хозяйственные и строительно-технич. соображения выдвигают необходимость окончания некоторых участков линии ранее других. В этом отношении различают два способа исполнения работ: последовательный и параллельный. Первый способ заключается в открытии работ на какой-либо одной части линии и в постепенном, по мере ее выполнения, переходе к следующим частям линии. При втором способе работы открываются сразу по всей линии. Преимущества последовательного способа: меньшее количество административно-технического персонала на линии, меньшее количество инструментов, оборудования и бараков и лучшая их утилизация вследствие возможности их переброски с участка на участок, удобство надзора, сокращение гужевого подвоза материалов, скорейшее получение дохода на отстроенных участках. Недостатки его: увеличение общего срока постройки, недостаточная нагрузка центрального административно-технического аппарата, более ранняя организация отдела временной эксплоатации и недостаточная его нагрузка, меньшая возможность переброски освобождающихся рабочих на новую работу и необходимость вследствие этого отпускать часть привозных рабочих домой до окончания сезона. При втором способе избегаются перечисленные недостатки, но зато теряются соответственные преимущества. Поэтому в чистом виде тот или другой способ редко применяются, и обыкновенно прибегают к смешанному способу, т. е. нек-рые работы производятся параллельно на всей линии, а другие—последовательно. В выборе наивыгоднейшей комбинации важную роль играют место расположения и число т. н. строительных баз, т. е. таких пунктов, где строящаяся линия может получать с наименьшими затратами на гужевой подвоз все необходимое для постройки: инструменты, оборудование, материалы и рабочую силу. Такими пунктами служат места примыкания строящейся линии (или наиболее близкие) к существующим ж. д. и судоходным путям. В этом отношении в особенно благоприятных условиях находятся дороги, строящиеся вдоль судоходных рек или вдоль берега моря; такие дороги могут иметь базу в любом месте.

В зависимости от принятого порядка постройки отдельных частей линии, от числа баз и от объема и характера работ строящаяся линия разделяется на отдельные строительные участки. При установлении порядка работ на строительных участках играют роль те же соображения, что и для всей линии вообще. Например близость большого моста, для сооружения к-рого требуется подвоз со стороны базы большого количества тяжелых материалов и громоздких предметов, обусловливает ускоренную постройку части участка от базы до моста и т. д. Очередность постройки отдельных частей участка и среди прочих обстоятельств принимается во внимание при разделении участка на дистанции.

В рамках всех этих начальных и конечных сроков назначаются сроки для исполнения отдельных работ. Эта задача решается следующим образом. От конечного срока, т. е. от момента, назначенного для перехода линии в эксплоатацию, отсчитывается время, необходимое на самый процесс передачи линии в эксплоатацию, что составляет обыкновенно от одной недели до месяца, в среднем—две недели. Эти две недели являются

запасом времени для исполнения нек-рых запоздавших работ, полное окончание к-рых необходимо для открытия правильной эксплоатации. От полученного срока отсчитывается время на окончательную выправку рельсового пути (рихтовка и подбивка) после окончательной подъемки его на балласт. Т. к. фронт этой работы весьма велик (вся линия), то необходимое на нее время определяется только числом могущих быть поставленными рабочих. К моменту передачи линии в эксплоатацию д. б. уже организованы околотки дорожных мастеров и рабочие отделения с необходимым количеством штатных ремонтных рабочих; поэтому обыкновенно работа по окончательной выправке пути производится одновременно по всей линии дорожными мастерами, каждым в пределах своего околотка со скоростью от 1 до 2 *км* в день. При наибольшей длине околотка в 32 *км* на эту работу требуется следовательно, с учетом дней отдыха, от месяца до полумесяца. Вычет этого времени из календарного срока определяет срок окончания предыдущей работы, т. е. подъемки пути на второй слой балласта. Подъемка на балласт требует обычно 2 100 $м^3$ балласта, или 7 поездов на 1 *км*; при подъемке в два слоя для 2-го слоя требуется ~ 1 000 $м^3$. Т. к. на 1 *км* можно поставить весьма большое количество рабочих, то ежедневный результат этой работы зависит только от того количества балласта, которое м. б. подвезено в течение одного дня из карьеров, последнее же определяется расстоянием возки, развитием карьерных путей, способом нагрузки и выгрузки балласта, пропускной способностью линии и количеством имеющегося в распоряжении строителя подвижного состава.

Сроком балластировки до нек-рой степени, но не вполне, определяется и конец предыдущей работы, т. е. укладки пути. Иногда однако балластировку можно начать и ранее окончания укладки. Это зависит от взаимного расположения укладочной базы (т. е. склада рельсов и скреплений) и балластных карьеров. Тут м. б. три случая. 1) Балластный карьер находится там же, где и укладочная база. В этом случае, как только укладка рельсов отошла от исходного пункта на один перегон, т. е. достигла следующего остановочного пути (станции или разъезда), можно начать балластировку уложенного пути без риска помешать подаче укладочных материалов для дальнейшего производства укладки. Такая последовательность укладки и балластировки обычно и применяется, так как она помимо сокращения общего срока работ облегчает содержание в исправности пути во время укладки, позволяет укладочным поездам на забалластированном протяжении двигаться с большей скоростью и сохраняет рельсы от деформаций, которые являются следствием движения поездов по пути без балласта. 2) Балластный карьер находится на некотором расстоянии от укладочной базы. В этом случае, когда укладка пути дошла до балластного карьера, последний открывается, и начинается вывозка балласта в сторону, уже пройденную укладкой, а когда укладка, подвигаясь в другую сторону, дойдет до ближайшего от карьера остановочного пункта, то начинается возка балласта из карьера в обе стороны, что значительно облегчает маневрирование балластными поездами. 3) Самый неблагоприятный случай, когда балластный карьер и укладочная база находятся на противоположных концах участка. В этом случае нельзя начать балластировку ранее окончания укладки.

Укладка пути обычно производится со скоростью 1—2 *км* в день. Если при составлении плана остановиться на скорости в 2 *км*, то для укладки участка пути протяжением в 100 *км*, при расположении базы на конце участка, потребуется почти 2 месяца. Если полученные так. обр. начальные сроки для балластировки и укладки приходятся на такое время года, когда исполнение этих работ неудобно или невозможно (зима, ранняя весна), то необходимо исключить и время, непригодное для работы, и перенести начало ее на предыдущий строительный сезон.

При дальнейшем составлении плана руководится следующими правилами. Укладка может пройти по известному протяжению линии, если земляное полотно на этом протяжении настолько закончено к приходу укладки, что остающиеся недоделки и укладка не мешают друг другу. Поверхность земляного полотна должна быть спланирована и должны быть закончены все искусственные сооружения. Таким образом момент прихода укладки в данное место определяет для этого места срок окончания земляных работ и искусственных сооружений. Но т. к. невозможно с точностью рассчитать окончание всякой строительной работы, а тем более—земляных работ, в виду их зависимости от погоды и целого ряда не могущих быть предвиденными случайностей, то между окончанием земляных работ и началом укладки оставляется известный запас времени. Этот запас необходим еще и для того, чтобы земляные насыпи успели осесть и уплотниться. Имея это в виду, обыкновенно стремятся земляные работы закончить осенью, а укладку начать весной; если же это невозможно, то во всяком случае оставляют запас времени: для крупных работ—около месяца, а для мелких—около 2 недель. В это запасное время производится поверочная нивелировка полотна и даются выписки на его планировку. Время производства земляных работ по устройству ж.-д. полотна определяется количеством времени, необходимым для исполнения наиболее крупных земляных работ на данном протяжении линии. Поэтому для установления в плане календарного срока окончания земляных работ вычисляется момент подхода укладки к месту крупных земляных работ, и от этого момента, согласно вышеизложенным соображениям, вычитается один месяц.

Время, необходимое для исполнения земляных работ определяется объемом и характером работ, распределением земляных масс, способом производства работ, средн. дневной выработкой рабочего и средним числом рабочих, к-рое зависит от их общего количества и от фронта работ. Для облегчения и ускорения

решения поставленной задачи составляют иногда, в дополнение к продольному и поперечным профилям линии, профиль масс и профиль распределения масс, а также графики дневной выработки рабочего в разных грунтах, стоимости разработки 1 $м^3$ в разных грунтах и стоимости перемещения 1 $м^3$ земляных масс разными перевозочными средствами на разные расстояния. На основании профиля распределения масс вся линия в отношении земляных работ разбивается на отдельные замкнутые районы, называемые иногда распределительными участками, внутри которых распределяется вся земля из выемок, и все насыпи образуются без подвоза земли извне. Эти распределительные участки отмечаются в плане, и при административно-технич. делении линии во время постройки границы дистанций или районов отдельных производителей работ устанавливаются так, чтобы распределительные участки не разбивались на части. Определенные с учетом всех указанных выше обстоятельств сроки исполнения земляных работ на отдельных распределительных участках проверяются на «сезонность», играющую весьма важную роль при земляных работах; в тех случаях, когда эти сроки попадают на морозное зимнее время, в к-рое земляные работы за исключением работ в скальных грунтах вообще не производятся, начало работ отодвигается на предыдущий сезон.

Сроками исполнения земляных работ определяются в плане сроки исполнения работ по устройству искусственных сооружений при пересечении полотна ж. д. с водотоками и с другими железными и обыкновенными дорогами и при проходе строящейся линии над ними. Рациональное производство земляных работ, без отрыва от какого-нибудь места и без вторичного к нему возврата, а также правильное распределение земляных масс требуют, чтобы устройство искусственных сооружений настолько шло впереди земляных работ, чтобы везде можно было без всякой задержки и перерывов в земляных работах засыпать уже готовые искусственные сооружения с достаточно затвердевшим раствором в каменной кладке. Однако на практике это не всегда удается, и, чтобы не сокращать строительного сезона для земляных работ, обычно к той и другой работе приступают одновременно, оставляя на местах будущих искусственных сооружений прогалы, которые засыпаются впоследствии по мере готовности искусственного сооружения. Так. обр. работы по возведению искусственных сооружений обычно начинаются или ранее земляных работ или одновременно с ними; в тех случаях однако, когда в районе работ отсутствуют материалы для искусственных сооружений (камень, песок, дерево, железо), может оказаться более выгодным произвести вперед земляные работы и провести укладку пути с устройством обходов и временных искусств. сооружений.

На основании изложенного, конец постройки искусственных сооружений определяется или началом земляных работ или началом засыпки прогала; начало же работ по постройке искусственных сооружений на каждом участке определяется по времени возведения самого крупного сооружения, причем время на отрыв котлована, исчисленное по Урочному положению или другим нормам, увеличивается для плана обыкновенно на 50%.

Время, необходимое для постройки больших мостов и туннелей, определяется на основании техническ. проектов этих сооружений, причем в качестве ориентировочных данных при составлении общего плана принимаются следующие средние цифры (на основании отчетов по построенным у нас мостам и туннелям).

Большие мосты:

Возведение опор	от 2 мес.
Сборка и установка фермы	от 2 »
Общая скорость постройки в месяц . .	до 40 м

Туннели:

Ручное бурение направл. хода в сутки	3 м
Механич. » » » » »	10 »
Общая скорость сооруж. однопутн. в сутки	4—5 »
» » » двупутн. » »	3—4 »

Характер плана в сильной степени зависит от географического положения больших мостов и туннелей относительно друг друга и относительно базы постройки. Если они находятся недалеко от базы, то это является благоприятным условием для постройки этих сооружений и неблагоприятным для постройки остальных частей линии. В этом случае на участке между базой и сооружением можно в короткий срок подвинуть все работы, уложить путь и подвезти по рельсам все необходимое для скорейшего приступа к постройке указанных сооружений. Но укладка пути, балластировка и развозка тяжелых предметов на остальной длинной части линии м. б. начаты лишь по окончании указанных сооружений, которые в данном случае являются как бы барьерными. Если общий срок окончания постройки не допускает такой задержки, то устраивают в обход туннеля временный путь с крутыми уклонами и малыми радиусами, а для перехода через реку укладывают временный путь по льду, устраивают переправу на барже или сооружают временный деревянный мост. Все это конечно отражается на плане работ. Если барьерные сооружения находятся посредине между базой и концом участка и если на месте нет необходимых для возведения этих сооружений материалов, то приступают к тем работам, к-рые можно производить при этих условиях, но в то же время выдвигают в плане на первую очередь форсированную постройку участка от базы до барьерного сооружения с допущением временных обходов, временных искусственных сооружений, недосыпанных насыпей и недобранных выемок. Если барьерные сооружения расположены на противоположном базе конце участка, то создаются неблагоприятные условия для постройки этих сооружений и благоприятные—для производства работ на остальной части участка. В этом случае при разработке плана необходимо сопоставить длину и объем работ на участке до барьерных сооружений с объемом работ этих сооружений. Если время, необходимое для исполнения работ по барьерным

сооружениям, после того как до них дойдет укладка, дает сравнительно небольшую прибавку к сроку окончания всех работ на остальной части линии, то никаких особых мер не принимается, но срок окончания всей постройки назначается в соответствии со сроком окончания туннеля или большого моста. Если же разница в сроках окончания сооружений и остальной части линии велика, то или всю линию от базы до барьерных сооружений сдают в правильную эксплоатацию, не дожидаясь окончания туннеля или большого моста, или же форсируют работы от базы до барьерных сооружений.

Если все подготовительные работы укладываются в остающийся в плане для них промежуток и остается еще некоторый запас времени, то или приближают начало основных работ к подготовительным, чтобы уменьшить напряженность основных работ и иметь в конце постройки больший запас времени для всяких случайностей, или же, наоборот, уделяют больше времени подготовительным работам. Если же окончание подготовительных работ заходит за календарный срок начала основных работ, то план пересоставляют, изменяя порядок и сроки производства основных работ.

Остальные работы, входящие в состав Ж. с. (путевые постройки, пассажирские здания, жилые дома, паровозные здания, мастерские, водоемные и водоподъемные здания, водопроводная сеть и пр.), не так тесно связаны между собою и могут быть размещены в плане с известной свободой. Они м. б. начаты в первый год или во второй и даже еще позже, если общий срок постройки больше трех лет. Вообще в этом случае руководствуются следующими правилами. Все гражданские сооружения, назначенные для жилья, д. б. исполнены не меньше чем в два года. В случае необходимости исполнить эти постройки в один год срубы деревянных сооружений делаются из сухого леса, заготовленного не менее чем за год до употребления в дело, или искусственно высушенного, а кладка каменных—производится на цементном растворе. Паровозные здания и мастерские желательно иметь к началу укладки, чтобы избежать расхода на сооружение временных депо и мастерских. Тяжелые предметы оборудования мастерских подвозятся уже по рельсовому пути. Здания, относящиеся к водоснабжению, при наличии на месте материалов строятся до укладки пути. Водопроводные трубы, насосы, баки и другое оборудование привозятся уже по рельсовому пути. Если источником водоснабжения намечены артезианские или другие колодцы, то к устройству их приступают возможно раньше, т. к. здесь м. б. разные случайности, могущие затянуть эти работы. Если для получения источника водоснабжения намечена запруда оврага для сбора в нем атмосферных осадков, то плотина заканчивается с таким расчетом, чтобы до сдачи линии в эксплоатацию осталось еще время для накопления в пруде нужного количества воды. Телеграфная и телефонная связь для лучшего сохранения аппаратов обыкновенно устраивается в три приема. В первую очередь—в самых ограниченных размерах, строго необходимых для чисто строительных операций, по преимуществу телефонная, чтобы не иметь в составе служащих особых работников—телеграфистов. В период укладки и балластировки телефонное и телеграфное оборудование линии постепенно пополняется, а незадолго до сдачи линии в эксплоатацию развозится по остановочным пунктам и устанавливается остальное предусмотренное проектом оборудование. Прочие принадлежности пути и станций развозятся по линии по рельсовому пути по мере возникновения в них надобности, главн. образом незадолго до сдачи линии в эксплоатацию.

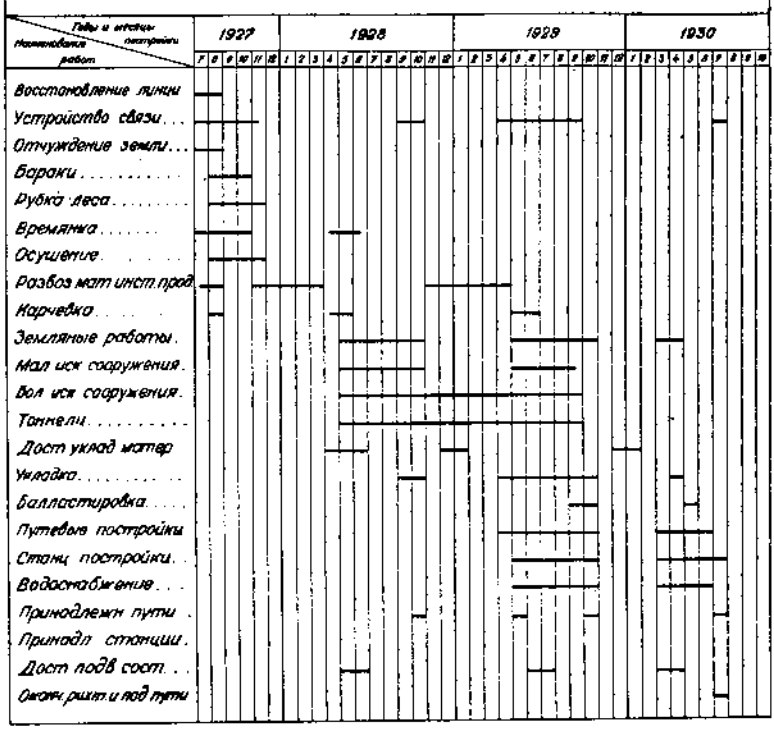
Снабжение линии укладочными материалами (рельсами, скреплениями, шпалами, переводными брусьями и стрелочными переводами) должно соответствовать принятому плану укладки пути. Укладка пути является именно такой работой, на к-рой чрезвычайно невыгодно отражаются, как в смысле качества, так и в смысле стоимости, всякие перерывы и задержки. С другой стороны, доставка рельсов и шпал на линию производится часто из весьма отдаленных районов и по условиям движения товарных поездов не м. б. налажена с календарной точностью. В виду этого обыкновенно начинают укладку не раньше, чем на базе будет находиться количество укладочного материала, обеспечивающее непрерывный ход работ по укладке в течение всего сезона. Доставка подвижного состава также делается в несколько приемов. Первая партия доставляется в количестве, необходимом для укладки пути. Затем это количество пополняется при открытии работ по балластировке и по мере развития этих работ, а иногда—и для производства земляных работ при перемещении землян. масс на большие расстояния. Дальнейшее пополнение происходит при открытии времен. коммерч. движения, и последняя партия, в количестве, необходимом для поддержания правильного движения, предусмотренного заданием, доставляется на линию незадолго до сдачи ее в эксплоатацию.

На основании принятого в плане распределения работ определяется для каждой отдельной работы и для всех работ в сумме на каждый месяц, а при подробных планах и на каждый день, потребность в материалах и рабочей силе в абсолютных цифрах или в процентах от общего количества по окончательной расценочной ведомости. По этим же данным решается и последняя задача плана, а именно: исчисляются по годам и месяцам необходимые для производства работ ассигнования.

Внешняя форма плана бывает двоякая: в виде записки или в виде чертежа. Графич. изображение плана имеет следующие преимущества: а) наглядность всех элементов плана; б) возможность в самом процессе графического составления плана обнаружить вкравшиеся ошибки; в) возможность просто и достаточно точно выяснить степень расхождения действительного хода работ с планом посредством периодического нанесения на чертеж линий и условных отметок, соответствующих фактическ. положению работ. Преимуществом плана в виде записки является возможность бо́льших подробностей,

неосуществимых в графическом плане. Последний недостаток графич. планов, т. е. отсутствие подробностей, устраняется 2 способами. В дополнение к графич. плану, содержащему в себе все наиболее важные элементы, составляется записка, в к-рую включаются подробности, не поместившиеся на плане; или же план изображается в виде двух чертежей: основной чертеж содержит только главные элементы плана, а дополнительный, вычерченный на кальке или на прозрачной бумаге в том же масштабе и с той же сеткой координат (времени и пространства), содержит только дополнительные подробности. Наложение в нужных случаях одного плана на другой дает полную увязку всех подробностей с основными элементами плана. Таких дополнительных планов м. б. несколько, причем расчленение подробностей по отдельным планам может производиться по разным признакам, напр. по роду работ, по специальности рабочих, по характеру расходов и т. п.

План постройки ж. д. длиною около 500 км в средней полосе СССР.



Фиг. 1.

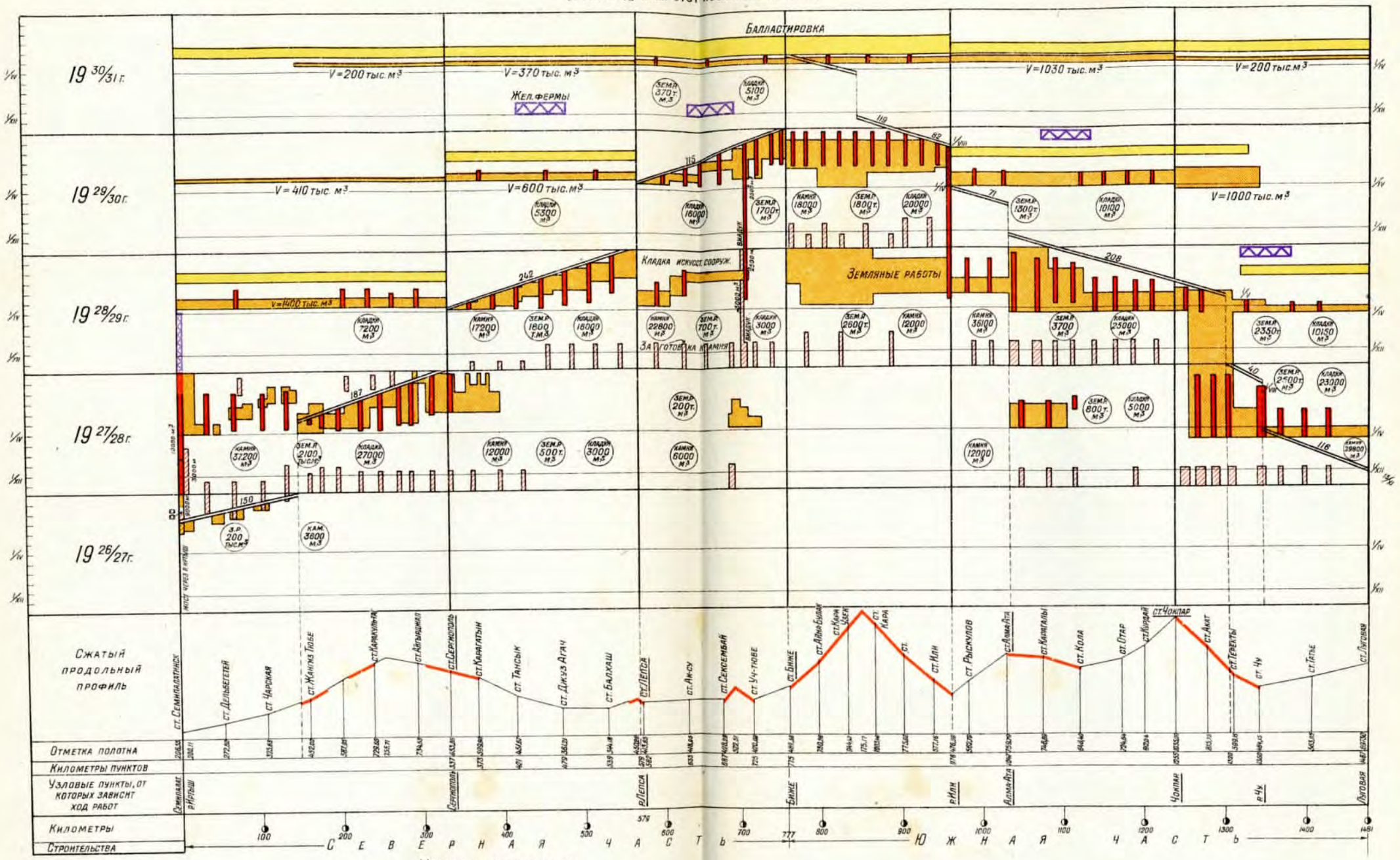
Как у нас, так и за границей существует много разнообразных форм этих планов. Все они м. б. разбиты на две группы: 1) планы, в которых работы распределены только по времени без отнесения их к тому или другому пункту линии, и 2) планы, в которых работы распределены и по времени и по пространству. Простейший план 1-й группы имеет вид, представленный на фиг. 1. Иногда этот план осложняют более подробным наименованием работ в соответствии с главами и параграфами расценочной ведомости и включением в него данных об общем объеме каждой работы, подлежащей исполнению по расценочной ведомости, с указанием общей потребности в рабочей силе, материалах, кредитах и с распределением этих данных в %-ном отношении или в абсолютных цифрах по годам и месяцам постройки. Этот план дает возможность подсчитать на каждый месяц потребность в раб. силе, материалах и кредитах. Но ни тот ни друг. планы не дают возможности видеть, где производятся работы, каков их фронт и какова взаимная связь отдельных видов работ между собой. Более совершенными являются планы 2-й группы. Наиболее распространенный у нас тип планов указан на вкл. л., *1*. Этот тип плана связывает все работы не только с временем, но и с местом, и отчасти указывает взаимную связь отдельных видов работ между собой. План, еще более отвечающий всем существенным данным постройки ж. д., представлен на вкл. л., *2*. Календарь постройки в годах и месяцах дает возможность дальнейшего деления на недели и дни. Через точки продольного профиля, обозначающие какой-либо в том или ином отношении важный для составления плана пункт (база, станция, большой мост, границы дистанции и т. п.), проведены пунктиром через весь чертеж вертикальные линии. Эти линии вместе с перекрещивающимися с ними горизонтальными линиями, отделяющими месяц от месяца и проведенными тоже через весь чертеж, составляют ту основную сетку, к-рая служит для начертания плана, т. е. для распределения работ по пространству и времени.

После плана работ важными подготовительными действиями являются: наем и доставка рабочей силы, заготовка материалов, инструментов, оборудования, продовольствия и фуража.

До приступа к найму рабочих управление по постройке заключает коллективный договор с Союзом строительных рабочих. По мере возможности строители всегда стараются пользоваться местной рабочей силой, но это не всегда удается: иногда на месте вообще мало свободных рабочих рук, иногда нет рабочих необходимой квалификации, иногда местные рабочие в разгар строительного сезона уходят на с.-х. работы.

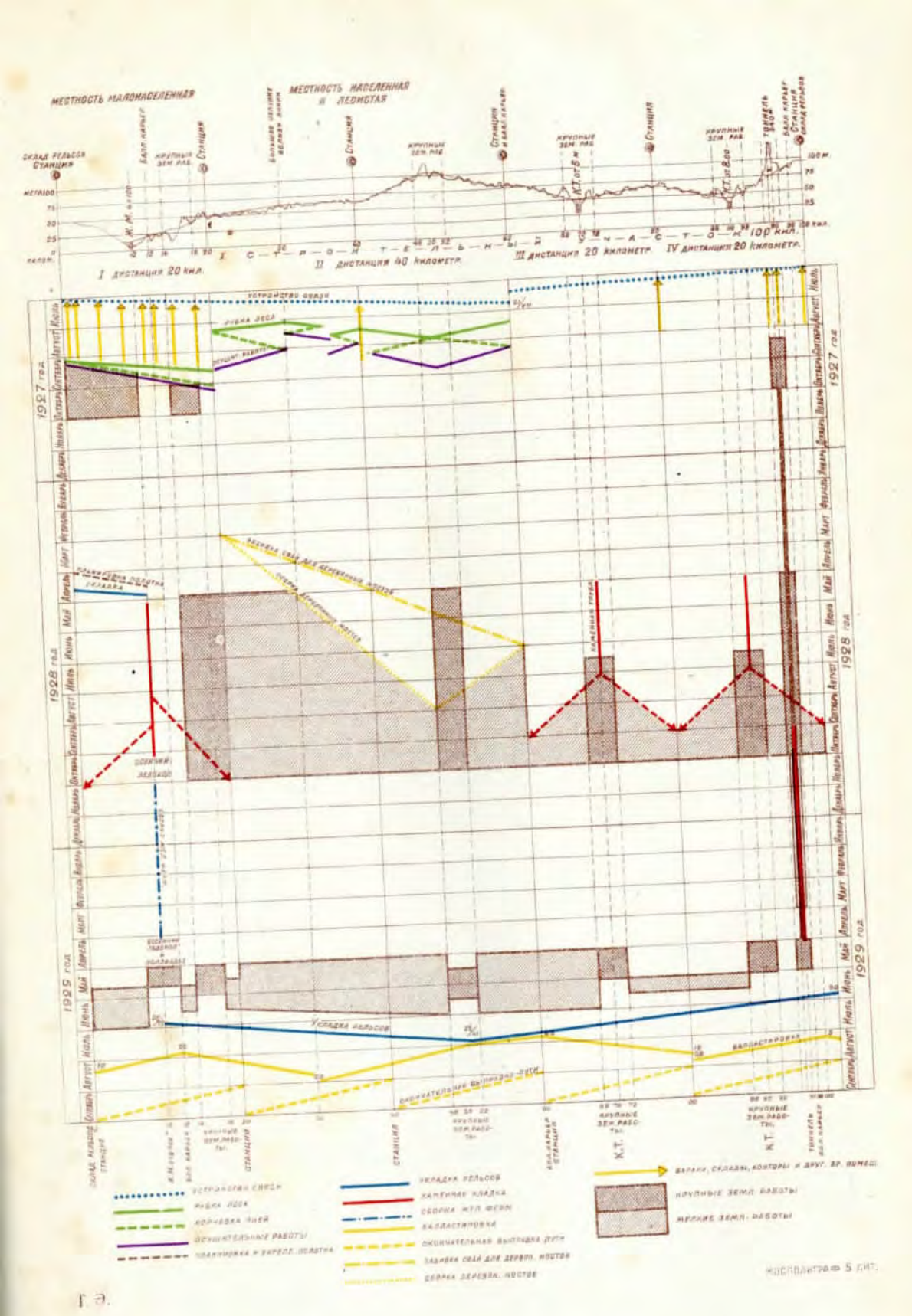
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ПЛАН РАБОТ ПО СООРУЖЕНИЮ ТУРКЕСТАНО-СИБИРСКОЙ Ж. Д.

(в 1929 году план этот несколько изменен)



Т. Э.

„Мосполиграф" 5-я литогр.


МЕСТНОСТЬ МАЛОНАСЕЛЕННАЯ
МЕСТНОСТЬ НАСЕЛЕННАЯ И ЛЕСИСТАЯ
СКЛАД РЕЛЬСОВ СТАНЦИИ
СТАНЦИЯ
КРУПНЫЕ ЗЕМ. РАБ.
К.Т.
ТОННЕЛЬ
I ДИСТАНЦИЯ 20 КИЛ.
II ДИСТАНЦИЯ 40 КИЛОМЕТР.
III ДИСТАНЦИЯ 20 КИЛОМЕТР.
IV ДИСТАНЦИЯ 20 КИЛОМЕТР.
100 КИЛ.
1927 ГОД
1928 ГОД
1929 ГОД
УСТРОЙСТВО СВЯЗИ
РУБКА ЛЕСА
ПОСЕЛКИ ЖЕЛЕЗНОДОР.
ЗАБИВКА СВАЙ ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ МОСТОВ
СБОРКА ДЕРЕВЯННЫХ МОСТОВ
КАМЕННАЯ КЛАДКА
УКЛАДКА РЕЛЬСОВ
БАЛЛАСТИРОВКА
ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ ВЫПРЯДКА ПУТИ
ВАГОНЫ, СКЛАДЫ, КОНТОРЫ И ДРУГ. ВР. ПОМЕЩ.
КРУПНЫЕ ЗЕМЛ. РАБОТЫ
МЕЛКИЕ ЗЕМЛ. РАБОТЫ
ЖОСПЛАНТРАФ 5 ГИТ.

Г. Э.

Поэтому постройка ж. д. только в самых редких случаях обходится без привозных рабочих, и управление по постройке обычно выговаривает себе в коллективном договоре право иметь основное постоянное ядро привозных рабочих. Самый наем рабочих должен поручаться опытным ответственным агентам, хорошо знакомым с размером и характером предстоящих работ, а равно со всеми местными условиями, и кроме того знающим, к каким работам и условиям привыкли рабочие той местности, где производится массовый наем. При найме рабочих обязательно производится их медицинское освидетельствование.

Доставка рабочих от мест найма до места работ производится тремя способами: индивидуальным порядком, партиями и эшелонами. При индивидуальном порядке каждый рабочий, получив от нанимателя проездной билет или деньги на проезд и суточные на время нахождения в пути, едет самостоятельно в качестве обыкновенного пассажира, пользуясь имеющимися в расписании поездами. Этот способ не гарантирует нанимателю прибытия рабочих и применяется в редких случаях. Второй способ заключается в отправке отдельными партиями под руководством старшего рабочего, десятника или специального провожатого. Этот способ применяется часто, но имеет свои неудобства: т. к. посадка рабочих происходит обыкновенно на небольших станциях, то иногда партии не удается сесть целиком в поезд за отсутствием мест; кроме того перевозка совершается обычно товаро-пассажирскими поездами, что значительно удлиняет время пребывания рабочих в пути. Поэтому при найме большого числа рабочих, в особенности при доставке их из отдаленных местностей, предпочтителен третий способ—перевозка эшелонами в отдельных прямых поездах по специальному расписанию. К остановкам этих поездов м. б. приурочено снабжение рабочих горячей пищей, а при дальних перевозках—предоставление возможности пользоваться баней, стиркой белья и медицинским наблюдением.

Снабжение постройки инструментами и другим необходимым для работ инвентарем д. б. сделано заблаговременно, и инструменты д. б. доставлены на линию до прибытия рабочих. Первоначально приобретается и высылается лишь самое необходимое на первое время количество. Дальнейшая доставка делается уже в соответствии с результатами опыта работы с высланными инструментами, причем перевозка новых партий инструментов в пределах линии производится уже по улучшенным дорогам.

При заготовке материалов стараются все, что можно, получить в пределах строящейся линии или поблизости от нее. Место и время для этих заготовок выбирают с таким расчетом, чтобы для подвоза заготовленных материалов можно было воспользоваться наиболее удобными и дешевыми дорогами. К упомянутым материалам относятся гл. обр. лес, камень, известь и кирпич. Наиболее удобным временем для заготовки леса является зима, т. к. зимой, во-первых, дешевле местная рабочая сила, при помощи которой в большинстве случаев эта работа производится; во вторых, для развозки бревен можно воспользоваться более удобным и дешевым санным путем, и, в-третьих, лес зимней рубки отличается лучшими строительными качествами. Если в пределах линии есть лес, годный для шпал, то он тут же разделывается на шпалы, и последние складываются в штабели, по правилам НКПС, по возможности ближе к полотну, но так, чтобы не мешать земляным или другим работам на линии. Получающиеся на линии от заготовки леса дрова обыкновенно никуда не увозятся, а складываются в штабели в местах, удобных для погрузки их на паровоз, и служат для снабжения топливом укладочных поездов. По проходе укладки пути оставшиеся дрова перевозятся поездами в необходимом количестве в балластные карьеры и в другие пункты, где имеется надобность в дровах. Строительный камень заготовляется на линии в специальных карьерах, или собирается на полосе отчуждения и в прилегающих к ней районах, или отсортировывается при разработке каменистых и скальных выемок или туннелей. Ломку камня в карьерах можно производить и зимой, чем и пользуются, чтобы по санному пути подвезти камень из карьера к линии. Но если приходится работать во вновь открываемом карьере и камень в нем залегает не с поверхности земли, то вскрытие карьера, т. е. съем верхнего грунта, производится осенью до наступления морозов, т. к. разработка мерзлого грунта обходится дорого и совершается медленно. Булыжник тоже собирается до наступления морозов и до выпадения снега и складывается в кучи, которые по санному пути развозят по местам работ. Для развозки камня, получаемого из разработок в пределах самого полотна ж. д., также стараются пользоваться санным путем; с этою целью выемки в сплошной скале иногда разрабатывают зимой перед первым строительным сезоном, хотя это несколько и удорожает стоимость работы. Если же особой надобности получить камень в первый строительный сезон нет, то ждут второй зимы или укладки рельсового пути для облегчения развозки. Если в районе строящейся линии можно получить кирпич кустарного производства хорошего качества и в достаточном количестве, то закупают его; в противном случае управление по постройке организует собственное производство или привозит кирпич со стороны. Выбор способа снабжения линии кирпичом зависит от экономическ. подсчетов. При производстве кирпича на линии заготовка глины производится с осени для ее вымораживания, а зимою подвозят дрова для обжига. Обжиг извести обыкновенно организуется управлением по постройке.

Материалы, к-рые распространяются между потребителями лишь в общегосударственном плановом порядке (как то: цемент, железо, рельсы и скрепления), заказываются управлением по постройке через НКПС. Остальные материалы и предметы оборудования заготовляются в зависимости от местных условий или управлением по постройке для всей линии, или начальниками строительных участков и дистанций и др. линейными агентами, для подведомственного каждому района, или же в смешанном порядке.

Для производства работ, при к-рых применяется конная тяга (земляные работы, укладка, подвоз материалов и проч.), заблаговременно скупается фураж. Обыкновенно привозится только зерновой фураж, сено же б. ч. заготовляется на месте. Количество фуража определяется числом лошадей и временем нахождения их на работе, но в частности количество овса, необходимое для

исполнения возки земляных работ, определяют с достаточ. точностью из расчета 1,6 *кг* на каждый $м^3$ перевезенного грунта при обычном среднем расстоянии конной возки.

Для продовольствия людей заготовляется главным образом мука (иногда—зерно, если в соответствующих пунктах линии имеются мельницы). В отношении продовольствия также придерживаются правила приобретать все, что можно, на месте. Род продовольствия зависит в известной степени от вкусов и привычек рабочих; в качестве обязательного продовольствия заготовляются овощи и кислая капуста. Мясом рабочие снабжаются обычно при помощи доставки на линию гуртов живого скота. При правильной организации этого дела все расходы, сопряженные с пригоном скота, его пастьбой и убоем, обыкновенно покрываются стоимостью кож и другого отхода и сокращением расходов на хранение мяса и его развозку по пунктам. Для ориентировочного подсчета необходимых запасов и объема перевозок требуемое на человека в день количество продуктов принимают обыкновенно в 3 *кг*.

Из остальных подготовительных работ большое внимание обращают на устройство временных дорог вдоль линии и в сторону от нее, на устройство связи между управлением и отдельными пунктами работ, на постройку временных жилищ для рабочих и на предварительное осушение и оздоровление местности работ.

Временные дороги обычно устраиваются в два приема. Первоначально—простейшего типа, лишь бы дать поскорее проезд и возможность перевезти первые небольшие партии груза; затем эти дороги постепенно улучшаются. Затраты на эти дороги, колеблющиеся в среднем от 500 до 1 500 руб. на *км*, окупаются удешевлением гужевого подвоза.

Устройство связи (телефонной или телеграфной и почтовой), в особенности там, где отсутствует правительственный телеграф, обыкновенно идет впереди всех других работ, так как хорошая связь не только является необходимым условием для рационального ведения работ, но имеет и большое психологич. значение в смысле поддержания у рабочих масс и отдельных работников бодрого и спокойного настроения, что является не последним фактором в успехе работ.

Устройство и оборудование временных жилищ (бараков) для рабочих и служащих в отношении площади, объема воздуха, степени освещения и т. п. регулируется изданными НКТ правилами. Материал и конструкция бараков бывают весьма разнообразны и определяются климатическими и другими местными условиями, характером работ и предположительным сроком службы этих сооружений.

Производственная стадия (основные работы). Вторая стадия Ж. с. характеризуется тем, что возводимые в этой стадии сооружения и приобретаемое оборудование (земляное полотно, искусственные сооружения, верхнее строение, связь, принадлежности пути, путевые постройки, станционные постройки, водоснабжение, принадлежности станции, подвижной состав) являются постоянными составными частями созидаемой ж. д.

Земляные работы по устройству полотна ж. д., отражая своим характером и пикнометровым объемом, т. е. объемом на 1 *км* главного пути, все местные особенности, являются главным мерилом сложности и трудности постройки данной ж. д. Эти работы лишь в редких случаях уступают по своей общей стоимости искусственным сооружениям или верхнему строению, но по количеству требуемой рабочей силы всегда занимают первое место: в среднем земляные работы требуют в два раза больше рабочих дней, чем все остальные работы взятые вместе. Почти всегда эти работы занимают первое место и по количеству времени, необходимому для их исполнения. Исключением в этом отношении являются те сравнительно немногочисленные линии, на к-рых имеются большие туннели или мосты. Поэтому земляные работы по устройству полотна требуют особого внимания строителя. Всякая рационализация, повышающая производительность труда хотя бы на небольшой процент, дает при этих работах большой эффект вследствие большого количества рабочих; удешевление 1 $м^3$ земляных работ на несколько копеек дает экономию в тысячи руб. на каждый *км*, а на всю линию—в сотни тысяч и миллионы рублей. К мерам для повышения производительности труда относятся: 1) правильное распределение земляных масс, подлежащих перемещению для образования выемок и насыпей (т. е. правильное решение задачи о том, какое количество перемещать из выемок в насыпи—т. н. двойные транспортные работы,—какое вывозить из выемок в сторону, складывая в виде так наз. кавальеров, и какое брать для насыпи из т. н. резервов); 2) правильный выбор способов разработки, перемещения грунтов и образования выемок и насыпей; 3) правильный выбор последовательности работ. Общий метод для решения всех этих задач заключается в том, что из всех технически допустимых комбинаций выбирается экономически наивыгоднейшая при данных условиях (см. *Земляные работы*).

После разрешения этих основных вопросов составляется подробный план производства земляных работ, и выписки или копии этого плана вместе с выписками из продольного профиля полотна дороги выдаются непосредственным исполнителям работ. Перед приступ м к работам производится разбивка продольной оси полотна и линий пересечений боковых поверхностей полотна (откосов полотна) с естественной поверхностью земли. В виду того что находящиеся на поверхности земли знаки разбивки продольной оси полотна по мере хода работ в выемках уничтожаются, а в насыпях засыпаются, все знаки разбивки продольной оси полотна (пикеты, плюсы, тангенсы, середины кривых, углы, точки перелома) выносятся по перпендикулярам к оси полотна за пределы работ на такое расстояние, чтобы они по возможности не повреждались во время работ и сами не мешали производству работ.

При открытии работ руководители распределяют рабочую силу соответственно плану и фронту работ, а также квалификации рабочих, не упуская из виду так наз. принцип

«слабейшего звена», который заключается в том, что все работы, взаимно между собою связанные в виде цепи последовательных процессов (напр. добыча грунта, погрузка его на вагонетки, отгонка, выгрузка, возвращение вагонеток, передвижка рельсовых путей), должны равняться в своем темпе по слабейшему звену, во избежание простоев отдельных групп рабочих.

Перед приступом к работам выясняется качество грунта, и в тех случаях, когда это необходимо для технич. надобностей, а также для расчета с рабочими и для составления исполнительной расценочной ведомости, о нем составляются соответствующие акты. На болотах (если это не было сделано во время подготовительных работ) определяют посредством бурения глубину болота, его характер, толщину его коры (если она имеется), толщину слоя ила, грунт и уклон дна, а также горизонты высоких и низких вод, скорости течения воды под корой и т. п. На основании этих данных определяется наиболее рациональный способ возведения полотна на болоте. Особенно тщательные геологич. и гидрологич. исследования необходимы при устройстве полотна жел. дор. в пределах неустойчивых косогоров и в районах пловучих грунтов. Так как проведение ж.-д. линии в таких местах часто сопряжено с чрезвычайными трудностями и громадными издержками, то на это решаются только в случае полной невозможности обойти эти места. В таких случаях для обеспечения устойчивости земляного полотна и для уменьшения издержек по его возведению принимается целый ряд мер, основанных гл. обр. на следующих трех принципах: 1) возможно меньшее нарушение естественного быта; 2) возможно полное улавливание и отвод поверхностных, а в соответствующих случаях и грунтовых вод; 3) создание в непосредственной близости от полотна осушенных и приведенных в устойчивое состояние мощных массивов, к-рые могли бы служить достаточными контрфорсами для удержания в равновесии вышележащих неустойчивых масс или самого полотна.

Окончательная планировка выемок и поверхности насыпей производится срезкой и подсыпкой, причем в отношении откосов более целесообразна срезка. Вслед за планировкой в соответствующих местах производятся работы по у к р е п л е н и ю з е м л я н о г о п о л о т н а для защиты его от разрушающего действия ветра, атмосферных осадков, солнца, мороза, поверхностных и грунтовых вод. В виду затруднительности в сравнительно короткий срок постройки железной дороги изучить в достаточной мере все местные условия, а равно и учесть те изменения в гидрологическом режиме местности, которые вносятся самой постройкой, обычно ограничиваются лишь безусловно необходимыми укреплениями, имея в виду, что все недоделанное может быть исполнено впоследствии.

Работы по возведению и с к у с с т в е н н ы х с о о р у ж е н и й тесно связаны по своему объему и характеру со всею совокупностью местных условий. Главными вопросами, возникающими при постройке их, являются: 1) размеры отверстий отдельных сооружений, назначенных для пропуска воды, 2) их количество, 3) их род (мост, труба), 4) их расположение, 5) выбор материалов, 6) время постройки. Первые два вопроса решаются еще при изысканиях, во время же постройки производится лишь поверка принятого при изысканиях решения. Эта поверка может привести к сокращению числа отдельных сооружений при объединении смежных бассейнов посредством водоотводных канав, если это окажется экономически целесообразным. Род искусственных сооружений для пропуска водотока (мост или труба) определяется прежде всего величиной необходимого отверстия и высотой насыпи, а также наличием материалов. При равных условиях преимущество отдается трубе, при которой достигается непрерывный однородный путь без толчков, причем неточность или случайная ошибка в разбивке не влечет за собой искривления пути. При разбивке моста или трубы возникают вопросы: о выборе в пределах лога точного места для сооружения, о направлении продольной оси сооружения и об отметке обреза фундамента. При узком логе с крутыми берегами, для уменьшения работ по выкопке русла и по его укреплению, сооружение ставится как правило в пониженной точке тальвега, и обрез фундамента входного конца назначается в одном уровне с дном тальвега у входного конца, а если тальвег имеет крутой продольный уклон, то несколько ниже, чтобы уменьшить уклон или величину и число уступов русла в пределах самого сооружения. При широком логе без определенного водотока и незначительном поперечном уклоне дна, сооружение ставится обычно по середине лога, и обрез фундамента его входного конца назначается на отметке дна резерва у искусственного сооружения и канав, подводящих к нему воду, причем наименьшая глубина канав обычно принимается в 0,6 *м*, а наименьший продольный уклон в 0,002.

Из указанного правила расположения сооружений делается иногда исключение в виде выноса сооружения со дна лога на один из его берегов. Это делается для спрямления русла или для получения более надежного и более дешевого основания, или для расположения сооружения у меньшей высоты насыпи т. е. для уменьшения высоты моста или длины трубы. Продольную ось сооружения, для сокращения длины сооружения и для упрощения его конструкции, располагают обычно по нормали к оси полотна, за исключением тех случаев, когда пересечение полотна с логом происходит под очень острым углом, когда лог очень узок и грунт его дна и берегов очень тверд и когда лог имеет очень большой продольный уклон или дает большое количество наносов.

По мере готовности земляного полотна и искусственных сооружений (эти части ж.-д. пути в совокупности называются н и ж н и м с т р о е н и е м) приступают к работам по укладке и балластировке пути (в е р х н е е с т р о е н и е). Во избежание больших непроизводительных расходов, вызываемых перерывом у к л а д о ч н ы х р а б о т, к ним следует приступать только тогда, когда

степень готовности нижн. строения вполне обеспечивает безостановочное продолжение укладки с намеченною по плану скоростью. Сезон для работ по укладке пути обычно бывает значительно длиннее, чем для работ по устройству нижнего строения, т. к. нет технич. препятствий к производству укладки и в зимнее время, что иногда и производится по экономическим или государственным соображениям. При организации укладочных работ существенное значение имеют: во-первых, правильное определение количества необходимой рабочей силы и правильное ее распределение, а во-вторых, своевременная подача укладочных материалов из базы. В основу исчисления общего количества рабочей силы кладется: намеченный по плану работ суточный результат этой работы; тип рельсов, определяющий вес металлич. укладочных материалов; число шпал на *км*; порода дерева и способ пропитки (чем определяется их вес и трудность работы); число остановочных пунктов и число и длина станционных путей. В виду того что все отдельные процессы укладки пути тесно связаны между собой определенной технически необходимой последовательностью, рабочую силу между ними распределяют с таким расчетом, чтобы темп каждого отдельного процесса соответствовал общему темпу всей работы, не забегая вперед и в особенности не отставая. Своевременная подача укладочных материалов обеспечивается необходимым количеством грузчиков на базе и движением поездов по гибкому расписанию, учитывающему возможную технич. скорость и другие обстоятельства движения по незабалластированному пути, причем несмотря на непрерывно изменяющуюся длину пути должно сохраняться одно и то же время прибытия материального поезда на конец укладки. Во избежание схода с рельсов путь между базой и концом укладки должен своевременно ремонтироваться и охраняться, так как статистика несчастных случаев при постройке ж. д. показывает, что укладка пути принадлежит к наиболее неблагополучным в этом отношении работам. В связи с этим при данной работе повышаются все требования, относящиеся к безопасности работ, и обычно издаются на этот предмет специальные постановления.

Перед приступом к укладке пути, если она проходит по готовому спланированному полотну, производится точная поверка разбивки оси полотна. При этом знаки разбивки (в виде кольев) при полотне под два пути ставятся по оси полотна (посредине между путями), а при полотне под один путь выносятся к бровке полотна на расстояние 2 *м* от оси полотна и прочно забиваются в полотно на глубину до 0,50 *м*. На прямых частях пути такие колья ставятся через каждые 100 *м*, т. е. на пикетах (иногда еще на 50 *м*), а на кривых—на тангенсах, через каждые 20 *м*.

При укладке пути рабочие делятся на отдельные группы соответственно отдельным процессам работы, причем в каждой группе может работать несколько партий, делающих одну и ту же работу. Если укладка пути начинается непосредственно от склада шпал и рельсов, то 1-я группа рабочих разносит на руках шпалы по полотну на расстояние до 50 *м* в необходимом для каждого звена количестве. Брусковые шпалы, дающие благодаря своей меньшей ширине большую осадку, нежели пластинные шпалы, кладут отдельно от последних целыми звеньями, а иногда даже по пикетам и *км*, для получения более плавного пути, причем брусковые шпалы стараются класть в выемках, где можно ожидать пучин, т. к. запас в толщине шпалы важен при опускании пучинных горбов. Равным образом для получения более однородного пути и для облегчения наблюдения за сменой шпал отделяют одну породу от другой, пропитанные—от непропитанных. 2-я группа рабочих раскладывает шпалы по середине полотна, равняя их концы с одной стороны по шнуру, натянутому параллельно оси пути на расстоянии от нее, равном половине длины шпал. За второй группой в случае надобности следуют группы: 3-я—зарубщиков и 4-я—осмольщиков. 5-я группа при начале укладки, тоже на расстоянии до 50 *м* подносит со склада рельсы на руках специальными клещами. На расстояние более 50 *м* рельсы, равно, как и шпалы, подвозятся на вагончиках. При подноске рельсов клещами количество людей на каждый рельс назначается из расчета нагрузки на каждые клещи в 80 *кг*, т. е. 40 *кг* на человека. Так как при прокатке рельсы не всегда получаются вполне симметричными, заводские же марки всегда выдавливаются на одной и той же стороне, то при укладке рельсы в каждой нитке кладутся марками в одну сторону, обычно внутрь пути, что дает в стыках более правильное примыкание рельсов друг к другу. Для того чтобы зазор в стыках между рельсами соответствовал той t°, при которой укладка производится, между ними вставляются необходимой толщины железные прокладки, называемые зазорниками.

6-я группа разносит по стыкам накладки и болты, и идущая за ней 7-я группа ставит на место стыковые накладки и не туго сбалчивает их двумя болтами, после чего производится выемка зазорников. Далее следует 8-я группа, размечающая (по рейке) цветным карандашом на шейке рельсов положение осей шпал. В этой же группе двое рабочих с деревянными угольниками, прикладывая угольник к размеченному рельсу, точно переносят разметку на противоположный рельс. Далее идет 9-я группа: двое рабочих приподнимают ломами рельсы, а двое других особыми клещами, ломами и кувалдами подгоняют шпалы точно по меткам на рельсах. Вслед за этим 10-я группа разносит по шпалам подкладки и костыли, а 11-я группа ставит подкладки на место, причем двое рабочих приподнимают ломами рельс, а третий подсовывает под него подкладки. После этого идет 12-я группа, которая пришивает рельсы к шпалам только в стыках и к одной шпале по середине звена для того, чтобы можно было скорее пропустить вперед ручные вагончики, подвозящие укладочный материал. Эта группа состоит из 9 человек: четыре из них шьют «вхолостую», т. е. пришивают к шпалам первую нитку рельсов, причем двое подвешивают шпалы с обоих ее концов, двое забивают костыли, а пять остальных пришивают по шаблону вторую нитку рельсов. При шпалах из твердых пород дерева имеется еще одна группа рабочих, к-рая перед забивкой костылей сверлит для них дыры на глубину двух третей длины костыля, причем бур д. б. на 3 *мм* тоньше костыля. Равным образом при прикреплении рельсов шурупами в шпалах также предварительно просверливаются дыры; в этом случае дыры просверливаются на всю длину шурупов, и диаметр бура при твердых породах равен диаметру шурупа, а при мягких породах—на 2 *мм* меньше.

После этой предварительной пришивки 13-я группа делает предварительную рихтовку пути, после чего пропускаются вперед вагончики с материалами, а за ними 14-я группа в таком же составе, как и 12-я группа, производит окончательную пришивку рельсов к шпалам. Затем 15-я группа делает окончательную рихтовку пути, 16-я вставляет в стыки остальные болты и завинчивает все гайки на болтах до отказа и наконец 17-я группа делает т. н. черный ремонт пути, т. е. подбивку (подштопку) шпал местным грунтом, к-рый берется преимущественно с берм и из резервов, чтобы по возможности меньше портить самое полотно. После этого путь готов для пропуска укладочного поезда, к-рый первый раз пропускается со скоростью, не превышающей 5 *км/ч*.

Подвозка укладочных материалов поездом начинается тогда, когда укладка отойдет от базы на расстояние свыше 2 *км*. До этого расстояния подвозка производится на подводах по времянке или на вагонетках по уложенной части пути, причем тяга вагонеток производится обычно лошадьми, идущими сбоку пути по бровке полотна. Если укладка пути производится со скоростью

1 *км* в сутки, то материальный поезд прибывает на конец укладки обыкновенно один раз в сутки—или утром до начала работ или вечером к моменту окончания работ. Он разгружается рабочими 1-й и 5-й групп (подносчиками и подвозчиками шпал и рельсов), к-рые раньше других групп начинают утром и кончают вечером работу.

Рабочие и административно-технич. персонал по укладке пути, в виду непрерывного продвижения этой работы по линии, не помещаются в бараках, а живут в особом поезде, к-рый называется **укладочным городком**. Для укладки в 8-часовой рабочий день 1 *км* пути при сдельной оплате труда требуется в среднем от 100 до 120 рабочих; укладочный городок состоит из 10—11 вагонов (5—6 для жилья рабочих, 1 для конторы и заведующего укладкой, 1 для десятников, дорожного мастера и табельщика, 1 для инструментальной кладовой и кладовщика, 1 для кухни и 1 санитарный).

Поезд с укладочным материалом подается к месту укладки вагонами вперед; на некотором расстоянии от конца укладки он встречает укладочный городок, сцепляется с ним и продвигает его как можно дальше на конец укладки. Затем начинается выгрузка материалов, по окончании к-рой паровоз протягивает весь состав назад, чтобы городок миновал выгруженные материалы и освободил путь для подачи их вперед вагонетками. Здесь городок отцепляется от поезда и надлежащим образом затормаживается. Для **укладки стрелочных переводов и станционных путей** организуется особая артель рабочих, которая последовательно переходит с одной станции на другую.

Вслед за укладкой пути производится вторая работа по устройству верхнего строения—**балластировка**. С этой работой связано отыскание балластных карьеров, по возможности равномерно расположенных вдоль всей строящейся линии. По мере подхода укладки к какому-либо из выбранных для разработки карьеров в нем открывается работа. К этому времени в карьере д. б. произведены все подготовительные работы, а также должен быть подготовлен специальный подвижной состав. Количество вагонов и паровозов в каждом карьере определяется дальностью возки из этого карьера, назначенным сроком балластировки и числом и длиной возможных погрузочных путей в карьере. Если балласт вывозится на недалекое расстояние от карьера, то один паровоз работает с двумя составами. Подъемка пути на балласт производится в два слоя, по объему приблизительно равных. Подъемка на первый слой начинается от карьера, и потому сначала вывозится из карьера на все протяжение пути половинное количество балласта, а затем по этому поднятому на балласт пути вывозится остальное количество балласта, и делается подъемка пути до полной высоты.

В зависимости от отведенного по плану постройки времени для балластировки эта работа открывается иногда во всех намеченных для разработки карьерах немедленно вслед за подходом к ним укладки, иногда же она открывается только в нескольких карьерах и затем по закрытии этих карьеров последовательно переносится в другие. Первый способ сокращает общий срок балластировки, сокращает время движения поездов по незабалластированному пути и позволяет материальным поездам двигаться с большей скоростью, что ускоряет и удешевляет укладку. Второй способ значительно удешевляет работу по балластировке. Перед приступом к балластировке еще раз восстанавливают разбивку оси линии, т. к. при работах по укладке пути знаки разбивки часто сбиваются и уничтожаются; производят также поверочную нивелировку, т. к. за период укладки пути возможны новые значительные осадки. На основании этой нивелировки составляется окончательная выписка отметок головки рельса на пикетах и на точках перелома продольн. профиля, с учетом кривых, сопрягающих переломы в вертикальной плоскости, и дальнейшей возможности осадки больших насыпей. Высота головки рельса обозначается на бровке полотна кольями, забитыми по нивелиру.

Подъемка делается сразу на высоту не более 0,15 *м*. После выгрузки балласта путь приподнимается домкратами на соответствующую высоту с прибавлением 10—12% на осадку. Углубления в полотне под шпалами заравниваются грунтом полотна или глиной, взятой со стороны; излишняя же земля, подсыпанная под шпалы при черном ремонте, удаляется с полотна. Затем под шпалы подбрасывается лопатами балласт, и шпалы подбиваются, после чего засыпаются балластом промежутки между шпалами (ящики). Поднимаемый путь содержится всегда в таком виде, чтобы по нем могли безопасно ходить поезда. Для этого к каждому пропуску поезда делается беглая рихтовка для сглаживания крутых переломов пути в плане, ослабляются болты накладок в крайних звеньях поднимаемой части пути, и на протяжении не менее 4 звеньев делается плавный спуск с поднятого места к неподнятому, причем уклон перехода допускается не более 0,020. После подъемки на первый слой делается правильная рихтовка с проверкой разбивки кривых.

Когда определенный участок пути (напр. перегон между 2 станциями) поднят на первый слой и завезено достаточно балласта для подъемки на первый слой следующего перегона, то на первом перегоне производит подъемку на второй слой и т. д. По окончании подъемки засыпают ящики сначала между рельсами, а потом у концов шпал, с утрамбовкой балласта и с приданием поверхности небольшого уклона от середины к концам шпал, после чего опранляют бровки балластного слоя. Излишний балласт складывается в виде призм вдоль балластного слоя и передается при сдаче линии в эксплоатацию в счет обязательного 5%-ного запаса.

Производство работ по устройству **верхнего строения для второго пути** значительно отличается от описанного выше в смысле порядка, простоты, быстроты и дешевизны работы, т. к. уже существует один путь. В этом случае работа обыкновенно начинается с балластировки. По первому пути развозится поездами балласт и

раскладывается на месте второго пути иногда половинным слоем, но б.ч. полным слоем с определен. запасом на осадку. Затем по первому же пути развозят поездами шпалы, рельсы и скрепления и разгружают их в нужном количестве по возможности против каждого звена; шпалы раскладывают по выровнен. балласту, к ним пришивают рельсы, причем сбалчивают последние сразу на все болты и сразу пришивают ко всем шпалам.

По мере укладки пути линия снабжается путевыми принадлежностями, необходимыми для содержания и ремонта пути и для правильного и безопасного движения поездов. Сюда относятся: 1) путевые знаки, т. е. указатели *км*, уклонов, кривых, границ околоткоп, рабочих отделений, обходов, переездов; 2) дрезины, вагонетки, сигнальные диски и флаги, инструменты для ремонта пути; 3) деревянные щиты с кольями для защиты линии от снега.

При расстановке столбов, указывающих число *км* от начала линии, не руководствуются построечным пикетажем, т. к. в нем всегда бывают неточности вследствие перенесения его с естествен. поверхности земли на поверхность полотна, а производят тщательный промер. Дрезины, вагонетки и путевой инструмент всегда высылают из центрального склада на линию первоначально лишь в количестве, строго необходимом для пополнения того инвентаря, к-рый уже был в употреблении при укладке пути. Остальное количество, во избежание преждевременного износа, порчи и утраты, развозится лишь перед самой сдачей дороги в эксплоатацию.

Переносные деревянные снеговые щиты заказываются заблаговременно в количестве, необходимом для ограждения заносимых мест линии, и доставляются поездами на место к началу первой зимы, в которую предположено производить движение поездов. В течение этой зимы производятся наблюдения за движением снега в районе линии; на основании этих наблюдений вносятся поправки в распределение щитов по линии и дозаказывается недостающее их количество.

Вопрос о времени производства работ по возведению путевых и станционных построек решается в зависимости от наличия материалов и тех общих соображений, к-рые указаны выше. В качестве материала применяют дерево, кирпич, бетон и камень.

Если основным материалом служит дерево и лесной материал имеется по всей линии, то лес доставляется по возможности по санному пути к местам будущих построек, и с ранней весны, а иногда и зимой организуется работа по изготовлению срубов, причем рубка стен производится прямо на фундаментах, а если фундаментов еще нет, то на клетках, к-рые впоследствии разбираются и заменяются фундаментами; иногда сруб заготовляется отдельно, тщательно размечается, а весной, по возведении фундамента, разбирается и снова собирается на фундаменте. Если же лес имеется только на одном участке, то заготовленные здесь бревна подвозятся к линии в места, удобные для погрузки на поезд, и лежат там до прокладки по участку рельсового пути, после чего и развозятся поездами по другим участкам. Чаще однако на лесном участке организуется заготовление срубов для всех участков, и готовые срубы с балками, стропилами, оконными и дверными косяками и подушками, тщательно размеченные, развозятся поездами на места и там собираются на заранее приготовленных фундаментах. Такая организация имеет целый ряд преимуществ в смысле экономии времени, материала, рабочей силы и накладных расходов. При возведении зданий из других материалов все работы производятся на месте.

Перед приступом к земляным работам по устройству полотна строители входят через соответствующие советы и исполнительные комитеты в соглашение с местным населением о числе и месте необходимых переездов и скотопрогонов через полотно ж. д. При этом обычно несколько полевых дорог сводятся в одну, и часто дороги отклоняются от своего первоначального направления для устройства более дешевого и безопасного переезда. Иногда дороги пропускаются под верхним строением ж. д. в существующие в полотне отверстия мостов и труб, если величина этих отверстий и другие местные условия не препятствуют этому. Постановлениями НКПС устанавливается, в каких случаях недопустимо устройство переезда на одном уровне с рельсами (в этих случаях д. б. устроен путепровод или для безрельсовой дороги или для ж. д.), а также какие переезды д. б. охраняемы барьерными сторожами. Чтобы не нарушать движения по безрельсовым дорогам, переезды устраняют обычно одновременно с земляным полотном. Если же это почему-либо невозможно, то в насыпях на месте переездов оставляют прогалы, а в выемках—недобранные места или временно отводят дороги на нули, т. е. на места, где выемка соприкасается с насыпью.

Для того чтобы построенная линия могла тотчас после передачи в эксплоатацию правильно работать, необходимо кроме известной законченности всех зданий, сооружений и оборудования наличие достаточных запасов материалов для текущих надобностей. На первом месте по значению, объему и стоимости стоит топливо для паровозов, для мастерских и водокачек, для вагонов и для жилых помещений. В особенности этот вопрос имеет важное значение, если топливом служат дрова. Т. к. заготовка дров требует продолжительного времени, то дрова для правильной эксплоатации линии заготовляются за год до передачи линии в количестве годовой потребности, исчисленной на основании ожидаемого размера движения поездов. На мастерские, водоснабжение и вагоны принимается расход топлива в 20% от расхода на паровозы, а на отопление жилых зданий, в зависимости от числа зданий и климата, от 20 до 40 $м^3$ на *км* линии. В случае замены дров углем или нефтью количество их определяется эквивалентным соотношением, причем в этом случае больших запасов не делают, тем более что теплотворная способность нек-рых сортов угля уменьшается при продолжительном хранении на воздухе.

Кроме топлива эксплоатационному управлению вместе с линией передаются, по нормам, установленным НКПС: смазочный и обтирочный материалы, керосин для освещения и запасный укладочный материал—рельсы, скрепления и шпалы. Все запасные материалы заготовляются и передаются эксплоатационному управлению за счет предусмотренного по расчетной ведомости оборотного капитала, наличные остатки к-рого тоже передаются эксплоатационному управлению. Кроме того при сдаче линии передаются, также по нормам НКПС, приобретенные за счет соответствующих статей рас-

ценочн. ведомости инструменты для мастерских тяги, пути и связи и для ремонта пути.

Ликвидационная стадия. Постройка считается законченной, когда все сооружения и все оборудование линии приведены к такой степени готовности, что является возможным приступить к правильной эксплоатации, т. е. открыть и поддерживать непрерывное движение поездов в размере, соответствующем технич. заданию, положенному в основание постройки. С этого момента начинается т. н. ликвидационная стадия постройки. Она характеризуется тем, что в это время производственная работа ограничивается лишь исполнением мелких недоделок и текущего ремонта. Поэтому небольшое количество рабочих, оставшихся к этому времени, постепенно сокращается, равно как и административно-технич. персонал на линии и в центральном управлении. Ликвидационный период бывает обычно очень краток, так как всякое его удлинение влечет за собой непроизводительные расходы.

Как бы тщательно работы по постройке ни производились, нек-рые недоделки неизбежны. Недоделки разделяются на две категории: препятствующие открытию правильной эксплоатации и не препятствующие этому. Первого рода недоделки всегда исполняются строительным управлением до передачи линии в эксплоатацию, вторые—иногда исполняются строительным управлением, но чаще передаются для исполнения будущему эксплоатационному управлению с передачей ему необходимых для этого кредитов, однако размер этих кредитов обычно исчисляется уже не по расценочной ведомости, а по повышенным ценам, в связи с разбросанностью этих работ и малым объемом каждой отдельной работы. Кроме исполнения недоделок в ликвидационный период производятся на линии еще следующие работы. а) Разборка бараков и других временных строений, не принимаемых эксплоатационным управлением. б) Очистка местности около сооружений и зданий от мусора. в) Сборка, подноска в удобные для погрузки места, отсортировка и складка в штабели материалов, оставшихся от постройки, с составлением соответствующей ведомости (часть этих материалов передается эксплоатационному управлению для исполнения недоделок в счет кредита на эти недоделки, другая часть передается ему же в счет оборотного капитала, напр. дрова, образовавшиеся от распиловки разных остатков и лесного материала, полученного от разборки временных сооружений, а остальное увозится на другие строящиеся линии). г) Сборка построечного инвентаря. д) Развозка эксплоатационных запасов, инструментов, оборудования по линии.

Заблаговременно, до установленного планом срока передачи линии в эксплоатацию, начальник работ заявляет в ЦОС о готовности линии к сдаче к указанному сроку. В случае возможности сдать линию в эксплоатацию ранее установленного срока, начальник работ об этом также извещает ЦОС заблаговременно. По докладу ЦОС, НКПС назначает комиссию по приемке построенной линии. В состав комиссии обыкновенно входят представители от будущего эксплоатационного управления, от Научно-технического комитета, от Главной инспекции при НКПС, от ЦОС, Центр. управления ж. д., от НКРКИ и от Союза железнодорожников. Комиссия выделяет из своей среды несколько подкомиссий, формируя их или по строительным участкам или по роду сооружений. Подкомиссии выезжают на линию, где подробно все осматривают и составляют ведомости недоделок. Управление по постройке предъявляет подкомиссиям составленные к этому времени: а) окончательный продольный профиль; б) график административного деления линии; в) пикометровые ведомости исполненных сооружений и работ, размеров и всех относящихся к этому документов; г) общую пикометровую ведомость, в к-рой в порядке км и пикетов перечисляются все сооружения.

Ко времени окончания работ подкомиссий на линию выезжает комиссия, к-рая осматривает всю линию, рассматривает ведомости, составленные подкомиссиями, составляет из них сводную ведомость, разрешает все спорные вопросы, возникшие при работе подкомиссий, и составляет акт окончательной приемки. В заключительной части акта устанавливается возможность или невозможность открыть правильную эксплоатацию и указывается срок окончания недоделок, если исполнение их возлагается на строительное управление. После передачи линии в эксплоатацию часть построечных служащих увольняется, а оставшиеся заканчивают составление общего исполнительного отчета по постройке, по форме, установленной НКПС. К отчету обыкновенно прилагаются: краткое технич. описание построенной линии, альбом чертежей главнейших сооружений и иногда альбом фотографич. видов сооружений и различных моментов производства работ.

Лит.: Энгельгардт Ю. В., Железные дороги, т. 1, Москва, 1924; Карейша С. Д., Руководство по сооружению и содержанию в исправности железных дорог, т. 1, Москва, 1923; Birk A., Der Wegebau, T. 2—Eisenbahnbau, 2 Aufl., Wien—Leipzig, 1921, T. 5—Bauleitung, Wien—Leipzig, 1922; Bourde J., Manuel des chemins de fer, Paris, 1922; Tratman-Russel E. E., Railway Track a. Track Work, 3 ed., New York, 1908.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ УПРАВЛЕНИЕ. Организация управления ж. д. стоит в непосредственной связи с формой ж.-д. хозяйства. До войны 1914—18 гг. основными формами ж.-д. хозяйства были частное и государственное хозяйства. Во время войны участвовавшие в ней государства сосредоточили ж. д. в своих руках. Почти во всех этих странах, в результате военного хозяйствования, дороги стали дефицитными. Стремление, с одной стороны, сделать ж.-д. предприятия выгодными в финансовом отношении, а с другой стороны, сохранить за государством руководящую роль в ж.-д. деле вызвало изменение форм ж.-д. хозяйства и форм управления им. Сущность изменения заключается во внедрении коммерч. начал в ж.-д. хозяйство в странах, где была принята государственная форма ж.-д. хозяйства, и в углублении государственного вмешательства в частное ж.-д. хозяйство в других странах. Это выразилось в Германии в создании Об-ва герм. ж. д. (Deutsche Reichseisenbahn-Gesellschaft), во Франции—в учреждении Высшего ж.-д. совета

Conseil superieur des chemins de fer) и Комитета управления (Comité de direction), в Англии—в принудительном слиянии существовавших до войны 214 ж. д. в 4 больших об-ва и в параллельном учреждении Министерства транспорта и Тарифного трибунала, в США—в усилении влияния Междуштатной транспортной комиссии, в СССР—в учреждении правлений ж. д. при национализации всех ж. д. В результате, во всех этих странах ж. д. возглавляются об-вами ж. д. или правлениями ж. д., стоящими или в тесной зависимости от государства или под его наблюдением.

Хозяйственное значение мероприятий по созданию об-в крупн. масштаба заключается в объединении ж.-д. сетей в крупные единицы и в создании условий для хозяйственно-технической рационализации. С созданием крупных об-в идет изучение наиболее удобных форм ведения линейного хозяйства ж. д. Германия и Америка решают этот вопрос диаметрально противоположными методами. В Германии вся сеть объединена в одном об-ве государственных герм. ж. д. Сеть разделена на 30 дирекций, распоряжающихся линиями протяжением от 874 до 3 394 км. Дирекции непосредственно связаны с линией и линейными органами надзора. Линейные органы надзора (Ämter, прежде именовавшиеся Inspectionen) имеют в своем ведении участки, на к-рые разбита линия. Организация участков различна. Так, в Пруссии начальники участков эксплоатации ведают и эксплоатацией и путем. В защиту объединения в одних руках эксплоатации и путейского строительного дела герм. железнодорожники приводят те доводы, что безопасность движения стоит в теснейшей связи с технич. устройствами, почему объединение обеих отраслей упрощает выполнение работ по ремонту и строительству; наконец объединение этих двух функций облегчает условия подготовки, подбора и продвижения средних и высших служащих. Независимо от участков эксплоатации в Пруссии имеются и коммерч. участки. В Баварии на тех участках, где нет больших станций и сложной работы, учреждены смешанные участки, в ведении к-рых объединены точно также движение, путь и коммерч. дело. В других странах—Вюртемберге, Бадене—объединяются коммерч. дело и движение. Служба пути в этих государствах имеет самостоятельные участки. Кроме участков эксплоатации и пути есть участки тяги, мастерских и депо, электротехнические материальные и др. Между дирекцией и линией нет посредствующей организационной единицы, обнимающей полностью или частично все ж.-д. хозяйство в пределах своего участка. Этот вид организации можно характеризовать как систему управления сетями небольшого протяжения. С другой стороны, ее можно наименовать системой д е п а р т а м е н т с к о й, так как она характеризуется прямой связью местной служебной единицы отделов эксплоатации, тяги и коммерческой части с дирекцией, и ф у н к ц и о н а л ь н о й, так как работник, управляющий известной отраслью в центре, ведает лишь строго ограниченным кругом вопросов, но зато в пределах своей компетенции исчерпывает данные вопросы. Характернейшей особенностью герм. ж.-д. управления является система децернентов, составляющих основной кадр оперативн. работников дирекции. Дирекция разбивается обычно на 3 отдела, возглавляемых одним децернентом, играющим роль руководителя, объединяющего работу остальных децернентов; основным контингентом деловых работников являются децернеиты; они имеют точно определенный оперативным планом круг работ, которые они самостоятельно ведут и за которые несут ответственность. Децерненты непосредственно решают вопросы и сами их исполняют; они непосредственно связаны с линией. Подобная форма управления непосредственно из центра встречается в других странах при наличии небольших сетей.

Противоположностью ей является американская система. Железные дороги США находятся в руках частных компаний, сосредоточивших в своих руках сети больших протяжений, почему управление линией не может вестись из центра. Линия делится на отделы протяжением в 1 500—2 500 км; в свою очередь отделы дробятся на отделения протяжением в 300—500 км. Как начальники отделов, так и начальники отделений объединяют в своих руках все отрасли эксплоатации, т. е. движение, путь и тягу. Начальники отделов и отделений, являясь специалистами по эксплоатации, имеют в своем распоряжении специалистов по пути и тяге. Этот вид организации является организацией д е ц е н т р а л и з о в а н н о й (Divisional System) и широко принят на крупных дорогах Америки. Однако нек-рые дороги, напр. Нью Иоркская центральная, применяют департаментскую систему управления (Departmental System).

Англия после объединения в 1921 г всей сети в четыре больших об-ва имеет различные системы линейного управления. Одна из крупнейших компаний L. & N.-E. Co. (London & North-Eastern Company), имеющая сеть протяжением в 10 186 км, осуществила систему разделения дороги на три отделения, во главе которых стоят начальники отделений, объединяющие все хозяйство отделения. Другая, еще более крупная компания, L. M. & S. Co., с сетью протяжением в 10 900 км, до 1927 г. руководила линией централизованно при посредстве департаментов, а с 1927 г. разделила дорогу на три отделения, сохранив однако за департаментами значительное влияние. Остальные два об-ва—West Co. и South Co.—управляют линией при посредстве департаментов.

Франц. система построена на принципе централизованного управления ж. д. при посредстве служб. Общий надзор государства сосредоточен в Министерстве общественных работ, где имеются: общее управление ж. д. (Direction générale des chemins de fer), комиссия поверки счетов ж.-д. компаний и контроль над ж. д. общего пользования. Франц. дороги распределены между пятью частными об-вами и двумя казенными управлениями. Во главе каждой сети стоит совет, выделяющий дирекцию. Управление дороги характеризуется распределением работы между тремя основными службами: службой эксплоа-

тации, службой материальной и тяги и службой пути и сооружений. Кроме этих служб в центре имеется общая администрация, секретариат, бухгалтерия и иногда врачебная служба. Основной является служба эксплоатации, к-рая сосредоточивает в себе части: движения, коммерческую, сборов, электротехнич. анализа движения. Следует отметить, что полного однообразия в номенклатуре частей на различных дорогах нет, но по существу все дороги проводят основное деление управления на три основные службы. Линии разбивается на участки по признаку трех основных служб.

Система управления ж. д. в СССР основана на полном сосредоточении ж. д. в руках государства; поэтому дороги, являясь важнейшей отраслью народного хозяйства, осуществляют свою экономич. политику в соответствии с общими государственными принципами. Основные положения ж.-д. политики диктуются верховными органами государства, а именно Съездом советов, ЦИК, СНК и СТО. Высшим органом управления является НКПС, а единоличным руководителем НКПС, ответственным за его работу, является народный комиссар путей сообщения, при к-ром состоит коллегия, имеющая совещательное значение. Однако члены коллегии (помимо совещательных функций) играют роль активных работников, являясь начальниками оперативных управлений и возглавляя коллегиальные ведомственные и междуведомственные органы НКПС. В составе НКПС имеются коллегиальные междуведомственные органы: Центральный комитет по перевозкам (ЦКП) и Тарифный комитет (Тарком) для согласования ж.-д. хозяйства с требованиями государственной и кооперативной торговли и промышленности и коллегиальный ведомственный орган — Центральный технико-экономический совет (ЦТЭС), представляющий собой орган, в задачу которого входят: общее руководство нормативной работой в области техники транспорта, технико-экономическая оценка капитальных сооружений и консультация. Научно-исследовательская работа НКПС объединяется Центральным научно-исследовательским управлением (ЦНИУ). К числу ведомственных совещательных органов относятся Совет правлений, который стоит однако несколько особо в системе органов управления, являясь органом советской общественности, высказывающим свое мнение по общим и хоз. вопросам жел.-дор. транспорта. К составу высших органов НКПС относятся также высший плановый орган на транспорте — Центральное плановое управление (ЦПУ) и Главная инспекция (ГИПС), являющаяся органом верховного наблюдения за технич. благоустройством транспорта. В составе ЦПУ находится орган транспортной статистики—Отдел статистики и картографии (ЦСК). Оперативными органами НКПС являются центральные управления по основн. видам транспорта: железнодорожного (Цужел), водного (Цуводпуть), морского (Цумор) и местного (Цумт), а также Центральное управление государственных речных пароходств (Центрорека). Наряду с управлениями имеются центральные отделы: Центральный отдел по снабжению ж. д. (ЦОС), Центральный мобилизационный отдел (ЦМ), Центральный отдел просвещения (Цутранпрос), Центральный хозяйственно-материальный отдел (ЦХ) и Центральное финансово-бюджетное управление (ЦФБУ). Функции всех этих органов ясны из их названий. Для обслуживания народного комиссара и коллегии имеется секретариат НКПС, а для руководства личным составом—Управление делами. Органом, руководящим охраной путей сообщения является Управление начальника охраны. Основные оперативные управления делятся на отделы, к-рые разбиваются на группы. Отделы Центрального управления ж.-д. транспорта: эксплоатации, пути, связи и электротехники, тяги и тарифно-экономический соответствуют отделам правлений ж. д. на местах.

Хозяйственным и хозяйствующим органом на местах являются правления ж. д. В отличие от дореволюционных правлений частных ж.-д. об-в теперешние правления являются органом управления части государственного имущества, выделенного в виде отдельной жел. дороги. Ж. д. сами по себе составляют правовую единицу, органом к-рой является правление. Правление имеет обширные права по эксплоатации ж. д. в финансовой, коммерч. и хозяйственной областях. Во главе правлений стоят председатели, они же уполномоченные народного комиссара путей сообщения, назначаемые им же. Как председатели правлений они несут хозяйственные функции, а как уполномоченные народного комиссара—функции политич. руководства и связи с общественными и профессиональными организациями. В правление входят от 3 до 5 членов, назначаемых НКПС. Особое значение имеет член правления по технич. части, несущий ответственность за технич. состояние ж.-д. сооружений, подвижного состава и всех инженерных устройств на дороге и кроме того осуществляющий техническо-инспекторск. функции на дороге. Оперативная работа правления ведется в отделах, из к-рых основными являются отделы: эксплоатации, тяги, пути, связи, материальный и коммерческо-экономический. Кроме этих отделов имеются отделы: финансовый, сборов, юридический, охраны и планово-экономический (включающий в себе статистич. аппарат ж. д.). Правления имеют право, с разрешения НКПС, создавать особые отделы, необходимые по хозяйственным особенностям дороги. Такими являются лесозаготовительные отделы на некоторых дорогах и отдел керосинопровода на Закавказских ж. д. В организации правлений имеется тенденция привить новые усовершенствованные методы работы учреждением ответственных исполнителей—децернентов. Система децернентов в виде опыта применяется на дорогах Южных и Пермской. Пока достаточного материала для суждения о целесообразности этой системы в условиях СССР еще не имеется.

Линейная организация ж. д. СССР основана на управлении линиями значительного протяжения; самая малая ж. д.—Сызрано-Вяземская—имеет протяжение 1 418 км, а самая большая — Рязано-Уральская —

4 336 *км*. Систему управления линией можно характеризовать как систему, соответствующую департаментской организации, т. к. наши линии разбиты на участки (иногда отделения) пути, участки связи, участки тяги и на отделения эксплоатации, подчиненные непосредственно отделам правления. На линии нет лиц, объединяющих в своих руках все отрасли ж.-д. дела, подобно начальникам отделов и отделений америк. ж. д. Границы отделений эксплоатации и участков тяги, а по возможности участков пути и связи, должны совпадать. Отделения эксплоатации, возглавляемые начальниками отделений, руководят движением поездов под углом зрения безопасности, срочности и правильности движения. У начальника отделения имеются помощники, к-рые осуществляют те же функции, что и сам начальник отделения, и обязаны непосредственно инструктировать линию. В числе помощников имеется специалист по коммерч. вопросам эксплоатации, ведающий этой отраслью работы. На нек-рых дорогах существуют ревизоры движения, имеющие задачей наблюдать за правильностью исполнения всех функций эксплоатации на своем участке и инструктировать станции. Низшими ячейками эксплоатации являются станции, возглавляемые начальниками станций. Хозяйство и организация станций весьма разнообразны и дифференцируются в зависимости от размеров станции и величины производимой работы. Участки пути делятся на околотки, поручаемые каждый дорожному мастеру; околотки делятся на рабочие участки и сторожевые обходы, поручаемые соответствующему старшему рабочему или путевому сторожу. Участки тяги совпадают с нахождением кореннoго и оборотного паровозного депо и являются основной ячейкой линейной службы в области тяги. Участки отдела связи делятся на околотки, во главе к-рых стоят электротехники. Независимо от эксплоатационной работы стоит организация главных мастерских, непосредственно подчиненная правлению в лице члена правления по технич. части. Задачей главных мастерских является выполнение капитального ремонта подвижного состава и тяговых устройств. Кроме указанных служб, несущих технич. функции на линии, имеются агенты других отделов—материального, коммерческо-экономического, сборов, охраны, осуществляющие на линии задачи, отнесенные к компетенции отделов. Работа всех этих линейных единиц увязывается в центре соответствующими отделами правлений.

Ж. д. кроме своих непосредственных органов имеют еще исполнительные органы других комиссариатов: Наркомфина—в виде финансово-контрольных отделов, Наркомздрава—в виде врачебных отделов, ОГПУ—в виде транспортных отделов и Наркомвоенмора—в лице военных представителей. В организации местных органов существенную функцию согласования интересов клиентуры и ж. д. несут районные комитеты по перевозкам, учрежденные в крупнейших городах СССР (именно: Ленинграде, Смоленске, Москве, Харькове, Ростове-на-Дону, Самаре, Новосибирске), охватывающие по две и более дороги, и местные к-ты по перевозкам, охватывающие одну дорогу (учреждены в Тифлисе, Свердловске, Ташкенте и Хабаровске). Работа районных комитетов по перевозке объединяется Центральным комитетом по перевозке (ЦКП), от к-рого они получают общие указания и задания и к-рому представляют свои соображения для соответствующих мероприятий ЦКП по НКПС. С органами управления ж. д. тесно связан Профессиональный союз работников ж.-д. транспорта. Его высшим органом является Съезд работников ж.-д. транспорта, избирающий Центральный к-т. На дорогах органами Союза являются дорожные комитеты союза (дорпрофсожи), участковые комитеты (учкпрофсожи) и наконец местные комитеты (месткомы).

Лит.: Фролов А. Н., Об администр. организации ж.-д. установлений в России, «Труды Особой высшей комиссии для всестор. иссл. ж.-д. дела в России», СПБ, 1910, вып. 11; его же, Общие основы ж.-д. хозяйства, 2 изд., стр. 199—209, П., 1920; Соковнч В. А., Организация ж.-д. перевозок, стр. 65—74, М., 1926; Общее положение о нар. комиссариатах СССР, Постановления 3-й Сессии ЦИК СССР, М., 1923; Положение о НКПС СССР, там же; Положение о правлениях ж. д., «Вестник путей сообщения», М., 1925, *848*; Антошин А. Н., Современная организация управления ж.-д. транспортом СССР, М., 1928; Грунин И. и Губанов В., Общая организация управления германскими ж. д., вып. 1—Учет и отчетность на германских гос. ж. д., М., 1928; Джонсон Э. Р. и Ван-Метр Т. В., Основы экономики ж.-д. транспорта, пер. с англ., М., 1923; Зайцев А. Ф., Очерки ж.-д. политики, вып. 1—Великобритания, С.-А. С. Ш. и Франция, М., 1924 (лит.); Sarter A. u. Kittel Th., Die Neue deutsche Reichsbahn-Gesellschaft, B., 1922 (лит. о герман. управлении); Hermann W., Gesetze u. Verordnungen, betreffend die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft u. ihr Personal, B., 1925; Schmid E., «Ztschr. d. Ver. deutscher Eisenbahnverwaltungen», Berlin, 1927, *3*, p. 75; Haeffner K. E., Aufbau u. rechtliche Natur d. Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, «Archiv f. Eisenbahnwesen», Berlin, 1927, *5—6*; Wernecke F., Die Eisenbahnen v. Grossbritannien, ihre gesetzliche Grundlagen, ihre Gliederung und ihre wirtschaftliche Lage, «Jahrbuch f. Eisenbahnwesen», Mch., 1925—26; Denfeld G. A., A Practical Scientific Treatise on Traffic Management, Chapter 12—Traffic Administration, p. 229—255, Portland, Oregon, 1921; Sperling A., Die Entwicklung d. engl. Eisenbahnen seit d. Jahre 1921. Die Organisation d. engl. Eisenbahnen, «Archiv f. Eisenbahnwesen», B., 1928, H. 1. **А. Антошин.**

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ.

Общие планы ж.-д. строительства должны основываться прежде всего на обследовании потребности страны в ж. д. Т. н. «показатели обслуженности» (см. *Железная дорога*) представляют собою недостаточно обоснованный и мало разработанный метод обследования и большого практического значения не имеют. Поэтому при проектировании и сооружении новых ж. д. необходимо гл. образом исходить из экономики. Для составления общих планов строительства в целой стране или в районе необходимо иметь отчетливое представление об экономич. нуждах страны или района. При проектировании же отдельной конкретной линии необходимо произвести специальные экономические изыскания с целью определения грузооборота, доходности, а также технич. работы будущей дороги; затем, если линия оказывается целесообразной,—произвести подробные технич. изыскания и составить общий проект и расценочную ведомость.

Экономические изыскания. Существуют два главных метода экономич. изысканий: метод коэф-тов (или аналогии) и метод не-

посредственного обследования. Первый применяется когда уже имеется другая эксплоатируемая дорога, пролегающая в условиях, во многих сходных с проектируемой. Тогда, основываясь на этом сходстве, можно вывести коэф-ты для определения грузооборота будущей дороги и ее экономич. значения. Второй метод заключается в определении площади района, к-рый будет тяготеть к новой дороге, его населенности, состояния сельского хозяйства, промышленности, естественных ресурсов и перспектив их развития.

Границы тяготеющего к дороге района определяются экономич. возможностью массовой подвозки груза к дороге и вывоза прибывающих грузов с дороги. Обычно ширина такой полосы принимается не свыше 25—30 *км* в каждую сторону, но там, где гужевая доставка особенно дешева, эта площадь м. б. значительно шире. В местах сближения или пересечения проектируемой дороги с существующими за линию раздела районов тяготения разных дорог обычно принимают геометрическое место точек, равноотстоящих от обеих дорог. Для разграничения районов влияния судоходной реки и ж. д., близко друг к другу расположенных, условно считают, что район реки занимает одну треть, а ж. д.—две трети площади, сообща обслуживаемой ими; основанием для такого расчета служит прекращение судоходства на наших реках зимою.

Все данные относительно населенности, продуктивности и природных ресурсов района необходимо определять к моменту открытия движения, но с учетом перспективного развития в течение 5—10 лет после постройки дороги. Весьма часто развитие природных ресурсов страны под влиянием ж. д. дает народному хозяйству такие выгоды, которые во много раз превышают доходность самой ж. д. (наприм. сибирское маслоделие, развитие хлопководства в Средн. Азии). Эти выгоды именуются «косвенными» и должны учитываться особо в каждом данном случае.

Главным элементом, определяющим выгодность ж. д. для страны вообще и как отдельного предприятия в частности, является грузооборот. Он определяет величину будущей работы ж. д., на нем же базируется и выбор технич. элементов проекта. Изменение грузооборота может очень существенно влиять на доходность дороги, т. к. уменьшение или увеличение валового дохода прямо пропорционально грузообороту, расходы же эксплоатации при колебаниях грузооборота изменяются значительно меньше.

Для суждения о выгодности ж. д. имеет серьезное значение распределение ее грузооборота по направлениям. На одних дорогах перевозки идут примерно в равных количествах в обоих направлениях, на других же, наоборот, большая часть грузооборота совершается в одном направлении (грузовое направление), в обратном—количество перевозок значительно меньше (негрузовое, порожняковое направление). Пропускная способность обычно рассчитывается по грузовому направлению. Дорога с ярко выраженным грузовым направлением, при всех прочих равных условиях, очевидно менее выгодна, чем дорога с одинаковым грузовым движением по обоим направлениям.

Технические изыскания. Выбор типа дороги зависит от предполагаемого грузооборота. В этом отношении существующая у нас классификация (принятая пока лишь для ж. д. нормальной колеи) подразделяет дороги на три класса:

Тип дороги	Густота движения
Магистраль усиленного типа (сверхмагистраль)	Более 8 млн. *ткм/км*
Магистраль нормального типа	8 млн.—800 тыс. »
Магистраль облегченного типа	800 тыс. и менее »

При малых грузооборотах, в целях снижения капитальных затрат, м. б. целесообразным применение узкой колеи.

Технические условия. В соответствии с будущей работой дороги и с ее типом и разрядом к ней предъявляются определенные технич. требования. Объединенная и утвержденная в надлежащем порядке совокупность таких требований носит наименование «Технич. условий проектирования и сооружения N-й железной дороги». Также индивидуальные условия для данной дороги д. б. разработаны соответственно основным «Технич. условиям проектирования и сооружения», изданным НКПС для линий разных типов и разрядов.

Главными элементами ж. д. являются поперечный и продольный профили полотна, тип верхнего строения и тип локомотива. На выбор этих элементов д. б. обращено особенно серьезное внимание. Выгодность перевозок по ж. д. обусловливается гл. обр. весом поездов, зависящим от веса и мощности локомотива, что в свою очередь зависит от типа верхнего строения. Для данного типа локомотива вес поезда зависит от предельной крутизны подъема, на к-рый должен входить поезд. Основное сопротивление вагонов поезда на прямой и площадке при проектировании ж. д. нормальной колеи определяется по формуле:

$$w_0 = 1{,}5 + \frac{V}{20},$$

где w_0—уд. сопротивление в *кг* на *т* веса поезда, а V—скорость поезда в *км/ч*. Для узкой колеи сопротивление несколько повышается (см. *Железные дороги узкой колеи*).

Подъем, по крутизне к-рого рассчитывается вес поезда, называется предельным, или руководящим, подъемом. Число тысячных долей подъема выражает зависящую от подъема величину уд. сопротивления (в *кг* на *т* веса всего поезда). Величина руководящего подъема дается на прямой, в тысячных долях, а при совпадении с кривой она д. б. уменьшаема, исходя из принятых ф-л сопротивления поезда на кривых. Для ж. д. нормальной колеи и для двухосных вагонов обычно берется ф-ла $w_r = \frac{750}{R}$, где w_r—удельное сопротивление от кривой, выраженное в *кг* на *т* веса поезда, а R—величина радиуса кривой в *м*. Для ж. д. узкой колеи в 750 *мм* у нас установлена формула $w_r = \frac{425}{R}$, но повидимому она дает

преувеличенные значения, и правильнее было бы принять $w_r = \frac{375}{R}$.

Полное удельное сопротивление вагонов поезда нормальной колеи

$$w = 1{,}5 + \frac{V}{20} + w_r + i,$$

где i—величина подъема в тысячных долях. Все данные для тяговых расчетов по наиболее распространенным у нас типам паровозов можно почерпнуть в т. н. паспортах паровозов; эти данные являются результатами опытов, произведенных на наших дорогах специальной комиссией под руководством Ю. В. Ломоносова. О производстве тяговых расчетов см. *Тяговые расчеты*.

Если технич. или экономич. соображения заставляют на нек-рых участках ж. д. применять уклоны больше нормальных, то для возможности сквозного пропуска полных составов поездов на таких участках вводится двойная, тройная или вообще кратная тяга, т. е. в состав поезда в помощь основному локомотиву вводятся добавочные. Добавочные локомотивы могут помещаться в голове или хвосте поезда; в последнем случае они называются толкачами. Подталкивание удобно в том отношении, что сила тяги толкача не увеличивает напряжения сцепных приборов и следовательно не грозит опасностью их разрыва. Поэтому помещение добавочных локомотивов в конце поезда считается типовым, и уклоны, отвечающие этому типу тяги, носят название подталкивательных. Руководящий уклон, как и пропускную способность, в проекте дороги рассчитывают на грузовое направление, и поэтому, там где имеются резко выраженные грузовое и порожняковое направления движения, можно применять неодинаковые величины руководящих уклонов для обоих направлений, что дает иногда серьезные выгоды. Уклоны, построенные по такому принципу, называются уравнонешенными.

На скатах сопротивление движению поезда преодолевается полностью или отчасти слагающей силы тяжести спускающегося поезда. Если при этом поезд не развивает излишней скорости, требующей торможения, так что сила тяжести скатывающегося поезда полностью утилизируется на его движение, то такие скаты (или уклоны) именуются безвредными. Если учитывать сопротивление паровоза с закрытым регулятором, то пределом крутизны безвредных скатов (уклонов) можно принять 0,005. Уклоны круче 0,005, на которых необходимо тормозить спускающиеся поезда, именуются вредными. Если имеется уклон на кривой части пути, то для восходящих поездов уд. сопротивление от действительного уклона $w_i = i$ увеличивается на величину сопротивления от кривой $w_r = i_r$. Эта общая величина сопротивления м. б. представлена как величина воображаемого уклона на прямой, дающего то же сопротивление, как и данное сочетание уклона и кривой: $i_k = i + i_r$. Такой уклон именуется приведенным или фиктивным. Наконец, если подсчитать среднюю величину уд. сопротивления поезда для данной линии (или участка ее) и определить, какой средней величиной уклона оно могло бы быть заменено, то получается эквивалентный уклон.

Зная тип паровоза, профиль пути и вес поезда, можно по правилам тяговых расчетов определить скорости хода поездов обоих направлений по любому элементу профиля. Необходимость скрещения встречных и обгона попутно идущих поездов разных скоростей только на пунктах скрещения (на однопутных дорогах) требует рационального размещения разъездов по принципу стремления к равномерному занятию всех перегонов. Перегоны, примыкающие только к разъездам, на к-рых не производится набор воды и топлива, подчиняются этому требованию. Перегоны, примыкающие к станциям, д. б. короче, чтобы дать время для набора воды или топлива.

Определение числа поездов по грузообороту. На основании тяговых расчетов м. б. установлен предельный состав поезда при предельном числе полногрузных вагонов, т. е. наибольший теоретич. вес поезда. Практически, отдельные вагоны загружаются не полностью, и потому составы бывают неполного веса. Руководствуясь статистич. материалом, можно выяснить, насколько средний практич. вес поезда меньше теоретического. Кроме того нужно учесть неравномерности грузовых потоков и по направлениям и по времени. В среднем при загрузке вагона на 70%, при соотношении грузооборотов по направлениям (грузовому и порожняковому) 70 и 30%, при неравномерности по времени 1:1,2 фактич. полезная нагрузка поезда м. б. принята в 45—50% от максимальной, определенной по тяговым расчетам. Отсюда можно получить и требуемое число поездов для данного грузооборота.

Ход работ по изысканиям. Нанесение линии на карту. Выбрав карту возможно более крупного масштаба, соединяют на ней прямыми линиями те пункты, через к-рые прохождение новой линии обязательно, и затем ищут долины или ровные водоразделы, попутные в общем направлении начерченным прямым, с тем чтобы пройти линию с наименьшими работами полотна и без особого удлинения. Чем подробнее карта, тем больше она дает указаний для выбора трасы. Пониженные точки пересекаемых водоразделов обычно находятся в тех пунктах, откуда расходятся от водораздела тальвеги долин или водотоков.

Рекогносцировочные изыскания. Изучив по карте местность и наметив на плане несколько возможных и желательных направлений (вариантов), переходят к рекогносцировке на месте. Для этого с изученной картой в руках обходят (или объезжают) весь район, в к-ром допустимо наметить варианты, пополняя указания карты осмотром местности, расспросами местных жителей, а иногда глазомерными съемками и барометрич. определениями высот важнейших точек. Обследование должно охватить всю площадь, где возможно было наметить варианты, но сосредоточивать внимание надлежит на труднейших местах, значение которых иногда оказывается

решающим, почему с них и следует начинать рекогносцировку. При рекогносцировочных съемках допускаются промеры длины шагами, измерение углов бусолью и т. д., в зависимости от степени точности, к-рой требуют задания. Рекогносцировка является очень важным и ответственным делом и требует большой опытности. Если необходимы более точные данные, то рекогносцировки выполняются при помощи геодезич. инструментов, и тогда они получают название **рекогносцировочных**, или **летучих**, изысканий. Они ведутся с большей подробностью, чем простая рекогносцировка, но не вдаются в разработку деталей.

Подробные изыскания. Рекогносцировка обычно намечает несколько вариантов искомой трасы. Чтобы сделать выбор между ними и выяснить наиболее целесообразные технические условия проекта, назначаются **предварительные** изыскания. Они ведутся с полной точностью геодезич. работ, т. е. измерение углов производится гониометром, пантометром или теодолитом, промер—стальной лентой, делается двойная нивелировка, разбивка кривых в трудных местах, съемка топографически сложных мест в горизонталях и т. д. Если условия местности представляют возможность различных частичных решений, то может явиться необходимость **повторных** изысканий, иногда с изменением технических условий. На основании предварительных изысканий устанавливаются наиболее выгодное и целесообразное направление линии, а также технические условия проектирования и сооружения. В результате составляется общий проект и расценочная ведомость, согласно к-рой м. б. испрошен кредит на постройку.

Окончательные изыскания. По получении кредита и перед приступом к постройке производятся окончательные изыскания, детально разрабатывающие то из направлений, которое оказалось наилучшим. Они дают подробный профиль и план линии со всеми данными, необходимыми для доказательства правильности избранного решения, для разработки детальных проектов и для составления подробной расценочной ведомости. При этом должны быть тщательно исследованы грунты будущих выемок и резервов для насыпей, глубина болот, грунтовые условия будущих оснований для искусственных сооружений, вопросы укрепления полотна, опасные и внушающие сомнения места. Кроме того должны быть собраны подробные данные о местах нахождения строительных материалов, их количестве, стоимости, а ранно выведены единичные цены на все работы. Вопрос о водоснабжении, источниках воды, ее количестве и качестве также должен быть детально проработан. Подробный состав проекта указан в «Наставлении начальникам изысканий», над. НКПС 1925 г.

Составление окончательного проекта требует много труда и времени. Обычно вопрос о проекте крупных новых линий большого экономич. значения изучается и исследуется повторно в течение ряда лет. По мнению амер. инженеров, для составления проекта новой линии нормально нужно до 5 повторных изысканий, включая рекогносцировку.

Организация изысканий в СССР. Изыскания организуются в Центральном отделе строительства (ЦОС) НКПС. Основной крупной единицей, непосредственно ему подчиненной, является экспедиция, к-рая обычно состоит из нескольких партий, причем каждая получает для разработки свой участок. На одну партию можно в среднем назначать 80—150 *км* при окончательных изысканиях (кроме чисто горных изысканий, где эти участки бывают до 40—50 *км*). 125—250 *км* при предварительных и до 600 *км* при рекогносцировочных изысканиях. В обязанности экспедиции входят и полевые и камеральные работы. Последние состоят в разработке теоретич. вопросов, обработке результатов полевых работ и составлении проекта по собранным данным. Обычный срок работы экспедиции 9—10 месяцев. Из них 3—4 недели идет на организацию, сборы к месту работ, 4—4 ½ месяца—на полевые работы и возвращение и примерно столько же—на составление проекта. К организационной работе относится и утверждение в подлежащих инстанциях основных технич. условий проекта.

В состав партии нормально (при подробных изысканиях) входят: начальник партии, старший инженер, младший инженер (он же первый нивелировщик), два техника (второй нивелировщик и пикетажист) и один или два десятника, а всего 15 чел. Если приходится производить рубку леса, это число должно быть соответственно увеличено. Измерение углов при рекогносцировке может быть сделано бусолью, при предварительных изысканиях—гониометром (цилиндрической астролябией), при более подробных изысканиях—пантометром или теодолитом. Обязательно записывают румб каждой прямой линии. Вешение линии обычно ведется при помощи круглых деревянных вешек, длиною ок. 2 *м*, окрашенных поперечными полосами красного (или черного) и белого цвета. Вешки должны иметь железные наконечники. Первые вешки от вершины угла выставляются по визирной линии волосков инструментов, дальнейшие—обычно при помощи бинокля. Пикетажист должен ставить столько промежуточных точек, сколько их требуется для определения объема земляных работ полотна будущей дороги. Пикетажист ведет пикетажную книжку, в которой наносит набросок плана полосы, шириной около 50 *м* по обе стороны от оси линии. Нивелировка ведется в два нивелира, с периодической сверкой результатов. Точность нивелировки задается в зависимости от требуемой точности результатов; обычно на *п. км* длины допускается невязка в $0{,}02\sqrt{2}$ *п. м*.

В трудных местах изменения трасы линии должны основываться на подробном изучении топографии местности, для чего она заснимается поперечными профилями, тахиметрической или воздушной съемкой. В настоящее время задача съемки топографически трудной местности весьма облегчена стереофотосъемкой при помощи фототеодолита—засечками из точек разбитых и пронивелированных магистралей, или аэросъемкой.

Дополнительные изыскания. Кроме продольного профиля, даваемого основными изысканиями, для составления проекта и расценки нужно еще иметь следующие сведения, получение которых составляет предмет так наз. дополнительных изысканий: поперечные профили для косогорных мест трасы (круче 0,2) и для мест расположения станций; данные о грунтах выемок и резервов для насыпей, о геологич. строении мест, могущих угрожать обвалами, сплывами, сдвигами, провалами, осадками почвы, а также о глубине пересекаемых болот; сведения для определения отверстий сооружений в полотне для пропуска текучих вод. Для малых сооружений наибольший расход (приток) воды получается при ливнях; для таких бассейнов нужно определить величину площади бассейна, длину и средний уклон. Для больших бассейнов наибольшие количества стекающей воды получаются при таянии снегов; здесь расход воды определяется по живому сечению, наивысшему горизонту и уклону высоких вод. В местах расположения искусственных сооружений должно быть

произведено исследование грунта для определения типа и стоимости их фундаментов.

Одной из крупнейших задач дополнительных изысканий являются данные для составления проекта водоснабжения дороги (см. *Водоснабжение*, II).

Наконец для составления расценочной ведомости изысканиями д. б. собраны сведения о рабочей силе и ее стоимости, о строительных материалах, местах их нахождения, количестве и качестве их (особенно камня), о залеганиях песка и гальки, годных для балласта, о способах и стоимости доставки материалов к месту работ и т. д.

Особые случаи изысканий. Сюда относятся прежде всего изыскания без карт или, выражаясь точнее, при наличии весьма несовершенных карт, что сильно осложняет задачу. В таких случаях надлежит прежде всего составить при помощи съемок, рекогносцировок и т. п. мер надлежащего типа карту и в дальнейшем ею руководствоваться. Зимние изыскания, вообще говоря, непродуктивны, но иногда, для выигрыша времени или по местным условиям, особенно в малоснежных странах или на сильно заболоченных местах, приходится производить изыскания в зимнее время. Промеры больших рек и изыскания на их поймах также иногда бывает удобнее производить зимою.

Составление проекта. Составление подробного проекта по собранным данным требует, как показала практика, не меньше времени, чем полевые изыскания. Основными документами технич. проекта являются: 1) план линии на карте возможно более крупного масштаба, 2) подробн. продольный профиль линии (при рекогносцировке иногда допускается представление сокращенного профиля), 3) технические условия проектирования данной линии, 4) пояснительная записка к проекту, 5) расценочная ведомость с пояснениями относительно выбранных норм, единичных цен и т. п. Помимо указанных документов следует прилагать к общему проекту схематич. план работ по постройке проектируемой линии, т. к. он может выяснять срок сооружения линии и влиять на расценочную ведомость проекта. При составлении его удобно начать с плана и сроков укладки путей, к-рые ведутся от существующих ж.-д. линий и от портов или пристаней, куда м. б. подаваемы без задержки укладочные материалы и подвижной состав. Сроки укладки по каждой части линии определяются сроками готовности земляного полотна дороги, причем особо крупные работы — туннели, большие мосты—можно иногда обойти временными обходными путями, стоимость которых должна войти в расценку работ. Иногда бывает выгодно для ускорения постройки отдельных крупных искусственных сооружений частично строить их зимой в тепляках. Равным образом возможны временные мосты, временное водоснабжение, временные паровозные депо и другие устройства. Обычно бо́льшая часть работ ведется в безморозное время, но плотничные работы, равно как возведение насыпей из песка или гальки на болотах, мало доступных летом, и т. п. работы м. б. производимы и зимой. План работ вообще нужно считать необходимой частью проекта всякой крупной линии, а иногда и мелких (см. *Железнодорожное строительство*).

Экономика изысканий. Экономика изысканий имеет целью выбрать из всех технически возможных вариантов линии такой, который, удовлетворяя условиям безопасности и срочности движения, давал бы по своим технич. элементам наивыгоднейшее решение вопроса. Технич. элементами, имеющими главное значение, являются: а) паровоз, б) профиль, в) длина линии и г) план линии. При оценке этих факторов учитывают действительные расходы эксплоатации за прежние годы и исследуют влияние того или иного технического элемента дороги на отдельные расходные статьи. По абсолютной величине эти расходы с течением времени меняются, но относительные их величины, выраженные в % от общей величины всего расхода эксплоатации, оказываются достаточно устойчивыми. В качестве основной единицы измерения принимается поездокилометр (поездоверста), и для перевода в денежные единицы берется средняя стоимость поездокилометра (за последние годы перед войной 1914—18 гг. стоимость 1 поездоверсты для всей сети равнялась 1 р. 70 к., что составляет на поездокилометр 1 р. 60 к.). Все расчеты ведутся для постоянной величины грузооборота. Влияние типа вагонов, автотормозов и автосцепки пока, за отсутствием достаточного материала, учитывать не приходится.

Наше современное ж.-д. хозяйство еще нельзя считать вполне установившимся, и потому пока приходится для выводов пользоваться довоенной статистикой. Для нижеприводимых расчетов приняты в основание средние величины за последние три довоенных года: 1911, 1912 и 1913. Расходы эксплоатации берутся по управлению и службам (отделам). Статистика до 1913 года делила расходы эксплоатации на 305 очередных №, сгруппированных в 5 отделов. Из них расходы по отделам I и II (центральное и местное управление), составляющие 14,4% всех расходов, никакими технич. элементами проекта не затрагиваются. Расходы по остальным отделам: III (путь)—20,3%, IV (движение)—21,8% и V (тяга и подвижной состав)—43,5%, в большей или меньшей степени зависят от технических элементов проекта дороги.

Влияние мощности паровоз о н. Паровозные расходы (отопление, освещение, вода, смазка, ремонт и обслуживание самих паровозов и связанных с ними устройств) составляли за 1911—13 гг. в среднем 31,5% всех расходов по управлению и службам. Главнейшими из этих расходов являются: расходы на паровозные бригады 5,6%, топливо для паровозов 15,2%, ремонт и возобновление 6,6%, что в сумме дает 27,4%. Наиболее крупной статьей расхода по этой рубрике является отопление паровозов. Для исследования необходимо иметь более детальное распределение этого расхода. Так как наша статистика этих сведений не имеет, то приходится руководиться данными американской практики, а имен-

но (принимая полный расход топлива за 100%): а) маневры 20%, б) растопка 5%, в) охлаждение 12%, г) остановка и трогание с места 6%, д) подъемы продольн. профиля и кривые части пути 12%, е) сопротивление рельсовой колеи, за вычетом подъемов и кривых, 45%.

Опыт показывает, что увеличение веса поезда ведет к значительному понижению расходов эксплоатации. Поэтому следует считать выгодным применение мощных паровозов, если конечно грузооборот настолько велик, что можно ежедневно формировать достаточное число (примерно 2—4 пары) тяжелых поездов, соответствующих по весу мощным паровозам. Выгода более мощных паровозов состоит в уменьшении числа поездов, нужных для переработки данного грузооборота. Расчет ведется для случая n поездов при слабых паровозах и $(n-1)$ поездов—при мощных. Общий вес вагонов всех поездов в обоих случаях один и тот же. Считая, что при рациональном проектировании паровозов (товарных) мощность их пропорциональна их весу, получим, что и общий вес всех паровозов будет одинаков. Расходы по отделу пути почти не меняются с изменением типа паровоза, раз общий вес последних один и тот же. По отделу эксплоатации и телеграфа уменьшается расход на кондукторские бригады и пр. По отделу тяги расходы на паровозные бригады сберегаются почти полностью (0,9); расход топлива сокращается на 25%. В общем сберегается 14,7—15% от среднего расхода эксплоатации, отнесенного на поездокилометр. Если предельный вес поезда при слабом паровозе равен Q_1 и расход эксплоатации при этом $Э_1$, а при мощном паровозе они будут соответственно Q_2 и $Э_2$, то соотношение расходов эксплоатации для обоих типов паровоза будет:

$$\frac{Э_2}{Э_1} = 0{,}85 + 0{,}15\,\frac{Q_1}{Q_2}.$$

При этом каждый поездокилометр более тяжелого поезда обходится дороже, чем при легком паровозе, но общий расход эксплоатации понижается благодаря сокращению числа поездов. Выгоды мощных паровозов распространяются только на те поезда, которые могут пропорционально мощности паровоза увеличить свой вес. Осторожнее—принимать число таких поездов не более 0,75 всего их числа и соответственно умножать на 0,75 полученный размер выгоды от введения мощных паровозов.

Влияние уклонов. Влияние величины руководящего уклона аналогично влиянию мощности паровоза: от нее зависит состав поезда, а следовательно число поездов, необходимое для переработки данного грузооборота. Смягчение уклона и связанное с этим уменьшение потребного числа пар поездов с n до $(n-1)$ поездов, т. е. на один поезд, создает следующие выгоды. В виду уменьшения общего веса паровозов уменьшается их воздействие на путь, и следовательно расходы по отд. III (путь) уменьшаются (на 3,1% из 20,3%); по отд. IV (движение) уменьшается число поездных бригад; по отд. V (тяга) на каждый сберегаемый поездокилометр сберегается 0,9 от расхода по бригадам (5,04% всего расхода эксплоатации), 0,75 от расхода на топливо (11,4% всего расхода эксплоатации) и 0,8 от расхода на ремонт паровозов и тендеров (53,6% всего расхода эксплоатации). Указанные 3 статьи дают 21,8% экономии от полного расхода. Всего по отд. V имеем 25,05% экономии, а по всем отделам 30,5—31%, т. е. вдвое больше экономии, получаемой от введения мощных паровозов, при том же увеличении веса поезда. Т. о., если до смягчения уклона возможный вес поезда был Q_1 и расход эксплоатации $Э_1$, а после смягчения он будет Q_2 (при том же паровозе) и расход эксплоатации $Э_2$, то влияние смягчения руководящего уклона выражается ф-лой:

$$\frac{Э_2}{Э_1} = 0{,}69 + 0{,}31\,\frac{Q_1}{Q_2}.$$

Если принять за единицу наиболее распространенную у нас величину руководящего уклона 0,009 на прямой, то получим след. соотношение расходов при разных уклонах.

Руковод. уклон в %	Относит. стоимость эксплоатации*	Руковод. уклон в %	Относит. стоимость эксплоатации*
0,000	0,73	0,008	0,97
0,001	0,76	0,009	1,00
0,002	0,79	0,010	1,03
0,003	0,82	0,012	1,10
0,004	0,85	0,015	1,20
0,005	0,88	0,020	1,39
0,006	0,91	0,025	1,63
0,007	0,94	0,030	1,84

В среднем смягчение на 0,001 уменьшает расходы эксплоатации на 3%. При смягчении уклонов, как и при увеличении мощности паровозов, полная выгода получается только от тех поездов, к-рые увеличат свой вес до возможного предела, и потому размер выгоды от смягчения уклонов нужно также умножать на 0,75.

Руководящий подъем ограничивает вес поезда—в этом его главное значение. Вообще же всякий подъем вызывает дополнительную работу по поднятию поезда на известную высоту. Наоборот, при движении поезда под уклон сберегается топливо. Поэтому, если на скате поезд не нужно тормозить, то вся сила тяжести будет утилизирована, и работа подъема поезда на данную высоту будет использована. Если учесть сопротивление паровоза с закрытым регулятором (от 13,5 до 20 *кг* на *т* паровоза с тендером, при скоростях ок. 40 *км/ч*) и среднюю величину веса вагонов поезда, то средняя величина полного уд. сопротивления всего поезда на скате будет ок. 6 *кг* на *т* веса поезда (включая сопротивление машины паровоза). При паровозе с открытым регулятором, идущем на подъем, среднее уд. сопротивление поезда того же веса около 4,75—5,00 *кг* на *т*. Поэтому вообще среднее уд. сопротивление поезда для расчетов экономики изысканий, базирующихся на средних отчетных данных, следует принять не менее 5 *кг* на *т*, чему соответствует эквивалент подъема 0,005. Подъемы 0,005 и положе (если они не менее руководящего) почти не влияют на расходы эксплоатации и считаются безвредными. Уклоны круче 0,005 считаются вредными, но только в той их части, которая превышает

* Измеритель выгодности подъема.

крутизну 0,005, и только эта часть составляет высоту вредных подъемов.

Из сказанного получается вывод, что подъем 0,005 удваивает сопротивление поезда по сравнению с прямой и площадкой. Произведенные на основе этих данных подсчеты показывают, что каждая тысячная подъема сверх безвредного дает увеличение расходов: по отд. III на 0,3, а по отд. V на 1% от общей суммы всех расходов (на расходы по отд. IV увеличение подъема влияния не оказывает). Эта общая величина 1,3% относится к поездокилометру, а т. к. подъем 0,001 на протяжении 1 *км* дает поднятие поезда на 1 *м*, то получается, что подъем поезда на 1 *м* дает повышение расходов на 1,3% на каждый поездокилометр, что при стоимости поездокилометра в 1 р. 60 к. дает в год на каждую пару поездов добавочного расхода 15 р. на каждый *м* вредного подъема. Капитализируя этот ежегодный расход из установленного процента, можно определить размер капитала, который выгодно затратить на уничтожение соответственного числа *м* вредных подъемов.

Влияние длины пути. При оценке наиболее часто встречающихся на практике случаев небольших изменений длины пути, не меняющих числа станций, все расходы, связанные со станциями, не играют роли. Крупное значение получают расходы по отделу III. Статистика показывает, что бо́льшая часть этих расходов, а именно ремонт и содержание пути, зданий и сооружений, составляющая 12,67% от полного расхода эксплоатации, изменяется, при небольших колебаниях длины, пропорционально длине линии. По отд. IV от длины частично зависят только пикилометровые расходы на кондукторские бригады и по ремонту и содержанию телеграфных линий, составляющие 2,9% от полного расхода эксплоатации. По отд. V пропорционально длине изменяется значительная часть расходов на топливо, на ремонт паровозов и вагонов и на содержание поездных бригад; эта часть составляет в общем 17,52% от всего расхода эксплоатации. Т. о. сумма всех расходов, изменяющихся пропорционально небольшим изменениям длины линии, составляет (округленно) $^1/_3$ полного расхода эксплоатации. Если изменение длины значительно и влечет за собою изменение числа малых станций, то изменяющуюся часть расходов можно принять в $^1/_2$ всего расхода эксплоатации.

Уменьшение длины линии иногда может быть достигнуто применением более крутых руководящих подъемов. Задача изыскания в этом случае—выбрать наиболее выгодный из вариантов.

Допустим, что имеется два варианта, в которых S_1 и S_2 (соответственно)—длина линии в *км*, $Э_1$ и $Э_2$ — расход эксплоатации на 1 *км*, P_1 и P_2—полный расход эксплоатации, k_1 и k_2—коэф. зависимости расхода эксплоатации от руководящего подъема.

Из условия $P_1 = S_1 \cdot Э_1 = P_2 = S_2 \cdot Э_2$ имеем:

$$\frac{S_2 - S_1}{S_1} = \frac{Э_1 - Э_2}{Э_2} = \frac{Э_1}{Э_2} - 1 = \frac{k_1}{k_2} - 1.$$

По этой формуле можно определить, при каком изменении длины линии данное изменение руководящего подъема не вызовет изменений в общей сумме расхода эксплоатации.

Влияние кривых. Дополнительный расход эксплоатации, вызываемый кривыми, обусловлен работой по преодолению тех добавочных сопротивлений, к-рые развиваются при прохождении кривых. Уд. сопротивление в кривых принимается, как уже сказано, обратно пропорциональным радиусу кривой, т. е. $w_r = \frac{C}{R}$, где C—условный коэфициент, постоянный для данной ширины колеи и для данного типа подвижного состава. Длина кривой $S = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180}$, где α—центральный угол кривой в градусах. Вся работа сопротивления поезда на кривой равна:

$$(P + Q) \cdot w_r \cdot S = (P + Q) \cdot \frac{C}{R} \cdot \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180} =$$
$$= (P + Q) \cdot \frac{\pi \cdot C \cdot \alpha}{180} = (P + Q) \cdot M \cdot \alpha,$$

где P—вес паровоза с тендером, Q—вес вагонов поезда. Т. о. работа сопротивления, вызываемого кривою, зависит только от угла кривой. Радиус кривой, при к-ром уд. сопротивление от кривой дает 5 *кг* на *т* веса, т. е. удваивает среднее сопротивление на прямой и площадке, определяется из ф-лы:

$$w_r = \frac{750}{R} = 5, \text{ откуда } R = 150 \text{ м}.$$

Один *км* кривой такого радиуса соответствует центральному углу в 380° (точнее 382°). Чтобы оперировать практически более удобными величинами, берется кривая радиусом в 750 *м* и соответственно—центральный угол 76°. Подсчеты показывают, что поворот на 76° вызывает для каждого поезда расход в 7,23% от полного расхода эксплоатации, отнесенного на поездокилометр. Исходя из этого, можно при сравнении вариантов экономически оценивать количество кривых в них. Надо заметить, что из всех расчетов экономики изысканий оценка значений кривых является наименее точной, т. к. статистика расходов эксплоатации ж. д. не дает достаточных материалов, чтобы выделить влияние кривых.

Влияние добавочных паровозов. Сила добавочных паровозов не используется полностью. Коэфициент использования обыкновенно принимается 0,80—0,90. Между тем расходы на добавочный паровоз идут в той же мере, как и на основной, за исключением расхода на маневры (20%). По отд. III добавочный паровоз вызывает дополнительно расходы на рабочую силу по ремонту пути, на ремонт рельсов и скреплений, а также на шпалы и балласт; эти расходы составляют 3,97% от всего расхода эксплоатации. По отд. IV добавочный паровоз новых расходов не создает. По отд. V нужно исключить лишь расходы на маневры (20%); содержание мастерских—отнести лишь в доле 40% на второй паровоз. Всего на этот паровоз по отделу V приходится 24,80% полного расхода эксплоатации. По всем же отделам расход на второй паровоз (толкач) составляет на обслуженный им поездокилометр 28,77≅29% от полного среднего расхода на поездокилометр вообще. На этой основе можно рассчитать выгодность варианта двойной тяги. В виду возможности следования изредка поездов малого состава одиночной тягой принимается поправочный коэф. 0,95. Кроме того необходимо учесть сокращение длины линии благодаря крутому ру-

ководящему уклону, обслуживаемому двойной тягой. Выше указано, что небольшие сокращения длины дают экономию в 0,33 от полной средней стоимости сокращаемых поездокилометров. Двойная тяга увеличивает на 0,29 расходы на обслуживаемые ею поездокилометры. Отношение $\frac{0,29}{0,33} = 0,88$ показывает, что если сокращение линии при введении двойной тяги составляет около 88% от длины участка, обслуженного двойной тягой, то двойная тяга не увеличивает расходов эксплоатации.

Сравнение вариантов по расходам эксплоатации м. б. выражено в виде следующей ф-лы:

$$Э_2 = \left(0,25 + \frac{k_2}{k_1} \cdot 0,75\right)\left[0,25 + 0,75\left(0,85 + 0,15\frac{Q_1}{Q_2}\right)\right]\Big[S_1 + (S_2 - S_1) \cdot 0,33 + 0,29 \cdot 0,95(s_2 - s_1) + (\Sigma H_2 - \Sigma H_1)\,0,0125 + (\Sigma\alpha_2 - \Sigma\alpha_1) \cdot 0,00091\Big] \cdot A,$$

где S_1 и S_2 (соответственно)—длина вариантов в *км*, s_1 и s_2—длина участков двойной тяги в *км*, ΣH_1 и ΣH_2 — сумма вредных высот в *м*, $\Sigma\alpha_1$ и $\Sigma\alpha_2$—сумма углов поворота в градусах, k_1 и k_2—эксплоатационные измерители подъема, A—расходы эксплоатации на 1 *км* в год при известном числе пар поездов.

При резких изменениях топографии района может оказаться целесообразным уменьшение основного руководящего уклона в легких частях линии и увеличение его на трудных участках, что влечет за собою уменьшение расходов эксплоатации и увеличение пропускной способности линии; в этих случаях на трудных участках применяют двойную или тройную тягу. Если, для простоты сравнения, длину обоих вариантов принять одинаковой и если вариант с однообразным руководящим уклоном i_1, эксплоатационный измеритель подъема к-рого равен k_1, имеет длину S', а второй вариант—соответственные значения i_2, k_2 и длину участков с двойной тягой S'', то равенство расходов эксплоатации обоих вариантов получается при условии:

$$\frac{S''}{S'} = \frac{(k_2 - k_1) \cdot 100}{\beta k_2},$$

где β—величина возрастания расхода эксплоатации от двойной тяги (выше величина β была определена равной 0,29). Отсюда можно найти, какой процент длины всей линии S' можно обслуживать двойной тягой для смягчения руководящего уклона на остальной части $S' - S''$. В среднем получается, что допущение двойной тяги на 12% длины линии оправдывается смягчением руководящ. уклона на 0,001 на остальном протяжении.

Электрическая тяга уместна и выгодна на линиях с большой густотой движения, в частности на линиях пригородного движения с большим числом поездов и на городских ж. д. Экономия, к-рую дает электрическая тяга по сравнению с паровой, достигается гл. обр. по трем статьям расхода: 1) топливо, 2) ремонт и возобновление локомотивов, 3) содержание паровозных бригад. Поэтому смягчение уклонов, дающее главную экономию по тем же статьям, производит при электрич. тяге значительно меньший эффект, чем при паровой; следовательно при электрич. тяге допустимы более крутые руководящие уклоны. Этим объясняется применение электрификации перевальных участков. При тяжелых условиях водоснабжения электрич. тяга также м. б. выгоднее паровой. Однако электрич. тяга требует гораздо бо́льших капитальных вложений, и поэтому ее целесообразность д. б. проверена соответственными финансовыми расчетами.

Тепловозная тяга дает экономию в топливе, но как постройка, так и ремонт мощных тепловозов пока обходятся очень дорого. Они уместны пока гл. обр. на безводных участках большого протяжения; окончательное же суждение о роли тепловозов в ж.-д. хозяйстве принадлежит будущему.

Лит.: Экономические вопросы—Антошин А. Н., Исчисления грузооборота и доходности вновь проектируемых железных дорог и действительные результаты по некоторым из них, М., 1913; Белоусов М. П., Рентабельность сооружения железных дорог с точки зрения общегосударственной экономики, Москва, 1927; Бернацкий Л. Н., Сверхмагистраль и сверхмагистрализация ж.-д. транспорта СССР, М., 1925; Гибшман Е. А., Коммерч. изыскания, М., 1915; Экономич. обследования и экономика ж. д. Сборн. статей под ред. Е. А. Гибшмана и Н. Н. Дегтерева, М., 1926; Кашкин К. Н., Экономика изысканий ж. д., 3 изд., М., 1928; Чупров А. И., Ж.-д. хозяйство, М., 1910; Яцына В. Л., Отыскание выгоднейшего направления проектируемых ж.-д. линий, СПБ, 1908; его же, Экономика постройки ж. д., М., 1924; Уэббс В., Экономика ж. д., пер. с англ., М., 1923; de Freycinet Ch., Des pentes économiques en chemins de fer, P., 1861; Launhardt W., Theorie d. Trassierens, 2 Aufl., Hannover, 1887—88; Leygue L., Chemins de fer. Notions générales et économiques, P., 1892; Webb W. L., The Economics of Railroad Construction, 2 ed., N. Y., 1912; Wellington A. M., The Economic Theory of the Location of Railways, N. Y., 1924.

Технические изыскания—Антоненко И. Л., Изыскания и проектирование железных дорог, т. 1, Киев, 1925, т. 2, Киев, 1927; Близняк Е. В., Руководство к барометрическому нивелированию, 2 изд., М., 1925; Кашкин К. Н., О проведении линии ж. д. в безводной местности и об электрич. тяге на таких линиях, «Железнодорожное дело», М., 1903, *27—28*; Кашкин К. Н., К вопросу о паровой и электрич. тяге, там же, 1905, *5*; Краевский Г., Ж.-д. изыскания и составление проекта, СПБ, 1902; Любимов Л. Н., Ж.-д. изыскания и разбивка линий, М., 1924; Оппенгейм К. А., Проектирование ж. д., ч. 1—2, М., 1928, ч. 3, М., 1925, ч. 4, М., 1926; Патон Е. О., Железные мосты. Составление эскизов, Киев, 1925; Розенталь В. Г., Новый способ производства барометрич. реногносцировок, СПБ, 1909; Фельдт В. К., Новый принцип водоснабжения ж. д., СПБ, 1901; Штольцман С. А., Из практики постройки ж. д., СПБ, 1906; его же, Западно-Уральская жел. дор., П., 1917; Штукенберг Л. А., Производство ж.-д. изысканий, 2 издание, СПБ, 1904; Энгельгардт Ю. В., Железные дороги, том 1—Общий обзор и проектирование железных дорог, М.—П., 1924, т. 3—Узкоколейные железные дороги, М.—Л., 1929; Ягодин В. Г., Жел.-дор. изыскания и составление проекта железных дорог, М.—Л., 1927; Birk A., Der Wegebau, B. 4—Linienführung d. Strassen- u. Eisenbahnen, 2 Aufl., W.—Lpz., 1922; Dufour M. A., Cours des chemins de fer, P., 1918; Searles W. H. a. Ives H. Ch., Field Engineering, N. Y., 1907; Webb W. L., Railroad Construction, 7 ed., N. Y., 1922; Die Eisenbahntechnik d. Gegenwart, hrsg. v. Blum, B. 2, Abschnitt 1—Linienführung u. Bahngestaltung, 2 Aufl., B., 1906.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ МАСТЕРСКИЕ предназначаются для: а) ремонта подвижного состава и разных предметов оборудования дорог и б) для массового изготовления запасных частей подвижного состава. В некоторых странах с развитой промышленностью (например в Германии) последняя функция мастерскими не выполняется, и снабжение складов запасными частями производится от посторонних заводов. По объектам ремонта Ж. м. бывают специализированные (паровозные или вагонные) и смешанные (паровозо-вагонные). Практика последних лет за границей и у нас остановилась на постройке исключительно специализированных мастерских, смешанные же

мастерские старой постройки постепенно специализируются. При этом специализация идет не только в направлении отделения ремонта паровозов от ремонта вагонов, но и внутри этих двух классов мастерских, по типам и видам паровозов и вагонов.

По отношению к паровозам существуют два вида ремонтной политики. При одном из них весь ремонт, невыполнимый во время простоя в депо между поездами и на промывке, сосредоточивается в главных мастерских; при другом—ремонт разделяется между главными мастерскими, производящими капитальный ремонт паровозов, и участковыми мастерскими, выполняющими остальной ремонт между двумя смежными капитальными. Различие этих видов ремонтной политики сказывается на размерах сборочных цехов главных мастерских, на характеристике ремонта и на длительности периодов, через к-рые паровоз поступает в мастерские. Различие в размерах сборочных цехов главных мастерских обусловливается неодинаковым количеством паровозов, проходящих через главные мастерские в том и другом случае. Характеристика ремонта, т. е. сумма требований, предъявляемых к состоянию паровоза, выпускаемого из мастерских, м. б. понижена в тех случаях, когда паровоз чаще попадает в главные мастерские; это в особенности касается котельных работ, т. к. работы по другим частям паровоза претерпевают в этом отношении значительно меньше изменений. Благодаря наконец более частому возвращению паровозов в главные мастерские при первом виде ремонтной политики, снижение характеристики ремонта не отражается на состоянии паровозов, работающих на линии. Сопоставление германских и наших норм пробега и сроков ремонта паровозов может иллюстрировать разницу между обоими видами ремонтной политики (табл. 1).

Табл. 1.—Нормы пробега и сроки ремонта паровозов.

Виды ремонта	Сроки ремонта в годах	Пробег (предельный) для пасс. / для тов. в км
	I (Германия)	
Капитальный	1½	130 000 / 90 000
Средний	По мере надобности	—
	II (СССР)	
Капитальный	6	300 000 / 220 000
Средний	—	90 000 / 75 000

Что касается вагонов, то для их ремонта существуют следующие сроки:

Пассаж. мягкие: кап. рем. через 6 л., средн.—3 г.
» жесткие: » » » 9 » » 3 »
Товарные с металлич. кузовом, металлич. стойками и деревянной обрешеткой: конвенционный ремонт через 4 года.
Прочие товарные: конвенционный ремонт через 3 г.

Кроме того на нек-рых железн. дорогах в главных мастерских производится также и ежегодный осмотр пассажирских вагонов.

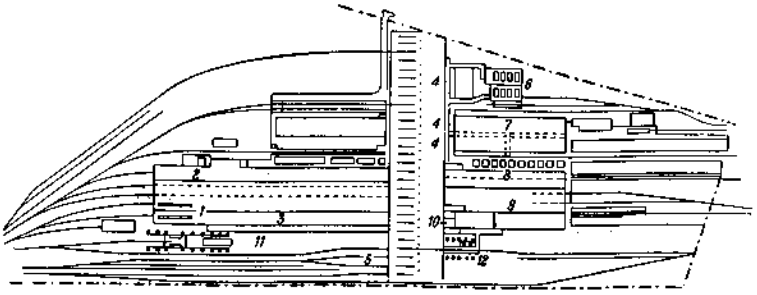
Распределение и состав Ж. м. При распределении мастерских по сети дорог руководятся или нуждами отдельной дороги, или нуждами целой группы дорог, или наконец нуждами района, охватывающего части нескольких дорог. Районирование мастерских по тому или другому принципу, в связи со специализацией мастерских, начинает применяться во многих странах по соображениям технич. и экономич. целесообразности.

В состав паровозных мастерских входят цехи: сборный, пригоночный, медницкий, тендерный, котельный, трубный, малярный, механический, колесный, кузнечный, литейный, электросварочный, а кроме того—электрич. станция, центральная кладовая, главная контора, проходные будки, столовая, приемный покой и другие вспомогательные части. Состав вагонных мастерских отличается от паровозных отсутствием тендерного, котельного, трубного, медницкого и литейного цехов, вместо к-рых устраиваются цехи тележечный, деревообделочный, столярный и жестяницкий. В соответствующих случаях м. б. развиты в отдельные помещения нек-рые отделения основных цехов или, наоборот, неответственные цехи—обращены в отделения больших цехов, располагаясь в одном с ними помещении. Цехи литейный, кузнечный, механический называются подготовительными. Постройка их при каждой вновь строящейся мастерской не является обязательной и зависит от задач, возлагаемых на мастерские. В настоящее время, при интенсификации вспомогательных цехов существующих мастерских, мыслима и в СССР постройка мастерских, имеющих исключительно ремонтные задачи, по образцу германских, без всяких задач снабжения дорог запасными частями. Выгоды концентрации производства и массового изготовления могут вызвать постройку исключительно вспомогательных цехов, объединенных в центральный заготовительный з-д, приближенный к району нахождения сырья и не включающий в себе цехов с ремонт. задачами.

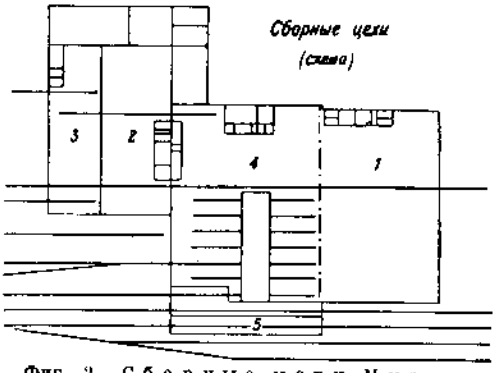
Мастерские м. б. тупиковыми и проходными, по расположению путей, связывающих их с территорией станции. Далее, мастерские могут состоять из отдельных построек или представлять собою здание под одной крышей. Подготовительные цехи располагаются отдельно от сборных. Различные типы расположения указаны на фиг. 1—4. Для транспортной связи между цехами употребляются передвижные дворовые тележки. Недостатки тележек: заносимость котлованов снегом и неудобство поперечного перемещения через котлован помимо тележки; преимущества тележек: простота маневрирования с единицами подвижного состава, помещающимися на тележке, уменьшение территории между цехами, удобство расположения цехов.

Устройство цехов. Паровозосборные цехи бывают: поперечные—с наружн. тележкой, поперечные—с внутренней тележкой и продольные. Первый тип устарел и при новых постройках не применяется вследствие сильного охлаждения и затемнения помещения большим числом ворот, выходящих на тележку. Поперечный тип с вну-

тренней тележкой свободен от этих недостатков, но представляет свои неудобства: излишнюю крытую площадь, непроизводительно занятую под тележку; необходимость иметь помимо тележек краны для поднятия котлов и рам; ограниченность использования цеха, т. к. в него м. б. вводимы те типы подвижного состава, к-рые умещаются на тележке и в поперечном стойле. С удлинением базы подвижного состава приходится такие сборные цехи перестраивать. Продольный тип имеет следующие преимущества: простое маневрирование кранами, возможность разнообразных способов расположения объектов ремонта, применения различной последовательности работ, и возможность ввода подвижного состава любой длины. Недостатком такого типа является лишь сильное охлаждение при открывании ворот в лобовых стенах.

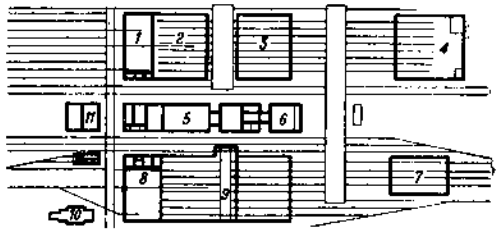


Фиг. 1. Мастерская в Декатуре (США): 1—место для заправки паровоза; 2—котельная; 3—тендерная; 4—машинная; 5—место для разборки паровоза; 6—силовая станция; 7—кузница; 8—колесотокарная; 9—пригоночная; 10—распределительное бюро; 11—кран на 10 m; 12—кран—на 5 m.

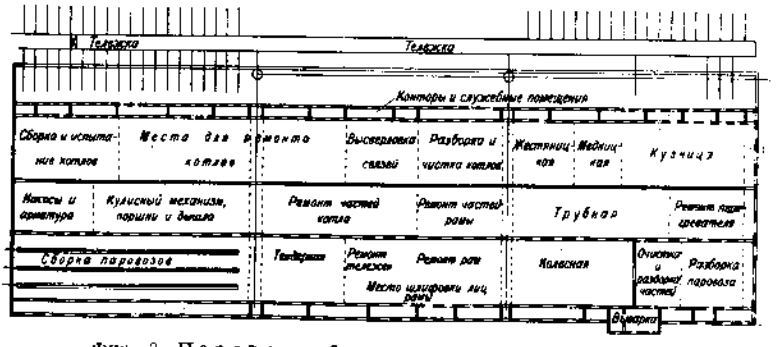


Фиг. 2. Сборные цехи Муромских мастерских: 1 — механический; 2 — котельный; 3 — тендерный; 4 — сборный; 5 — малярный.

Вагоносборные цехи бывают таких же типов, как и паровозосборные, с теми же преимуществами и недостатками. Продольные сборные для вагонов имеют еще то преимущество, что в них легче осуществить поточн. систему ремонта. Продольные сборные бывают тупиковые и сквозные, а в последних пути могут выходить на дворовые тележки, что для поточной системы ремонта вагонов менее удобно. Примерные размеры площадей сборных цехов и соотношения их частей приведены в табл. 2 и 3. В паровозосборной вспомогательные помещения в % от общей площади составляют: разборочная 5, медницкая 4, механическая 6, обшивочная 5, кладовые 7, уборные и раздевальни 5, контора 3, заправочная 5. Надо однако иметь в виду, что данные, приведенные в табл. 2 и 3 относительно существующих в СССР размеров площадей цехов, взятые по дореволюционным нормам, в настоящее время в значительной степени устарели в результате введения новых методов работ, рационализации производства и нового законодательства в области охраны труда. Для этих новых условий не установлено еще строго определенных норм и не имеется статистич. материала. Кроме того отношения площадей вспомогательных цехов к площади сборного цеха и к стойлу зависят от относительных объемов продукции вспомогательных цехов, идущей для потребностей самих мастерских и для потребностей складов и участков дороги.



Фиг. 4. Вагоносборная мастерская: 1 — токарная; 2 — сборная пассаж. ваг.; 3—малярная; 4—сборная пассаж. ваг.; 5—кузница; 6—столярная; 7—малярная тов. ваг.; 8—деревообделочная; 9—сборная тов. ваг.; 10—контора; 11—силовая станция.



Фиг. 3. Паровозосборная в Бранденбурге (Германия).

Табл. 2.—Основные данные по паровозосборным цехам.

Основные данные	Поперечная сборная		Продольная сборная	
	германская	русская	америк.	русская
Общая ширина здания, *м*	70	53,2	30	21,2
Ширина здания у стойл, *м*	23	17	—	—
Ширина помещения тележки, *м*	24	19,2	—	—
Длина тележки, *м*	14	12,7	—	—
Высота от пола стойла до затяжки стропил, *м*	12	7	15	12
Высота над тележкой, *м*	5	7	—	—
Высота от пола до рельса верхнего крана, *м*	10	—	12	—
То же—до нижнего, *м*	7	6	9	9
Расстояние между осями стойл, *м*	6,4	6,4	—	6,4*1
Глубина ямы у тележки, *м*	0,3	0,20—0,60	—	—
Число путей	—	—	3	3
Мощность мостового крана верхнего, *т*	80	40*2	80—120	25—40
То же—нижнего, *т*	5	5	5	5
Площадь сборной на 1 стойло, *м*²	210	170	200	108
То же—со вспомогат. помещениями, *м*²	300	250	300	150

*1 Расстояние оси крайнего пути от стены 4,2 *м*. *2 Имеется только в одной мастерской.

Табл. 3.—Основные данные по вагоносборным цехам.

Основные данные	Поперечная сборная	Продольная сборная
Ширина для пассаж., *м*	80	—
» » товарн., *м*	69	—
Длина стойла, *м*	23	—
Длина тележки для пассаж., *м*	20	—
Длина тележки для товарных, *м*	13	—
Глубина канавы, *м*	0,3	—
Расстояние между осями колонн тележечного помещения пассаж. вагонов, *м*	26	—
То же—товарн. вагон., *м*	19	—
Высота *1, *м*	7,2	72
Общая площадь на 1 стойло *2, *м*²	256	147 пасс. 77 тов.
То же—без тележечного цеха, *м*²	320	6,4
Расстояние между осями путей, *м*	6,4	3—6
Число путей	—	

*1 При отсутствии кранов. *2 При наличии особого тележечного цеха.

Площадь вспомогательных помещений	В *м*² на 1 стойло
Дезинфекционная для вагонов	1,0
Для смены тележек	2,0
Тележечная	13,0
Плотницкая: для тов. ваг.	3,5
» » пасс. »	4,0
Ремонт котлов пасс. ваг.	2,4
Ремонт отопления	0,5
» тормозов	1,8
» замков, сеток, сидений	0,5
Кровельная: для тов. ваг.	2,3
» » пасс. »	1,8
Листоправная	3,6
Жестяницкая	2,8
Кузница	6,0
Медницкая	1,0
Механическая: для тов. ваг.	5,8
» » пасс. »	9,0
Малая деревообделочная	2,3
Ремонт освещения	1,5
Полировочная и никелировочная	1,8
Мастиковая и лакировочная	3,0
Обойная	7,5
Волосотрепальная	0,5
Столярная	12,5
Дезинфекционная для обойных материалов	0,5
Прачечная	0,6
Краскотерочная	0,6
Стекольная	0,8

Котельный цех. Площадь на 1 стойло котельного цеха—180 *м*², на 1 стойло паровозосборной—185 *м*². Из этой площади приходится на площадь горячей котельной 35 *м*², механической—20 *м*², вспомогательных помещений—20 *м*². Высота котельной 12 *м* до рельса крана. Указанные площади определены при существовавших простоях котлов в ремонте в 45—60 раб. дн. При сильном снижении простоя котлов в ремонте размер площади котельной, приходящейся на 1 стойло сборного цеха, должен быть понижен до ~ 60% указанной нормы.

Механический цех. Площадь цеха на 1 стойло паровозосборной—170 *м*², на 1 стойло вагоносборной—9 *м*², на 1 станок—20 *м*². Современная организация работ требует оставления в механич. цехе станков лишь для таких работ, к-рые м. б. сделаны по чертежу без всяких индивидуальных данных или размеров, снятых с объекта ремонта; выполнение же работ по индивидуальным размерам, отклонившимся от проектного чертежа в результате наноса или условий сборки, переносится на станки пригоночного цеха. Эти обстоятельства должны уменьшить площадь механич. цеха на 1 стойло паровозо- и вагоносборной, увеличив площадь, приходящуюся в сборном цехе на размещение механическ. оборудования. Это увеличение последней площади равняется

Табл. 4.—Станковое оборудование цехов.

Род станков	Число станков механич. и колесного цехов на 1 стойло паровозосборной		Число станков в % к общему числу станков (для СССР)	
	США	СССР	в паровозосборн.	в вагоносборн.
Токарные	4,80	2,79	42	31
Строгальные	1,00	0,22	7,5	4
Шепинги	0,50	0,29	—	—
Долбежные	0,46	0,18	3	2
Фрезерные	0,38	0,44	12	7
Сверлильные	1,08	0,70	18	26
Шлифовальные	0,67	0,44	13	22
Болто- и гайкорезные	—	—	4,5	8
Разные	0,70	0,27	—	—

100—200%, что составит не 6, а 10—15% от площади паровозосборной. Точное определение числа потребных станков м. б. сделано в зависимости от конкретной характеристики выбранного типа станка, режущего инструмента и оборотов трансмиссии. Для ориентировочного подсчета числа станков, составляющих оборудование механич. и пригоночного цеха, можно пользоваться табл. 4. Специализация работ и станков, поднимающая производительность отдельных видов станков, может изменить эти соотношения.

Колесный цех. Площадь цеха с бандажной составляет в среднем 30 $м^2$ на одно стойло паровозосборной, при условии следующего объема работ (%-ное отношение числа сменяемых частей ко всему числу колесных пар).

Наименование колесных пар	Бандажей	Центров	Осей	Обточка бандажей
Паровозные	340	2	3	240
Тендерные	240	3	3	200
Вагонные пассаж .	50	10	15	100
» товарн. . .	20	10	15	100

При новых колесных станках, дающих производительность, в 3—4 раза бо́льшую сравнительно со станками, по преимуществу имеющимися в наших мастерских, указанный размер площади на одно стойло может быть уменьшен на 30—40%.

Тендерный и малярный цехи. Размеры площади цехов определяются по потребностям стойл, в зависимости от принятых простоев и расстояний между осями стойл. Основные данные для проектирования приведены в табл. 5.

Табл. 5.—Основные данные о паровозах и тендерах дорог СССР, необходимые при проектировании.

Данные \ Серия	2-3-1 сер. Л	1-3-1 сер. С	2-3-0 сер. КУ	2-3-0 сер. Б	1-5-0 сер. Е	0-5-0 сер. Э	1-4-0 сер. Щ	0-4-0 сер. О	1-5-0 сер. Ф	2-4-0 сер. М
Паровозы:										
Длина паровоза от обреза буферов до края будки машиниста *1 в *мм*	14 898	13 115	11 964	12 398	13 565	12 306	12 600	10 110	13 100	14 100
Длина рамы вместе с буфером в *мм*	14 000	12 217	11 066	11 500	12 665	11 418	11 701	9 642	12 920	—
Длина рамы в *мм*	13 450	11 667	10 516	10 950	12 115	10 854	10 955	8 915	12 315	—
Полная база в *мм*	11 505	8 900	7 930	9 090	8 482	5 780	7 800	3 890	10 115	10 680
Жесткая база в *мм*	3 960	4 000	4 120	4 200	—	4 320	4 600	3 890	3 700	—
Высота от головки рельса до верха дымовой трубы в *мм*	5 188	4 920	5 200	5 143	4 683	5 212	5 019	4 715	4 280*2	—
Высота от головки до верха дымовой трубы в *мм*	5 000	4 820	5 000	5 000	4 550	4 776	4 500	3 400	4 280*2	—
Вес рамы с поперечн. скреплениями и подбрюшник. в *т*	13,0	9,00	10,0	10,0	9,0	10,5	12,5	12,0	13,5	—
Вес котла с трубами и паропроводами в *т*	29,0	25,8	25,0	25,3	27,5	26,0	24,5	23,0	29,0	—
Вес котла без труб и паропроводов в *т*	23,0	19,8	19,0	19,0	21,5	20,0	19,7	18,2	23,0	—
Тендеры:										
Вес тендера без колес в *т*	19,30	17,00	17,00	17,00	19,50	17,00	17,00	17,00*4 16,00	16,00*3	см. серию Л
Вес тендерного бака в *т*	5,0	4,4	4,4	4,4	4,3	4,4	4,4	4,4*4 3,5*3	3,5*3	см. серию Л
Вес рамы со скреплениями в *т*	4,3	3,2	3,2	3,2	4,0	3,2	3,2	3,2*4 2,5*3	2,8*3	см. серию Л
Полный вес тележки в *т*	4,5	4,23	4,23	4,23	4,3	4,23	4,23	4,23*4	—	см. серию Л
Вес тележки без колес в *т*	1,80	1,63	1,63	1,63	1,7	1,63	1,63	1,63*4	—	см. серию Л

*1 В том числе длина буфера 549 *мм*. *2 Ныне при капитальном ремонте повышаются до пределов русского габарита. *3 3-осный. *4 4-осный.

Табл. 6.—Потребность в новой поковке.

Род ремонта	Новой поковки	Рессор	Болтов	Гаек черн.	Гаек отдел.	Заклепок	Шайб
Паровоз, капитальн. ремонт	2,70 *т*	0,03 *т*	1 350 шт.	1 600 шт.	150 шт.	1 950 шт.	50 шт.
Тендер, » »	0,4 »	0,02 »	—	—	—	—	—
Пасс. ваг., капитальный и средний ремонт	0,38 »	0,75 »	200 »	250 »	—	150 »	150 »
То же, ежегодный осмотр	0,03 »	0,2 »	—	—	—	—	—
Товарный ваг., капитальный ремонт	0,17 »	0,02 »	75 »	110 »	—	30 »	50 »

мастерские старой постройки постепенно специализируются. При этом специализация идет не только в направлении отделения ремонта паровозов от ремонта вагонов, но и внутри этих двух классов мастерских, по типам и видам паровозов и вагонов.

По отношению к паровозам существуют два вида ремонтной политики. При одном из них весь ремонт, невыполнимый во время простоя в депо между поездами и на промывке, сосредоточивается в главных мастерских; при другом— ремонт разделяется между главными мастерскими, производящими капитальный ремонт паровозов, и участковыми мастерскими, выполняющими остальной ремонт между двумя смежными капитальными. Различие этих видов ремонтной политики сказывается на размерах сборочных цехов главных мастерских, на характеристике ремонта и на длительности периодов, через к-рые паровоз поступает в мастерские. Различие в размерах сборочных цехов главных мастерских обусловливается неодинаковым количеством паровозов, проходящих через главные мастерские в том и другом случае. Характеристика ремонта, т. е. сумма требований, предъявляемых к состоянию паровоза, выпускаемого из мастерских, м. б. понижена в тех случаях, когда паровоз чаще попадает в главные мастерские; это в особенности касается котельных работ, т. к. работы по другим частям паровоза претерпевают в этом отношении значительно меньше изменений. Благодаря наконец более частому возвращению паровозов в главные мастерские при первом виде ремонтной политики, снижение характеристики ремонта не отражается на состоянии паровозов, работающих на линии. Сопоставление германских и наших норм пробега и сроков ремонта паровозов может иллюстрировать разницу между обоими видами ремонтной политики (табл. 1).

Табл. 1.—Нормы пробега и сроки ремонта паровозов.

Виды ремонта	Сроки ремонта в годах	Пробег (предельный) для пасс. и для тов. в км
	I (Германия)	
Капитальный	$1^1/_2$	130 000 / 90 000
Средний	По мере надобности	—
	II (СССР)	
Капитальный	6	300 000 / 220 000
Средний	—	90 000 / 75 000

Что касается вагонов, то для их ремонта существуют следующие сроки:

Пассаж. мягкие: кап. рем. через 6 л., средн.—3 г.
» жесткие: » » » 9 » » 3 »
Товарные с металлич. кузовом, металлич. стойками и деревянной обрешеткой: конвенционный ремонт через 4 года.
Прочие товарные: конвенционный ремонт через 3 г.

Кроме того на нек-рых железн. дорогах в главных мастерских производится также и ежегодный осмотр пассажирских вагонов.

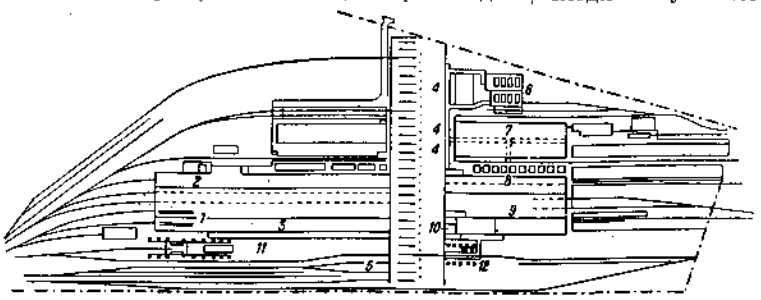
Распределение и состав Ж. м. При распределении мастерских по сети дорог руководятся или нуждами отдельной дороги, или нуждами целой группы дорог, или наконец нуждами района, охватывающего части нескольких дорог. Районирование мастерских по тому или другому принципу, в связи со специализацией мастерских, начинает применяться во многих странах по соображениям технич. и экономич. целесообразности.

В состав паровозных мастерских входят цехи: сборный, пригоночный, медницкий, тендерный, котельный, трубный, малярный, механический, колесный, кузнечный, литейный, электросварочный, а кроме того—электрич. станция, центральная кладовая, главная контора, проходные будки, столовая, приемный покой и другие вспомогательные части. Состав вагонных мастерских отличается от паровозных отсутствием тендерного, котельного, трубного, медницкого и литейного цехов, вместо к-рых устраиваются цехи тележечный, деревообделочный, столярный и жестяницкий. В соответствующих случаях м. б. развиты в отдельные помещения нек-рые отделения основных цехов или, наоборот, неответственные цехи—обращены в отделения больших цехов, располагаясь в одном с ними помещении. Цехи литейный, кузнечный, механический называются подготовительными. Постройка их при каждой вновь строящейся мастерской не является обязательной и зависит от задач, возлагаемых на мастерские. В настоящее время, при интенсификации вспомогательных цехов существующих мастерских, мыслима и в СССР постройка мастерских, имеющих исключительно ремонтные задачи, по образцу германских, без всяких задач снабжения дорог запасными частями. Выгоды концентрации производства и массового изготовления могут вызвать постройку исключительно вспомогательных цехов, объединенных в центральный заготовительный з-д, приближенный к району нахождения сырья и не включающий в себе цехов с ремонт. задачами.

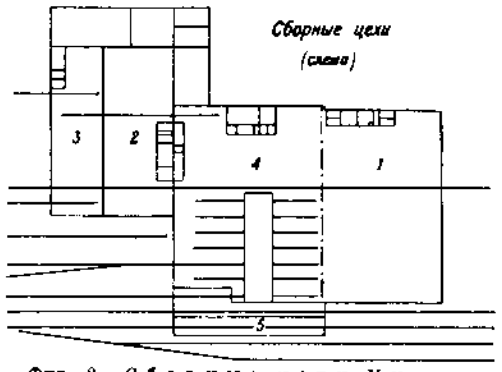
Мастерские м. б. тупиковыми и проходными, по расположению путей, связывающих их с территорией станции. Далее, мастерские могут состоять из отдельных построек или представлять собою здание под одной крышей. Подготовительные цехи располагаются отдельно от сборных. Различные типы расположения указаны на фиг. 1—4. Для транспортной связи между цехами употребляются передвижные дворовые тележки. Недостатки тележек: заносимость котлованов снегом и неудобство поперечного перемещения через котлован помимо тележки; преимущества тележек: простота маневрирования с единицами подвижного состава, помещающимися на тележке, уменьшение территории между цехами, удобство расположения цехов.

Устройство цехов. Паровозосборные цехи бывают: поперечные—с наружн. тележкой, поперечные—с внутренней тележкой и продольные. Первый тип устарел и при новых постройках не применяется вследствие сильного охлаждения и затемнения помещения большим числом ворот, выходящих на тележку. Поперечный тип с вну-

тренней тележкой свободен от этих недостатков, но представляет свои неудобства: излишнюю крытую площадь, непроизводительно занятую под тележку; необходимость иметь помимо тележек краны для поднятия котлов и рам; ограниченность использования цеха, т. к. в него м. б. вводимы те типы подвижного состава, к-рые умещаются на тележке и в поперечном стойле. С удлинением базы подвижного состава приходится такие сборные цехи перестраивать. Продольный тип имеет следующие преимущества: простое маневрирование кранами, возможность разнообразных способов расположения объектов ремонта, применения различной последовательности работ, и возможность ввода подвижного состава любой длины. Недостатком такого типа является лишь сильное охлаждение при открывании ворот в лобовых стенах.

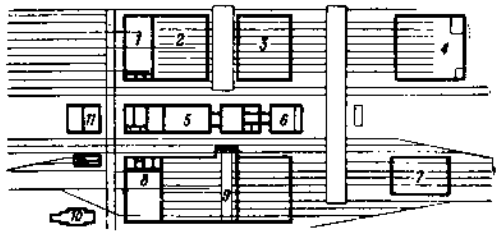


Фиг. 1. Мастерская в Декатуре (США): 1—место для заправки паровоза; 2—котельная; 3—тендерная; 4—машинная; 5—место для разборки паровоза; 6—силовая станция; 7—кузница; 8—колесотокарная; 9—пригоночная; 10—распределительное бюро; 11—кран на 10 т; 12—кран—на 5 т.

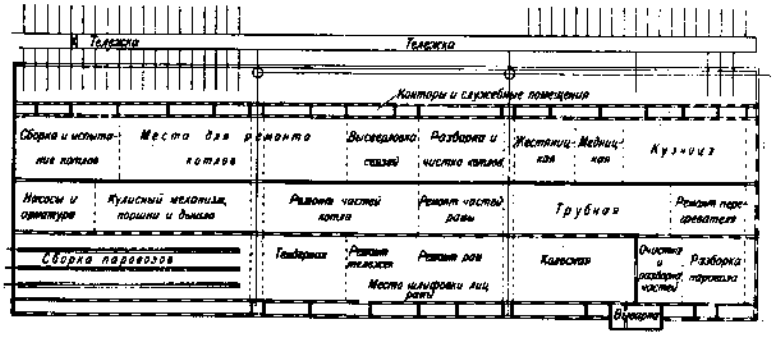


Фиг. 2. Сборные цехи Муромских мастерских: 1 — механический; 2 — котельный; 3 — тендерный; 4 — сборный; 5 — малярный.

Вагоносборные цехи бывают таких же типов, как и паровозосборные, с теми же преимуществами и недостатками. Продольные сборные для вагонов имеют еще то преимущество, что в них легче осуществить поточн. систему ремонта. Продольные сборные бывают тупиковые и сквозные, а в последних пути могут выходить на дворовые тележки, что для поточной системы ремонта вагонов менее удобно. Примерные размеры площадей сборных цехов и соотношения их частей приведены в табл. 2 и 3. В паровозосборной вспомогательные помещения в % от общей площади составляют: разборочная 5, медницкая 4, механическая 6, обшивочная 5, кладовые 7, уборные и раздевальни 5, контора 3, заправочная 5. Надо однако иметь в виду, что данные, приведенные в табл. 2 и 3 относительно существующих в СССР размеров площадей цехов, взятые по дореволюционным нормам, в настоящее время в значительной степени устарели в результате введения новых методов работ, рационализации производства и нового законодательства в области охраны труда. Для этих новых условий не установлено еще строго определенных норм и не имеется статистич. материала. Кроме того отношения площадей вспомогательных цехов к площади сборного цеха и к стойлу зависят от относительных объемов продукции вспомогательных цехов, идущей для потребностей самих мастерских и для потребностей складов и участков дороги.



Фиг. 4. Вагоносборная мастерская: 1 — токарная; 2 — сборная пассаж. ваг.; 3—малярная; 4—сборная пассаж. ваг.; 5—кузница; 6—столярная; 7—малярная тов. ваг.; 8—деревообделочная; 9—сборная тов. ваг.; 10—контора; 11—силовая станция.



Фиг. 3. Паровозосборная в Бранденбурге (Германия).

Кузнечный цех. Площадь цеха на 1 стойло паровозосборной—125 $м^2$, ширина здания—по числу пролетов, высота 7—10 *м*, кран 5—10 *м*. Распределение поковки: молоты и прессы—50%, ковочные машины—15%, бульдозеры—15%, ручная—20%. В вагонных кузницах долю молотов можно несколько снизить в пользу ковочных машин (около 5—10%). Каждый молот производит в год 130—150 *т* поковки, ковочная машина—160 *т*. Потребность в новой поковке указана в табл. 6.

Затрата рабочей силы на ремонтную поковку—около 20% от новой поковки в паровозных мастерских и 30—40% в вагонных мастерских. Число требующихся новых частей:

	Рессор	Конич. пружин	Цилиндрич. пружин
На 1 паровоз с тендером, капитальный ремонт	1	20%	40%
На 2 вагона пасс., капитальный и средний ремонт	1		
На 4 вагона пасс., годичный осмотр	1		
На 1 вагон товарный, конвенционный осмотр	1		

Литейный цех. Площадь чугуно- и меднолитейной—75 $м^2$ на 1 стойло паровозосборной. Площадь литейного зала определяется из расчета годовой производительности: для чугуна 4 *т* и для меди 1 *т* на 1 $м^2$. Площади вспомогательных сооружений (в % от размеров зала): стержневая 15—20, сушильная 12, заготовка формовочной земли 8—10, обрубная 15—20, вагранка 5—6. Потребность в литье:

	Чугунное литье, *т*	Медное литье, *т*
На паровоз с тендером, капитальный ремонт	5	1
На паровоз с тендером, средний ремонт	2	0,3
На пассажирский вагон, капитальный ремонт	0,6	0,06
На пассажирский вагон, средний ремонт	0,5	0,05
На товарный вагон, конвенционный ремонт	0,25	—

Деревообделочный цех. Размеры цеха определяются из расчета 1 $м^2$ на 0,55—0,60 $м^3$ перерабатываемого леса, считая в том числе и от 20 до 25% на отходы. Потребность в лесе при ремонте показана в табл. 7.

Табл. 7.—Потребность в лесе при ремонте.

Род ремонта	Расход в $м^3$ дуб	Расход в $м^3$ сосна
Капит. ремонт 4-осн. пасс. вагона	1,68	3,36
» » 3-осн. » »	1,28	2,52
» » 2-осн. » »	1,40	4,20
Средн. » 4-осн. » »	0,84	1,68
» » 3-осн. » »	0,63	1,26
» » 2-осн. » »	0,56	1,68
Ежегодный осмотр 4-осн. пасс. вагона	0,08	0,16
Годов. осмотр 3-осн. пасс. вагона	0,06	0,12
» » 2-осн. » »	0,05	0,16
Постройка 2-осн. тов. вагона с железным каркасом	—	3,50
Постройка 4-осн. тов. вагона	—	5,60
Конвенционный осмотр 2-осн. тов. вагона	0,29	0,84

Вспомогательные помещения. Общая площадь всех крытых помещений в паровозных мастерских на 1 стойло паровозосборной—1 100 $м^2$, в вагонных мастерских—400 $м^2$. Отношение площади территории к общей площади крытых помещений в среднем ок. 10. Общая площадь вспомогательных помещений составляет 150 $м^2$ на 1 стойло паровозосборной. В современных мастерских силовая станция (по Неезену) д. б. рассчитана по среднему потреблению 0,5 kW на работника, при возможных колебаниях (шпицах) до 40%. Отдельные установки для электросварки, нагрева бандажей, сварки труб и т. п. должны быть учтены в размере 25—30% от их полной потребности. Установки для сжатого воздуха Неезен рекомендует определять из расчета 1,2 $м^3$, а кислородные установки в 0,1 $м^3$ на работника в день. Вспомогательные помещения для уборных рассчитывают по следующим нормам: 1 умывальник на 3 чел. и 1 очко уборной на 20 чел.

Простои в ремонте. Простой подвижного состава в ремонте имеет колоссальное экономич. значение. Планирование возможно меньшего простоя подвижного состава, нанесенное на бумагу, называется теоретич. графиком работ; фиксирование фактич. течения работ в характерных фазах называется исполнительным графиком. Примеры графиков приведены на фиг. 5—7. Цепь последовательных работ в графике определяет простой каждой единицы подвижного состава. Группа работ, производство которых не требует последовательного выполнения,—так называемые параллельные работы—вписывается в календарное время производства последовательной цепи. Простои в различных видах ремонта в ж.-д. мастерских СССР таковы:

Капитальный ремонт паровозов	30—60	раб. дн.
Средний » »	14—28	» »
Капитальн. ремонт пасс. вагонов	30—45	» »
Конвенцион. ремонт тов. вагонов	3—8	» »

Дальнейшее понижение простоев идет достаточно сильным темпом. Герм. мастерские имеют простой паровозов при капитальном ремонте 30—20 и даже 15 дн. Объединяя все виды ремонта, в Германии понижают данные среднего простоя паровозов; германские мастерские напр. в 40% случаев практикуют замену котла запасным, в 25% не вынимают котла из рамы, и лишь в 35%, подобно нашим мастерским, возвращают котел на его раму. Простой отдельных частей паровоза составляет:

В СССР		В Германии	
Рама	12—15 дн.	Рама	7,5 дн.
Сборка	6—10 »	Сборка	9 »
Разборка	1—2 »	Разборка и чистка	2,5 »
Окраска и сдача	4—6 »	Взвешивание и заготовка	1 »
Тендер	10—15 »		
Котел	20—45 »	Котел	30—40 »

В Германии простой котла слагается из следующих элементов (цифры—в днях):

Операции	Класс ремонта I	Класс ремонта II и III
Разборка	5	4
Сверловка	4	2
Заварка	1	3
Сборка	25	16
Холодная проба	2	2
Горячая проба	1	1
Итого (округленно)	40	30

Главным фактором простоя в ремонте пассажирских вагонов является окраска их и

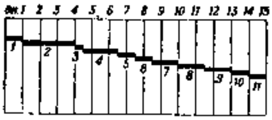
Фиг. 5.

последующая сушка, которая занимает в СССР от 15 до 18 дней. Механизация окраски (разбрызгивателями) при скоросохнущих красках сводит указанный простой до 5—7 дней.

Рабочая сила. Затрата рабочей силы на различные виды ремонта (без учета времени, потребного на изготовление запасных частей, взятых для замены) при современных условиях СССР выражается в среднем в следующих цифрах:

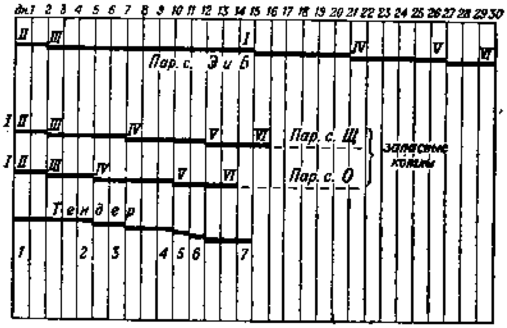
Капитальный ремонт паровозов	16 500 чв-ч.	на	1 паровоз
Средний ремонт паровозов	8—10	» »	100 пар.-км
Капитальный ремонт пасс. ваг.	3 500	» »	1 вагон
Средний ремонт пасс. ваг.	1 860	» »	1 »
Конвенционный ремонт тов. ваг.	150	» »	1 »

Дальнейшее снижение затраты рабочей силы будет иметь место в зависимости от темпа организационных и технических мероприятий. Для определения общей потребности мастерских в рабочей силе подсчитанная по этим данным потребность д. б. увеличена на 13—14% на хозяйственные нужды. Число рабочих для изготовления запасных частей определяется следующими нормами. При отсутствии разделения процесса литья—1 формовщик на каждые 50 *т* чугунного или 20 *т* медного литья в год; вспомогательный



Фиг. 6. График ремонта котла в Воронежских мастерских. *1*—высверловка связей и болтов; *2*—разборка; *3*—очистка котла; *4*—заварка; *5*—постановка топки; *6*—клепка и чеканка; *7*—нарезка связей и болтов; *8*—постановка связей и болтов; *9*—клепка связей и болтов; *10*—сборка на пресс; *11*—опрессовка и обмазка.

персонал (шишельники, вагранщики, модельщики, слесари, чернорабочие)—40% от числа формовщиков; 1 кузнец (с молотобойцем) на каждые 22—24 *т* поковки в год. При разделении процесса литья производительность формовщиков повышается на 25—30%.



Фиг. 7. График ремонта паровоза в Воронежских мастерских. *I*—подача колес; *II*—разборка; *III*—отправка в рем. котла и колес; *IV*—готовность котла; *V*—проба; *VI*—окраска и сдача; *1*—разборка; *2*—готовность колес; *3*—окончание котельных работ; *4*—окончание электросварки; *5*—опрессовка бака; *6*—окончание сборки; *7*—проба паровоза.

Число рабочих различных специальностей, которые требуются в сборных цехах для ремонта 1 паровоза в год (по данным мастерских СССР):

Слесари	1,80	Плотники	0,02
Котельщики	0,70	Маляры	0,10
Кровельщики	0,23	Станочники	1,10
Медники	0,06	Чернорабочие	0,33

Число рабочих, требующихся для ремонта одного вагона в год, приведено в табл. 8. Распределение производственной рабочей силы по различным функциям мастерских, которые выделены в самостоятельную хозяйственную единицу, обслуживающую все

Табл. 8.—Число рабочих для ремонта 1 вагона в год.

Специальности	Пассаж. вагон		Товарн. вагон
	капит. ремонт	средний ремонт	конвенц. ремонт
Слесари	0,48	0,38	0,022
Столяры и плотники	0,58	0,27	0,016
Жестянщики	0,08	0,06	—
Кровельщики	0,04	0,03	0,002
Обойщики	0,15	0,07	—
Маляры	0,35	0,29	0,007
Кузнецы и молотобойцы	0,01	0,01	0,004
Котельщики	0,02	0,01	—
Рабочие прочих наименований	0,11	0,13	0,007
Чернорабочие	0,27	0,13	0,009
Всего	2,09	1,38	0,067

свои нужды (по данным Пролетарского завода за 1927 г.), составляет в процентах:

Ремонт подвижного состава	68,20
Колесные работы	3,50
Изготовление запасных частей	16,32
Работы для других служб	4,40
Работы для других учреждений	7,10

Вспомог.-хоз. персонал	30%	от производствен.
Адм.-техн. персонал	4,30%	» »
Конторский »	7,10%	» »

По данным германских ж. д., общее количество рабочих в мастерских составляет 45 чел. на каждый ремонтируемый паровоз; содержание административно-технического персонала—10%, а вспомогательного—8% от производственных расходов.

Расходы. Общая стоимость ремонта подвижного состава распределяется след. образом: а) при капитальном ремонте паровозов: рабочая сила 40%, материал 60%, б) при ремонте классных вагонов: рабочая сила 50%, материал 50% и в) при конвенционном ремонте товарных вагонов: рабочая сила 30%, материал 70%. Накладные расходы на производственную рабочую силу составляют 115—125%, из которых общезаводских от 25 до 30% и цеховых от 90 до 95%. В частности, по данным Пролетарского завода за 1927 г., они распределялись следующим образом:

Общезаводские расходы в %	
Содержание личного состава заводоуправления	7,91
Расходы на помещение и инвентарь заводоуправления	0,36
Содержание телефона и сигнализации	0,29
Почтовые и телеграфные расходы	0,68
Налоги и повинности	0,001
Сторожевая и пожарная охрана	2,96
Содержание склада и расходы по нему	1,96
Ремонт путей и зданий	2,15
Содержание и обслуживание транспорта	3,80
Ассенизация	0,22
Содержание дворов и улиц в районе завода	1,67
Водоснабжение	1,03
Содержание школы ученичества	0,16
» больницы	1,02
» клуба	0,23
» яслей	0,16
Специальные расходы по дератизации и дезинфекции	0,001
Расходы по охране труда	1,63
Непредвиденные расходы (пенсии, пособия и т. п.)	0,05
Итого	26,28

Распределение цеховых расходов между цехами в % от стоимости рабочей силы.	
Литейный	111,2
Кузница паровозоремонтного отдела	182,4
Кузница вагоноремонтного отдела	116,3
Механический	112,5
Инструментальный	82,0
Колесный	124,7
Паровозосборный	89,0
Медницкий	69,5
Котельный	99,2
Вагоносборный	55,8
Товарный	67,7
Столярный	47,5
Обойный	52,0
Малярный	58,9
Деревообделочный	222,4
Лесопилка	166,9
Электрич. станция	93,9
Ремонтный	52,2

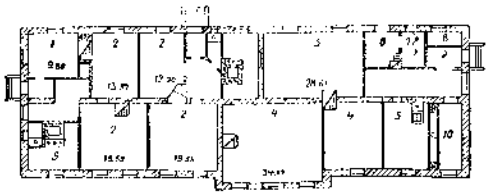
Внешнее административное положение мастерских довольно разнообразно. За границей мастерские иногда входят в состав тех отделов дороги, к-рые соответствуют нашим отделам тяги, а иногда составляют в структуре дорог самостоятельную единицу. За последнее время Германия, специализировав свои мастерские, подчинила мастерские нескольких дирекций одной из них; это подчинение не всегда совпадает с центром округа, к-рому подчинены дирекции. Мастерские нашей сети за последнее время также стали подвергаться выделению из ведения отделов тяги с непосредственным подчинением правлению дороги. Такое выделение должно сопровождаться и большею финансовою самостоятельностью. К тому же побуждают и соображения районирования, на путь к-рого вступает ремонтная политика нашей сети. В условиях районирования мастерские будут ремонтировать подвижной состав нескольких дорог, что создаст мотив для выделения их из хозяйства дорог вообще с самостоятельным бюджетом и имуществом, выделенным из основного капитала дороги.

Лит.: Пушин В. М., Главные мастерские ж. д., М., 1927; Пузанов М. Н., Организация производства и учет производительности мастерских ж. д., М., 1925; Воронцов-Вельяминов А. В., Организация ж.-д. мастерских, М., 1926; Транспортный Hütte, ч. 2, в. 7, 8, М., 1927; Михайлов В. Т., Тяговое хозяйство ж. д. Справочник, 2 изд., Л., 1926; Osthoff M., Новейшие паровозоремонтные мастерские, пер. с нем., «Ж.-д. мастерские по ремонту подв. состава», М.—П., 1923, *3 (7)*; Янушевский Н. С., Из практики Ростовских ж.-д. мастерских, там же, 1922, *1—4*; Зодер, Новые паровозные мастерские в Ниде, пер. с нем., там же, 1922, *4*, 1923, *1 (5)—5 (9)*; Яшнев П. И., Трубная мастерская в Пильзенских мастерских, пер. с нем., там же, *5 (9)*; его же, Типы и размеры зданий паровозосборных в главн. ж.-д. мастерских, там же, *1 (5)*; Воронцов-Вельяминов А. В., Новый нем. тип мастерских для капит. ремонта паровозов, там же; его же, Из опыта мастерских Екатерининской дороги, там же, 1922, *4*; Дмоховский К. К., Ремонт паровозов в нов. главн. мастерских Пенсильванской ж. д., «Ж.-д. дело», М., 1926, *10—19*; Выборов П. М., Паровозоремонтные мастерские Brandenburg-West, там же, 1926, *6—7*; Дашкевич, Организация ремонта пассажирских вагонов, там же, 1927, *5—6*; Уваров В., Реорганизация ремонта товарных вагонов в СССР, там же, 1926, *8—9*; «Транспорт за границей», Берлин, 1925, в. 1; Neesen F., Die Grundlagen f. d. Bau u. d. Einrichtung v. Lokomotiv-Ausbesserungswerken, B., 1926; «Glasers Annalen», B., 1927, Jubiläums-Sonderheft; «Das deutsche Eisenbahnwesen d. Gegenwart», B., 1923; «Maschinenbau», B., 1926, 1927; «Werkstattstechnik», B., 1926, 1927; «Z. d. VDI», 1928, *9*; «Railway Mechanical Engineer», N. Y., 1928, *1*.

А. Воронцов-Вельяминов.

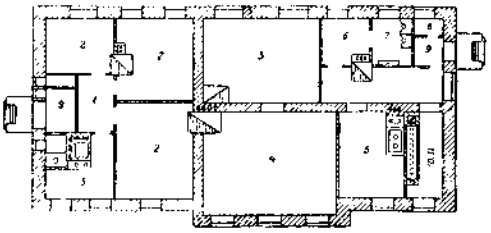
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПУТЕВЫЕ ЗДАНИЯ, жилые дома для рабочих и служащих по содержанию и ремонту пути (казармы, полуказармы, сторожевые дома) с относящимися к ним службами (кладовыми, сараями, банями, отхожими местами и проч.). Казармой (фиг. 1) называется помещение для дорожного мастера, его конторы, артельного старосты, ремонтных рабочих и, в соответствующих случаях, для путевых и переездных сторожей. Полуказарма (фиг. 2)—такое же помещение, но без квартиры дорожного мастера. Сторожевой домом—помещение для путевых или переездных сторожей (путевые или переездные будки). В зависимости от количества помещае-

мых сторожей, сторожевые дома бывают одиночные (фиг. 3), двойные и (редко) тройные.



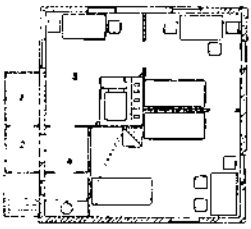
Фиг. 1. *1*—табельная, *2*—жилые комнаты, *3*—столовая, *4*—спальни, *5*—кухни, *6*—умывальная, *7*—уборная, *8*—кладовая, *9*—сени, *10*—раздевальня, *11*—сушильный шкаф.

Число зданий и их распределение определяются графиком административного деления линии, т. е. разделением линии на путевые участки, околотки дорожных мастеров, рабочие отделения и обходы путевых сторожей. Протяжение участков, околотков, рабочих отделений и обходов зависит от местных условий, крайние же пределы этих протяжений в ту и другую стороны устанавливаются постановлениями НКПС, причем



Фиг. 2. *1*—передняя, *2*—жилые комнаты, *3*—столовая, *4*—спальня, *5*—кухня, *6*—умывальная, *7*—уборная, *8*—кладовая, *9*—сени, *10*, *11*—раздевальня и сушильный шкаф.

деление рабочих отделений на обходы требуется лишь при движении по линии не менее 5 пар поездов в сутки; при меньшем движении отдельные путевые сторожа не назначаются, а осмотр линии производится ремонтным рабочим. Границы обходов должны совпадать с границами рабочих отделений, границы рабочих отделений — с границами околотков, а границы околотков — с границами участков, причем границы околотков не должны делить станции и разъезды на части.



Фиг. 3. *1* — кладовая, *2* — тамбур, *3*—кухня, *4* — сени.

Размеры путевых зданий определяются соответствующими постановлениями НКТ и НКПС о нормах площади и кубатуры на каждого служащего и рабочего. При расположении железнодорожных путевых зданий руководствуются следующими соображениями. Казармы, для лучшей связи дорожного мастера с участком пути, располагаются по возможности на станциях, на одном из концов станционной площадки. Если является необходимость поставить казарму на перегоне, то ставят ее на месте будущего разъезда. Полуказармы тоже желательно располагать возле станций и разъездов, и притом по возможности посредине рабочего отделения. Сторожевые будки ставят по возможности посредине обхода. При детальном выборе места под постройки стараются их расположить так, чтобы расстояние от них до естественного источника воды было не более 300 *м*, т. к. в противном случае необходимо для питьевой воды рыть колодец; кроме того соблюдаются общие правила расположения жилых зданий в смысле незатопляемости, отвода поверхностных вод, осушения местности, солнечного освещения и т. п., а также установленные НКПС правила о приближении строений к пути.

Полезная площадь путевых зданий, т. е. вся площадь, за вычетом площади сечения стен, перегородок, печей и коренных труб, д. б. следующая (в $м^2$):

1) Квартира дорожного мастера с конторой.

Жилая площадь (не менее 2 комнат) для семьи	35,0
» » для домашней работницы	10,0
Контора	23,0
Кухня	9,0
Передняя	4,5
Коридор (не уже 1,5 *м*)	1,5
Люфт-клозет	1,0

2) Квартира артельного старосты (старшего рабочего).

Жилая площадь (не менее 2 комнат) для семьи	30,0
» » для домашней работницы	10,0
Кухня	9,0
Передняя	4,5
Коридор (не уже 1,0 *м*)	1,0
Люфт-клозет	1,0

3) Квартира подстаршего рабочего и сторожей.

Жилая площадь (не менее 2 комнат) для семьи	30,0
Кухня	9,7
Передняя	4,5
Люфт-клозет	1,0

4) Казарменные помещения для артели ремонтных рабочих.

Спальня, для четырех рабочих, не менее	30,0
Сверх 4 рабочих на каждого добавляется по	6,0
Помещение для кухарки	10,0
Кухня со столовой, для четырех рабочих, не менее	20,0
Сверх 4 рабочих на каждого добавляется по	2,0
Сушилка на каждого рабочего 0,7, но не меньше	2,8
Раздевальня на » » 0,5 » » »	2,0
Умывальня на » » 0,7 » » »	2,8
Душ (по возможности)	4,5
Коридор (не уже 1,5 *м*)	1,5
Люфт-клозет	1,0

5) Сторожевые дома.

В сторожевых домах, расположенных далее 3 *км* от казарменного помещения, д. б. устроено особое отапливаемое помещение, площадью не менее 6,0 $м^2$, для отдыха и обогревания ремонтных рабочих.

В местах, где ремонтные рабочие комплектуются преимущественно из пришлого элемента, при казармах и полуказармах д. б. устроены помещения для 2—4 семейных рабочих, жилою площадью на каждую семью не менее 30,0 $м^2$ (не менее двух комнат) и вспомогательной площадью на первую семью 14,4 и на каждую следующую по 5,0 $м^2$.

Площадь служб при казармах и полуказармах должна составлять не менее $^1/_3$, а при сторожевых домах—не менее $^1/_2$ площади жилых помещений. **С. Земблинов.**

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ СТАНЦИИ, пункты ж. д., на к-рых производится коммерч. и технич. операции. К числу первых относятся прием и выдача перевозимых грузов, посадка и высадка пассажиров и продажа билетов; к числу вторых—формирование

составов, регулировка движения, смена паровозов, ремонт и осмотр вагонов, набор воды и топлива, смена паровозных и кондукторских бригад, и пр.

Классификация станций. По месту своего расположения Ж. с. бывают: конечные, промежуточные и узловые, а по роду операций: пассажирские, товарные, сортировочные, портовые, и пр. Узловые станции предназначаются для передачи грузов и пассажиров с одного направления на другое. Пункты, служащие только для посадки и высадки пассажиров и совершения багажных операций, именуются платформами, а пункты, к-рые предназначаются только для технич. надобностей, как то: скрещения и обгона поездов или для деления перегона на более короткие части, называются в первом случае разъездами, а во втором—постами. При конкуренции между отдельными дорогами в узлах создаются самостоятельные товарные и даже пассажирские станции, что приводит к нерациональной планировке узлов и параллелизму работы на отдельных станциях. При укрупнении хозяйства или при переходе всей сети в руки государства и введении на дорогах единой системы управления, переустройство таких станций затруднительно и связано с большими расходами. Большинство станций и узлов в дореволюционной России, построенных на принципе раздельного хозяйства, обладало кроме того еще одним значительным недостатком, а именно: станции обычно строились без учета будущего расширения. При развитии железнодорожного движения это создает большие затруднения и вызывает дорогостоящую ломку существующих капитальных сооружений.

По принятой в СССР классификации (Технические условия проектирования станций, 1926 г., раздел I, § 2), Ж. с. разделяются на три основные группы: малые, средние и большие станции. Малые станции характеризуются: а) по технич. операциям—обгоном поездов, скрещением, маневрами по отцепке и прицепке вагонов лишь со сборными поездами, набором воды и топлива и технич. осмотром проходящих поездов; б) по коммерч. операциям—посадкой и высадкой пассажиров, приемом и отправкой багажа, а также грузов в сборных поездах. Средние станции кроме того выполняют ряд технич. операций: осуществляют распределительные функции, т. е. являются участковыми в отношении вагонного хозяйства; погашают и формируют пассаж. поезда местного сообщения, сборные поезда для обслуживания примыкающих участков и транзитные поезда, имеющие данную станцию исходным или конечным пунктом; перерабатывают нек-рые транзитные поезда; сортируют и обменивают вагоны в узлах, где сходятся дороги разных направлений; производят смену паровозов и текущий ремонт подвижного состава, сортировку и перегрузку грузов, прибывающих и отправляемых в нек-рых прямых и транзитных поездах, и распределяют грузы по направлениям в узловых пунктах. Наконец большие станции характеризуются большими размерами перечисленных операций и разделяются на пассажирские, товарные и сортировочные, причем на последних сосредоточены исключительно технич. операции.

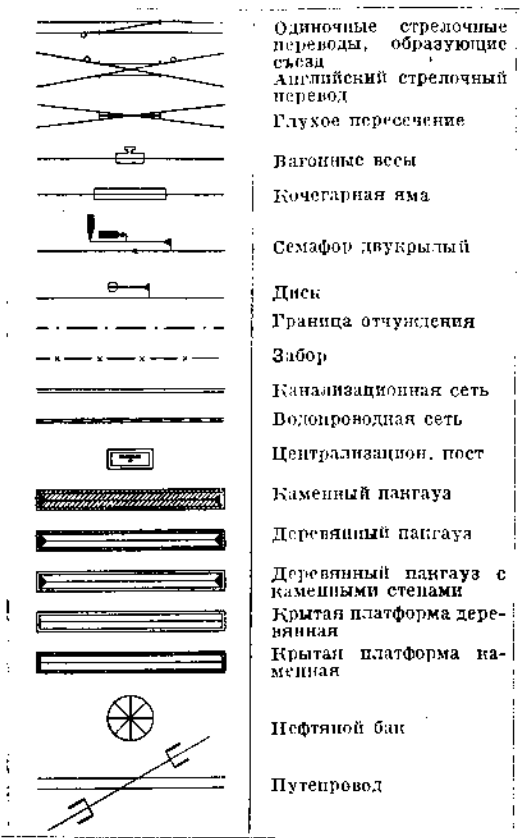
Проектирование станций. Для составления проекта как переустраиваемых и развиваемых станций, так равно и вновь сооружаемых, прежде всего необходимо определить предстоящие размеры движения, анализировать существующие условия его, выяснить максимальную пропускную способность имеющихся устройств, установить соотношения транзита к сортировке и проч. Затем требуется определение объема отдельных операций, установление размеров необходимых устройств (число путей для приема и отправления поездов, размеры сортировочных устройств, тягового хозяйства, водоснабжения и пр.) и выбор схемы станции или узла. Последующая стадия проекта состоит в анализе вариантов и определении выгодности схемы. Наконец последним вопросом при проектировании станции является определение стоимости эксплоатации проектируемой станции и определение рентабельности сооружения. Весьма часто для выявления наивыгоднейшей схемы приходится пользоваться приблизительными подсчетами, эскизами и ориентировочными расценочными ведомостями.

Технические условия. По техническ. условиям НКПС (1926 г., разделы III—V, § 34—64), длина путей в *м* определяется по формуле: $8n+40$, где n—число вагонов в составе. Расстояние между осями путей—5,20 *м*, для путей, проводимых рядом со стрелочными улицами, для главных пассажирских и ходовых путей—5,70 *м*. Каждые 5—8 путей должны разделяться междупутьем в 6,5 *м*. Расстояние от первого пути до пассажирского здания д. б. не менее 20 *м*. Высота пассажирских туннелей 2,25—2,75 *м*. Расчетные сроки хранения грузов в пакгаузах для отправления—2, для прибытия—3 суток. Длина пакгаузов нормальн. типа не более чем на 12 вагонов (~ 100 *м*). Ширина перегрузочных платформ в открытой части 2—3 *м*, в крытой части 4,5—6 *м*. Ширина сортировочных платформ для мелочных грузов—7—9 *м*. Товарные конторы натех промежуточных станциях, где число отправок за сутки не превосходит 100, располагаются в пассажирском здании, во всех же остальных случаях—в отдельных зданиях. Нормальный масштаб для представляемых в НКПС проектов больших и средних станций берется 1 : 2 000, а для малых станций 1 : 1 000. На чертежах, как правило, указываются только оси путей, причем для обозначения путей на проектах и чертежах станций приняты следующие цвета: А) главные—черным цветом (жирными линиями), Б) пассажирские (разъездные и парковые)—зеленым (вердетер), В) товарные: а) разъездные—синим (кобальт), б) объездные и тракционные—желтым (кадмий, индийский желтый), в) погрузочные и выгрузочные—светлосиним (берлинская лазурь), г) сортировочные и группировочные—фиолетовым. Остальные условные обозначения—см. табл. 1.

В тех случаях, когда в силу местных условий устройство непосредственного примыкания ветви или линии к станции затруднительно, устраиваются особые предстанционные посты-разъезды, наиболее характерные случаи которых приведены на фиг. 1—3

(*С* —станция, *Р*—постовое здание). Схемы парков на больших станциях и размеры элементов пакгаузов и складов топлива показаны на фиг. 4: I—обычный парк старого типа; II—приемно-отправочные парки: III—парки основной сортировки; IV—группировочный веер; V—типы угольных складов; VI—типы пакгаузов.

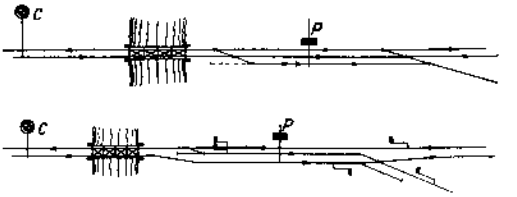
Табл. 1.—Условные обозначения для планов станций.



Для правильного определения предстоящей работы станций, а также для установления места и характера примыкания

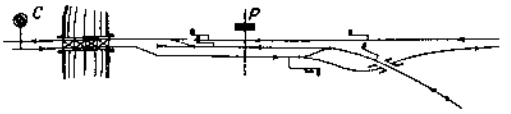
Фиг. 1.

линий, составляются схемы движения грузовых и пассажирских потоков. На фиг. 5 приведен пример простейшего построения схемы грузовых потоков на станции, имеющей одну примыкающую линию.



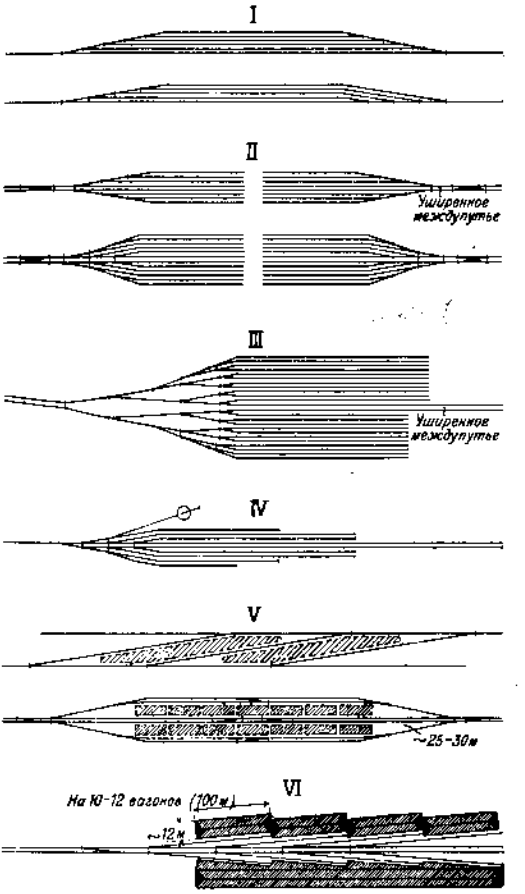
Фиг. 2.

Разбивка стрелочных улиц и переходов. Для возможности приема и отправления поездов на различные пути парков на станциях устраиваются т. н. стрелочные улицы, представляющие собой ряд уложенных друг за другом стрелочных



Фиг. 3.

переводов. Угол наклона стрелочных улиц, а равно и переходов между отдельными путями может быть или равным углу крестовины (α) или быть больше указанного угла.



Фиг. 4.

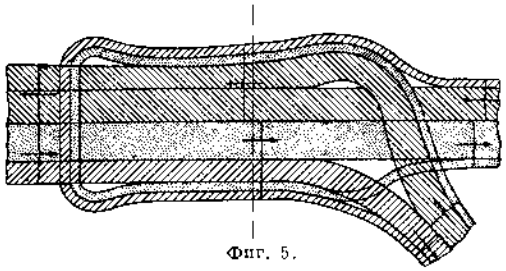
но в известных пределах. На фиг. 6 показан переход (съезд) между двумя параллельными путями. Элементы перехода для возможности построения проектируются на горизонтальную и вертикальную оси. При проектировании хвостов крестовины q, искомой прямой вставки x и ширины колеи s на вертикаль имеем:

$$e - \frac{s}{2} - \frac{s}{2} = q \sin \alpha + s \cos \alpha + (x + q) \sin \alpha,$$

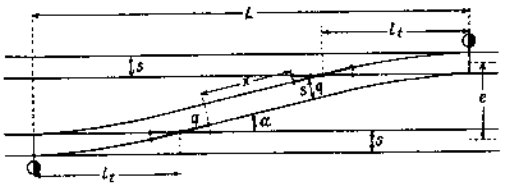
откуда определяется значение x. Полная длина перехода составит:

$$L = 2l_t + 2q \cos \alpha + x \cos \alpha - s \sin \alpha.$$

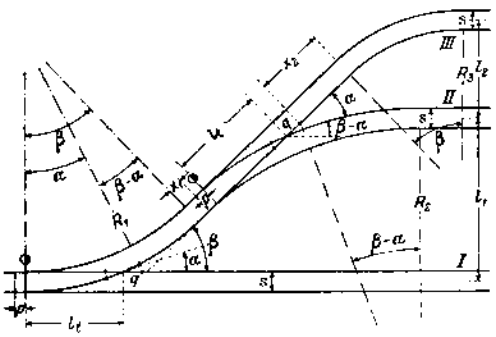
Для расчета стрелочных улиц (фиг. 7) применяется тот же метод, что и для расчета



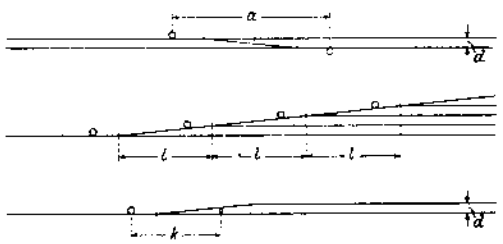
Фиг. 5.



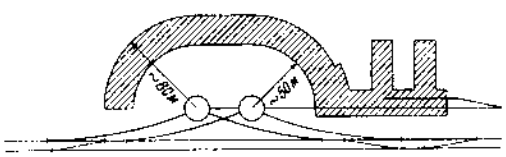
Фиг. 6.



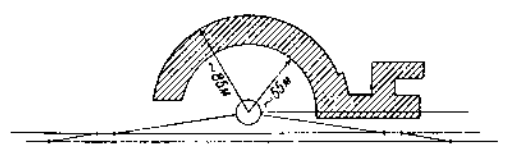
Фиг. 7.



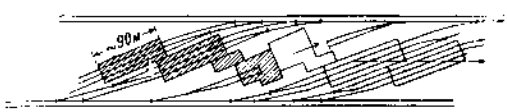
Фиг. 8.



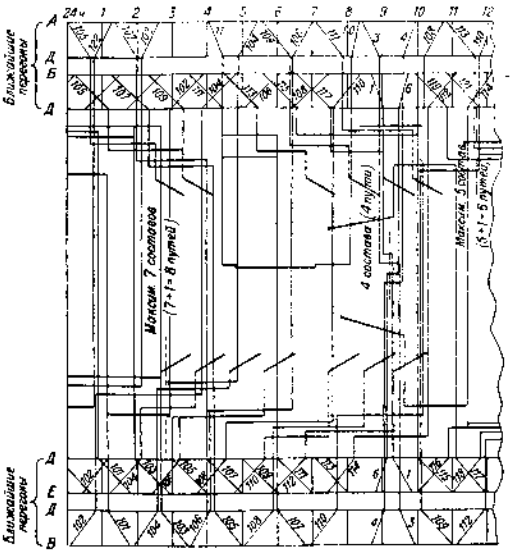
Фиг. 9а.



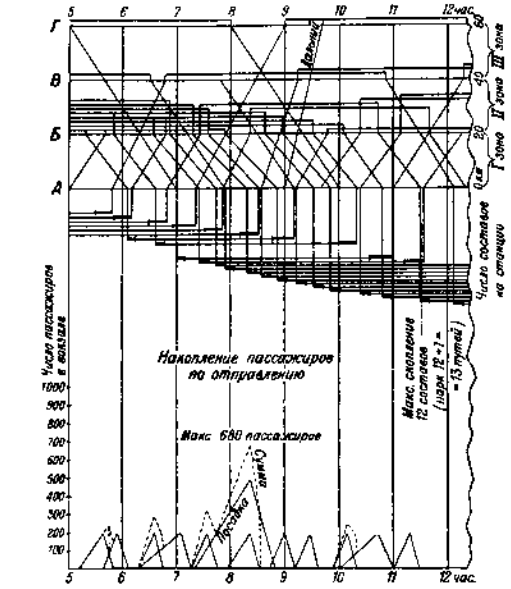
Фиг. 9б.



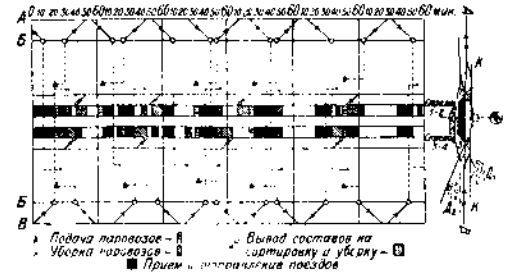
Фиг. 9в.



Фиг. 10.



Фиг. 11.



Фиг. 12.

перехода, т. е. проектирование элементов на вертикаль и горизонталь. Пусть длина хвостов крестовины будет q, «вынос рамного рельса» $-p$, радиусы кривых—R_1, R_2, R_3 (до оси пути), ширина колеи s, угол крестовин α, а угол наклона улицы β; тогда, выражая касательные через радиусы, из образующихся треугольников можно иметь:

$$l_1 - \frac{s}{2} + \frac{s}{2} = q \sin\alpha + \left[\left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg}\frac{\beta-\alpha}{2}\right] \sin\alpha +$$
$$+ \left[\left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg}\frac{\beta-\alpha}{2}\right] \sin\beta +$$
$$+ (x_1 + p + l_t) \sin\beta + q \sin(\beta - \alpha) +$$
$$+ \left[\left(R_2 + \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg}\frac{\beta-\alpha}{2}\right] \sin(\beta - \alpha).$$

Отсюда, зная все величины, определяют вставку x_1; величину x_2 можно найти из следующего выражения:

$$l_2 - \frac{s}{2} - \frac{s}{2} = (q + x_2) \sin\beta + \left[\left(R_3 - \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg}\frac{\beta}{2}\right] \sin\beta -$$
$$- \left[q + \left(R_2 + \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg}\frac{\beta-\alpha}{2}\right] \sin(\beta - \alpha).$$

Положение элементов в горизонтальной проекции определяется выражением для II пути:

$$L = l_t + q \cos\alpha + \left[\left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg}\frac{\beta-\alpha}{2}\right] \cos\alpha +$$
$$+ \left[\left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg}\frac{\beta-\alpha}{2}\right] \cos\beta + (x_1 + p + l_t) \cos\beta +$$
$$+ \left[q + \left(R_2 + \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg}\frac{\beta-\alpha}{2}\right] \cos(\beta - \alpha).$$

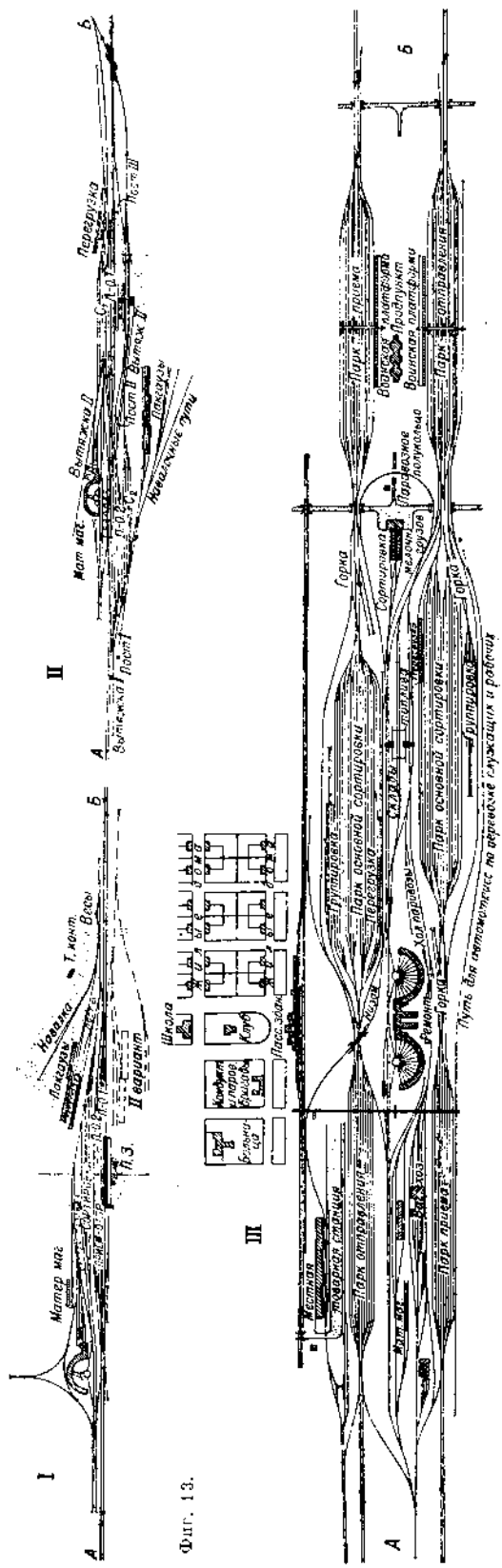
Расчеты любых стрелочных улиц аналогичны приведенным, даже в случаях применения симметричных, англ. и других переводов, при любом направлении путей. В табл. 2 и 3 и фиг. 8 приведены необходимые ориентировочные размеры для съездов, стрелочных улиц и расстояний до предельных столбиков при междупутьи $d = 5.2$ м. Размеры некоторых типов депо и поворотных треугольников показаны на фиг. 9 а, 9 б и 9 в; детали см. *Железнодорожное депо* и *Поворотные устройства*.

Табл. 2.—Ориентировочные размеры для стрелок (в м).

Элементы	Марки стрелок			
	1/11	1/9	1/8	1/7
Съезды a	80	70	65	—
Расстояние l	—	45	40	35
» h	57	45	41	36

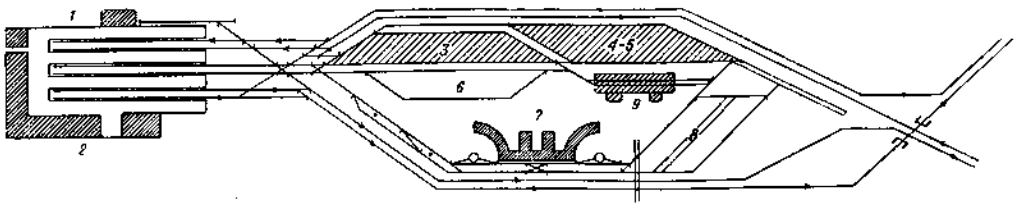
Табл. 3.—Ориентировочные размеры для проектирования стрелок (в м).

Марка крестовины		1/11	1/9	1/8
Длина остряков прямолинейных		6	5	4,5
Угол крестовины		5°11'40"	6°20'25"	7°7'40"
Угол остряка		1°11'36"	1°25'57"	1°35'30"
Для минимума h (прямая вставка)	прямая вставка h	1,2	1,0	0,9
	$R + s/2$	332	222	176
	теор. длина l_t	30,3	25,0	22,3
Для минимума R (радиуса)	прямая вставка h	4,7	2,2	1,8
	$R - s/2$	250	200	160
	теор. длина l_t	28,1	24,3	21,7



Фиг. 13.

Расчет числа путей. Для определения числа путей на Ж. с. существует два основных способа: графический и аналитический. Графич. способ заключается в нанесении графиков движения на ближайших к станции перегонах и изображении последовательных операций с поездами и группами составов помощью линий, вычерчиваемых различными цветами, соответственно операциям. Таким обр. на чертеже получается ряд линий различного значения; суммируя их в определенные моменты суток, можно определить число составов или поездов, совершающих те или иные операции на станции.



Фиг. 14.

Аналитический способ заключается в подсчете числа путей по формулам, исходя из задания числа поездов, без построения графиков движения. Основная формула для расчета числа приемно-отправочных путей имеет вид:

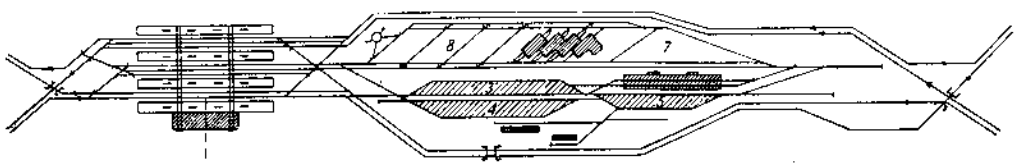
$$N = \sum \frac{nTk}{24} + 1,$$

где n—число поездов, проходящих в течение суток через данный парк, T—простой состава или поезда на этих путях в часах, k—суточный коэф. неравномерности движения поездов (от 1,2 до 2, а в отдельных случаях и выше). Для уточнения расчета ф-ла расчленяется по роду поездов и их простоев и имеет тогда вид:

$$N = \frac{(n_c \cdot T_c + n_m \cdot T_m + n_n \cdot T_n)k}{24} + 1,$$

где индексы c, m, и n относятся (соответственно) к сортируемым, транзитным поездам и передачам. Графическому расчету в настоящее время отдается предпочтение, как более точному и наглядному. Пример такого расчета числа путей станции показан на фиг. 10, а на фиг. 11 приведен пример расчета числа путей пассажирской станции и график накопления пассажиров на вокзале.

Загруженность стрелок и горловин. Одной из важнейших частей расчета является определение загруженности стрелок и целых горловин, образуемых головами парков. Для определения загруженности горловин существует также два способа—графический и аналитический. Первый состоит в обозначении различными цветами или условными знаками времени занятия каждой стрелки соответственными операциями (прием поезда, отправление, пропуск паровоза, вывод состава при сортировке, и пр.), причем получается наглядное представление о загрузке стрелок. Аналитич.



Фиг. 15.

способ заключается в расчете загруженности стрелок и горловин по формулам. Основная формула имеет вид:

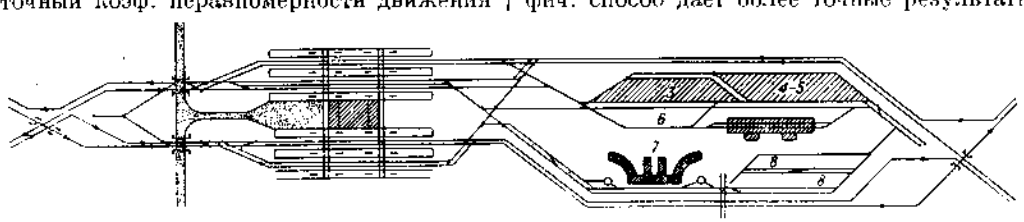
$$T = \sum tnk,$$

где T—общее время загрузки стрелки, t—времена занятия стрелок различными операциями в мин., n—число занятий стрелки различными операциями, k—коэф-т неравномерности загрузки стрелки. И здесь графич. способ дает более точные результаты. Пример графич. определения загруженности стрелок и горловин изображен на фиг. 12.

Проектирование горок (без автоматич. замедлителей и ускорителей). Здесь необходимо иметь в виду два условия: а) скорости при спуске не должны превосходить 25 *км/ч*, т. к. иначе невозможно торможение башмаками. Поверка делается по формуле:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2g(h - h_1)},$$

где v_0—начальная скорость (при скорости осаживания состава на горку в 2 *км/ч*, $v_0 = 0{,}6$ *м/сек*), $g = 9{,}81$ *м/сек*², $(h - h_1)$—свободная высота падения в *м*; б) порожний вагон не должен нагоняться на стрелках отцепом из двух груженых вагонов (разрыв между от-



Фиг. 16.

дельно идущими вагонами на стрелках должен быть не менее 7 ск. для возможности перевода стрелки).

Смета стоимости. Примерные единичные цены и нормы амортизации по отдельным статьям станционных устройств для 1928 г. приведены в табл. 4 (коэф. вздорожания против 1913 г. ~ 2,5).

Табл. 4.—Единичные цены и нормы амортизации, утвержденные Научно-Техническим комитетом НКПС.

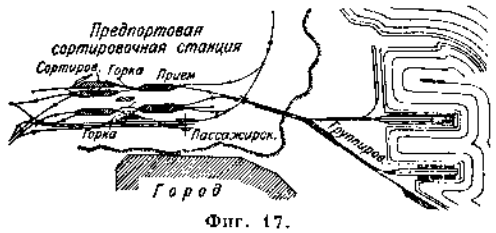
Наименование работ или расходов	Род единиц	Стоимость единицы в руб.	Отчисления в амортизацион. фонд в %
Земляные работы	$м^3$	1,00	0,5
Балласт песчаный	»	1,20	4,0
Шпалы пропитанные	шт.	3,70	10,0
Рельсы (Ш-а)	*т*	107	4,0
Скрепления (Ш-а)	»	225	4,0
Укладка пути	км	600	—
Переводные брусья	компл.	375	10,0
Стрелка и крестовина (Ш-а)	шт.	850	5,0
Пасс. здания каменные	$м^2$	125	1,3
Жилые дома каменные	»	100	1,3
Пассаж. здания деревянные	»	105	3,4
Жилые дома деревянные	»	75	3,4
Пассаж. платформы каменными мостами	»	8	3,4
Пассаж. платформы деревянные	»	6	12,5
Пакгаузы деревянные	»	50	10,0
Товарные платформы крытые	»	30	10,0
Товарные платформы открытые	»	10	10,0
Гидравлические колонны	шт.	2 500	5,0
Семафоры однокрылые	»	2 000	4,0
Диски	»	1 100	4,0
Перекладка пути с добавлением шпал и скреплений	км	3 000	—
Укладка стрелок	шт.	60	—
Паровозное стойло	»	27 000	—
Поворотный круг	»	50 000	—
Кочегарная яма	»	4 000	—
Централизация (ручная) с рычага	»	2 500	4,0
Централизация (электрическая) с рычага	»	4 000	4,0

Схемы станций. Одним из сложнейших вопросов для жел.-дор. транспорта является установление и выбор схем станций, зависящий от самых разнообразных условий. Главнейшими факторами, влияющими на выбор схемы, служат: топографич. условия, размеры движения, соотношения между пассажирским движением и товарным, транзитом и сортировкой, размеры самой сортировки, удобства эксплоатации, способы сортировки, требования воен. ведомства, благоустройство и планировка населенных мест, наличие основных или оборотных депо, близость к границе, профили подходов к станции, местная посадка пассажиров, химич. оборона, и пр. В виду наличия громадного числа различных схем станций и значительной разницы в их оценке с точки зрения различных операций и условий, ниже приведены табл. 5—7, дающие возможность сравнить наиболее характерные схемы.

На фиг. 13 приведены примеры трех станций: I—с развитием станции в ширину и одним общим парком для сортировки; II—с развитием в длину и с двумя сортировочными парками C_1 и C_2 и III—двусторонняя сортировочная станция с последовательным расположением приемного, сортировочного и отправочного парков.

На фиг. 14 представлена схема конечной пассаж. станции; на фиг. 15—схема промежуточной станции с односторонним пассаж. зданием; на фиг. 16—схема промежуточной станции с островным расположением пассажирского здания. Обозначения: *1*—двор прибытия; *2*—двор отправления; *3*—отправление; *4*—прием; *5*—сортировка; *6*—вагонный резерв; *7*—ремонт и депо; *8*—склад топлива; *9*—вагонный сарай.

Сеть сортировочных станций. Основным и одним из наиболее сложных вопросов в станционном деле является целесообразное распределение работы между отдельными станциями. При решении этой задачи необходимо точно установить ту роль, которая д. б. возложена на данную станцию, т. к. с этим связано распределение сортировочной работы, устройство депо, назначение пунктов детального технич. осмотра и ремонта подвиж-



Фиг. 17.

ного состава, установление мест снабжения войск продовольствием и пунктов переформирования пассаж. составов и т. д. Между пунктами основной сортировки нормальным считается среднее расстояние в 400—500 км. Как общее правило, пункты технич. осмотра и ремонта д. б. обязательно совмещаемы с пунктами массовой сортировки (сортировочные станции), длительной стоянки и значительной погрузки и выгрузки (портовые станции, заводские районы и т. д.).

Портовые станции. Почти для всех портов, оборудованных жел.-дор. путями, требуется устройство сортировочных станций; при достижении грузооборота по ж. д. свыше 500000 *т* в год сортировочные устройства получаются столь значительными, что приходится сооружать особую предпортовую станцию (фиг. 17).

Большие узлы, образуемые пересечением или слиянием большого числа магистралей или обслуживающие большие города, имеют обычно и значительное число пассажирских, товарных и сортировочных станций, причем линии, расположенные рядом и имеющие однородную работу, в большинстве случаев объединяются и общие пассаж., сортировочные и другие станции. В больших городах для решения узловых проблем предпочтительно устройство кольцевых окружных дорог для товарного движения, с выносом сортировочных станций за кольцо и устройство диаметров для пассажирского движения.

Пограничные станции. В случае разной колеи в СССР и в пограничных государствах принят для большинства пунктов принцип работы станций на паритетных началах: на каждой из сторон устраивается самостоятельная пограничная станция, причем станция, лежащая в пределах СССР, производит импортные операции, а станция, лежащая по другую сторону,

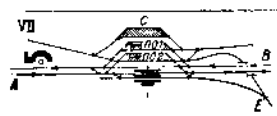
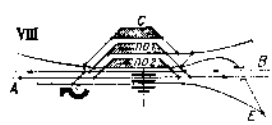
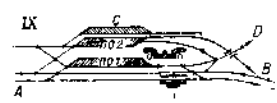
Табл. 5.—Главнейшие типы промежуточных станций

Схемы станций	Длина станционной площади	Переход на двухпутное движение при прокладке второго пути	Пересечение маршрутов прибытия и отправления поездов	Пересечение маневровой работой гл. путей при работе сборных поездов	Число стрелочн. постов при ручном обслуживан. стрелок	Степень безопасности движения
I	Длина станции минимальная, определяемая длиной одного товарного поезда наибольшей длины и несколькими стрелочными переходами	Превращается в схему III, но с сохранением пакгауза	—	Пересечение имеется для обоих направлений	Два поста	Ослабленная из-за пересечения маневровой работой главного пути
II	То же	Превращается в схему III	—	Пересечений не имеется	Два поста	Вполне достаточная
III	То же	—	Пересечение прибытия тов. поездов из *А* с отправлением пассаж. поездов на *А* и пересечением прибытия пассаж. поездов из *Б* с отправлением тов. на *Б*	То же	Два поста	Без применения централизации недостаточная
IV	Длина станции максимальн., определяемая длиной двух товарных поездов и несколькими стрелочными переходами	—	Пересечений нет	Пересечения имеются для одного из направлений	Три поста	Достаточная
V	Длина станции средняя, определяемая суммой длины товарного и пассажирского поездов и несколькими стрелочными переходами	—	То же	То же	Три поста	То же
VI	Длина станции больш., определяемая длиной двух тов. поездов и двух стрелочных переходов	—	То же	То же	Три поста	То же

с набором воды пассажирскими и товарными поездами.

Посадка и высадка пассажиров	Надзор за движением поездов	Набор воды паровозами	Разгон при отправлении в пределах площадки	Есть ли урезание пропускной способности благодаря схеме	Надзор за местными товарными операциями	Объезд станции и переезд через пути	Подъезд гуна к товарному двору
При скрещениях пассаж. посадка одни поезд перекрывает другой; необходим обход поезда	Дежурн. по станции имеет все поезда перед глазами; середина пассаж. поездов против пассаж. здания; неудобно наблюдение за концом станции *Б*	В виду значительной длины разводящей сети необходимы большой диам. труб и 4 гидравлич. колонны	В пределах станционной площадки разгона нет, кроме пассажирских поездов, следующих на *Б*	Есть в конце *Б*	Надзор очень хороший	Переезды расположены достаточно близко друг от друга	Удобен, если снизу (по чертежу) нет ни поселков ни пунктов, дающих груз
Переход пассажиров происходит перед головной скрещивающихся поездов	Оба поста равно удалены от станции; максимум удобства наблюдения за обоими постами; удобное наблюдение за поездами	Как и в схеме I, но нужны только 3 гидравлические колонны	Для товарных поездов разгона нет; для пассажирских поездов разгон есть	Нет	Надзор ослабленный	Как в схеме I	Удобен, если грузы преимущественно идут с противоположной стороны поселка
Как в схеме II	Надзор за поездами, как в схеме II	Длина сети, как в схеме I; нужны 3 гидравлические колонны	Как в схеме II	Есть в обоих концах	Надзор ослабленный	Как в схеме I	Как в схеме II
Как в схеме I	Максимум удобства надзора за поездами	Длина сети средняя; нужны 3 гидравлические колонны	Разгон есть для всех поездов, кроме пассажирских, следующих на *Б*	Есть, но небольшое	Надзор достаточно хороший	Переезды чрезвычайно удалены друг от друга, и необходим сложный третий переезд по середине станции	Как в схеме II
Как в схеме II	Надзор за поездами удобен для направления движения от *Б* к *А*; для обратн. движения неудобен	То же	Разгон есть для всех поездов, кроме товарного, следующих на *Б*	Есть, но небольшое	Надзор очень хороший	Переезды удалены друг от друга на значительные расстояния	Как в схеме I
При соединении платформ с пассажирским зданием пешеходным мостиком достаточно удобные; без него — неудобные	Надзор за поездами затруднен	Минимальная длина разводящей сети; нужны 2 гидравлические колонны	Разгон есть для всех поездов	Нет	Надзор очень хороший	Как в схеме V	Как в схеме I

Табл. 6.—Типы участко

Схемы станций	Общая длина станции в км	Общая длина станц. площадки (от входа до выхода ст.) в км	Способ примыкания линии	Для какого рода работы удобнее станция: транзита или сортировки: от A к B	Для какого рода работы удобнее станция: транзита или сортировки: от B к A	Число парков сортировки	Число вытяжек для сортировки	Сколько вагонов можно отсортировать *2	Удобство для угловых передач	Пересечения выводимыми составами главн. путей при сортировке для направл.: от A к B	Пересечения выводимыми составами главн. путей при сортировке для направл.: от B к A	Пошерстный или противошерстн. ввод составов в приемно-отпр. парке*3 для парка: $ПО_1$	Пошерстный или противошерстн. ввод составов в приемно-отпр. парке*3 для парка: $ПО_2$
I	$1^1/_2$	1	Вразных уровнях	Для транзита	Для сортировки и транзита	1	1	350	Удобно	Отправление тов. поездов в A	Пересечений нет	Противошерстный	Противошерстный
II	$1^1/_2$	1				1	1	350		Прием тов. поездов из B и E		Противошерстный	Противошерстный
III	$1^1/_4$	1				1	2	450		Прием тов. поездов из B и E		Пошерстный	Пошерстный
IV	$1^1/_4$	1				1	2	450		Отправление тов. поездов в A		Пошерстный	Пошерстный
V	$2^1/_4$	1				1	1	350		Отправление тов. поездов в A		Противошерстный	Противошерстный
VI	$2^1/_2$	1				1	1	350		Прием тов. поездов из B и E		Противошерстный	Противошерстный
VII 	$2^3/_4$	1				1	2	450		Прием тов. поездов из B и E		Пошерстный	Пошерстный
VIII 	$2^1/_4$	1				1	2	450		Прием тов. поездов из B и E		Пошерстный	Пошерстный
IX 	$2^1/_2$	$1^1/_2$				1	2	450	Неудобно	Отправление тов. поездов в B		Противошерстный	Пошерстный

*1 Для возможности сравнения схем приняты двухпутные линии с примыканием однопутных линий, при пассажирских зданий приняты также одинаковыми. *2 При подсчете сортировочной способности учтены вы на вытяжках внутренней работой станции. *3 ПО—приемно-отправочные, С—сортировочные парки.

вых узловых станций. *1

Пересечение организованного приема с отправлением	Пересечение главных путей товарн. паровозами для парка $ПО_1$	Пересечение главных путей товарн. паровозами для парка $ПО_2$	Удобство вывозки и подачи товарн. паровозов под поезда для парка $ПО_1$	Удобство вывозки и подачи товарн. паровозов под поезда для парка $ПО_2$	Пробег поездных паровозов товарн. поездов в км для парка $ПО_1$	Пробег поездных паровозов товарн. поездов в км для парка $ПО_2$	Перепробег для сортируемых составов для направл. от A к B	Перепробег для сортируемых составов для направл. от B к A	Приспособлен. пассаж. станций для местн. посадки или транзита	Удобство станций для агентов, обслуживающих станции	Общая длина путей одинак. размеров движения в км	Удобство развития станции	Степень безопасности движения	Снижение пропускной способности приемно-отправочной в %	Примерная стоимость станции без земляных работ, местной товарной станции, поселка и технических зданий в тыс. руб.
Имеется	Нет	Имеется	Удобно	Удобно	1,25	0,25	Нет	Нет	Для местной посадки	Удобно	18	Неудобно	Весьма слабая	Для E 40 » E_1 35	600
	Нет	Нет	Весьма удобно	Удобно	0,25	1,25	При работе двумя маневр. паровоз. есть				18,7	Неудобно	Слабая	Для E 35 » E_1 32	615
	Нет	Нет	Удобно	Удобно	0,50	1,50	Нет				20	Недостаточно удобно	Достаточно слабая	Для E 32 » E_1 30	635
	Имеется	Имеется	Неудобно	Неудобно	1,25	0,25	Нет				17	Неудобно	Чрезвычайно слабая	Для E 50 » E_1 44	625
	Нет	Нет	Удобно	Удобно	1,25	0,25	При работе двумя маневр. паровоз. есть				19	Неудобно	Весьма слабая	30	810
	Нет	Нет	Весьма удобно	Удобно	0,25	1,25	При работе двумя маневр. паровоз. есть				19,7	Неудобно	Слабая	28	815
	Нет	Нет	Удобно	Удобно	0,5	1,50	Нет				21	Недостаточно удобно	Достаточно слабая	25	845
	Имеется	Имеется	Удобно	Неудобно	0,25	1,25	Нет				19	Неудобно	Очень слабая	30	815
	Нет	Нет	Весьма удобно	Удобно	0,00	1,00	Есть				23,5	Удобно	Удовлетворительная	15	900

чем в нек-рых схемах двухпутность подходов соблюдена до предстанционных постов. Размеры движения, депо и кидки больных вагонов из транзитных составов, пополнение их здоровыми и всякого рода занятие стрелок

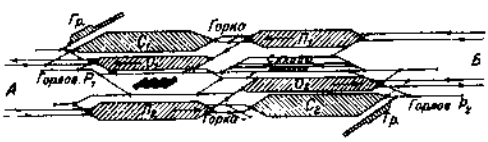
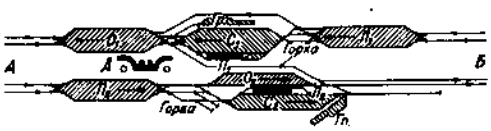
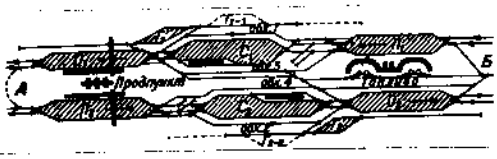
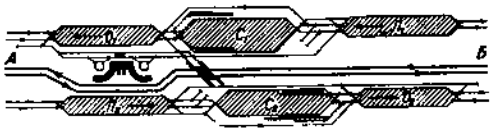
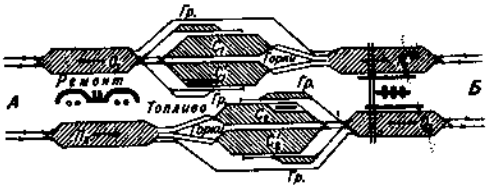
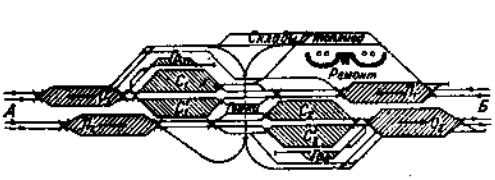
Табл. 6.—Типы участковых уз

Схемы станций	Общая длина станции в км	Общая длина станц. площадки (от входа до выхода ст.) в км	Способ примыкания линии	Для какого рода работы удобнее станция: транзита или сортировки: от A к B	от B к A	Число парков сортировки	Число вытяжек для сортировки	Сколько вагонов можно отсортировать	Удобство для угловых передач	Пересечения выводимыми составами главн. путей при сортировке для направл. от A к B	от B к A	Пошерстный или противошерстн. ввод составов в приемно-отпр. парке для парка $ПО_1$	$ПО_2$
X	3	$1^1/_2$	В разных уровнях	Для сортировки и транзита	Для сортировки и транзита	2	3	800	Неудобно	Пересечений нет	Пересечений нет	Противошерстный	Пошерстный
XI	$3^1/_4$	$1^1/_4$			Для сортировки и транзита	2	3	800					Пошерстный
XII	$3^3/_4$	$1^3/_4$			Для транзита	2	2	700	Оч. неудобно				Противошерстный
XIII	$2^1/_2$	2			Для сортировки и транзита	2	2	750	Удобно				Противошерстный
XIV	$2^3/_4$	2				2	2	750					Противошерстный
XV	$2^1/_2$	$1^1/_2$				2	3	800	Неудобно				Пошерстный
XVI	$1^3/_4$	$1^3/_4$			Для транзита	2	2	750	Очень неудобно				Противошерстный
XVII	$2^1/_2$	$1^3/_4$				2	2	700					Противошерстный
XVIII	$3^1/_2$	$1^1/_2 \times 2$				2	2	750	Неудобно				Противошерстный

ловых станций. *1 (Продолжение.)

Пересечение организованного приема с отправлением	Пересечение главных путей товарн. паровозами		Удобство вывозки и подачи товарн. паровозов под поезда		Пробег поездных паровозов товарн. поездов в км		Перепробег для сортируемых составов		Приспособлен. пассаж. станций для местн. посадки или транзита	Удобство станций для агентов, обслуживающих станции	Общая длина путей одинак. размеров движения в км	Удобство развития станции	Степень безопасности движения	Снижение пропускной способности приемо-отправочной в %	Примерная стоимость станции без земляных работ, местной товарной станции, поселка и технических зданий в тыс. руб.
для парка			для парка		для парка		для направл.								
$ПО_1$	$ПО_2$		$ПО_1$	$ПО_2$	$ПО_1$	$ПО_2$	от A к B	от B к A							
Нет	Нет	Нет	Весьма удобно	Удобно	0,00	1,00	Н	Н	Для местной посадки	Удобно	24	Удобно	Хорошая	0	1 175
Нет	Нет	Нет	Весьма удобно	Удобно	0,00	1,00				Удобно	25,5	Удобно	Очень хорошая	0	1 400
Нет	Нет	Пересечение вытяжек	Удобно	Крайне неудобно	0,25	1,00		Т	Для транзита	Неудобно	30	Удобно	Хорошая	10	1 850
Нет	Нет	Имеется	Весьма удобно	Неудобно	0,00	0,25			Для местной посадки	Неудобно	23	Весьма удобно	Хорошая	10	825
Нет	Имеется	Нет	Неудобно	Весьма неудобно	1,25	1,25		Е	Для местной посадки	Неудобно	23	Удобно	Слабая	35	825
Нет	Имеется	Нет	Неудобно	Удобно	0,25	1,00			Для местной посадки	Удобно	24,5	Удобно	Хорошая	10	1 000
Имеется двойное	Нет	Нет	Неудобно	Неудобно	$\frac{0,20+1,00}{2}=0,60$	$\frac{0,20+1,00}{2}=0,60$			Для транзита	Удобно	26	Неудобно	Слабая	25	1 150
Имеются поперечные	Нет	Пересечение вытяжек	Удобно	Крайне неудобно	0,25	1,00			Для транзита	Неудобно	26	Удобно	Слабая	25	1 250
Нет	Нет	Нет	Удобно	Удобно	1,00	1,00			Исключительно для транзита	Очень неудобно	28	Крайне неудобно	Слабая	25	1 500

Табл. 7.—Главнейшие типы

Схемы станций *1	Наименование станций	Приблизит. длина площадки в км	Для какого из направлений более удобна	Примерная сортировочная способность при обычных горочных устройствах (в вагон.) *1
	Односторонняя с последовательным расположением парков	3,5	От Б к А	1 700
	Односторонняя с параллельным расположением парков	2,5	От Б к А	1 700
	Двусторонняя с параллельным расположением парков	2,5	Для обоих направлений	3 400
	Двусторонняя с комбинированным расположением парков	3,5	Для обоих направлений	3 400
	Двусторонняя с последовательным расположением парков	3,5	—	3 400
	Двусторонняя с последовательным расположением парков	3,5	—	3 400
	Двусторонняя с двойным комплектом сортировочных устройств	3,75	—	6 000
	Двусторонняя с последовательным расположением парков и общей горочной системой	4,5	—	6 800

*1 На схемах: *П*—приемный парк, *О*—парк отправления, *С*—парк основной сортировки, *Гр.*—парк группи-

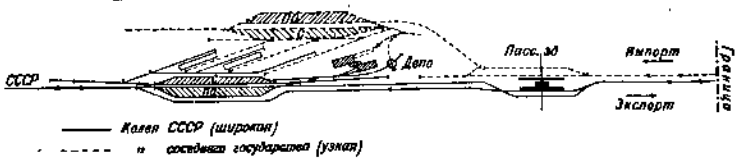
сортировочных станций.

Пробеги поездных паровозов в ж.м	Удобство подачи и уборки паровозов	Удобство угловых передач	При каком соотношении транзита и сортировки станция удобна	Какое направление должно быть для обслужив. порожняка	При расположении депо не внутри парков, с какой стороны по чертежу выгоднее его поместить	Удобство управления станцией	Примерная стоим. без земляных работ и подходов при одинаковом числе стойл (в млн. р.)
Для парков *П* и *ПО* незначительные; для парка *О* ок. 2,5	Подача и уборка удобны для всех парков	Удобны	При наличии в направлении от *А* к *Б* преимущественно транзита, а от *Б* к *А* сортировки	От *А* к *Б*	С верхней стороны в районе горки	Затруднено для направления от *Б* к *А* в виду растянутости парков	5
Для парков *П* и *ПО* незначительные; для парка *О* ок. 1,5	Подача и уборка удобны для парка *ПО* и *П*; для парка *О* неудобны	Удобны	При преобладании транзита для обоих направлений, в особенности для направления от *А* к *Б*	От *А* к *Б*	То же	Удобно в виду компактного расположения парков	4,5
Для парков $П_1$ и $П_2$ незначительные; для парков $О_1$—$О_2$ ок. 1,0 для каждого	Подача и уборка удобны для всех парков	Неудобны, так как надо пересекать отправление поездов из парков $О_1$ и $О_2$ в горловинах $Р_1$ и $Р_2$	При преобладании транзита в обоих направлениях	Безразлично	Безразлично, но в районе горок	Удобно в виду небольшой длины станции	6,5
Для парков $П_1$ и $О_2$ пробег большой, для $О_1$ и $П_2$ небольшой	Подача и уборка удобны для всех парков	Затруднены для парка $С_2$	При преобладании сортировки для направления от *Б* к *А* и транзита от *А* к *Б*	От *А* к *Б*	С верхней стороны в районе горки	Затруднено для направления от *Б* к *А* в виду растянутости парков	7
Пробеги значительные	Подача и уборка удобны для всех парков	Удобны, в особенности если есть полукольцо, показанное пунктиром	При преобладании сортировки в обоих направлениях	Безразлично	Безразлично	Затруднено для обоих направлений в виду растянутости парков	7,5
Пробеги весьма значительные	Подача и уборка удобны для парков $О_1$ и $О_2$; для парков $П_1$ и $П_2$ неудобны	Для всех паровозов осложнены наличием общего хода	То же	Безразлично	Безразлично, но сообразуясь с внутренним ходом, т. е. в районе горок	Неудобно в виду растянутости парков и сложного сообщения между обеими сторонами	8,5
Пробеги значительны, даже если устроены путепроводы; без них вообще движение паровозов крайне трудно	Подача и уборка для парков $О_1$ и $О_2$ удобны; для парков $П_1$ и $П_2$ осложнены двойными пробегами	Удобны	То же	Безразлично	Безразлично (обязательно нужны путепроводы)	Затруднено в виду растянутости парков и одновременной работы четырех горок	12
Пробеги велики	Для подачи и уборки паровозов должны быть выстроены путепроводы, иначе будут чрезвычайно неудобные подача и уборка паровозов	Очень удобны	То же	Безразлично	Схема предусматривает лишь боковое положение депо, а не внутреннее	Неудобно в виду слишком большой длины станции	13,5

ровки по станциям. *1 При 20-час. работе и составах по 50 ваг.

операции с экспортом (фиг. 18). Основной досмотр груза каждой из сторон производится на своей станции.

Заграничные Ж. с. Заграничные методы проектирования в общем мало отличаются от методов, принятых в наст. время

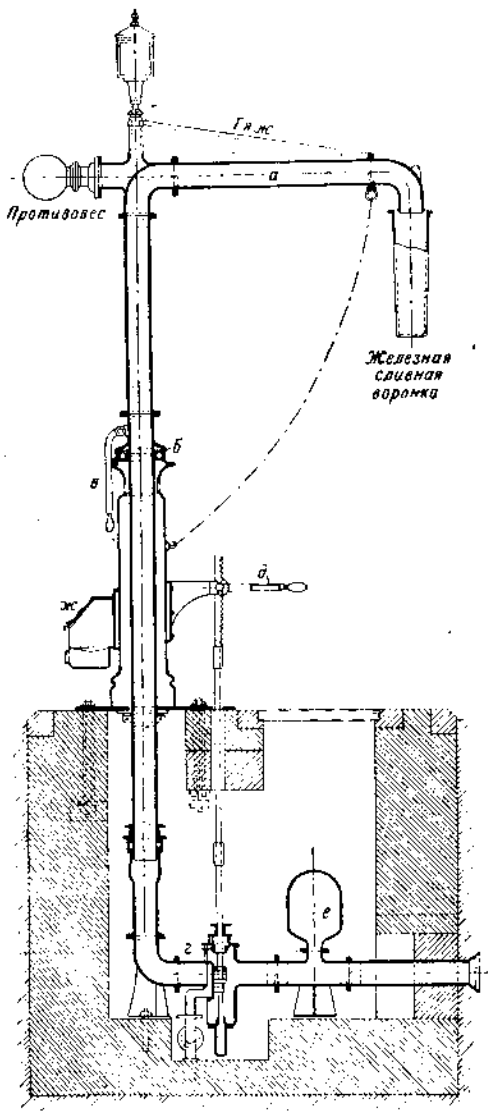


Фиг. 18.

в СССР, за исключением Америки, где по условиям движения поездов (пачками) устраиваются весьма длинные станции для возможности приема двух следующих друг за другом поездов на один путь. В связи с мощным грузооборотом многих заграничных дорог и громадной работой по сортировке в узлах, устраиваются мощные сортировочные станции с переработкой по 4 000 и более вагонов в каждом направлении в сутки, причем для успешности работы устраиваются особые автоматич. приспособления—замедлители (тормоза) и ускорители. В отношении развязки движения в разных уровнях на подходах к узлам единства взглядов нет; в то время как англ. и франц. дороги придерживаются пересечений в одном уровне, герм. и другие дороги, наоборот, в большинстве случаев прибегают к внеуровенной развязке, помощью путепроводов.

Принадлежности станций, специальные устройства для приема и отправления поездов и производства технических и коммерческих операций, как то: набора воды и топлива, поворота паровозов и вагонов, чистки паровозных топок, взвешивания вагонов, проверки габарита предметов, грузящихся на открытый подвижной состав, точной установки поездов и вагонов на путях, предупреждения сходов на тупиковых путях и т. д. К наиболее важным станционным устройствам относятся: сигнализационные устройства (см. *Железнодорожная сигнализация*), *поворотные устройства* (см.), гидравлич. колонны, пожарные, водоразборные и промывные краны, нефтехранилища, кочегарные ямы, путевые упоры, предельные столбики, запорные брусья, вагонные весы и габаритные ворота.

Гидравлические колонны (фиг. 19) служат для набора воды паровозами и устанавливаются на междупутьях приемо-отправочных путей (набор воды без отцепа паровозов) и на тракционных путях. Расстояние между осями путей в место установки гидравлической колонны д. б. не менее 5,7 *м*. Высота гидравлич. колонны находится в зависимости от типов обращающихся тендеров. Верхняя часть гидравлич. колонны вместе с выливным рукавом *а* вращается (на шариках *б*) около вертикальной оси при помощи рукоятки *в*, к-рая служит также и запором. Обычно выливной рукав стоит параллельно оси путей, а при наливе поворачивается примерно на 90°. Для предупреждения повреждений при проходе поездов устанавливается сигнализация, для чего над гидравлической колонной устанавливается фонарь, а сливной рукав окрашивается в красный цвет. Гидравлическая колонна устанавливается на каменном, кирпичном или бетонном фундаменте. Внутри фундамента помещаются запорный клапан *г*, управляемый снаружи маховичком или соответствующим другим приспособлением *д*, и воздушный колпак *е* для скопления воздуха. Запорный клапан устроен так, что оставшаяся в гидравлич. колонне после набора пода вытекает и собирается на дне фундамента, откуда обычно отводится в поглощающий колодец. Во избежание

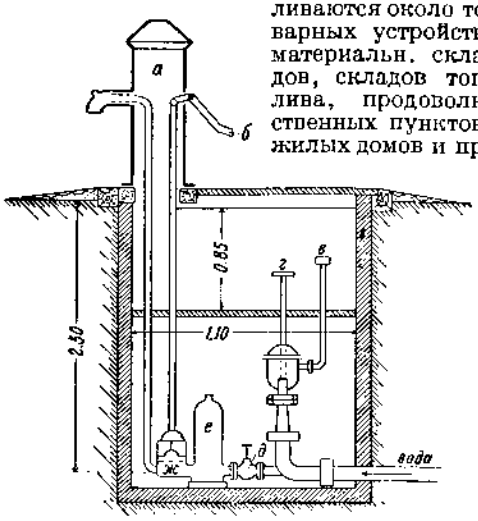


Фиг. 19.

замерзания воды зимой, внизу гидравлической колонны устраивается печь *ж*. В теплом климате для ускорения набора воды

вместо гидравлической колонны может быть поставлен бак емкостью на один или два тендера на надлежащей высоте. Вода поступает в бак по водопроводной разводящей сети, а из бака по рукаву большого сечения—в тендер.

Пожарно-водоразборные краны (наружные) служат для подачи воды при пожаре и разбора воды ведрами и устанавливаются около товарных устройств, материальн. складов, складов топлива, продовольственных пунктов, жилых домов и пр.



Фиг. 20.

Они состоят (фиг. 20) из колонки *а* с рычагом *б* для разбора воды ведрами и пожарного отростка *в* с маховичком *г* для пуска воды при пожаре и устанавливаются в каменных, кирпичных, бетонных или деревянных колодцах. Внутри колодец разделен полом; в нижней части колодца помещаются запорные клапаны, запорный кран *д* и воздушный колпак *е*. Во избежание замерзания верхняя часть колодца, где помещается пожарный отросток с маховичком, набивается на зиму навозом. Водоразборная колонка с рычагом выходит наружу. Оставшаяся в колонке вода стекает обратно и собирается внутри цилиндрич. поршневого запора *ж*, а из пожарного отростка—через особое отверстие вытекает в колодец. Пожарные и водоразборные краны иногда ставятся отдельно.

Внутренние пожарные краны устраиваются в отапливаемых помещениях; при этом вентиль и пожарный рукав помещаются в застекленном ящике. Для быстрого прикрепления пожарного рукава к вентилю употребляется полугайка Рота.

Промывные краны служат для промывки паровозов и ставятся между кочегарными ямами в депо. Они помещаются в каменном, кирпичном или бетонном колодце и имеют два вентиля с отростками для навинчивания гаек пожарных рукавов.

Нефтехранилища устраиваются для технич. нужд преимущественно на тех станциях, где происходит снабжение паровозов нефтью для отопления. Кроме этого нефтехранилища сооружаются на товарных станциях и являются особым типом складочных помещений. Чаще всего нефтехранилища применяются двух типов: надземные нефтехранилища (баки и цистерны) и подземные (резервуары), причем материалом обычно служат: в надземных железо, а в подземных железобетон.

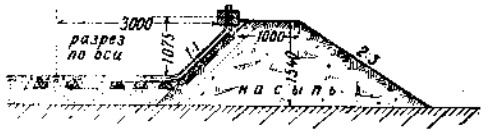
Кочегарные ямы служат для чистки топок и осмотра и ремонта паровозов. Они устраиваются между рельсами и имеют вид канав глубиной от 0,65 до 1,00 *м* от уровня рельсов с каменными или бетонными стенками на сплошном фундаменте, со спускными ступеньками и с надлежащим отводом воды. Длина их устанавливается в зависимости от типа обслуживаемых паровозов. Кочегарные ямы устраиваются между рельсами каждого пути, назначенного под паровозное стойло, и на тракционных и приемо-отправочных путях; в последнем случае кочегарные ямы помещаются у гидравлич. колонн для одновременного набора воды, осмотра и чистки паровоза.

Путевые упоры устраиваются на тупиковых путях на случай прохода мимо сигнала остановки или во избежание схода с тупиковых путей. Существуют различные

Фиг. 21.

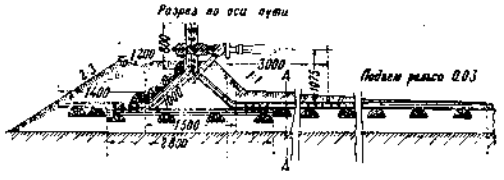
Фиг. 22.

типы упоров: деревянные с земляной призмой, земляные с изогнутыми концевыми путевыми рельсами, из путевых рельсов с буферными тарелками как с земляной призмой, так и без нее, скользящие и пр. На тупиковых путях, служащих для приема пассаж. поездов, устраиваются наиболее сильные и упругие упоры (скользящие, гидравлические



Фиг. 23.

и др.). Последнее звено пути перед упором обычно укладывается с подъемом. Головки рельсового пути у упора покрываются обычно слоем чистого гравия или песка толщиной над рельсом у упора около 0,15 *м*.



Фиг. 24.

На протяжении следующего за упором звена этот покров постепенно сводится на-нет. Между рельсами у упоров иногда устраиваются контррельсы. На фиг. 21—24 приведены наиболее характерные типы упоров.

Предельные столбики устанавливаются между путями для указания предельного положения подвижного состава на

сходящихся соседних путях. Положение предельных столбиков определяется двумя полными габаритами с зазором между ними в 25 *см*. Предельный столбик обычно делается из обрубленного рельса с выкрашенным в красный цвет верхом и закрепляется в земле в вертикальном положении.

Запорные, или ветроные поворотные брусья употребляются для предупреждения угона подвижного состава и ставятся возле предельных столбиков ограждаемого пути. Они устанавливаются преимущественно на тех путях, к-рые не служат для приема и отправления поездов и маневров с ними (как то: пакгаузных, арендных, погрузочных, карьерных, материальных, тяговых и пр.) в тех случаях, когда эти пути имеют выход на пути следования организованных поездов. В особо серьезных случаях они снабжаются сигналами путевого заграждения и запираются контрольными замками.

Весы—см. *Весы* и *Вагонные весы*.

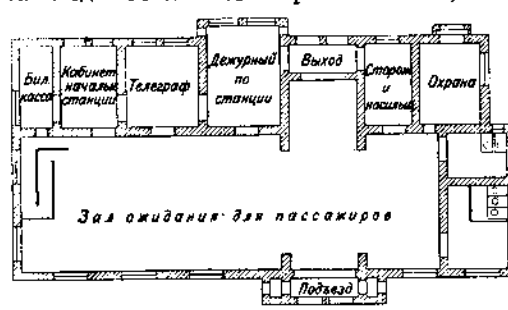
Габаритные ворота устанавливаются на станцион. путях близ мест погрузки и предназначаются для проверки правильности произведенной погрузки грузов на открытом подвижном составе. Габаритные ворота представляют собою ворота из рельсов или дерева с навешенными грузами или колокольчиками, в соответствии с установленным габаритом.

Лит.: Технич. условия проектирования и сооружения магистральных жел. дорог нормального типа, Москва, 1925; Технич. условия проектирования станций для дорог нормальной колеи, НТК НКПС, вып. 41, Москва, 1926; Пропускная способность станции, НТК НКПС, вып. 83, Москва, 1929; Гибшман Е. А., Об устройстве пассажирских и сортировочных станций, М., 1929; его же, Графич. расчет путевого устройства малых станций, 2 изд., М., 1924; его же, Соединения путей, М., 1924; его же, Станции. Общая часть и малые станции, М., 1926; его же, Жел. дороги. Общая часть, ч. 1, М., 1927; его же, Расчет стрелочных переводов, Москва, 1916; Образцов В. Н., Курс станций и узлов, Москва, 1929; Васильев И. Й., Станционные маневры, Москва, 1927; Энгельгардт Ю. В., Железные дороги, т. 3, Москва, 1929; Сеньковский М. В., Ж.-д. станции, Москва, 1924; Васильев М. Й., Станционные маневры. Обследование методами НОТ, Москва 1924; Глаазырин В., Расчет пассажирских зданий (литогр. изд.), Москва, 1918; Кульжинский С. Н., Основные элементы проектирования станций, ч. 1, П., 1922; Транспортный Hütte, т. 1—4, М., 1927; «Труды Моск. института инженеров транспорта», М.; «Ж.-д. дело», М., 1926—28; Frölich, Rangieranlagen u. ihre Bedeutung für den Eisenbahnbetrieb, B., 1926; Cauer W., Personenbahnhöfe, 2 Auflage, B., 1926; Oder M., Betriebskosten der Verschiebebahnhöfe, «Archiv f. Eisenbahnwesen», Berlin, 1914; Ammann, Über d. Ausstattung d. Verschiebebahnhöfe, Berlin, 1920; Bäseler, Ziele u. Wege d. Verschiebetechnik, «Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens», Berlin, 1926, H. 12; Enzyklopädie d. Eisenbahnwesens, hrsg. v. V. Röll, B. 5, Berlin—Wien, 1914; Railway Engineering and Maintenance Cyclopedia, New York, 1926; Dufour M. A., Cours de chemins de fer, Paris, 1922; Schmitt E., Empfangsgebäude d. Bahnhöfe und Bahnsteigüberdachungen, Handbuch der Architektur, hrsg. v. J. Durm und E. Schmitt, B. 4, T. 2, H. 4, Stuttgart, 1911. **С. Зенбинов.**

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ СТАНЦИОННЫЕ ПОСТРОЙКИ, расположенные на территории станции здания: пассажирские вокзалы, паровозные депо, вагонные сараи, паровозные и вагонные мастерские, пакгаузы, пассажирские, товарные, перегрузочные, сортировочные и иные платформы, товарные конторы, служебные помещения для отдыха бригад, здания централизационных и блокировочных постов, водоподъемные здания с водоприемниками, водоемные здания, нефтекачки, жилые дома для станционных агентов, постройки для врачебной службы, амбары для хранения материалов, отхожие места и пр. В зависимости от интенсивности движения и назначения станции часть зданий иногда отпадает, а некоторые операции совмещаются в одних общих зданиях.

Пассажирские здания можно подразделить на следующие основные группы: а) здания, обслуживающие почти исключительно пассажиров дальнего следования, заканчивающих или начинающих на данной станции путь следования (тупиковые станции); б) здания для посадки и высадки пригородных пассажиров (тупиковые или промежуточные станции); в) здания для посадки и высадки как пассажиров дальнего следования, так и местных (промежуточные и тупиковые станции) и г) здания, служащие преимущественно для пересадки пассажиров (вокзалы в жел.-дор. узлах, на пограничных станциях и в портах).

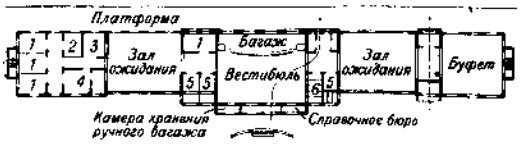
На большинстве заграничных дорог, как было и у нас в условиях дореволюционного времени, пассаж. здания имеют помещения различных классов применительно к разной плате за проезд. На дорогах СССР помещения пассажиров обезличены, и деление имеется лишь в отношении дальних и пригородных поездов. По отношению к путям пассаж. здания бывают островного типа, т. е.



Фиг. 1.

расположенные между путями, или одностороннего—расположенные снаружи путей. В случае затруднения подъезда к островному пассаж. зданию устраивается предпутный павильон со стороны наибольшего притока пассажиров. Предпутный павильон соединяется с островным пассаж. зданием туннелем или мостиком. На тупиковых станциях пассаж. здание располагается как параллельно путям, так и поперек их. Наиболее удобное расположение пассаж. здания по отношению к путям зависит от местных условий. В пассаж. зданиях обычно от 25 до 50% площади занято служебными помещениями. Взаимное расположение отдельных помещений пассаж. здания (залы для пассажиров, служебные комнаты, билетные и багажные кассы и пр.) д. б. приспособлено для быстрых и беспрепятственных операций по посадке и высадке пассажиров, по приему и выдаче багажа. Помещение дежурного по станции размещается с расчетом хорошей видимости всего происходящего на путях и удобной отдачи распоряжений (телеграф—рядом с распорядителем движения, непо-

средственный выход на перрон и пр.). На больших пассаж. станциях, где производится очень большая посадка и высадка пассажиров и имеется значительное число перронных путей, устраиваются переходы вне уровня путей. На фиг. 1—3 приведены примеры расположения отдельных помещений в пассаж. зданиях, причем на фиг. 1 показано пассажирское здание для малой станции, на фиг. 2—для станции с интенсивной работой

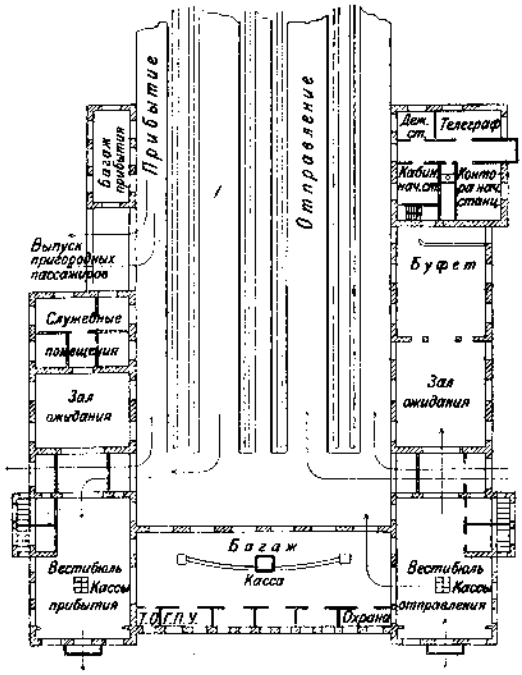


Фиг. 2.

по приему и отправлению пассажиров, а на фиг. 3—для большой тупиковой пассаж. станции. Для защиты пассажиров и багажа от дождя и снега применяются навесы или целые перекрытия не только над платформами, но и над пассажирскими путями.

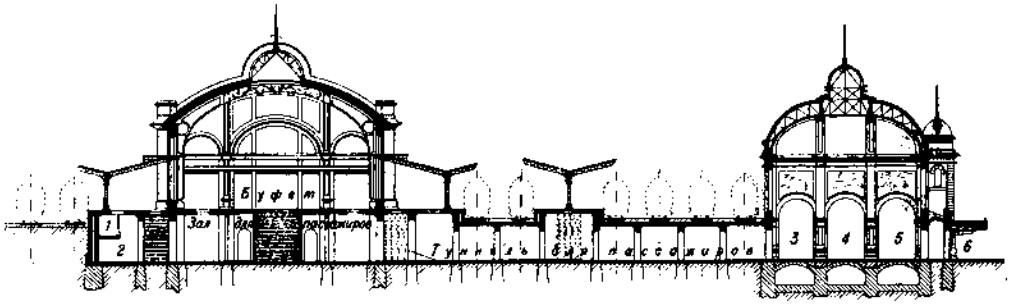
Пассажирские платформы между путями устраиваются преимущественно низкого типа с вертикальной стенкой со стороны пути, с возвышением в 0,20 *м* над головкой рельса. Наименьшая ширина пассажирской платформы в пределах пассаж. здания 6 *м*, а на остальном протяжении 3 *м*. Длина платформы должна соответствовать наибольшей длине обращающихся пассаж. поездов. Пассаж. платформы при малой интенсивности движения соединяются между собой на уровне рельсов переходами шириной не менее 2 *м*; при густом движении устраиваются переходные мостики или туннели. Ширина мостика или туннеля д. б. не менее 3 *м*, высота туннелей колеблется от 2,25 до 2,75 *м*, уклон лестницы—не круче 1:2. Тамбур туннели на промежуточных платформах должен занимать не более половины ширины ее и отстоять от края платформы не менее как на 2 *м*. На фиг. 4 показан разрез

стороны путей 1,5 *м*, а со стороны двора 1 *м*. Козырьки (навесы), устраиваемые у пакгаузов и крытых платформ для предохранения



Фиг. 3.

от дождя и снега, должны со стороны путей по возможности заходить за середину вагонов, а со стороны экипажей заходить на 3,5 *м* от наружного края пакгаузов. Пакгаузы для удобства маневрирования вагонами устраиваются по длине не более как на 12 вагонов. На больших товарных станциях как платформы, так и пакгаузы часто устраиваются ступенчатыми или зубчатыми (фиг. 5). При расчете площадей время хранения грузов принимается: для прибывающего груза



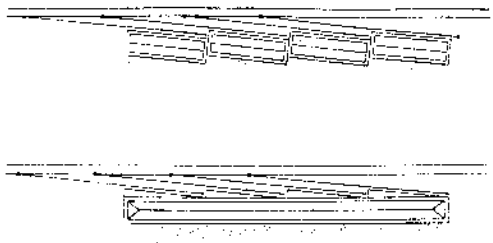
Фиг. 4.

большого пассажирского здания с туннелями, где *1*—почтовый туннель, *2*—багажный туннель, *3*—кассовая, *4*—зал, *5*—вестибюль, *6*—подъезд.

Товарные помещения бывают разных видов. Основными типами являются пакгаузы, крытые и открытые платформы. При крытых платформах и пакгаузах вдоль поддерживающих стенок с обеих сторон снаружи устраиваются площадки шириной со

3 дня, для отправляемого груза 2 дня, для навалочных грузов в обоих случаях 3 дня и более. В случае тесноты и значительного грузооборота пакгаузы устраиваются в два этажа и более (фиг. 6). В случаях большой работы целесообразно механизировать товарные помещения, особенно при наличии электрич. энергии на станции. Пакгаузы предпочтительно строить из огнеупорного материала и специализировать по роду грузов. При

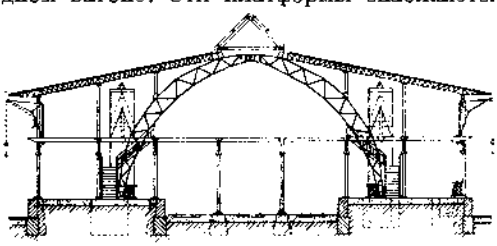
значительной работе при пакгаузах и товарных платформах устраиваются отапливаемые помещения для весовщиков.



Фиг. 5.

Товарные конторы устраиваются на товарных дворах станций со значительной работой, где число отправок за сутки больше 100; в противном случае их совмещают с пассаж. зданием. На фиг. 7 представлен план товарной конторы большой товарной станции.

Перегрузочные платформы предназначаются для перегрузки грузов из вагонов, поврежденных в пути, и для перегрузки в вагоны другой колеи. Они устраиваются частью открытыми, а частью крытыми. Ширина открытых платформ от 2 до 3 *м*, а крытых 4,5÷6 *м*. Сортировочные платформы служат для распределения мелочных отправок по направлениям, когда грузы разных назначений идут в одном вагоне. Эти платформы снабжаются



Фиг. 6.

навесом и имеют ширину 7—9 *м*. Сортировочные и перегрузочные платформы располагаются близ сортировочных путей; при этом сортировочные платформы снабжаются по концам складочными помещениями по типу пакгаузов. Крытые сортировочные платформы как более широкие должны иметь верхний свет и запирающиеся помещения для отгрузки тех отправок, к-рые почему-либо не могли быть отправлены.

На станционных пассажирских платформах устраиваются мужские и женские отхожие места, холодные или отапливаемые. Они располагаются близ пассаж. здания или мест большого скопления пассажиров. Кроме того на станциях с водоснабжением устраиваются в пассаж. зданиях теплые ватер-клозеты.

Помещения для паровозных и поездных бригад устраивают в большинстве случаев на участковых станциях и в пунктах смены бригад, исходя из предельной продолжительности пребывания бригад в работе. Размер этих помещений рассчитывается по числу одновременно скопляющихся бригад, по графику оборота. Помещения снабжаются всеми необходимыми принадлежностями для спанья, хранения вещей, умывальными, столовыми, читальными залами и т. п. (фиг. 8). Помещения должны иметь удобное сообщение с местами посадки на паровозы и поезда, но находиться не у самого депо, а по возможности в тихом месте, недалеко от ж.-д. поселка, приемного покоя и других служебных зданий. Изложенным требованиям должны удовлетворять и дежурные помещения в пунктах, где производятся операции по передаче составов с одной дороги на другую, и в пунктах технического осмотра поездов.

Постовые здания располагаются обычно в концах станции или в середине ее (электрич. централизация) и для лучшей видимости здания д. б. высоки и снабжены специальными балконами; в нижних этажах

Фиг. 7.

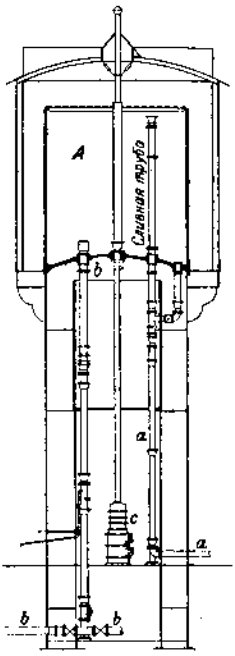
постовых зданий могут устраиваться конторы, помещения для временного отдыха станционных агентов, склады принадлежностей, а при механич. централизации—компенсаторы для гибких тяг.

Водоемные здания. На всех станциях, где предусмотрен набор воды и где имеется самостоятельное жел.-дор. водоснабжение, устраиваются водоемные здания в общем аналогичные обычным городским водоемным зданиям, но рассчитанные на более короткую разводящую сеть при значительном напоре. При соответствующих топографич. условиях водоемные здания устраиваются на возвышениях, а в холмистой местности баки иногда располагаются в земле. В тех случаях, когда сооружение высоких построек нежелательно, прибегают к

Фиг. 8.

т. н. пневматич. водоснабжению, при к-ром напор в разводящей сети получается благодаря высокому давлению воздуха в баках, расположенных обычно ниже уровня земли. Разрез водоемного здания приведен на фиг. 9.

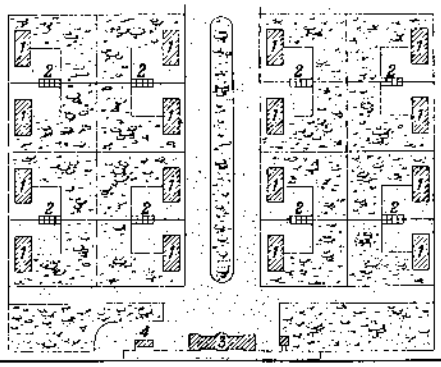
Подача воды в бак *A* производится водокачки помощью напорной трубы; для устранения переполнения бака и для опоражнивания его ставится труба *a*. Пуск воды в разводящую сеть производится по трубе *b*. Отопление водоемного здания производится при помощи печи *c* с дымоходом, проходящим через бак для подогревания воды. В старых водоемных зданиях устраивалась вращающаяся наружная труба для непосредственного набора воды паровозом из водоемного здания. В настоящее время для набора воды паровозами у путей устраиваются специальные гидравлические краны, называемые иногда гидравлическими колонками. На магистралях водоемные здания располагаются не ближе 15 *м* от оси ближайшего пути. Емкость баков д. б. не менее $^1/_4$ полного суточного расхода воды, потребной для паровозов при одиночном оборудовании, и не менее $^1/_8$ при двойном, но во всяком случае она должна быть не менее 120 $м^3$.



Фиг. 9.

Нефтекачки. Для подачи нефти на тендеры (при нефтяном отоплении паровозов) возле пути, предназначенного для набора нефти паровозами, устраиваются специальные здания, имеющие в уровне второго этажа нефтяной бак. Нефть хранится в особых цилиндрич. баках (металлических и железобетонных) диаметром от 10 до 12 *м*, соединенных с нефтекачкой трубопроводами.

Жилые дома на станциях по существу мало отличаются от обычных жилых



Фиг. 10.

построек; особенностью их является однотипность и соответствующее расположение по отношению к прочим элементам станции. При этом расположении имеют в виду удобство сообщения с местом работы, отделение жилых построек от путей, дело и прочих служебных зданий широкими участками с древесными насаждениями и удобство вызова к месту постоянной работы. Жилые дома при станции устраиваются преимущественно для тех служащих, для которых требуется постоянное присутствие на станции. Жилая площадь жилых домов рассчитывается соответственно штатам служащих по установленным нормам. Для вновь строящихся ж. д. эта площадь должна составлять не менее 40 $м^2$ на *км* протяжения однопутной магистрали и не менее 60 $м^2$ на *км* двупутной на первое время эксплоатации; при этом на каждый узел и на каждую конечную станцию добавляется сверх указанных норм еще 450 $м^2$; для магистралей облегченного типа указанные нормы снижаются до 30 $м^2$ на *км* и до 350 $м^2$ на узел или конечную станцию, а для пионерных дорог—соответственно до 20 и 150 $м^2$. При жилых домах устраиваются надворные постройки в размере не менее $^1/_3$ площади жилых помещений. На фиг. 10 представлен пример расположения жилых зданий на территории станции: *1*—жилые дома, *2*—дворы с сараями, *3*—пассаж. здание, *4*—багажное отделение.

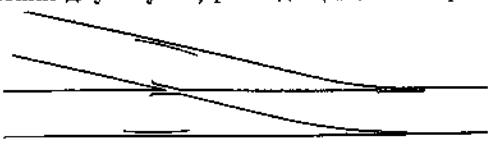
Лит.: Катикман А. А., Путевые и станционные постройки, Москва, 1927; Коллонтай В. Л., Жел.-дорожное дело, СПБ, 1912; Карейша С. Д., Курс ж. д., М.—Л., 1923; Главаырин В., Графич. расчет пассажирских зданий, П., 1918; его же, Основы проектирования ж.-д. гражданских сооружений, П., 1918; Энгельгардт Ю. В., Железные дороги, т. 3, М.—Л., 1929; Ляхницкий В. Е., Механизация перегрузочных операций в ж.-д. транспорте, Л., 1927; Бернгард В. Р., Курс гражданской архитектуры (литогр.), СПБ, 1900; Гибшман Е. А., Об устройстве пассаж. и сортировочных станций, М., 1929; Цеглинский К. Ю., Курс ж. д. (литогр.), т. 1, М., 1913; Гибшман Е. А., Соединения путей, М., 1924; Транспортный Hütte, М., 1927; Технич. условия проектирования ж. д. магистрального типа, М., 1923; Cauer W., Personenbahnhöfe, 2 Auflage, B., 1926; Enzyklopädie d. Eisenbahnwesens, hrsg. v. Röll, B. 5, B.—W., 1914; Railway Engineering a. Maintenance Cyclopedia, New York, 1926; Schmitt E., Empfangsgebäude d. Bahnhöfe u. Bahnsteigüberdachungen. Handbuch d. Architektur, hrsg. v. J. Durm und E. Schmitt, B. 4. T. 2. H. 4, Stuttgart, 1911.

С. Зимблинов.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ, приспособления, дающие возможность жел.-дор. подвижному составу переходить с одного пути на другой.

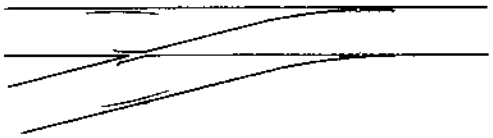
Устройство и виды Ж. с. п. Обыкновенный стрелочный перевод состоит из трех частей: стрелки, крестовины и переходного пути. Стрелка—устройство в начале перевода, служащее для отклонения колес подвижного состава на боковой путь; крестовина—устройство, укладываемое в месте пересечения рельсов основного и бокового путей для свободного прохода колес через эту точку; переходный путь—часть между стрелкой и крестовиной. Стрелка называется правою (фиг. 1) или левою (фиг. 2) в зависимости от того, вправо или влево, глядя от стрелки к крестовине, боковой путь отходит от основного. В первом случае крестовина расположена на правой нитке основного пути, во втором—на левой. Если оси разветвляющихся путей составляют одинаковые углы с осью основного пути, то получается симметричный стрелочный перевод (фиг. 3), при разных углах—несимметричный стрелочный перевод. Если основной путь разветвляется на три взаимно пересекающихся пути, то такой перевод называется

двойным или сдвоенным переводом; в таком переводе кроме двух острых крестовин на основном пути появляется еще одна острая крестовина с большим углом на пересечении двух путей, расходящихся в стороны



Фиг. 1.

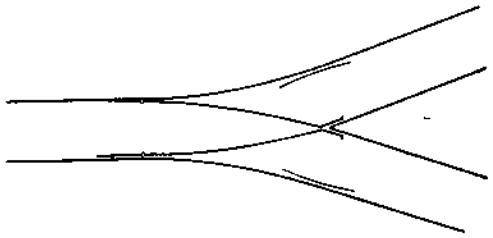
от прямого. Сдвоенный перевод со стрелками, сходящимися в одной точке, как показано на фиг. 4, называется симметричным сдвоенным переводом. Сдвоенный перевод со стрелками, расположенными одна за другой, называется несимметричным сдвоенным переводом, причем если две крестовины расположены на двух нитках основного пути, то он называется разносторонним (фиг. 5), а если на одной нитке основного пути, то односторонним несимметричным переводом. Соединение переводами двух крест-накрест пересекающихся путей называют перекрестным, или английским, переводом (фиг. 6). Перекрестный перевод служит как для прямого прохода по каждому из пересекающихся



Фиг. 2.

путей, так и для перехода с одного на них на другой. Полный перекрестный перевод состоит из четырех стрелок, двух острых крестовин, двух тупых крестовин и четырех переходных путей—двух прямых и двух кривых. Если на перекрестного перевода устранить один кривой путь, то получится одиночный перекрестный перевод; если устранить один прямой путь, то получится сплетенный перекрестный перевод без тупых крестовин (фиг. 7).

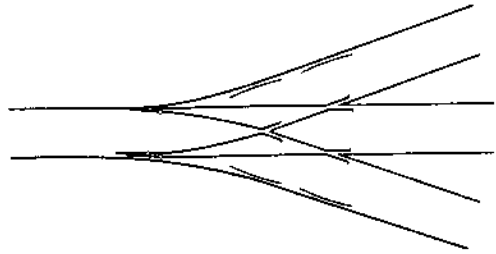
Американская стрелка. Простейший вид перевода показан на фиг. 8. В этом переводе стрелкою служат два куска рельсов



Фиг. 3.

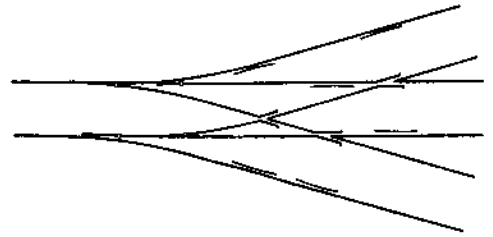
ab и $a'b'$, вращающиеся около точек a и a', а крестовиною—кусок рельса cd, вращающийся около точки пересечения осей рельсов. Такая, так наз. американская, стрелка очень проста по конструкции, но имеет весьма важное неудобство: путь по одному из направлений всегда прерван, почему при движении по этому пути подвижного состава неминуемо должен произойти сход его.

Обыкновенная стрелка. Для устранения указанного неудобства два наружных рельса в стрелке, т. наз. рамные рельсы, b_1b_2 (фиг. 9) делаются непрерывными и неподвижными, а два внутренние, заостренные остружкою по направлению к острию стрелки, т. наз. остряки, или стрелочные перья, делаются вращающимися в точках d_1 и d_2. Указанное устройство обыкновенной стрелки предохраняет состав от схода при движении как в ту, так и в другую сторону, даже в том случае, когда при поперстном движении состава стрелка стоит неправильно и состав взрезывает ее. Остряки



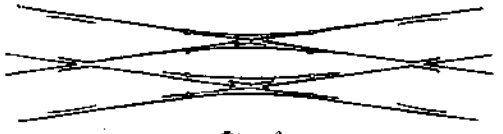
Фиг. 4.

у стрелок делаются кривые и прямые. Стрелки с кривыми остряками дают более плавный и постепенный переход с прямого пути на боковой, почему и укладку таких стрелок применяют на главных и разъездных путях, проходимых поездами со значительною скоростью. Кривые остряки применяются также в перекрестных переводах, для того чтобы насколько возможно увеличить радиус переходной кривой. Стрелки с прямыми остряками симметричны, и каждая из них м. б.



Фиг. 5.

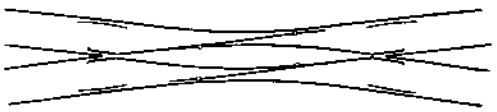
уложена как для перевода вправо, так и для перевода влево. Кроме того стрелка с прямыми остряками значительно дешевле стрелки с кривыми остряками, т. к. изготовление ее значительно проще и остряки для нее м. б. изготовляемы из обыкновенных рельсов, тогда как для стрелок с кривыми остряками необходимо применение железа специальных профилей. Наивыгоднейшей конструкцией остряков для безударного прохода по ним подвижного состава является та, при



Фиг. 6.

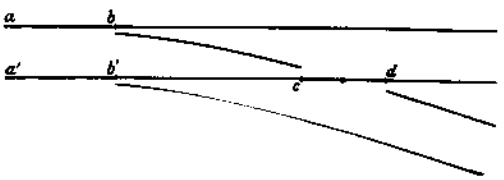
которой кант остряка соприкасается с рамным рельсом по касательной; однако эта конструкция практически невыполнима, т.к.

в этом случае острие остряка получилось бы чрезмерно длинным, тонким и непрочным. Кривому остряку в плане придается такое очертание, при котором дуга круга, образуемая внутренним кантом остряка, пересекает



Фиг. 7.

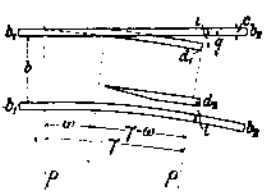
внутренний капт рамного рельса при острие остряка под углом ω (фиг. 9). Под этим углом реборда колеса, вкатывающегося против шерсти на стрелку, поставленную на боковой путь, ударяет в прижатый остряк, почему этот угол называют **углом удара**, или **углом входа на стрелку**. Он делается для кривых остряков не менее 30′ и не более 60′. Угол γ, составляемый с рамным рельсом касательною к переходной кривой в корне остряка, называется **углом поворота на остряке**. Этот угол делается не менее 1° и не более 2,5°. Прямой остряк отходит от рамного рельса под углом,



Фиг. 8.

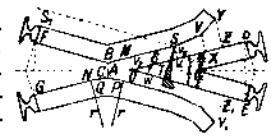
который является для него одновременно и углом входа и углом поворота на остряке.

Крестовина устраивается таким образом, чтобы дать возможность закраине бандажа, двигающегося по рельсу одного из путей, пересечь рельс другого пути, для чего линии катания GD и EF (фиг. 10) обоих пересекающихся рельсов прерываются на протяжении OB и OC; точка O пересечения внутренних рабочих граней пересекающихся рельсов называется **математическим центром** крестовины. Часть крестовины, заключающаяся между линиями DO и OE, называется **острием**, **сердечником** или **языком крестовины**. Путевые рельсы, не доходя до математич. центра, в точках B и C выгибаются таким образом, что остаются на некотором протяжении параллельными внешним граням острия крестовины, оставляя между собою и ими жолоб, достаточный для прохода гребня бандажа. Эти изогнутые рельсы называются **коленчатыми рельсами**, **усовиками** или **заячьими лапами**. Та часть крестовины BC, где усовики наиболее сближаются между собою, называется **горлом крестовины**. Величина $\frac{1}{M} = 2\,\mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2}$, или $\frac{1}{M} = \mathrm{tg}\,\alpha$, где α — угол крестовины, называется **маркою** крестовины. (Эта марка иногда обозначается через M, но $\frac{1}{M}$ удобнее для вычислений.)



Фиг. 9.

Обычно принято, чтобы $\frac{1}{M}$ было правильной обыкновенной дробью: $^1/_6$; $^1/_7$; $^1/_8$; $^1/_9$; $^1/_{10}$; $^1/_{11}$; $^1/_{12}$; $^1/_{13}$; $^1/_{16}$; или же десятичной: 0,08; 0,09; 0,10; 0,11; 0,12; 0,13; 0,14; 0,15; 0,16. Надлежащее направление колеса, проходящего через перерыв в крестовине, достигается при помощи направляющего рельса (контрельса), устанавливаемого параллельно наружному рельсу колеи с внутренней стороны колеи, так что при проходе колеса по перерыву крестовины другое колесо той же пары отжимается к путевому рельсу и препятствует колесу, находящемуся на крестовине, сдвигаться в сторону или производить боковые удары на острие крестовины.



Фиг. 10.

Расчеты стрелочных переводов. Основные данные для расчета стрелочных переводов для нормальной колеи сети дорог СССР следующие: полная ширина бандажа—130 *мм*; толщина гребня бандажа—33,5 *мм* на высоте 25 *мм* (объединенный паровозный и вагонный профиль бандажа с нормальным гребнем имеет толщину гребня 34 *мм* на высоте 18 *мм* от края гребня; см. *Бандажи*); наименьшая толщина гребня—22 *мм* на высоте 18 *мм*; нормальная вышина гребня—27 *мм*; наибольшая вышина гребня—34 *мм*; нормальное расстояние между внутренними гранями бандажей $S = 1\,440$ *мм* с допущением отступлений в ± 3 *мм*. Нормальная ширина пути $b = 1\,524$ *мм*; предельное допускаемое на кривых уширение пути—20 *мм*. Наименьший промежуток i между рамным рельсом и остряком в корне (фиг. 9), по русским правилам, определяется из того условия, чтобы колесо ската при самой узкой насадке его не могло ударять в корень отведенного остряка, т. е.

$$i \geqslant b - (S_{min} + 22) = 65 \text{ мм}. \qquad (1)$$

Расстояние q между внутренними гранями рамного рельса и остряка равняется сумме зазора между ними i и ширины головки рельса c, т. е.

$$q = i + c. \qquad (2)$$

Длина остряков на русских дорогах колеблется в пределах 4÷6,15 *м*. Стрелки с короткими остряками укладываются на запасных, маневровых и служебных путях, где движение производится с незначительною скоростью; на главных же путях применяются стрелки с остряками не менее 5,5 *м*. В практике англ. и америк. дорог длина остряков на разветвлениях гл. путей на перегонах достигает 9,14 *м*, причем стрелки с такими остряками проходятся составом во всех направлениях без уменьшения скорости.

Основные элементы, к-рые характеризуют стрелочный остряк, следующие (фиг. 9): $l = \varrho(\gamma - \omega)$—длина остряка, ϱ—радиус кривизны остряка, ω—угол входа на остряк, γ—угол поворота на остряке, q—расстояние

в корне. Величины ω и γ для кривых остряков определяются по формулам:

$$\omega = \frac{q}{l} - \frac{l}{2\rho}, \qquad (3)$$

$$\gamma = \frac{q}{l} + \frac{l}{2\rho}. \qquad (4)$$

Зависимость между элементами прямого остряка определяется выражением:

$$\sin\gamma = \frac{q}{l}. \qquad (5)$$

Для расчетов весьма удобно принимать для угла γ условие: $2\,\mathrm{tg}\,\frac{\gamma}{2} = \frac{1}{n}$, где n—целое число, большее 1. В таком случае тригонометрич. величины целых и половинных углов для угла γ определяются через $\frac{1}{n}$; для угла крестовины они определяются ее маркою (см. ниже). Длина остружки k прямого остряка определяется из выражения:

$$k = \frac{c}{\sin\gamma} = \frac{cl}{q}, \qquad (6)$$

где c—ширина головки рельса. Длина хода остряков:

$$t = i + c + y, \qquad (7)$$

где y—уширение в начале остряков. Обычно величина t не превосходит 140—150 *мм*. Чтобы не делать остряка чрезмерно тонким в начале острия и не утончать без надобности его шейку, остряк в конце остружки головки прогибают внутрь колеи таким образом, чтобы после остружки головки его с внутренней стороны он подходил под головку рамного рельса на 20—25 *мм* при остряках из фасонных рельсов и на 8—10 *мм* при остряках из обыкновен. рельсов. На фиг. 11 показаны профили грибообразных рельсов и рельсов Вильямса, применяемых на дорогах СССР при нормальных типах стрелок, а на фиг. 12 показаны профили остружки остряков толщиною до 50 *мм* из специальных профилей (А—для рельсов типа *I-а* и *II-а*, В—для типа *III-а*, С—для типа *IV-а*) и из обыкновенного рельса (D—для рельсов типа *III-а*).

Основные данные, характеризующие полные профили стрелочных остряков к стрелкам нормальных типов, согласно действующим у нас правилам, приведены в таблице.

Характеристики полных профилей стрелочных остряков.

Данные	Грибообразн. симметричный профиль		Профиль Вильямса несимметричный	
	I-а	*II-а*	*III-а*	*IV-а*
Теоретический вес 1 п. *м*, *кг*	57,222	53,285	50,934	45,224
Площадь поперечного сечения, *см*²	72,91	67,885	64,90	57,64
Расстояние ц. т. до подошвы, *см*	5,004	4,792	6,409	5,95
Момент инерции относительно оси, проходящей через ц. т., *см*⁴	837,6	714,49	1022,72	777,14
Момент сопротивления, *см*³	144,5	129,7	159,58	127,4
Высота, *мм*	108	103	128	120,5
Ширина подошвы полная, *мм*	120	120	85	76,75
Ширина широкой части подошвы, *мм*	—	—	55	50
Толщина шейки, *мм*	42	42	40	40

Крестовины. Если марка крестовины задана величиною $\frac{1}{M} = 2\,\mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2}$, то

$$\sin\alpha = \frac{4M}{4M^2+1}; \qquad (8)$$

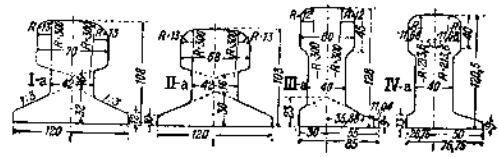
$$\cos\alpha = \frac{4M^2-1}{4M^2+1}; \qquad (9)$$

$$\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{4M}{4M^2-1}; \qquad (10)$$

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{1}{\sqrt{1+4M^2}}; \qquad (11)$$

$$\cos\frac{\alpha}{2} = \frac{2M}{\sqrt{1+4M^2}}. \qquad (12)$$

Пользуясь этими величинами, можно все элементы крестовин и разбивки переводов определять без тригонометрич. величин.

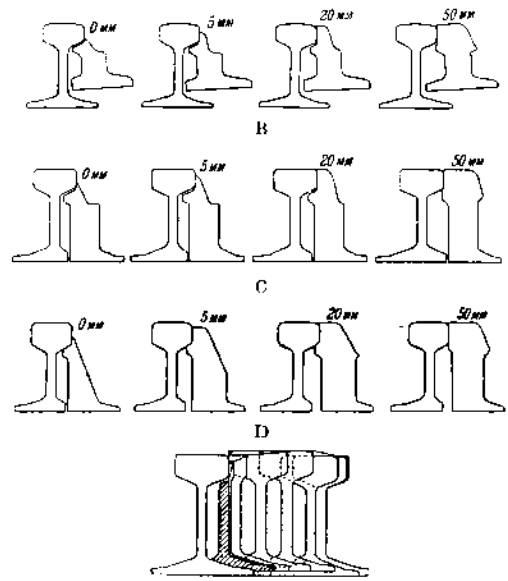


Фиг. 11.

Острая крестовина. Для прохода ската с узкой насадкой через крестовину необходимо, чтобы

$$v_1 + v_2 \geq 1\,524 - (1\,437 - 2) = 89\ \textit{мм} \qquad (13)$$

(где v_1—ширина жолоба между рельсом контррельсом, v_2—между сердечником и усовиком, и 2 *мм* принимается на изгиб осн),



Фиг. 12.

а чтобы не было удара в острие крестовины полным гребнем порожнего вагона, необходимо, чтобы

$$v_1 + 1\,443 + 33.5 \leq 1\,524, \text{ т. е. } v_1 \leq 47{,}5\ \textit{мм} \qquad (14)$$

(1437 *мм*—минимальное, при узкой насадке, расстояние между колесами каждой пары в свету, а 1 443 *мм*—максимальное). В нормальных типах крестовин величина v_2 делается равной 45 *мм*, а v_1 равной 44 *мм*,

т. е. на износ рамного рельса оставляется 47,5 – 44 = 3,5 *мм*. Величина перерыва (см. фиг. 10):

$$BO + OW = \frac{v_2}{\sin \alpha} + \frac{\delta}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \text{ мм}, \qquad (15)$$

где δ—ширина острия крестовины, равная 15—20 *мм*, в том сечении крестовины, где острие ее уже может поддерживать бандаж колеса. Расстояние от горла крестовины до математич. центра крестовины

$$AO = \frac{v_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}. \qquad (16)$$

Если c—ширина головки рельса, p—ширина подошвы рельса, k—просвет между подошвами рельсов, то ширина крестовины между гранями катания в тех сечениях, где м. б. примкнуты к ней путевые рельсы, без остружки их подошвы, будет в хвосте:

$$DE = (c + p + k) \cos \frac{\alpha}{2}, \qquad (17)$$

в передней части:

$$FG = (p - c + k) \cos \frac{\alpha}{2}. \qquad (18)$$

Длина крестовины по грани катания от математич. центра до хвоста:

$$OD = \frac{p + c + k}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}, \qquad (19)$$

до передней части:

$$OF = \frac{p - c + k}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}. \qquad (20)$$

Для литых крестовин и для литых сердечников величина k в ф-лах (17), (19) и (20) принимается равной 2—3 *мм*. Ф-ла (18) к литым крестовинам не применяется, так как длина передней части получается настолько малой, что на ней нельзя поставить накладок. Длина передней части литой крестовины определяется как сумма теоретич. величины перерыва и половины длины накладки:

$$OF = \frac{v_2}{\sin \alpha} + \frac{N_k}{2}, \qquad (21)$$

где N_k—длина короткой накладки, специально изготовляемой для соединения крестовины с путевыми рельсами. Для русских нормальных типов рельсов длина N_k, определяемая расстояниями между дырами в стыке, имеет следующую величину:

$$N_k = 120 + 110 \times 2 + 64 \times 2 = 468 \text{ мм}. \qquad (22)$$

Для крестовин, собранных из рельсов, и для усовиков крестовин с литыми сердечниками величина k в ф-лах (17)—(20) принимается равной 50 *мм*, а величины OD и OF, определенные по ф-лам (19) и (20), увеличиваются на величину $\frac{N}{2}$, где N—длина нормальной накладки. Глубина жолоба в крестовине д. б. не менее 45 *мм*. На фиг. 10 показан след SS' края бандажа, катящегося по крестовине. Точка S—место полного схода колеса с усовика—определяется из условия

$$BS = \frac{ST}{\sin \alpha}, \qquad (23)$$

где ST равно 130 *мм* минус толщина гребня бандажа. До точки S усовик от горла крестовины идет параллельно грани катания острия крестовины, отстоя от него на расстоянии v_2, равном 45 *мм*, как было определено выше. От точки S на длине SV, равной 600—900 *мм*, усовик отгибается и отходит в сечении XV от острия крестовины на расстояние 65 *мм*. Самый конец усовика VY на длине 150—200 *мм* отгибается на величину YZ, равную 90—100 *мм*. При переходе бандажей через перерыв в крестовине всегда получается удар, избегнуть которого никакою конструкцией в крестовине с неподвижными частями не представляется возможным. На фиг. 13 показано очертание типовых крестовин (в продольном профиле по биссектрисе) для стрелок из рельсов нормальных типов, принятых в СССР:

A—цельнолитая односторонняя для рельсов *I-а* и *II-а*, марка $^1/_{11}$;
B—сборная с литым двусторонним сердечником; марка $^1/_{11}$, тип *III-а*;
C—сборная с литым двусторонним сердечником, марка $^1/_9$, тип *III-а*;
D—сборная из рельсов, марка $^1/_{11}$, тип *IV-а*;
E—сборная из рельсов, марка $^1/_9$, тип *IV-а*.

Чтобы избежать удара гребнем бандажа в вершину угла NCP (фиг. 10) в горле крестовины, образуемом перегибом остряков,

Фиг. 13.

горло уширяют до 62 *мм*, срезая вершину угла или скругляя его радиусом r или производя остружку по хордам, которые параллельны биссектрисе крестовины. Радиус скругления r должен иметь наименьшую величину, чтобы не создавать помехи для установки накладок в цельнолитых крестовинах. Контррельсы делаются длиною от 3 до 5 *м*. Жолоб между путевым рельсом и контррельсом, шириною в 44 *мм*, делается посредине контррельса на длине, определяемой ф-лой (15). От узкой части делаются на длине не менее 1 000 *мм* в каждую сторону перегибы для уширения в конце этой длины жолоба до 68—70 *мм*. Самые концы контррельсов на длине 150—200 *мм* отгибаются до расстояния 90—100 *мм* от путевого рельса.

Тупая крестовина. Характерная особенность тупых крестовин, в отличие от острых, — невозможность обеспечения

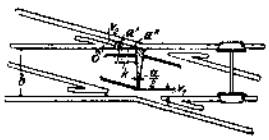
перерыва сплошными контррельсами на протяжении всего перерыва. Ширина перекрестных желобов в тупых крестовинах по всей своей длине д. б. одинакова, т. е. $v_1 = v_2$ (фиг. 14). Для безопасного прохода скатов с наименьшей насадкой необходимо, чтобы

$$v_1 = v_2 \geqslant \frac{1524-(1437-2)}{2} = 44{,}5 \text{ мм } (\cong 45 \text{ мм}).$$

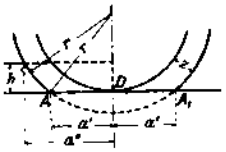
Благодаря наличию на бандаже гребня высотою $z = 27 \div 29$ *мм* длина неогражденного перерыва уменьшается на величину (фиг. 15)

$$2a' = 2\sqrt{2rz - z^2}, \qquad (24)$$

где r—радиус колеса, равный 525 *мм*. Если кроме того сделать контррельс тупой крестовины повышенным на величину h сверх



Фиг. 14.



Фиг. 15.

головки рельса, то длина неогражденного перерыва еще уменьшится на величину:

$$a'' - a' = \sqrt{2r(h+z) - (h+z)^2} - \sqrt{2rz - z^2}. \qquad (25)$$

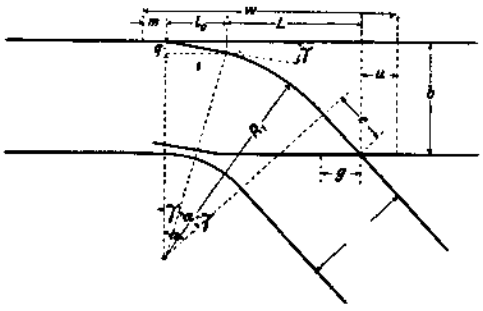
Т. о. действительная величина перерыва k (фиг. 14) при повышенном контррельсе будет

$$k = \frac{v_2 + \delta}{\sin\alpha} - (b - v_1)\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} - \sqrt{2rz - z^2} - \sqrt{2r(h+z) - (h+z)^2}. \qquad (26)$$

При подстановке соответственных числовых величин последняя формула принимает вид:

$$k = \frac{60}{\sin\alpha} - 1479\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} - 166 - \sqrt{1050(h+27) - (h+27)^2}. \qquad (27)$$

При отсутствии повышения контррельса четвертый член в этом выражении делается равным третьему члену, т. е. 166. Наибольшая величина h принимается равной 50 *мм*.



Фиг. 16.

Ф-ла (23) устанавливает предельную длину части усовика, на которой он может еще поддерживать новый бандаж, идущий своим гребнем вплотную к сердечнику. Если предположить, что по крестовине проходит скат с наибольшим износом гребня по толщине и притом с плотным прилеганием сношенного гребня к противоположному рельсу, то величина части бандажа, поддерживающей колесо на усовике при прохождении по перерыву, будет равна $130 + 1\,440 + 22 - 1\,524 = 68$ *мм*. Для того же чтобы колесо не провалилось в перерыв, необходимо, как это видно из фиг. 10, чтобы

$$\frac{v_2 + \delta}{\cos\alpha} > 68 \text{ мм}, \qquad (28)$$

откуда

$$\cos\alpha < \frac{v_2 + \delta}{68}; \qquad (29)$$

при $v_2 = 45$ и $\delta = 15$ *мм*, $\cos\alpha < \frac{60}{68} = 0{,}882353$; $\alpha = 28°\,5'$; $\operatorname{tg}\alpha = 0{,}5336$, что соответствует марке крестовины в $^1/_{1,9}$ ($\sim {}^1/_2$). Этот расчет показывает, что в крестовинах с маркой $^1/_2$ и круче необходимо делать в жолобе подушку для поддержания гребня бандажа. Верхняя поверхность подушки д. б. ниже поверхности катания рельсов на величину возвышения круга катания над низом гребня бандажа, т. е. на 29 *мм*. Края подушки на длине 150—200 *мм* плавно опускаются до нормальн. глубины жолоба крестовины, равной 45 *мм*.

Очертание обыкновенного стрелочного перевода в плане (фиг. 1 и 2) аналитически определяется двумя ур-иями, получаемыми путем проектирования наружной нитки перевода на продольную ось пути и на направление, к ней перпендикулярное. Эти ур-ия, как явствует из фиг. 16, следующие:

$$w = m + l_0 + R_1(\sin\alpha - \sin\gamma) + e\cos\alpha + u, \qquad (30)$$

$$b = q + R_1(\cos\gamma - \cos\alpha) + e\sin\alpha, \qquad (31)$$

где w—полная длина перевода, m—забег рамного рельса за начало остряка, l_0—проекция остряка на продольную ось пути, e—прямая вставка перед крестовиной, u—расстояние от математич. центра крестовины до стыка хвоста крестовины с нормальным путевым рельсом, b—ширина пути, α—угол крестовины, определяемый из условия $\frac{1}{M} = 2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$, q и γ имеют значения, указанные ранее, и определяются типом и конструкцией стрелки, R_1—радиус переходной кривой по наружной нитке. Для радиуса переходной кривой на переводах магистралей проф. Винклер считает возможным допустить след. размеры. 1) Для стрелок, по которым проходят, не останавливаясь, организованные поезда: нормальный радиус 300 *м*, наименьший 180 *м*. На дорогах США, Англии и др. стран в тех случаях, когда поезда должны проходить по стрелке на ответвление с предельной допускаемой скоростью (70—100 *км/ч*), радиусы переходных кривых берутся от 500 до 1 000 *м*. 2) Для стрелок, по к-рым проходят одни паровозы без вагонов: нормальный радиус 240 *м*, наименьший 150 *м*. 3) Для стрелок, по к-рым продвигают вручную только одни вагоны: нормальный радиус 180 *м*, наименьший 120 *м*. На концах станционных путей, где скорость еще очень велика, не следует допускать радиусов меньше 300 *м*; для стрелок же, укладываемых на середине станционной площадки, даже при условии прохода по ним полных поездов, возможно (хотя и нежелательно) уменьшение радиуса до 180 *м*. На ветвях можно допустить размеры радиуса значительно меньшие, а именно до 0,8 от размеров, допускаемых при тех же условиях для магистралей. Если величину

$w-(m+l_0+u)$ положить равной L, то уравнение (30) примет вид:

$$L = R_1(\sin\alpha - \sin\gamma) + e\cos\alpha. \qquad (32)$$

Координаты для разбивки переходной кривой от внутренней грани рельса прямого пути определяются следующими двумя ф-лами:

$$X = q + x = q + \sqrt{R_1^2\sin^2\gamma + 2R_1 y\cos\gamma - y^2} - R_1\sin\gamma, \qquad (33)$$

$$Y = R_1\cos\gamma - \sqrt{R_2\cos^2\gamma - 2R_1 x\sin\gamma - x^2}. \qquad (34)$$

Очертание в плане симметричного стрелочного перевода определяется приведенными выше ф-лами; для этого необходимо только в ф-лах (30)—(34) уменьшить b, q, γ и α вдвое.

Очертание в плане симметричного тройника определяется ф-лами для обыкновенного стрелочного перевода, для чего необходимо в тех же ф-лах уменьшить вдвое α и b и определить элементы разбивки за среднею крестовиною. Проекции на ось прямого пути и линию, ей перпендикулярную, хвоста средней крестовины, кривой между двумя крестовинами и прямой вставки перед крестовиной, лежащей на прямом пути, выразятся следующими уравнениями:

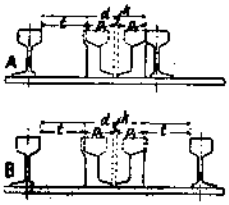
$$L_2 = u\cos\frac{\alpha}{2} + R_2\left(\sin\beta - \sin\frac{\alpha}{2}\right) + e_2\cos\beta, \qquad (35)$$

$$\frac{b}{2} = u\sin\frac{\alpha}{2} + R_2\left(\cos\frac{\alpha}{2} - \cos\beta\right) + e_2\sin\beta, \qquad (36)$$

где β—угол крестовины на прямом пути. Пользуясь этими ур-иями, можно определить элементы разбивки по каждой ветви отдельно. Последнее является обязательным, т. к. математич. острия крестовин, лежащих на прямом пути, д. б. уложены с забегом одно перед другим на величину не менее длины разрыва от горла до математич. острия.

Если для сокращения длины перевода перед крестовиной не предполагается делать прямой вставки, то во всех предшествующих ф-лах величина e принимается равной нулю, причем передняя часть цельнолитых крестовин, рассчитанных как прямая, принимается в расчетах как очерченная радиусом переходной кривой. Такое предположение возможно вследствие незначительной длины передней части и значительного уширения жолоба перед математич. центром. Если крестовина сборная, то длинные прямые рельсы передней части крестовины при пришивке к брусьям изгибаются, как продолжение переходной кривой. Если крестовины изготовляются по специальным заказам с кривыми сердечником и желобами, то тогда и величину u в расчетах также принимают равной нулю.

Очертание в плане обыкновенного перекрестного перевода. В перекрестном стрелочном переводе все 4 остряка либо передвигаются в одну сторону (несимметричное передвижение острякон) либо передвижение их таково, что, когда внешние остряки сходятся, внутренние расходятся, и наоборот (симметричное передвижение остряков). При симметричном передвижении остряков наименьшая величина расстояния между рамными рельсами в начале остряков



Фиг. 17.

$$d_{min} = 2t + 2p_1 + k, \qquad (37)$$

где t—ход остряков, p_1—тощина остряка, считая от головки рамного рельса до наружного края подошвы остряка, k—просвет между подошвами остряков (2—3 *мм*). При несимметричном движении остряков величина d на один ход меньше, т. е. меньше на величину t, как это видно из сравнения фиг. 17, А и В. С целью уменьшения величины d иногда срезают подошвы остряков на довольно значительную величину, так что величина p_1 уменьшается до 40—45 *мм*. Стороны ромба перекрестного соединения (фиг. 18) определяются из условий:

$$O_1O_2 = \frac{b}{\sin\alpha}; \qquad (38)$$

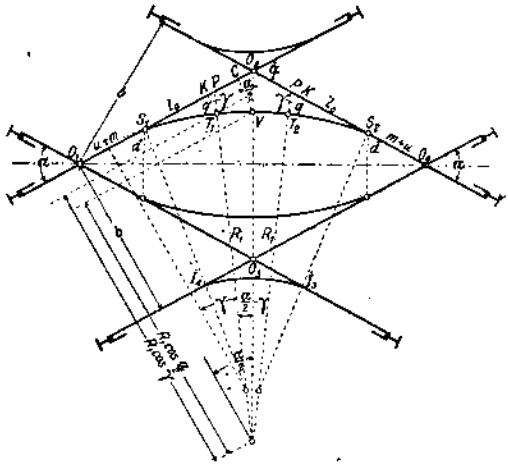
короткая диагональ ромба равна

$$O_2O_3 = \frac{b}{\cos\frac{\alpha}{2}}; \qquad (39)$$

длинная диагональ ромба равна

$$O_1O_4 = \frac{b}{\sin\frac{\alpha}{2}}. \qquad (40)$$

Для определения конструктивн. элементов и элементов разбивки простого перекрестного


Фиг. 18.

перевода ломаная линия $O_1S_1T_1VT_2S_2O_4$ проектируется на ось, перпендикулярную продольной оси к пути:

$$b = q + R_1[\cos\gamma - \cos(\alpha-\gamma)] - q\sin(90^\circ - \alpha) + (l_0 + m + u)\sin\alpha. \qquad (41)$$

Присоединяя к этому ур-ию условие

$$m + u = \frac{d}{2\sin\frac{\alpha}{2}}, \qquad (42)$$

после соответств. преобразований находим радиус наружной нитки переходной кривой:

$$R_1 = \frac{\cos\frac{\alpha}{2}}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}-\gamma\right)}\left[\frac{b}{\sin\alpha} - q\,\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2} - \frac{d}{2\sin\frac{\alpha}{2}} - l_0\right]. \qquad (43)$$

Расстояние кривой T_1VT_2 от угла ромба O_2 определяется из условия:

$$O_2V = \frac{CO_2}{\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{CV\,\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2}}{\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{CV}{\cos\frac{\alpha}{2}} = \frac{q + R_1\left(\cos\gamma - \cos\frac{\alpha}{2}\right)}{\cos\frac{\alpha}{2}}. \qquad (44)$$

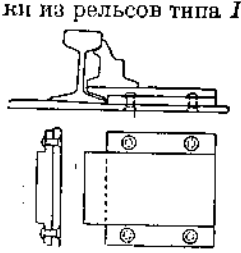
Перекрестный перевод с вынесенными за острия острых

крестовин остряками. Для того же чтобы увеличить радиус переходной кривой на перекрестном соединении стрелочных переводов, в последнее время прибегают к такому устройству, при к-ром стрелочные остряки переводов выносятся за пределы ромба, а внешние нитки кривых переходных путей соприкасаются в точке *O* пересечения диагоналей ромба или наружными краями головок рельсов или же срединами своих головок (фиг. 19). В таких стрелках, при $\frac{1}{M}=\frac{1}{9}$, радиус кривых получается значительно больше, чем в простом перекрестном переводе с остряками внутри ромба, причем является возможность применять крестовины $\frac{1}{M}=\frac{1}{7}$ и $\frac{1}{M}=\frac{1}{8}$, благодаря чему в тупых крестовинах уменьшается вредное пространство; кроме того применением марки $\frac{1}{7}$ вместо $\frac{1}{9}$ длина перевода сокращается по каждому

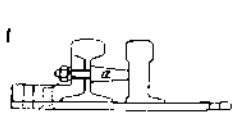
Фиг. 19.

пути примерно на 10 *м*, что является большим преимуществом. Единственным недостатком такого перевода является некоторое усложнение его конструкции по сравнению с простым перекрестным соединением, а именно необходимость устройства еще двух добавочных крестовин с каждой стороны длинной диагонали ромба.

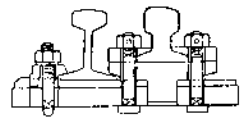
Конструкция деталей. Стрелка. Рамный рельс соединяется с ближайшим путевым рельсом нормальным стыком, для осуществления чего величина *m* забега рамного рельса перед остряком обычно делается более $1\frac{1}{2}$ шпальных пролетов. Тяжелые стрелки нормальных типов *I-a* и *II-a* в СССР монтируются на сплошных основных листах, идущих под остряком и рамным рельсом на всю длину остряка. К основным листам рамные рельсы прикрепляются лапками-удержками и подушками, по к-рым скользят низкие грибообразные остряки (фиг. 20). Стрелки из рельсов типа *III-a* и *IV-a* устраиваются на одиночных башмаках, к к-рым рамный рельс прикрепляется упорным болтом. Башмак служит в то же время и подушкой для высокого остряка из рельсов Вильямса (фиг. 21). Упорные болты *a* служат для прикрепления рамного рельса к башмакам и для передачи горизонтального давления на остряк рамному рельсу, который прочно прикрепляется к переводным брусьям. В корне остряки соединяются с путевыми рельсами или при помощи простых плоских накладок (способ, принятый для всех видов стрелок в Америке и Англии, а в СССР—для стрелок нормальных типов *III-a* и *IV-a*) или же при помощи специальных устройств с особой пятой вращения (эта конструкция имеет наибольшее распространение в Германии, откуда и перешла к нам). На фиг. 22 показано укрепление остряка в корне, принятое на дорогах СССР для тяжелых стрелок типа *I-a* и *II-a*. Стык низкого грибообразного остряка с путевым рельсом осуществляется на специальной плите (корневой мостик), лежащей на конце основного листа. Путевой рельс



Фиг. 20.



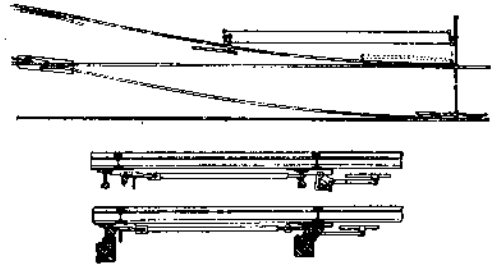
Фиг. 21.



Фиг. 22.

прикрепляется к этой плите при помощи лапок-удержек, как и рамный рельс; остряк же прикрепляется заклепками к особому башмаку, нижняя часть к-рого, обделанная в форме цилиндра, входит в цилиндрич. отверстие в плите. Чтобы цилиндрич часть башмака не выскочила вверх из плиты, башмак прикрепляют к плите двумя сквозными болтами. Оба рамных рельса должны соединяться в одну прочную раму при помощи 4 длинных сквозных полос, из к-рых 2 располагаются в корне и у острия остряков, а 2 другие делят расстояние между корнем и острием на 3 равные части. Для того чтобы оба остряка передвигались вместе как одна система, их связывают соединительной тягой помещенной у острия между переводными брусьями, на которых расположен переводный стык. К соединительной тяге в середине ее длины присоединяют переводную тягу. Стрелочные тяги устраиваются на шарнирах в виду того, что углы, составляемые тягами с остряками, меняются при передвижении последних.

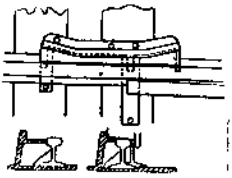
Особые виды стрелок. Когда желают сохранить непрерывный путевой



Фиг. 23.

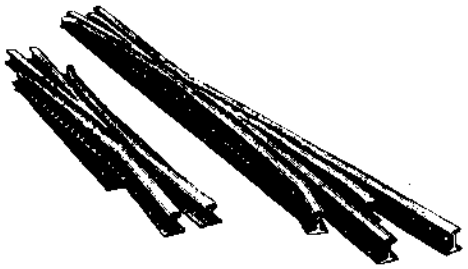
рельс по главному пути и в то же время иметь ответвление от главного пути (что именно и встречается на главном пути в пределах между станциями), тогда прибегают к устройству специальных стрелок, при которых примыкание бокового пути осуществляется при помощи одного внутреннего и одного наружного остряка. На фиг. 23 показана стрелка системы Блауеля: здесь остряк наружной нитки переходной кривой имеет обыкновенное устройство, а остряк внутренней нитки кривой сделан снаружи, но так, что он специальными рычагами кладется набок. Оба остряка в начале рельса находятся на одном уровне с головками путевых рельсов; там же, где кончается стружка головки остряка, оба остряка, постепенно поднима-

ясь, имеют высоту 50 мм над головками путевых рельсов, благодаря чему реборды колеса, идущего по внутренней нитке кривой, переходят беспрепятственно через рельс главного пути. Крестовина при таких стрелках также устраивается без перерыва главного пути. Переход на боковой путь возможен здесь только с весьма малой скоростью; по главному же пути поезд может следовать без ограничения скорости. На ж. д. США такого рода стрелки устраиваются не с перекладывающимся остряком по внутренней нитке кривой, но с передвижным и вращающимся в корне остряком, причем у наружного остряка и перед ним установлен длинный контрельс, обеспечивающий накатывание бандажа на поднимающийся вверх придвинутый снаружи к рамному рельсу остряк.



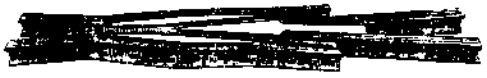
Фиг. 24.

Меры против сходов на стрелке. Вследствие заеданий на ползунах вагонных и паровозных тележек происходит неправильное движение их с постоянным прижатием к одной стороне, в результате чего на переднем колесе, идущем с прижатием к рельсу, вырабатывается острый гребень. Острый гребень представляет большую опасность при проходе по стрелкам против шерсти на боковой путь, ответвляющийся от прямого в сторону, противоположную той,



Фиг. 25.

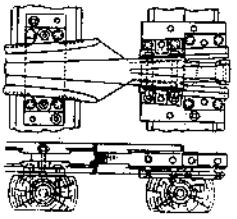
на к-рой имеется острый гребень; бандаж с острым гребнем вкатывается по лезвию острякa вверх и направляется по прямому пути, тогда как все впереди и сзади идущие колеса идут на боковой путь; последствием такого явления может быть крупное крушение. Чтобы по возможности парализовать вредное влияние острого гребня, на ж. д. США применяются два устройства. Первое из них, изготовляемое The American Frog a. Switch Co. (фиг. 24), прикрепляют к рамному рельсу снаружи колеи против острия



Фиг. 26.

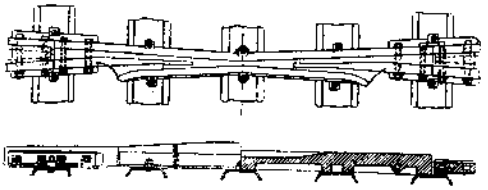
стрелочного пера, ведущего на боковой путь; действуя как повышенный контрельс на наружный край бандажа, это приспособление сталкивает его внутрь колеи, удаляя гребень колеса от опасного места. Второе устройство, системы J. R. Fleming & Son Co, представляет собою накладку, к-рая ставится на рамный рельс с внутренней стороны колеи перед самым пером и действует непосредственно на гребень бандажа, отводя его от острия пера.

Крестовины. По материалу и по конструкции крестовины можно подразделить следующим образом.



Фиг. 27.

а) Сборные крестовины из рельсов. На фиг. 25 показаны устройства острой и тупой крестовин, собранных из рельсов; коленчатые рельсы и рельсы, образующие острие, прикрепляются подошвами к основному листу; между шейками рельсов закладываются чугунные вкладыши-распорки; через шейки



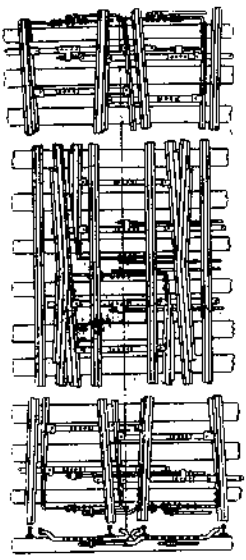
Фиг. 28.

и вкладыши проходят болты, туго стягивающие крестовины в одно целое. б) Сборные крестовины из рельсов с цельнолитыми стальными сердечниками, односторонними и двусторонними. Двусторонние сердечники изготовляются с той целью, чтобы после износа одной стороны их можно было перевернуть на другую. На фиг. 26 представлена крестовина америк. конструкции, интересная в том отношении, что входящие в нее рельсы изнашиваются наравне с путевыми рельсами, т. к. переход бандажа с изогнутого рельса на острие и обратно происходит только в пределах отливки, рельсы же, входящие в крестовину, никаких ударов не испытывают. в) Крестовины цельнолитые, односторонние и двусторонние, в плане почти совершенно одинаковы и отличаются только в поперечном сечении. На фиг. 27 показана часть двусторонней цельнолитой острой

Фиг. 29.

крестовины; на фиг. 28—тупая односторонняя цельнолитая крестовина марки $^1/_{10}$ с повышенным на 40 мм контррельсом. г) Крестовины без перерыва рельса главного пути составляют часть стрелочного перевода Блауеля. д) Крестовины с подвижным коленчатым рельсом (фиг. 29). Шарнир *1*, около которого вращается коленчатый рельс, помещается в передней части крестовины между двумя изогнутыми рельсами. В горле крестовина стянута двумя сильными двойными пружинами *2*, помещенными в чехлах. Крестовина укладывается таким образом, что открытый желоб ложится по направлению пути, по которому происходит наиболее интенсивное

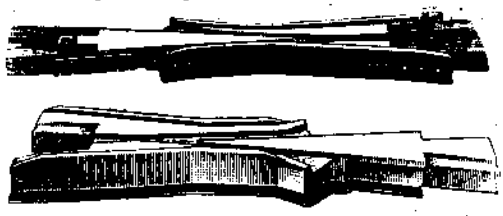
движение. Колеса, идущие по этому пути, проходят без ударов, т. к. на всем протяжении поддерживаются прижатым коленчатым рельсом. При проходе поездов на боковой путь или же при выходе с бокового пути гребни колес подвижного состава отодвигают примкнутый изогнутый рельс и проходят по этой крестовине так же, как по обыкновенной глухой крестовине. Чтобы изогнутый рельс не выкантовался, он укреплен специальн. направляющими *3*. е) Острые крестовины с неподвижными изогнутыми рельсами и подвижным острием, которое вращается около оси, укрепленной в хвосте, имеют большое практическое значение при необходимости сделать ответвление под очень малым углом без ограничения скорости прохождения поезда по обоим путям. Язык такой крестовины должен быть введен в общую связь с остряками стрелки. ж) Тупые крестовины с передвижными рельсами (фиг. 30) очень широко применяются в Америке, где глухие пересечения, а равно перекрестные стрелки с маркой $^1/_8$ и менее делаются с



Фиг. 30.

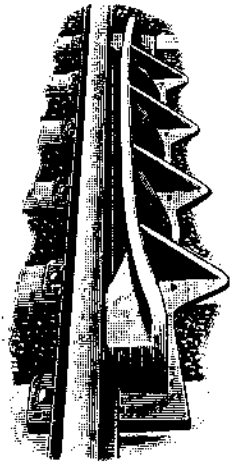
Фиг. 31.

передвижными остряками, причем остряки тупых крестовин введены в общее управление со стрелками. з) Острые крестовины с повышенными контррельсами, присоединенными к самой крестовине, при полном упразднении отдельных контррельсов у неразорванных рельсовых ниток прямого и бокового путей. Крестовины этого рода в из-



Фиг. 32.

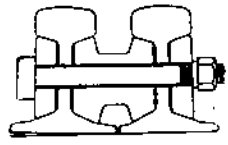
готовлении стóят несколько дороже обыкновенных, но не дороже, нежели обыкновенная крестовина плюс два контррельса. Главное их преимущество заключается в том, что износ щек в их повышенных контррельсах, идущих вдоль траектории наружного канта бандажа, м. б. допущен значительно больший, нежели износ обычных контррельсов (12 *мм* против 3,5 *мм*). На фиг. 31 представлено устройство такой крестовины, целиком собранной из рельсов; на фиг. 32 показаны цельнолитые острые крестовины с повышенными гребнями вдоль траектории наружн. канта бандажа. Крестовины этого типа применяются пока преимущественно в Америке. и) Крестовины смешанные (острые и тупые), составленные из нескольких, специально проектируются и изготовляются для особо сложных соединений путей с многократным пересечением таковых.



Фиг. 33.

Контррельсы. Чтобы из обыкновенного путевого рельса изготовить контррельс, его изгибают по требуемому шаблону, затем остругивают подошву со стороны примыкания к путевому рельсу настолько, чтобы возможно было забить костыль между рельсом и контррельсом, где жолоб между ними имеет наименьшую ширину. На ж. д. США иногда, вместо четырехкратного перегибания контррельса для образования отводов, не изгибают самого контррельса, а остругивают у него головку наискось с обоих концов со стороны жолоба; иногда же контррельсы делают цельнолитыми (фиг. 33).

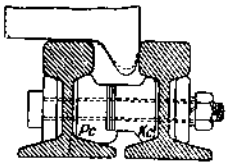
Одним из главных условий спокойного, без боковых ударов, прохождения подвижного состава по крестовине является соблюдение нормального расстояния между путевым рельсом и контррельсом, к-рое для нормальных типов переводов СССР равняется 44 *мм*, причем уширение этого расстояния от износа контррельса допускается отнюдь не свыше, чем на 3 *мм*. Чтобы сделать это расстояние неизменным, между путевым рельсом и контррельсом вставляют распорки или в виде трубок или в виде стальных или чугунных вкладышей (фиг. 34). Сквозь вкладыши и оба рельса проходят болты, плотно стягивающие путевой рельс и контррельс в одно целое. Износ контррельса до предельной ширины жолоба в 47 *мм* появляется весьма скоро. Чтобы не выбрасывать контррельса с таким износом, на нек-рых американских дорогах вкладыши делаются составными из двух клиньев, снабженных по поверхности соприкасания зубцами; вместо болтов путевой рельс и контррельс стягиваются мощными скобами, причем плотное соединение всей системы в одно целое достигается заколачиванием стального клина между скобой и путевым рельсом (фиг. 35). Инж. Н. Н. Теновым сконструировано более дешевое устройство (фиг. 36), к-рое применяется теперь на Моск.-Киево-Воронежской и на нек-рых



Фиг. 34.

других дорогах: литой вкладыш разрезан на две части, между к-рыми вставлены три прокладки из 3-*мм* железа, к-рые по мере износа рельса вынимаются. Для применения вкладышей Тенова в подкладках под контррельсом наружные дыры удлиняются на 9 *мм*

Фиг. 35.

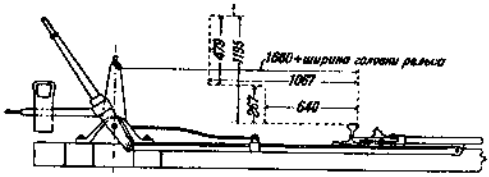


Фиг. 36.

и по мере вынутия прокладок и передвижки контррельса за костыль забиваются планки-костылинки.

Переводные механизмы. Стрелочные остряки переводятся при помощи переводного механизма, к-рый для полного обеспечения безопасности движения должен удовлетворять следующим условиям: а) он должен легко переставляться усилием одного человека; б) остряк д. б. плотно прижат при всех условиях движения; в) при проходе подвижного состава по шерсти, в разрез неправильно стоящей стрелки остряк должен, без какой-либо порчи устройства, автоматически вновь прижиматься к рамному рельсу после ухода состава, взрезающего стрелку; г) если переводный механизм снабжен сигнальным указателем или фонарем, то показания сигнала и фонаря должны точно соответствовать положению стрелки и не допускать двусмысленного толкования.

По своей конструкции переводные механизмы делятся на рычажные и коловратные. В свою очередь каждая из этих конструкций м. б.: 1) без противовесов и пружин, 2) с противовесами и 3) с пружинами. Противовесы и пружины бывают трех родов: а) простого действия, стремящиеся вернуть остряки всегда в одно и то же постоянное положение; б) двойного действия, стремящиеся

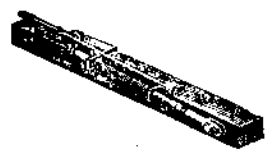


Фиг. 37.

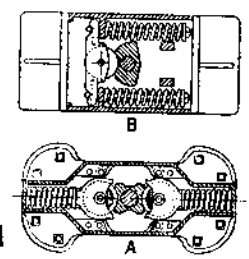
отбросить остряки в первоначальное положение, к-рое стрелка занимала до взреза ее подвижным составом, и в) двойного действия, стремящиеся перебросить остряки в новое положение, соответствующее правильному положению стрелки в отношении взрезавшего ее подвижного состава.

На дорогах СССР применяются почти исключительно переводные механизмы герм. образца, рычажной конструкции, с противовесами двойного действия, стремящимися отбросить остряки в первоначальное положение, к-рое стрелка занимала до момента взреза ее подвижным составом. На фиг. 37 показан переводный механизм к тяжелым стрелкам нормальных типов *I-а*, *II-а* и *III-а*. Из вышеуказанных четырех условий этот переводный механизм удовлетворяет полностью только двум: (а) и (б), остальным же условиям он совершенно не удовлетворяет, вследствие чего на дорогах постоянно происходят сходы, т. к. на ручных стрелках, взрезаяных подвижным составом, остряки остаются посредине, не доходя до рамных рельсов. Наиболее совершенными являются америк. переводные стрелочные механизмы. На фиг. 38 показан рычажный переводный механизм, снабженный пружиной; он всегда сохраняет стрелку с плотно прижатым остряком в том положении, в котором она поставлена. На фиг. 39 показаны в плане два основания коловратных переводных механизмов Ramapo Patent Automatic Safety Switch; сильные пружины действуют на фасонные стальные части, надетые на низ фонарной стойки, к-рою поворачивается переводящий стрелку мотыль; механизм *A* по взрезе стрелки переводит ее в новое положение, а механизм *B* возвращает стрелку в то положение, в котором она находилась до взреза.

Стрелочные замки. Так как в европейских типах, и в частности в русских ручных переводных механизмах, остряк может отскакивать от рамного рельса при проходе по нему



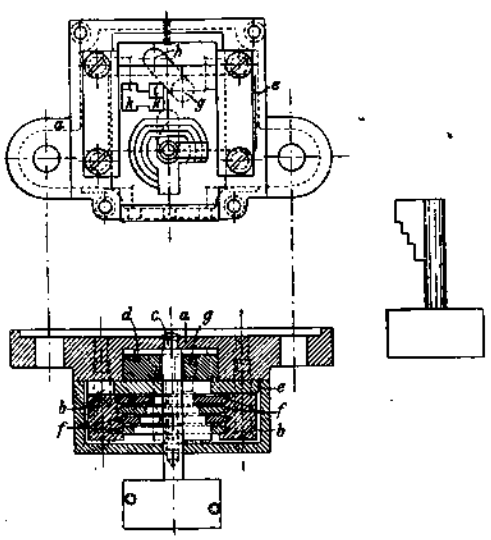
Фиг. 38.



Фиг. 39.

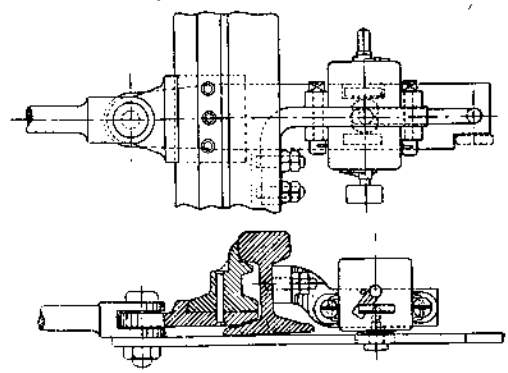
подвижного состава, что является часто причиной схода поезда при движении против шерсти на боковой путь, то с давнего времени на стрелках стали ставить устройства, обеспечивающие плотное прижатие остряка к рамному рельсу независимо от баланса переводного механизма. Эти устройства бывают весьма разнообразны и осуществляются следующими способами: 1) В длинные деревянные брусья, на к-рых установлен переводный механизм, вколачиваются пробои с накладками, а под болт, закрепляющий балансир на поворотном рычаге станка, устанавливается петля, на которую м. б. надета накладка, в зависимости от положения стрелки; накладка запирается на петле обыкновенным висячим замком. 2) Накладка устанавливается посредине пути, образуя мостик между двумя брусьями, где проходит переводная соединительная штанга. Пробой от накладки вколачивается в один брус, а пробой, на к-рый накидывается накладка и вешается замок, вколачивается в другой брус. При этом запор устраивается взрезным, т. к. замыкание стрелки в том или ином положении осуществляется посредством железной планки, прикрепляемой двумя 6-*мм* болтиками к штанге, соединяющей два остряка в одно целое. Эта планка в зависимости от положения остряков упирается в тот или другой край накладки. При неправильном прохождении подвижного состава происходит взрезание стрелки, и тогда болтики, к-рыми прикреплена планка к соединит. штанге,

срезаются, а самое запорное устройство остается неповрежденным. 3) На переводном брусе у начала остряков посредине пути устанавливается короткая штанга-упорка, к-рая вращается в горизонтальной плоскости вокруг болта, укрепленного посредине бруса. Упорка имеет такую длину, что при надвигании ее на примкнутый к рамному рельсу остряк она плотно поджимает его к рамному рельсу. На середине длины упорки имеется кольцо, которое подходит к другому неподвижному кольцу-пробою, вбитому в брус. Таких колец-пробоев в брус забивается два, по обе стороны от болта, на котором вращается упорка, для запирания стрелки в обоих положениях. Неподвижное кольцо-пробой замыкается с кольцом поворотной штанги обыкновенным висячим замком. 4) Иногда одна длинная штанга с кольцом заменяется двумя еще более короткими вращающимися упорками, замыкающими каждая только один остряк. 5) Остряк свинчивается с рамным рельсом разъемным болтом, проходящим сквозь остряк и шейку рамного рельса; болт имеет трехгранную головку и м. б. вывинчен только при помощи специального трехгранного ключа-насадки. 6) При помощи специальных стрелочных замков, устанавливаемых или посредине пути между острякамн, или сбоку пути на переводных брусьях, или же на специальных скобах, привернутых к рамному рельсу. Цель всех



Фиг. 40.

этих приспособлений—прижатие остряков и невозможность их отскакивания. Кроме того они создают замкнутый неподвижный маршрут, исключающий возможность несчастного случая вследствие неправильной установки или перевода стрелки перед составом или под составом. Все указанные устройства обеспечивают безопасность движения лишь при условии вполне внимательного и добросовестного отношения старших стрелочников к своим обязанностям. Т. к. последнее условие не всегда осуществляется в действительности, то пришлось по отношению к этим замкам поставить еще дополнительное требование: ключ от стрелочного замка, находясь в руках у дежурного по движению агента, должен служить вещественным доказательством того, что стрелка, запирающаяся этим ключом, замкнута именно в том положении, какое требуется для

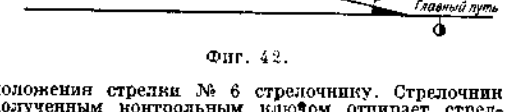


Фиг. 41.

заданного маршрута. Осуществляя это требование, техники-конструкторы пошли еще далее, в результате чего появились такие **контрольные замки к стрелкам**, которые дают возможность нецентрализованные стрелки или сигналы вводить во взаимную друг с другом или же с централизованными элементами механич. или электрич. связь. Такая конструкция замков оказалась крайне ценной, т. к. дала возможность связать с соседними станциями и замки от стрелок, уложенных на перегонах между станциями, а также спаривать стрелки в маршрутах. Контрольные стрелочные замки имеют самые разнообразные конструкции и способы установки. На дорогах СССР применяются контрольные стрелочные замки систем: Мелентьева, Федотова, бывш. Владикавказской ж. д., Дмитренко, Недзельского, Петухова, Дзиковского, Семенова, Антонова, Адамского, Шустова, Путиловского з-да, Бюссинга, Заустынского, Фаворского и др. Наиболее распространенными являются первые три типа, причем замок Мелентьева является наиболее совершенным и в то же время весьма простым. Небольшой по величине, он имеет достаточно прочную конструкцию, чтобы противостоять взлому; его нельзя открыть отмычкой или подобранным ключом; он легко работает летом и зимою, удобно приделывается к стрелке и надежно запирает ее. На фиг. 40 показано внутреннее устройство замка. На основании *a* укреплены щеки *b* и шпенек для ключа *c*. В углублениях основания движется вертикальный ригель *d*, в вырезах же щек *b* движутся горизонтальный ригель *e* и четыре снича *f*. Ригель *c* и снычи *f* передвигаются непосредственно ключом, ригель же *d* передвигается ригелем *e* посредством вклепанного в последний штифта *g*, ходящего в косом прорезе *h*, так что при каждом отпирании или замыкании замка оба ригеля движутся одновременно. На ригеле *e* укреплен еще четырехгранный штифт *i*, проходящий через **Н**-образный вырез *k* всех трех снычей и служащий для взаимного замыкания снычей и ригеля *e* в его крайних положениях. На

фиг. 41 показан способ прикрепления замков Мелентьева к рамному рельсу и связь их с остряком.

С помощью стрелочных замков может осуществляться полное замыкание маршрутов. На фиг. 42 показан один конец однопутной станции. Замки на этом конце расположены так, что на стрелке № 7 поставлен один, а на стрелке № 6—два стрелочных замка. Замок стрелки № 7 и один из замков стрелки № 6 имеют одинаковую форму личинки и один общий ключ; другой замок стрелки № 6 имеет форму личинки и ключ, отличающиеся от формы и ключа первых двух замков. Тяга стрелки № 7 имеет один прорез, и стрелка запирается только в одном положении на главный путь *I*. Тяга стрелки № 6 имеет два прореза, и стрелка запирается в двух положениях на косую и на прямую в тупик *VI*. Нормально стрелка № 7 направлена по главн. пути *I* и заперта на замок; ключ от этого замка оставлен в нейтральный замок стрелки № 6 в ее переведенном положении и постановкою этой стрелки в нормальное положение на тупик *VI* заперт в замке. Стрелка № 6, поставленная нормально на тупик *VI*, заперта вторым контрольным замком, а контрольный ключ от этого замка находится у дежурного по движению. Наличие контрольного ключа у дежурного по движению дает ему уверенность, что стрелки №№ 6 и 7 стоят правильно для приема поезда на *I* путь, и маневрирующий состав на *V* и *VI* путях, вытягиваемый на тупик *VI*, не может врезаться в бок принимаемому поезду. Для производства маневров по передаче составов на другую сторону от главного *I* пути или других маневров с вытяжкою на главн. путь и, след., для перевода стрелки № 6 на косую и свободного управления стрелкою № 7 дежурный по движению выдает контрольный ключ от нормального



Фиг. 42.

положения стрелки № 6 стрелочнику. Стрелочник полученным контрольным ключом отпирает стрелку № 6, переводит ее на косую и запирает в переведенном положении, причем с переводом стрелки контрольный ключ из его замка уже вынуть нельзя. Вынутым из запертого замка ключом стрелочник отпирает стрелку № 7 и ставит ее, смотря по надобности, в то или другое положение. По окончании маневров перевод стрелок и запирание замков производится в обратном порядке, после чего освобождается контрольный ключ и передается дежурному агенту. Общий для двух замков ключ имеет выбитыми цифры 6/7 и не имеет окраски, а ключ контрольный имеет выбитой лишь одну цифру 6 и окрашен в красный цвет. Только имея в руках этот красный ключ, свидетельствующий о том, что стрелка № 7 стоит на главный *I* путь, а стрелка № 6 на тупик *VI*, дежурный агент может приказать открыть входной семафор.

Неисправности переводов. Наиболее опасные неисправности переводов, могущие повлечь за собою сход подвижного состава на стрелке, следующие: 1) неплотное прилегание остряка к рамному рельсу; 2) облом головки остряка у острия на большую длину; 3) значительный износ верха головки остряка; 4) уширение колеи близ острия пера против назначенного размера; 5) неправильные размеры упорных болтов; 6) выступание балансира стрелки за пределы габарита приближения строений к пути. Отступления от норм содержания переводов допускаются лишь как неизбежные последствия от действия подвижного состава и влияния атмосферных явлений и не должны превышать следующих пределов. 1) Уширение пути против нормальных размеров допускается не более как на 2 *мм* (кроме пути у крестовины и у остряков, где никакое уширение не допускается). 2) Сужение пути против установленных размеров не допускается. 3) На ходовых путях не допускается понижения наружного рельса переходной кривой и соответственного остряка относительно внутреннего рельса кривой и остряка. 4) Уклонение по уровню на ходовых путях допускается не свыше 2 *мм* при плавности просадки не круче $^2/_{2000}$ и при отсутствии перекосов. 5) Уклонения по уровню на прочих путях допускаются не свыше 4 *мм* при плавности просадки не круче $^1/_{1000}$ и при отсутствии перекосов. При отступлениях, превышающих указанные допуски, перевод считается неисправным и должен быть ремонтируем.

Лит.: Винклер Э., Лекции о сооружении ж. д., вып. 2—Стрелки и крестовины, СПБ, 1878; Бем А. К., Расчет, разбивка и укладка стрелок и пересечения путей, 3 изд., СПБ, 1896; Васютинский А. Л., Жел. дороги. Лекции, читанные в Варшавском политехнич. ин-те в 1901—02 гг. (литогр.); Блум, ф.-Боррис, Баркгаузен, Совр. техника ж.-д дела, отд. 2—Сооружение ж. д., т. 3—Устройство ж.-д. станций, пер. с нем., СПБ, 1904; Перминов В. В., Взаимное соединение путей на станциях ж. д., ч. 1, Киев, 1903; Карейша С. Д., Сев.-американск. ж. д., СПБ, 1896; Цеглинский К. Ю., Жел. дор. Англии, М., 1899; его же, Курс ж. д., ч. 2—Верхнее строение пути, М., 1916 (литогр.); Прутковский Н. В., Ж.-д. дело, П., 1915; Гибшман Е. А., Расчет стрелочных переводов, 2 изд., М., 1916; его же, Соединения путей, М., 1924; Наставление по укладке и содержанию стрелочных переводов (Код. 7229), М., 1925; Кнопф В. М., Сборник постановлений и систематич. указатель к трудам совещательных съездов инж. службы пути за 1881—1926 гг. (1—36 съезды), М., 1929 (печатается); Пистолькорс Э., Упрощенный расчет стрелочных переводов, «Техника и экономика путей сообщ.», П.—М., 1923, 4; Борисов В. И., Новые формулы для расчета стрелочных переводов, «Инженер», Киев, 1910, 14 февр.; Пояснит. записка к проектам стрелочных переводов к рельсам норм. типов I, II, III, СПБ, 1907; Railway Eng. a. Maintenance Cyclopedia, 2 ed., N. Y., 1926; «Proc. of the 28th Annual Convention of the Am. Railway Eng. Assoc.», Chicago, 1928. **В. Кнопф.**

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ТАРИФЫ, провозные платы, взимаемые ж. д. за перевозки пассажиров и грузов. В понятие тарифа входит как цена ж.-д. услуги, так и условия применения тарифов. При установлении тарифов возможны три типа взаимоотношений между государством и ж. д. В первом типе государство относится к ж. д., как к обычным торговцам, сбывающим свою продукцию на свободном рынке на основе игры естественных законов экономики. При таком положении тарифы устанавливаются в результате нерегламентированной государством деятельности ж. д., а размеры тарифов определяются интересами ж.-д. предприятий и законами конкуренции. Этот тип существовал в Англии до 1888 года (т. е. до издания акта о движении по ж. д. и каналам) и в Америке до 1887 г. (т. е. до учреждения Междуштатной торговой комиссии для регулирования торговли и транспорта). Второй тип характеризуется вмешательством государства в тарифное дело, причем за ж. д. сохраняется инициатива в создании тарифов. Такой тип взаимоотношений существует в настоящее время во Франции, Англии, Америке и Германии. Третий тип характеризуется установлением тарифов непосредственно самим государством. Этот тип существует в СССР, где тарифы устанавливаются особым междуведомственным органом НКПС—Тарифным к-том, в к-ром участвуют представители гос. промышленности, торговли, кооперации и ведомства путей сообщения. Тарифным комитетом устанавливаются тарифы, действующие по всей сети; помимо этого правлениям ж. д. предоставляется

устанавливать своим распоряжением местные тарифы в пределах своей дороги, однако на расстояния не свыше 535 *км*.

Тарифы могут устанавливаться: 1) на основе себестоимости перевозок; 2) на основе рыночной конъюнктуры (спроса и предложения на транспортные услуги), в зависимости от платежеспособности груза; 3) на основе государственного регулирования народного хозяйства для осуществления общей политики государства.

Принцип себестоимости был осуществлен наиболее рельефно в системе натуральных Ж. т., примененных Пруссией после оккупации Эльзаса и Лотарингии. Эта система учитывала разницу издержек ж. д. в зависимости от скорости (малой или большой), величины предъявляемой партии (вагонного или мелочного груза) и рода подвижного состава. При практич. применении натуральной системы был сделан ряд отступлений, сильно изменивших применение принципа собственных издержек. Стремление строить тариф по себестоимости усиливается при сосредоточении ж.-д. сети в руках государства. Так, вопрос о применении принципа собственных издержек оживленно обсуждался в Германии в 1921 г. перед созданием О-ва германских ж. д. В СССР сосредоточение не только ж. д., но и всех видов промышленности в руках государства, а равно ослабление влияния рынка на цены особенно остро выдвигают принцип построения тарифов по собственным издержкам производства; при сосредоточении производственной деятельности и транспорта в руках государства транспорт становится продолжением производства, и по мнению многих только действительные издержки производства д. б. мерилом тарифных плат. Этот принцип себестоимости предполагается положить в основу ныне разрабатываемой в НКПС системы тарифов.

Принцип платежной способности заключается в том, что ж. д. взимают тариф в соответствии со способностью груза переносить издержки транспортирования. Этот принцип имеет своей предпосылкой самостоятельную деятельность частных хозяев и их согласие при предъявлении спроса на перевозку заплатить за нее соответствующую цену. Тарифы, основанные на платежеспособности, вырабатываются исторически, путем длительного приспособления к потребностям самостоятельно хозяйствующих единиц.

Принцип государственного регулирования народного хозяйства заключается в пользовании тарифом как орудием общей экономич. и социальной политики государства. При этом для отдельных местностей и районов страны, для отдельных групп перевозчиков или производств м. б. установлены особенно благоприятные или, наоборот, неблагоприятные условия пользования транспортом. При этом принципе тарифы могут устанавливаться вне зависимости от издержек производства или условий доходности дороги, а по соображениям государственной или общественной целесообразности.

Разработанные тарифы должны удовлетворять ряду формальных требований. Они д. б. опубликованы, для чего в СССР существует специальное издание «Сборник тарифов ж.-д. и водного транспорта СССР», издаваемый НКПС, и применяться только после опубликования. Далее, тарифы должны иметь постоянство и устойчивость и быть одинаково обязательны для всех клиентов в рамках установленных государством подразделений, без каких-либо произвольных льгот или скидок, непредусмотренных опубликованными тарифами. В соответствии с политикой социалистич. строительства и разделением народного хозяйства СССР на два сектора—государственный и кооперативный, с одной стороны, и частный, с другой, для ряда основных грузов государственных и кооперативных органов установлен особый льготн. тариф № 100.

Действующие в СССР ж.-д. тарифы распадаются на грузовые, пассажирские и багажные тарифы. Грузовые тарифы состоят из нормального, заключающего в себе нормальные классы и специальные схемы, исключительных, льготных и местных тарифов. Пассажирские тарифы состоят из общего нормального, пригородного, исключительных, льготных и местных тарифов. Грузовые тарифы помещены в «Своде тарифов»; пассажирские и багажные тарифы приведены в «Своде тарифов на перевозку пассажиров и багажа по железным дорогам СССР».

Нормальный грузовой тариф, действующий с 1 января 1929 г., охватывает все грузы, которые распределяются на 129 групп. Группы распадаются на позиции, число к-рых неодинаково и в нек-рых группах свыше трехсот. Позиции, в свою очередь, содержат иногда по нескольку наименований. Провозная плата для каждого из грузов, перечисленных в одной группе, рассчитывается по соответствующей тарифной схеме. Действующая система состоит из 38 нормальных классов, 77 специальных и 3 литерных схем А, Б и В для определения провозных плат для товаро-багажа и нек-рых грузов большой скорости по льготному тарифу № 100. Все схемы построены на принципе постепенного понижения покилометровой ставки с увеличением расстояния перевозки. Построенные т. о. тарифы именуются дифференциальными. Провозные платы на груз составляются из двух частей: 1) тоннокилометровой платы, зависящей от пробега груза, и 2) дополнительных сборов, взимаемых за различные услуги до отправления груза и после его прибытия. Провозную плату на тонную отправку можно изобразить следующей формулой:

$$A_{пр.} = q\,(d_{тар.}\,l + \Sigma d_{сб.}),$$

где $A_{пр.}$—провозная плата, q—вес груза в *т*, $d_{тар.}$—тарифная ставка на тоннокилометр, l—расстояние от станции отправления до станции назначения в *км*, и $\Sigma d_{сб.}$—сумма дополнительных сборов на *т* груза. Расстояние от станции отправления до станции назначения определяется по части VI «Свода тарифов».

Все грузы делятся на тонные (мелочные), партионные, повагонные, тяжеловесные и длинномерные. Для того чтобы обеспечить наилучшее использование вместимости вагонов при перевозке массовых грузов, ус-

тановлены наряду с потонными тарифами, определяющими ставки мелочных грузов, повагонные тарифы. Они применяются в случае предъявления груза повагонной партией. Для повагонных грузов установлены тарифные нормы погрузки, по возможности ближе к полной подъемной силе нормального вагона (табл. 1). Для повагонных грузов установлено положение, что провозная плата взимается за действительный вес груза, но не

Табл. 1.—Повагонные нормы.

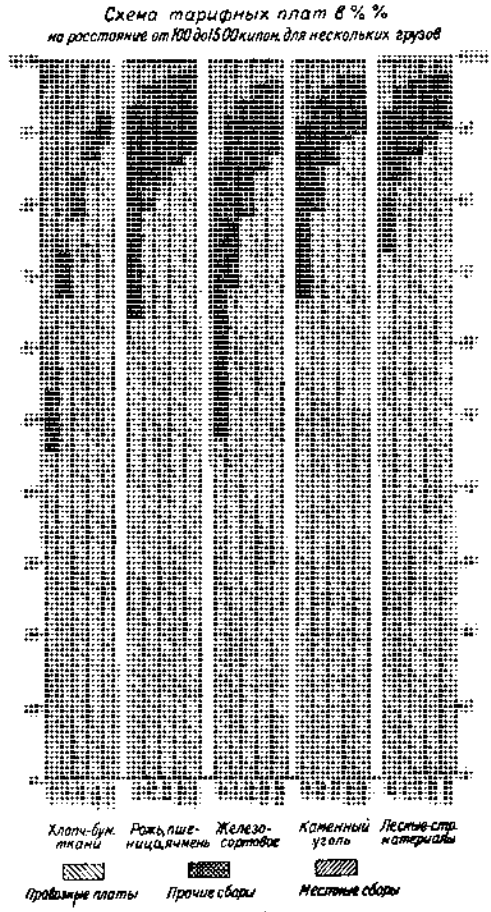
Наименование груза	Повагонная норма в *т*
Дрова дубовые	16,5
» березовые	15
» сосновые, ольховые и осиновые	12,5
Масло коровье нетопленое, топленое, сливочное	10,0
Железо сортовое	16,5
Руды	16,5
Рыба живая, мороженая, свежая	10,0
Каменный уголь на платформах	11,5
» » в крытых вагонах	16,5
Пшеница, рожь, ячмень	16,5
Овес	13,1

ниже повагонной нормы. Однако если для отправителя окажется более выгодным потонный расчет, то применяется этот более выгодный расчет. Для мелочных отправок провозная плата определяется по потонным тарифам за действительный вес груза, однако не менее чем за 20 *кг*. Для того чтобы стимулировать их укрупнение, в действующую систему введено в настоящее время понижение тарифов для групповых отправок мелочных грузов. Это понижение установлено: 1) в виде партионных тарифов и 2) в виде скидок для сборных отправок. Партионные тарифы применяются к отправкам однородного груза, перевозимым по одной накладной в количестве не менее 8 *т*. Партионный тариф дает понижение провозных платежей против потонных отправок на 10—30%. Скидка для сборных отправок применяется в размере 10% при перевозке по одной накладной товарных мест разных наименований, также в количестве не менее 8 *т*. Нек-рыми особенностями отличается определение провозных плат для грузов тяжеловесных, длинномерных и не могущих быть погруженными в вагон нормальным порядком через двери.

Исключительные тарифы, действующие с 1 января 1929 г., применяются к перевозке отдельных указанных в тарифе грузов в сообщении от или до определенных в тарифе станций. Исключительные тарифы установлены как для внутренних направлений, так и для экспортных. Льготными именуются тарифы, определяющие пониженные провозные платы для отдельной перевозки или для совокупности их по соображениям общегосударственного или общественного характера. Эти тарифы применяются при условии предъявления удостоверения или свидетельства на льготную перевозку. Они установлены для перевозки как грузов, так и пассажиров. К числу льготных грузовых тарифов относятся тарифы: воинский, почтовый, на перевозку книг и печатных произведений для высшей школы, бумаги для газеты «Гудок» и т. п. Особенное значение имеет упомянутый выше льготный тариф № 100.

Дополнительные сборы можно распределить на две группы: 1) сборы, взимаемые дорогами в свою пользу, и 2) сборы, взимаемые в пользу других учреждений. Обычно с отправок взыскиваются следующие сборы: станционный, за нагрузку и выгрузку, организационный на нагрузочно-выгрузочные работы, за взвешивание, на оборудование станций складочными помещениями, гербовый, на просвещение на транспорте и местный налог для нужд местного дорожного хозяйства.

Техника применения тарифа (таксировка) заключается: 1) в определении расстояния по особой схематич. карте и по



сборнику расстояний, 2) в отыскании номенклатурного наименования груза, 3) в определении тарифного класса, 4) в расчете платы по расчетным таблицам и 5) в определении дополнительных сборов. В табл. 2 приведены примеры расчета тарифных ставок для нек-рых наиболее ходовых грузов, с указанием процента, падающего на каждый вид платежей, а на фигуре представлен график для тех же грузов.

Общий пассажирский тариф, введенный с 1/VI 1929 г., также построен по системе понижения начальной тарифной ставки с увеличением расстояний. В основе расчета лежит тариф за проезд в жестких вагонах.

Табл. 2. — Тарифные платы по наиболее ходовым грузам (в рублях за *т*).

Расстояние перевозки	Провозные платы	Станционные расходы	Нагрузка	Выгрузка	Взвешивание	Гербовый сбор за накладную	Сбор на просвещение	Местный сбор при отправлении	Местный сбор при прибытии	Особый сбор на ремонт, постр. скл. помещ.	Итого
		I. Хл.-бум., льняные ткани, кроме особо поименованных									
100 км	15,98	0,61	0,48	0,48	0,31	0,27	0,36	4,84	4,84	0,25	28,42
		1,88						9,68			
%	56,2	6,7				0,9	1,3	34,1		0,8	100,0
250 км	39,95	1,88				0,63	0,84	15,98		0,25	59,53
%	67,3	3,1				1,0	1,3	26,9		0,4	100,0
500 км	79,74	1,88				1,22	1,63	15,98		0,25	100,70
%	79,2	1,9				1,2	1,6	15,9		0,2	100,0
1 000 км	140,79	1,88				2,14	2,86	15,98		0,25	163,90
%	85,8	1,1				1,4	1,7	9,8		0,2	100,0
1 500 км	188,28	1,88				2,85	3,80	15,98		0,25	213,04
%	88,4	0,9				1,4	1,7	7,5		0,1	100,0
		II. Рожь, пшеница, ячмень и пр. (повагонный тариф)									
100 км	3,96	0,46	0,44	0,44	0,24	0,8	0,11	0,20	0,20	0,05	6,90
		1,58						0,40			
%	64,0	25,5				1,4	1,7	6,4		1,0	100,0
250 км	8,95	1,58				0,16	0,21	0,40		0,05	11,35
%	78,8	13,9				1,4	1,8	3,6		0,5	100,0
500 км	12,01	1,58				0,20	0,27	0,40		0,05	14,51
%	82,8	10,9				1,4	1,8	2,8		0,3	100,0
1 000 км	15,28	1,58				0,25	0,34	0,40		0,05	17,90
%	85,4	8,8				1,4	1,9	2,2		0,3	100,0
1 500 км	17,93	1,58				0,29	0,39	0,40		0,05	20,64
%	86,9	7,6				1,4	1,9	1,9		0,3	100,0
		III. Железо сортовое (повагонный тариф)									
100 км	2,37	0,61	0,48	0,48	0,12	0,06	0,08	0,36	0,36	0,05	4,97
		1,69						0,72			
%	47,6	34,0				1,4	1,6	14,4		1,0	100,0
250 км	5,93	1,69				0,10	0,15	0,72		0,05	8,64
%	68,6	19,5				1,3	1,8	8,2		0,6	100,0
500 км	10,40	1,69				0,18	0,24	0,72		0,05	13,28
%	78,4	12,8				1,4	1,6	5,5		0,3	100,0
1 000 км	17,15	1,69				0,28	0,38	0,72		0,05	20,27
%	84,6	8,3				1,4	1,8	3,6		0,3	100,0
1 500 км	22,14	1,69				0,36	0,48	0,72		0,05	25,44
%	87,0	6,7				1,4	1,9	2,8		0,2	100,0

Расстояние перевозки	Провозные платы	Станционные расходы	Нагрузка	Выгрузка	Взвешивание	Гербовый сбор за накладную	Сбор на просвещение	Местный сбор при отправлении	Местный сбор при прибытии	Особый сбор на ремонт, постр. скл. помещ.	Итого
	IV. Каменный уголь и лигнит (повагонный тариф)										
100 км	2,07	0,37	0,06	0,06	0,12	0,06	0,06	0,14	0,14	0,05	3,13
		0,61						0,28			
%	66,1	19,1				2,0	2,0	9,0		1,8	100,0
250 км	4,17	0,61				0,07	0,10	0,28		0,05	5,28
%	78,9	11,5				1,4	1,9	5,3		1,0	100,0
500 км	6,92	0,61				0,11	0,15	0,28		0,05	8,12
%	85,2	7,5				1,4	1,9	3,4		0,6	100,0
1 000 км	10,35	0,61				0,17	0,22	0,28		0,05	11,68
%	88,6	5,2				1,4	2,0	2,4		0,4	100,0
1 500 км	12,55	0,61				0,20	0,26	0,28		0,05	13,95
%	89,9	4,4				1,4	1,9	2,0		0,4	100,0
	V. Лесные строительные материалы (повагонный тариф)										
100 км	2,95	0,37	0,06	0,06	0,12	0,06	0,07	0,15	0,15	0,05	4,04
		0,61						0,30			
%	73,0	15,1				1,5	1,7	7,5		1,2	100,0
250 км	5,67	0,61				0,09	0,13	0,30		0,05	6,85
%	82,8	8,9				1,3	1,9	4,4		0,7	100,0
500 км	8,04	0,61				0,14	0,17	0,30		0,05	9,31
%	86,3	6,6				1,5	1,8	3,2		0,6	100,0
1 000 км	10,31	0,61				0,16	0,22	0,30		0,05	11,65
%	88,5	5,2				1,5	1,8	2,6		0,4	100,0
1 500 км	13,46	0,61				0,21	0,28	0,30		0,05	14,91
%	90,2	4,1				1,6	1,8	2,0		0,3	100,0

Плата за проезд в мягких вагонах исчисляется путем умножения платы за проезд в жестком вагоне на 1,5, а за проезд в оборудованных товарных вагонах—путем деления той же платы на 2. Плацкарты для лежания рассчитываются по особым поясам, начиная с 2 р. (до 610 *км*) и доходя до 21 р. (на расстояние в 10 321 *км*). Стоимость плацкарты для лежания в курьерском поезде устанавливается в удвоенном размере. Приплата за скорость установлена только в курьерских поездах в размере стоимости плацкарты для лежания в обыкновенном поезде.

Багажный тариф исчисляется за каждые 5 *кг* по следующей схеме:

От 1 до 300 *км* . . . . . по 0,10 к. с *км*
» 301 » 325 » . . . . . » 30,12 к. » »
Свыше 325 *км* и плате за 325 *км* в 30,12 к. прибавляется по 2,62 коп. за каждый пояс.

С пассажирского билета установлен кроме того сбор на Красный крест и Красный полумесяц, в размере 15 к. с билета стоимостью от 2 р. 50 к. до 7 р. 50 к. и в размере 1% с других билетов. Исключительные пассажирские тарифы установлены для ограниченного числа отправлений, преимущественно для ветвей и линий второстепенного значения; льготные тарифы установлены в целях государственных и общественных для проезда отдельных видов пассажиров. Таковы: льготные тарифы на проезд семей военнослужащих, на проезд научных работников в санатории, для студентов, для переселенцев, для больных проказой и т. п.

Лит.: Закс Э., Экономика ж.-д. транспорта и его роль в народном хозяйстве, вып. 2—Экономика тарифов, Москва, 1926; Загорский К. Я., Теория ж.-д. тарифов, 2 изд., Москва, 1923; его же, Система ж.-д. и водных тарифов, Москва, 1925; Витте С., Принципы ж.-д. тарифов, СПБ, 1910; Черевко К., Сезонные ж.-д. тарифы, «Труды Экономбюро НКПС», Москва, 1928, вып. 7; Зайцев А. Ф., Очерки по истории железнодорожных тарифов в СССР, ч. 1—Хлебные тарифы, Москва, 1925; «Транспорт и хозяйство», Москва, 1928—29; Rank E., Das Eisenbahntarif in seiner Beziehung zu Volkswirtschaft und Verwaltungswesen, Wien, 1925.

А. Антошкин.

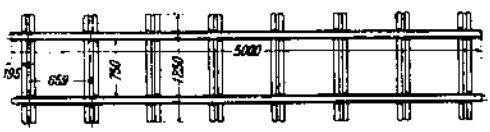
ЖЕЛЕЗНОЕ ДЕРЕВО, Parrotia persica C. A. Mey, дерево из сем. Hamamelideae R. Br., произрастающее в Закавказьи (Ленкорань). Ж. д. отличается чрезвычайно медленным ростом и в возрасте 150 лет имеет диаметр всего лишь в 30 *см*, но все же встречаются деревья высотой в 21 *м*, при

диам. в 61 *см*, весьма полиодревесные (видовое число 0,45—0,55). Ж. д. растет преимущественно в низменных местах, невысоко поднимаясь в горы, совместно с дубом, кленом и грабом, предпочитая влажные затененные места. Древесина Ж. д., весьма плотная, мелкого сложения, слабо красноватого цвета, очень твердая, крепкая и чрезвычайно тяжелая, доставляет прекрасный материал для столярного и токарного дела. Выжигаемый из древесины уголь обладает весьма высоким качеством. Под названием «железного дерева» в торговле встречается еще целый ряд тропических древесных пород с плотной и тяжелой древесиной, уд. веса 1,15 (см. также *Спр. ТЭ*, т. IV).

Лит.: Керн Э. Э., Деревья и кустарники, их лесоводственные особенности, использование и технич. применения, М.—Л., 1925. **Н. Кобранов.**

ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ ВОЕННО-ПОЛЕВЫЕ, временные жел.-дор. ветви военного значения, с легким верхним строением специальной конструкции и соответственным подвижным составом, допускающие быструю укладку, восстановление и разборку. Являясь продолжением и дополнением ж. д. нормальной колеи в передовых зонах действующей армии, Ж. д. в.-п. имеют исключительно тактический характер.

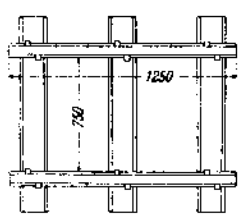
Устройство военно-полевых ж. д. 1. Ширина колеи и род тяги. Ж. д. в.-п. принадлежат к типу узкоколейных и имеют следующую ширину колеи: в СССР—750 *мм*;



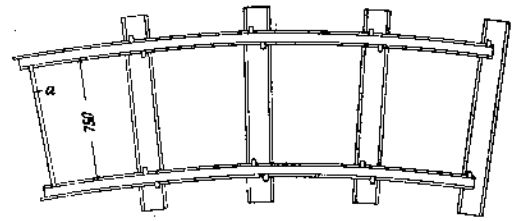
Фиг. 1.

в США, Англии, Германии и Франции—600 *мм*; в Австрии—700 *мм*; в Англии и Франции для укладки путей по ходам сообщения и окопам применяют также колею 400 *мм*. В СССР применяется тяга: паровая, тепловозная и конная; в США, Англии и Франции для колеи 600 *мм*—паровая и тепловозная, для колеи 400 *мм*—преимущественно животная (лошади, мулы) и в единичных случаях—тепловозная; в Австрии—конная; в Германии—паровая.

2. Звенья. Главною особенностью Ж. д. в.-п. является такое устройство пути, при котором рельсы скрепляются со шпалами в виде целых звеньев не на месте работ, а заблаговременно на базах. Эти звенья бывают семи типов: а) прямые нормальн. длины (фиг. 1)—для укладки прямых и пологих кривых; б) прямые укороченные—для более крутых кривых (фиг. 2); в) кривые определен. радиуса (фиг. 3)—для наиболее крутых закруглений; г) звенья-стрелки; д) звенья-крестовины; е) паспарту, т. е. складные железные рамы (фиг. 4 и 5),—для заполнения разрывов пути, укладываемые в промежуток между концами смежных звеньев таким обр., что колеса подвижного состава катятся по горизонтальным полкам и направляются изнутри вертикальными стенками паспарту; ж) вставные звенья для



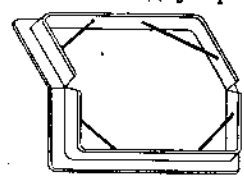
Фиг. 2.



Фиг. 3.

укладки левых и правых закруглений одними и теми же кривыми звеньями.

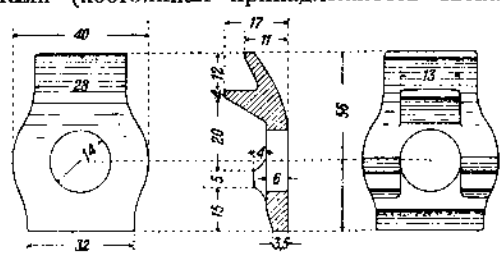
Для путей паровой тягой в военном ведомстве применяются звенья, изображенные на фиг. 1 (образца 1901 года). Звено состоит из двух рельсов, укрепленных на



Фиг. 4.

Фиг. 5.

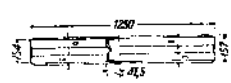
шпалах при помощи зажимов (фиг. 6) и зажимных болтов. Шпалы (фиг. 7)—коробчатого типа с закрытыми концами; на верхней поверхности шпалы имеют по два наискось расположенных отверстия для укрепления зажимов и зажимных болтов (фиг. 8). Каждая шпала соединяется с рельсом двумя зажимами. Звенья соединяются между собой плоскими накладками и болтами. Стык звеньев—на весу. Накладки с двумя болтами (постоянная принадлежность звена)



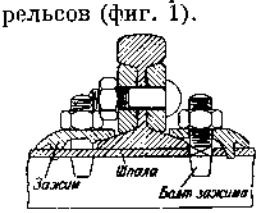
Фиг. 6.

расположены по диагонали на левом рельсе, если стать перед звеном и смотреть на него по направлению рельсов (фиг. 1).

Для путей с конной тягой у нас применяются крючковые звенья со сты-



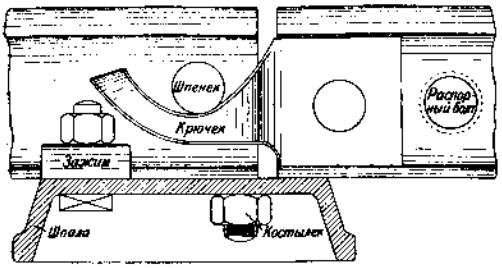
Фиг. 7.



Фиг. 8.

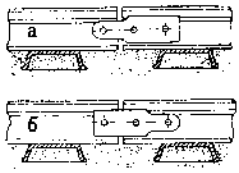
ком на шпале системы Дольберга, образца 1902 г. (фиг. 3). Рельсы имеют на одном конце два отверстия для пропуска распорного болта *a* (фиг. 3) и прикрепления крючка, а

на другом конце—отверстие для прикрепления наглухо шпенька (фиг. 9); рельсы прикрепляются к шпалам зажимами и зажимными болтами, а на стыковых шпалах еще костыльками. Шпалы—коробчатые, с закрытыми концами (фиг. 9). Распорные болты служат для поперечной связи, крючки и шпеньки—для соединения звеньев.



Фиг. 9.

Для путей с тепловозной тягой у нас применяются звенья образца 1915 г. (фиг. 2). Тип шпал и прикрепление к ним рельсов—как и при конной тяге; стык—на весу. Для соединения звеньев служат или обыкновенные плоские четырехдырные накладки или трехдырные накладки системы Гельта, с закругленными концами (фиг. 10). При последнем типе стык м. б. сделан гибким (фиг. 10, а), что полезно при укладке пути на недостаточно выровненном или неосевшем земляном полотне; жесткий стык (фиг. 10, б) отличается большей прочностью и устраивается при окончательной выправке полотна. В таблицах 1—5 приведены подробные данные об элементах пути Ж. д. в.-п. в СССР и за границей.



Фиг. 10.

3. Стрелочные переводы. При паровой тяге стрелочные переводы, как и на нормальной колее, состоят из двух звеньев: звена-стрелки и звена-крестовины. Длина звеньев такова, что они заменяют два звена нормальной длины. Переводы конной и тепловозной тяг бывают цельнорельсовые и накладные. Первые подобны американским стрелкам (см. *Железнодорожные стрелочные переводы*); крестовина—железная подушка, по которой колеса проходят ребордами. Накладные

Табл. 1.—Звенья военно-полевых железных дорог.

Виды звеньев	Длина в *м*	Вес в *кг*	Рабочая сила для переноски в чел.	Назначение	Число шпал на звене	Колич. звеньев на 1 *км* в % или шт.
Паровая тяга						
Прямые нормальные	5	200	8	Прямые и кривые ($R \geqslant 250$ *м*)	8	80
Прямые короткие	2,5	115	4	Кривые (R от 200 до 250 *м*)	5	12
Кривые	2,5	115	4	Кривые ($R = 50$ *м*)	5	8
Паспарту	1	74	3	Разрывы пути	—	—
Тепловозная тяга						
Прямые нормальные	2,5	66	3	Прямые и кривые ($R \geqslant 200$ *м*)	4	90
Прямые короткие	1,25	40	2	Кривые ($R > 50$ *м*)	3	3
Кривые	2,5	66	3	Кривые ($R = 50$ *м*)	4	4
Кривые	2,5	66	3	Кривые ($R = 15$ *м*)	4	3
Конная тяга						
Прямые нормальные	1,5	30	1	Прямые и кр. ($R \geqslant 150 \div 100$ *м*)	2	92
Прямые короткие	0,75	16	1	Кривые (R от 30 до 100 *м*)	1	1,5
Кривые	2,5	48	2	Кривые ($R = 15$ *м*)	4	6,5
Вставные	0,75	16—20	1	Прав. и лев. кривые	1—2	10 шт.
Паспарту	0,90	25	1	Разрывы пути	—	—

Табл. 2.—Рельсы и скрепления звеньевого пути военно-полевых железных дорог

Тип дороги	Рельсы: давление на ось в *т*	Рельсы: момент сопротивления в *см*³	Рельсы: вес 1 п. *м* в *кг*	Рельсы: вес на 1 *км* пути в *т*	Скрепления (числитель — вес в *кг* на единицу, знаменатель вес в *т* на 1 *км*): накладки	болты с гайками	заклинья с болтами	костыльки	болты распорные	шпеньки	Общий вес скреплений на 1 *км* в *т*
Паровая	4	25	10	20	0,76 / 0,61	0,09 / 0,16	0,17 / 1,11	—	—	—	1,88
Тепловозная	2,3	15	7	14	0,65 / 1,04	0,09 / 0,14	0,12 / 0,79	—	—	—	2,14
Конная	1	10,5	5	10	0,22 / 0,29	0,09 / 0,12	0,11 / 0,59	0,04 / 0,05	1,79 / 1,27	0,08 / 0,11	2,43

Табл. 3.—Шпалы звеньевого пути военно-полевых железных дорог.

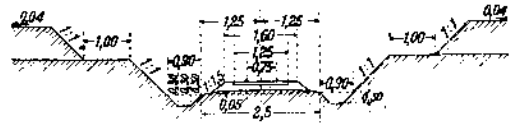
Данные \ Тип дороги	Паровая	Тепловозная	Конная
Момент сопротивления в *см*³	6,04	3,06	3,06
Ширина по верху в *мм*	154	100	100
» » низу в *мм*	157	123	123
Толщина в *мм*	4—5	3—4	3—4
Высота ребра в *мм*	41,5	30,0	30,0
Длина в *мм*	1250	1100	1100
» по загибу в *мм*	1315	1160	1160
Вес 1 п. *м* в *кг*	8,5	5,5	5,5
» 1 шпалы в *кг*	11,0	6,4	6,4
Число шпал на 1 *км*	1600	1600	1334
Вес шпал на 1 *км* в *т*	18,0	10,24	8,54
Способ прикрепления	Зажимы и болты		

Табл. 4.—Количество звеньев (или рельсов) и стрелок для станций военно-полевых железных дорог.

Тип станции	Паровая тяга: звеньев, *км*	Паровая тяга: стрелок, шт.	Конная тяга: звеньев, *км*	Конная тяга: стрелок, шт.
Начальная станция	<5	<15	<9	<20
Конечная »	<3	<20	<4	<14
Промежут. »	~0,5	<7	~1,1	<5
Эксплоатац. разъезд	0,14—0,28	<2	0,5	<2
Рабочий разъезд (укладочный)	0,12—0,24	<2	—	—
Водяная ветка	2—3	2	—	—

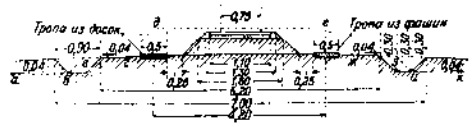
переводы укладываются в любое время, в любом месте без разрыва пути; они состоят из крестовины и двух остряков, укладываемых каждый отдельно поверх рельсов главного пути. Данные о стрелочных переводах приведены в табл. 6.

4. Земляное полотно (фиг. 11 и 12). В равнинной местности устройство земляного полотна сводится почти исключительно к планировке и устройству кюветов; верхний слой, если неровности не мешают, не снимается. При очень мягком грунте одновременно с отрывкой кюветов снимают



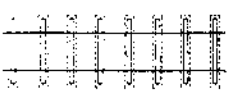
Фиг. 11.

верхний слой на глубину около 10 *см*, или добавляют число шпал, или укладывают звенья на деревянные шпалы, укрепляя по концам костылями (фиг. 13). При топких

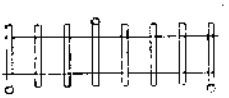


Фиг. 12.

болотах устраивают свайные эстакады или гати из фашин толщиною 0,20 *м* или из бревен, настланных сплошь под насыпью. При песчаном грунте звенья укрепляют упорными стойками (фиг. 14) длиною 0,5 *м*.



Фиг. 13.



Фиг. 14.

Если имеется каток, то полезно насыпи уплотнить. Откосы насыпей обычно делают 1:1 при высоких насыпях и глубоких выемках 1:1½ (первоначально же делают 1:1, оставляя по расчету уширенные бермы). При очень спешных работах кюветы делают в первую очередь лишь в особо необходимых местах; зимой кюветов не делают. Для дорог с конной тягой, одновременно

Табл. 5.—Военно-полевые железные дороги иностранных армий.

Страны	Длина звена в *м*	Число шпал на звене, шт.	Длина шпалы в *мм*	Ширина шпалы в *мм*	Высота шпалы по ребру в *мм*	Толщина шпалы в *мм*	Вес 1 п. *м* рельсов в *кг*	Вес 1 *км* пути в *т*	Радиус кривых минимум в *м*
Франция *1	5; 2,5; 1,25	8	1 090	140	37	4—5	9—9,5	35	20
Германия *2	5	8—10	1 200	150—170	37	4—6	—	—	30
США *3									
Металл. шпалы	5	8	1 093	127	—	—	7,2; 9; 9,8; 11,2	38	—
Деревян. »	9,144	—	1 371	152	—	—		—	—
Англия *4	—	—	—	—	—	—	9—10	44	30
Австрия *5	1,5; 2	—	—	—	—	—	5; 6; 7	—	12

*1 Рельсы прикреплены заклепками. Шпалы металлические, корытообразные. Нормальный радиус—100, 50 и 30 *м*. Подъемы 0,035—0,045 и даже 0,055—0,070, длиною до 80 *м*, если можно взять с разгона. *2 Прикрепление зажимами. Подъемы 0,025—0,040; если можно вадть с разгона, допускается 0,055, длиною до 70 *м*. *3 Путь звеньевой и из отдельных рельсов. *4 Путь звеньевой и из отдельных рельсов. Шпалы металлические и деревянные. Подъемы до 0,043 и даже 0,070. *5 Путь звеньевой на деревянных шпалах. Предельный подъем 0,100.

Табл. 6.—Стрелочные переводы военно-полевых железных дорог.

Тип дороги	Марка крестовины	Угол крестовины	Длина всего перевода в *м*	Вес всего перевода в *кг*	Радиус стрелочной кривой в *м*	Число людей для переноски
Паровая тяга	$^1/_6$	9°32′	10	950	40	25—40
Тепловозная тяга	$^1/_4$	14°22′	7,5	360	15	9—14
Конная тяга	$^1/_3$	20°27′	4,51	160	10	4— 6
» »	$^1/_3$	20°27′	5,00	190	10	5— 7
» »	$^1/_3$	20°27′	5,00	115	10	3— 5

Табл. 7.—Технические условия проектирования и сооружения военно-полевых железных дорог.

Наименование	Паровая тяга	Тепловозная и конная тяги
Предельные подъемы	а) Без огран. длины, до 0,016 б) До 850 *м*, 0,016—0,025 в) » 425 *м*, 0,025—0,030 г) » 200 *м*, 0,030—0,035 д) » 100 *м*, 0,035—0,040 е) В особо трудных условиях, ⩾ 100 *м*, 0,050 ж) При сопряжении с кривой 50 *м*, 0,025 на протяж. не более 150 *м* Подъемы большего протяжения делятся горизонтальными площадками длиною 100 *м* или уклонами ⩾ 0,005	Тепловозная тяга: а) Без огран. длины, до 0,016 б) До 150 *м*, с кривой 15 *м*, до 0,025 в) До 200 *м*, до 0,040 Конная тяга: а) Без огран. длины, до 0,020 б) На высоту ⩾ 10 *м*, до 0,020—0,035 в) На протяжении ⩾ 50 *м*, до 0,035—0,050 (только на прямой) г) На протяжении ⩾ 50 *м*, с кривой 15 *м*, до 0,040 Раздельные площадки длиною 50 *м* или уклоны ⩾ 0,010
Предельные радиусы	50 *м*, на станциях до 40 *м*	15 *м*
Прямая вставка между обратными кривыми	⩽ 15 *м* (3 звена)	При $R = 15$ *м*, обращенные в разные стороны, ⩽ 3 *м* (2 звена)
Ширина земляного полотна	2,5 *м*; для песчаных насыпей и ветвей кратковременного значения 2,10 *м*	Для тепловозной—как для паровой; для конной тяги—4,20 *м*; в глубоких выемках допуск. 3,8 *м*; на кривых $R=15$ *м* ширина выемки ⩽ 4,70
Толщина балластного слоя	0,10—0,20 *м*	0,10—0,20 *м*
Ширина балластного слоя по верху	1,60 *м*	Для тепловозной 1,60 *м* Для конной 1,30 *м*
Возвышение полотна над горизонтом самых высоких вод	0,50 *м*	0,30 *м*
	(в том случае, если линии сооружаются на продолжительное время)	
Возвышение низа ферм мостов над горизонтом самых высоких вод	0,20 *м*	0,20 *м*
Расстояния между станциями	10—16 *км*; между разъездами ⩾ 5 *км*	Тепловозная—как паровая; конная тяга—25 *км*; между разъездами 12,5 *км*
Наименьшая длина гориз. площадок на станциях	Начальной и конечной—в зависимости от местных и прочих условий; промежуточных станций ⩽ 210 *м*; эксплоат. разъездов ⩽ 150 *м*	промежуточн. станций и эксплоат. разъездов ⩽ 530 *м*
Наибольшие уклоны на станциях	⩾ 0,002	⩾ 0,010
Уширение колеи	Не делается	Не делается
Возвышение наружн. рельса	$R=50$ *м*, 100 *м*, 200 *м*; $h=4$ *см*, 2 *см*, 1 *см*	$R=15$ *м*, $h=6$ *см* (для тепловозной тяги)

с земляными работами, устраивают тропы для лошадей (фиг. 12) из слоя хвороста или фашин толщиною до 0,2 *м* или из досок толщиною 5—7 *см*.

5. Балластный слой устраивают при первой возможности особенно для паровой тяги, а при неблагоприятных условиях и для конной и тепловозной тяг (табл. 8).

Табл. 8.—Балластный слой на военно-полевых железных дорогах.

Данные	Паровая и тепловозная тяги	Конная тяга
Толщина слоя в *м*	0,10—0,20	0,10—0,20
Ширина по верху в *м*	1,60	1,30
Количество $м^3$ балласта на 1 *км*	200—440	150—320

6. Технические условия, см. табл. 7 (ст. 665—66).

Изыскания. Отличительной чертой изысканий Ж. д. в.-п., особенно при маневренном характере войны, является их срочность. При изысканиях соблюдаются следующие правила: 1) изыскания производят с такой скоростью, чтобы не задержать постройки; 2) дорогу проводят через все заданные пункты (начальный, конечный, батареи, склады, госпитали и т. п.); 3) сокращают количество земляных работ и работ по искусственным сооружениям, обходя местные препятствия (леса, густые заросли, строения, овраги, болота, озера и крутые склоны), не стесняясь удлинением линии; 4) предусматривают возможность маскировки. В зависимости же от заданного срока изыскания делятся на три вида: 1) рекогносцировку, 2) летучие изыскания и 3) спешные изыскания.

Рекогносцировкой ограничиваются только в случаях особой срочности, при проведении дорог с конной тягой, а при особо благоприятных условиях местности и с тепловозной тягой. Вслед за рекогносцировкой идет постройка дороги. Рекогносцировка производится обычно верхом. Направление выбирается на-глаз и отмечается или по местным предметам или вехами. Если нет карт, то направление проверяется компасом или буссолью, которою пользуются и для измерения углов. Сомнительные уклоны (в отношении превышения предельных) проверяют уклономерами. Отмечают большие мосты и крупные препятствия. Все полученные данные немедленно, с верховым, сообщают в парк. Скорость рекогносцировки: в трудной местности 10 *км*, в легкой до 20 *км* в день.

Летучими изысканиями ограничиваются при постройке дорог с конной и тепловозной тягами, а в особо благоприятных условиях местности—и дорог с паровой тягой. Выбирают направление линии и закрепляют его на местности в главных точках и углах поворота вехами и кольями. Производят пикетаж—ставят пикеты и главные точки кривых, чтобы выдать наряд на звенья. В необходимых местах проверяют уклоны уклономерами и в крайнем случае производят нивелировку. Намечают мосты, трубы, станции, разъезды. Скорость летучих изысканий: в трудной местности 5—7 *км*, в легкой—до 12 *км* в день.

Спешные подробные изыскания отличаются от нормальных гл. обр. увеличением числа изыскательских партий и усилением их состава для производства расчетов и чертежных работ, которые производятся в тот же вечер. Скорость спешных изысканий: в трудной местности—до 4 *км*, в легкой—до 8 *км* в день.

Укладка пути. Нагрузка звеньев на вагонеты. Для паровой тяги звенья грузятся в две продольные клетки одновременно; нижнее звено одной клетки укладывается шпалами вниз, другой—шпалами вверх; второй ряд—наоборот, и т. д. При паровой тяге звенья грузятся на вагонет в порядке их укладки в путь, начиная с заднего вагонета. Для конной тяги звенья нормальной длины кладутся поперек вагонета в три штабеля, кривые—вдоль вагонета. Нижний ряд кладется шпалами вниз, а последующие—попеременно, то в одну сторону шпалами, то в другую. Клетки должны возводиться без перекоса, боковые поверхности должны быть отвесными и допускать уставовку стоек. В табл. 9 приведены данные о нагрузке звеньев.

Табл. 9.—Данные о нагрузке звеньев на вагонеты военно-полевых железных дорог.

Данные		Тип дороги: Паровая	Конная
Количество звеньев на 1 вагонет	число звеньев	40	71
	п. м	200	~ 100
Число людей для нагрузки 1 вагонета	подносящих	8	4
	принимающих	4	4
Время погрузки 1 вагонета в часах		1,5	1
Состав укладочного поезда-эшелона, вагонов		6—8	12
Количество человек для одновременной нагрузки		80—100	100

Укладка пути. а) С паровой тягой. При укладке более 5 *км* в сутки устраивают укладочные разъезды примерно через 2 *км*; на укладочный разъезд требуется: 1 перевод, 4 кривых звена (R=50 *м*) и 23 нормальных звена. Для производства работ с максимальной скоростью рабочие делятся на 4 отряда. Главный отряд производит разгрузку и укладку пути. Расчет на 3—4 смены. Ход работ: 2 рабочих обозначают ось пути; 8 чел. переносят мостки для перекрытия кюветов; 16 чел. разгружают звенья; 80 чел. (по 40 с каждой стороны поезда)—подносят звенья в голову укладки; 4 человека раздвигают вакладки для облегчения вставления концов рельсов;

16 чел. (в 2 смены) приподнимают звенья и вдвигают в накладки; 2 чел. измеряют ширину колеи и устанавливают прозорники; 4 чел. подносят болты; 12 чел. сбалчивают звенья (работают парами: впереди поезда—1-я пара вкладывает болт в среднее гнездо и надевает гайку, 2-я пара добалчивает его, 3-я добалчивает болт предыдущего звена; сзади поезда—1-я вставляет 4-й болт и надевает гайку, 2-я добалчивает его, 3-я пара проверяет все болты); 2 чел. рихтуют путь, 10 чел. подбивают его. Тыловой отряд производит ремонт пути (рихтовку и подбивку) и устройство переездов. Станционный укладочный отряд укладывает путь на станциях и разъездах. Разборочный отряд снимает временные укладочные разъезды. Потребное число рабочих для укладки пути Ж. д. в.-п. указано в табл. 10.

Табл. 10.—Число рабочих для укладки пути военно-полевой железной дороги с паровой тягой (при скорости укладки до 4 км в 1 смену).

Наименование отряда	Число людей	
	ж.-д. войск	рабочих частей
Главный	15	162
Станционный	12	90
Тыловой	12	47
Разборочный	2	40
Итого	41	339

Для максимального успеха (8—9 км в сутки), при непрерывной работе в течение нескольких дней, назначают 4 смены. Кроме того в ночные смены для освещения придется главному и станционному отрядам по 2 железнодорожника и 20 рабочих, тыловому—1 железнодорожник и 15 рабочих, разборочному—5 рабочих. Одна смена отдыхает круглые сутки.

б) С конной тягой. Укладочных разъездов не устраивается; вагонеты по мере разгрузки ставятся на обочины. Для укладки организуются три отряда. Передовой, в случае укладки пути по неподготовленному полотну, производит планировку, небольшие земляные работы, постройку мостиков и труб; состав отряда зависит от количества предстоящих работ. Главный разгружает звенья и укладывает путь. Расчет—до 4 смен. Ход работ: 2 чел. обозначают ось пути; 6 чел. разгружают вагонеты; 36 человек подносят звенья в голову укладки и укладывают их по оси пути крючьями вперед; 6 чел. соединяют звенья друг с другом, заводя их крючками под шпеньки и нажимая ногой на распорный болт; 2 человека с молотками исправляют погнутые крючья; 2 человека рихтуют путь, 7 человек подбивают его. Тыловой отряд ремонтирует и приводит в порядок уложенный путь и устраивает переезды (табл. 11). Одна смена отдыхает круглые сутки. При укладке 2-го пути конной тяги скорость укладки доходит до 12 км в 8 час.

Для характеристики скорости укладки пути в иностранных армиях могут служить следующие данные.

Табл. 11.—Число рабочих для укладки пути военно-полевых железных дорог с конной тягой.

Скорость укладки	Число людей	Наимен. отряда / Род раб. силы	Главный	Тыловой	Итого
до 7 км, 1 смена		ж.-д. войск	3	8	17
		раб. частей	80	39	119
до 10 км, 2 смены		ж.-д. войск	17	18	35
		раб. частей	180	92	272
до 15 км, 4 смены		ж.-д. войск	29	34	63
		раб. частей	340	170	510

Во Франции достигнута скорость лишь 2 км двухколейного пути в сутки; 1 км двухколейного пути требует 540—1 340 раб. дн. В Англии наибольшая достигнутая скорость 3,8 км в сутки; 1 км—1 250—1 500 раб. дн. (очевидно, с балластировкой и земляными работами). В США скорость укладки менее 3 км двухколейн. пути в сутки; 1 км—1 500—1 600 раб. дн. на деревянных шпалах и 630—730 раб. дн. на металлич. шпалах (очевидно с балластировкой). В Германии—12—19 км в сутки; 1 рота (250 чел.) укладывала до 6,5 км в 8 час. В Австрии—до 15 км в сутки.

Разборка пути. а) Паровая тяга. Назначается один отряд, разбирающий гл. и станционные пути. Состав отряда: 5 чел. от жел.-дор. войск и 139 от раб. частей. Усцешность при трех сменах—6 км в сутки. Для ускорения работ формируется отдельный отряд для разборки станционных путей, водоснабжения, телеграфа и проч.; в таком случае успешность повышается до 9 км в сутки. Состав разборочного поезда—6—8 вагонетов. К моменту подхода разборки главного пути станционные пути д. б. разобраны, погружены и отправлены в парк; снятые переводы заменяются двумя прямыми нормальными. б) Конная тяга. Назначается один отряд; порядок работ—обратный порядку укладки. На разборку подаются 12 вагонетов, к-рые устанавливаются в расстоянии 71 звена друг от друга. Все вагонеты, за исключением двух головных, свимаются с рельсов; по нагрузке обоих головных вагонетов их отправляют в парк, на рельсы ставятся следующие два вагонета, грузятся и отправляются, и т. д.

Число рабочих для разборки Ж. д. в.-п. конной тягой составляет:

	Ж.-д. войск	Раб. частей
При скорости до 5 км в сутки (1 смена)	7 чел.	64 чел.
При скорости до 10 км в сутки (2 смены)	13 »	128 »
При скорости до 15 км в сутки (4 смены)	26 »	254 »

При четырех сменах одна отдыхает круглые сутки. На ночь назначаются команды для освещения в 22 чел.

Тяга и подвижной состав. Данные о паровозах и тендерах приведены в табл. 12.

Табл. 12.—Паровозы и тендеры военно-полевых железных дорог.

Характеристика	Типы паровозов	
	0-3-0	0-4-0
Диаметр цилиндра, *мм*	256	355
Ход поршня, *мм*	300	300
Диаметр колес, *мм*	600	750
Длина жесткой базы, *мм*	1 500	2 700
Поверхность нагрева, *м²*	26,70	53,18
Давление пара, *atm*	12	11
Вес паровоза рабочий, *т*	11,79	21
Длина паровоза (с буф.), *мм*	5 166	6 351
Высота буферов, *мм*	600	595
Сила тяги по цилиндр., *кг*	2 316	3 266
» » » сцеплению, *кг*	1 965	3 425
Наибольшая скорость, *км/ч*	15	25
Число осей в тендере	2	3
Диаметр колес тендера, *мм*	550	600
Длина базы тендера, *мм*	1 500	1 900
Длина тендера (с буф.) *мм*	3 494	4 630
Объем воды, *м³*	3,30	5,36
Запас угля, *т*	0,8	2,6
Рабочий вес тендера, *т*	7,30	14,50

Примечание. Паровоз 0-4-0 применяется лишь при хорошо устроенном верхнем строении.

Для паровозов типа 0-3-0 воды в тендере хватает для груженого поезда с одним паровозом на 32 *км*, для порожнего поезда с одним паровозом—на 45 *км*. Расход воды на 1 *км* при груженом поезде составляет 0,107 *м³*, при порожнем—0,078 *м³*, при двойной тяге—примерно в два раза больше. Для накачивания полного тендера средствами паровоза требуется ок. 40 мин.; для наполнения из баков самотеком при кране ⌀ 6 *см*—ок. 6 мин. Топливо—уголь или дрова; запаса на тендере хватает на 45 *км* при расходе угля 16—18 *кг* на 1 *км*. Угольные склады располагаются обычно на всех станциях с водоснабжением. Промывка паровоза при хорошей воде производится через каждые 600 *км* пробега.

На Ж. д. в.-п. с тепловозной тягой применяются америк. трехосные тепловозы з-да Болдуина, типа 0-3-0, с четырехцилиндровым четырехтактным двигателем в 50 HP; передний и задний ход—при двух скоростях 6 и 12 *км/ч* и силе тяги соответственно—1 350 и 900 *кг*. На подъеме 0,040 вес поезда—18 *т*. Миним. радиус кривых—15 *м*. Колеса диам. 420 *мм*, двухребордные. Средняя технич. скорость 8 *км/ч*. На Ж. д. в.-п. с конной тягой вагонет перемещается двумя лошадьми, впрягаемыми по бокам вагонета. Сила тяги пары лошадей: $2 \times 65 \times 0{,}98 = 127$ *кг*. Средняя технич. скорость—6 *км/ч*; коммерч. скорость—3,5 *км/ч*.

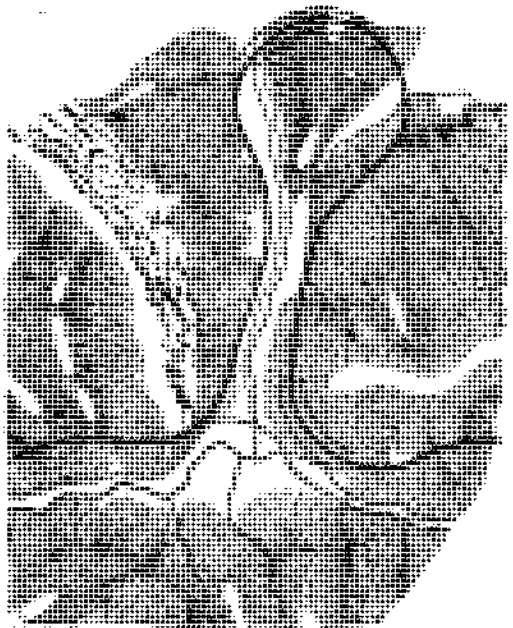
Подвижной состав в иностранных армиях. 1. Франция. Паровозы: число осей 4; вес в рабочем состоянии 14 *т*; давление на ось 3,5 *т*; вес в порожнем состоянии 10 *т*; сила тяги 1 700 *кг*. Тепловозы: локотракторы Шнейдера с электрической передачей; горючее—бензин, спирт, особая смесь; мощность при 1 000 об/м.—50 HP; 4 скорости; вес в рабочем состоянии 10 *т*. Вагонеты: двуосные на 5 *т* и четырехосные на 8 *т*; вес в груженом состоянии 11,5 *т*. Нормальный вес поезда 40—50 *т*. Пропускная способность 24 пары, при отправлении пачками (2 поезда в одном направлении) 36 пар. Скорость 10—12 *км/ч*. 2. Германия. Паровозы: четырехосные, все оси спаренные; вес в рабочем состоянии 12 *т*. Вагонеты 5-тонные. Пропускная способность 16 пар. Вес поезда 40 *т*. Скорость движения 12—15 *км/ч*. 3. США. Паровозы Болдуина, типа 1-3-1; вес 14 *т*. Тепловозы четырехцилиндровые, четырехтактные; мощность 35 и 50 HP (для маневров). 4. Англия. Паровозы двух типов—14 и 17 *т*. Тепловозы в 40 HP имеют вес 6 *т* и в 20 HP—2 *т*; горючее—бензин. Кроме того имеются тепловозы Кроша с электрич. передачей и Болдуина—с зубчатой передачей. Грузоподъемность на уклоне 0,005: паровоза—164 *т*, тепловоза в 40 HP—82 *т* и в 20 HP—33 *т*; на уклоне 0,030: соответственно, 44, 22 и 9 *т*. Вагонеты четырехосные, подъемной силой 3, 5 и 10 *т*. Скорость движения 13 *км/ч*. 5. Австрия. Тяга конная. Вагонеты тяжелые четырехосные и легкие двуосные. Коммерч. скорость 3—4 *км/ч*.

Лит.: Веселов П. В., Полевые жел. дороги, Л., 1925; Гавронский и Вердеревский, Краткое руководство по полевому жел.-дор. делу, Киев, 1913; Иванов В., Полевые переносные жел. дороги и значение их в современной войне, М.—Л., 1927; Инструкции по полевым жел. дорогам, изд. Гл. военно-техн. упр., П., 1916; Кторов С. Ф., Жел.-дор. дело, «Военный вестник», М., 1926; Кюльман Ф., Стратегия, пер. с франц., М., 1926; Никитин А., Постройка и эксплоатация узкокол. подъездных жел. дорог, СПБ, 1909; Образцов В. Н. и Энгельгардт Ю. В., Экономич. и подъездные пути, М., 1917; Образцов В. Н., Энгельгардт Ю. В. и Яковлев М. И., К вопросу об улучшении дорог на фронте, М., 1917; Опацкий Н. В., Военные сообщения, М., 1926; Святловский Е., Война и транспорт, М., 1927; Трубецкой В. А., Руководство для изучения и обслуживания паровозов узкокол. жел. дорог, М., 1928; Энгельгардт Ю. В., Железные дороги, т. 3—Узкокол. дороги, М.—Л., 1929; его же, Узкокол. жел. дороги за границей и в СССР, М.—Л., 1927; Ле-Энаф и Борнек, Французские жел. дороги и война, пер. с франц., М., 1923; Instruction provisoire sur l'organisation des communications et des transports militaires en temps de guerre, P., 1922. **Н. Опацкий.**

ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ ГОРНЫЕ, название следующих двух типов дорог: 1) жел. дороги обычного типа, работающие силою сцепления гладких колес с рельсами, но имеющие ряд особенностей в силу условий горной местности, и 2) специальные ж. д., применяемые исключительно для преодоления крутых подъемов. В Германии для этих двух типов приняты особые наименования: Gebirgsbahnen и Bergbahnen; в русской литературе нет такой терминологии, т. к. дорог второго типа мы почти не имеем. 1) Обычные ж. д. горного типа отличаются от ж. д., проходящих в равнинных местностях, условиями своей трасировки и условиями эксплоатации. Волнистый профиль, вершины и глубокие долины горной местности не дают возможности применять здесь нормальные технич. условия проектирования и требуют допущения крутых уклонов и малых радиусов: предельные уклоны для горных магистралей этого типа доходят до 0,027 (С.-Готард), 0,040 (Денвер—Рио-Гранде, Перу), 0,045 (Канадская Тихоокеанская ж. д.), а для второстепенных дорог при паровой тяге даже до 0,070 на широкой колее и до 0,075 на узкой (Tavanx—Pontsericourt) и при электрической тяге до 0,127 (Лозанна). Предельные радиусы доходят на нормальной колее до 90 *м* (Пенсильванская) и на узкой колее—до 18 *м* (Guayaquil-Quito). Широкое применение кривых и уклонов на горных участках характеризуется процентным их отношением к общей длине линии; в Швейцарии напр. уклоны составляли в 1914 г. 78%, а кривые 37% общего протяжения сети (для СССР соответственно—63 и 23%); у нас, например на горной линии Пермь—Свердловск, кри-

вые составляют 45%, а на равнинной—Красный Кут—Астрахань только 5% общего протяжения.

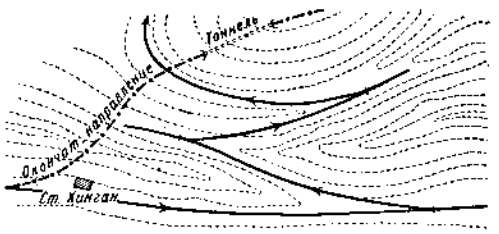
Несмотря на облегчение технич. условий, проведение Ж. д. г. по кратчайшим направлениям крайне затруднительно, и для по-



Фиг. 1.

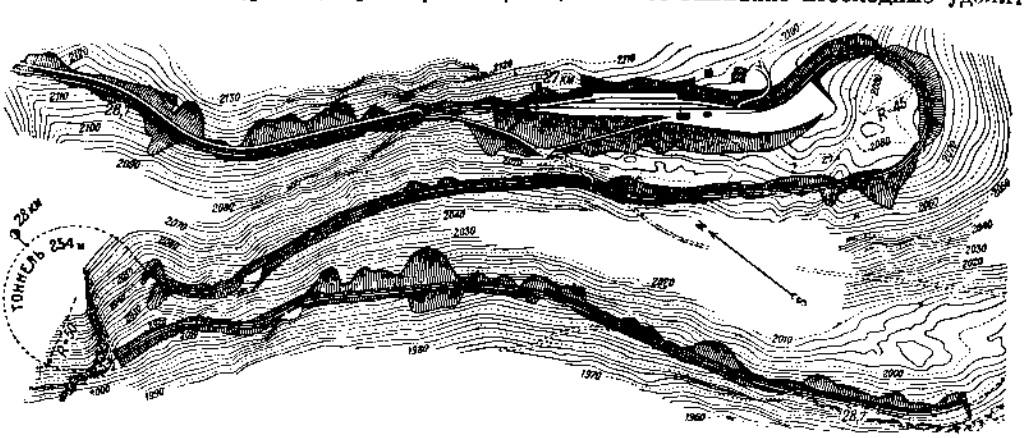
лучения заданных уклонов требуется разнитие линии, т. е. ее значительное удлинение; для трасировки дорог в горах обычно пользуются речными долинами, дающими минимальный уклон, а если этот уклон более предельного, то для развития линии заходят в соседние долины (фиг. 1, Бреннерская ж. д.). При очень крутых водъемах применяются специальные приемы: а) обратные тупики или эйгзаги (фиг. 2, Хнинган, Восточно-Кит. ж. д.); б) серпентины (петли), одиночные и двойные, открытые или частично скрытые в туннелях (фиг. 3, Альпгрюн, Бернская ж. д.); в) спирали—удлиненные повороты, при к-рых линия пересекает самое себя, но уже в другом уровне (фиг. 4, С.-Готтардская ж. д.); г) улитки, когда дорога спиральной кривой сходится в точку на вершине (фиг. 5, Брокенская ж. д.). Такое развитие увеличивает длину линии часто в несколько раз против расстояния между теми же конечными точками по прямой линии; так напр., близ Choochillo длина линии вместо 170 *м* получилась в 5 *км*, т. е. коэфициент развития составил 29.

В строительном отношении Ж. д. г. характеризуются большим количеством земляных работ (напр. на Кругобайкальской дороге местами до 220 000 $м^3$ на 1 *км* пути),



Фиг. 2.

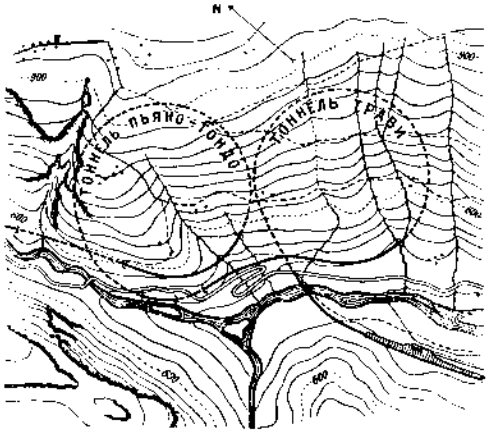
притом в трудных каменистых участках, разрабатываемых взрывными работами, многочисленными высокими насыпями и глубокими выемками, большим количеством подпорных стенок как под полотном, так и для поддержки откосов выемок; во многих случаях насыпи приходится заменять виадуками, а выемки короткими туннелями (фиг. 6, профиль С.-Готтардской ж. д.); напр. на Кругобайкальской дороге на протяжении 67 *км* имеется 38 туннелей и 47 крытых галлерей. Значительное сокращение линии и уменьшение преодолеваемых высот на перевалах достигается длинными туннелями (С.-Готтардский—15 *км*, Симплонский—20 *км*). Наконец большое внимание необходимо уделять предохранению от лавин и камней устройством плотней на вершинах гор, предохранительных заборов и даже закрытых галлерей над путями.



Фиг. 3.

В тяговом отношении горные условия делают более выгодным применение электрич. тяги в виду наличия во многих случаях мощных источников водной энергии (водопады, горные источники), а при большом протяже-

нии туннелей—вследствие затруднительности вентиляции их при паровой тяге. При паровой тяге характерным является применение двойной и тройной тяги, подталкивающих паровозов, бустерных паровозов и



Фиг. 4.

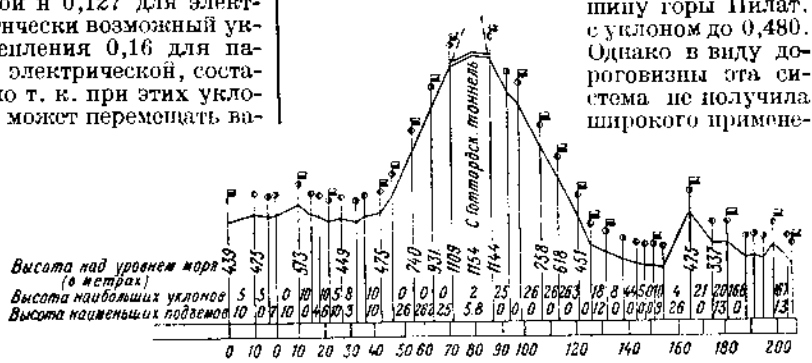
спец. типов паровозов с большим числом сцепных осей при условии сохранения хорошей поворотливости (сист. Гаррата, Ферли, Маллета и др.). Стремление удешевить постройку приводит к большому применению узкой колеи (Швейцарские дороги от 0,800 до 1,000 *м*, Darjeeling—Siliguri в Гималаях 0,610 *м*, Guayaquil—Quito в Эквадоре 1,067 *м*).

Фиг. 5.

2) Специальные типы. Дороги, работающие силою сцепления колес с рельсами, не применяют уклонов выше 0,080 для паровой и 0,127 для электрической тяги. Теоретически возможный уклон, при коэф-те сцепления 0,16 для паровой тяги и 0,25 для электрической, составляет 0,160 и 0,250, но т. к. при этих уклонах двигатель уже не может перемещать вагонов, а только удерживает сам себя, то фактические подъемы 0,080 и 0,127, составляющие половину теоретическ., можно считать практическ. пределом. Для достижения бо́льших уклонов приходится прибегать к иным уже способам перемещения, при которых сила сцепления имеет второстепенное значение или даже вовсе не используется. Эти специальные типы дорог, или Ж. д. г. в тесном смысле слова, разделяются на след. виды: А) трехрельсовые, Б) зубчатые и В) с канатной тягой.

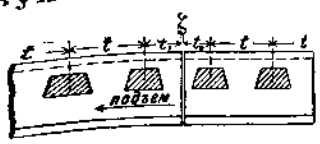
А. Трехрельсовые ж. д. кроме двух рельсов обычного типа, имеют еще третий рельс, к-рый обжимается двумя горизонтальными колесами локомотива, дающими добавочное сцепление. Такие дороги строились по системе Фелля (горизонтальные колеса нажимались пружинами) или Ганскотта (колеса нажимались пневматич. путем). Предельные уклоны на этих дорогах достигают 0,120. Наиболее известна из них ж. д. на Пюи-де-Дом во Франции, имеющая колею в 1,000 *м* и длину в 14,5 *км* при паровой тяге. Кроме того имеется еще дорога в Ла-Бурбуль во Франции и несколько дорог в Бразилии, Англии и Новой Зеландии.

Б. Зубчатые ж. д. Движение по зубчатым дорогам осуществляется посредством зацепления зубчатых колес за зубчатую рейку (кремальеру), расположенную по оси пути примерно в уровне путевых рельсов. Такое устройство дает возможность достигнуть требуемой тяги, не считаясь с величиной сцепления между ведущими колесами и путевыми рельсами, а в зависимости лишь от прочности и правильности зубчатого зацепления. Предельная величина уклона определяется условием, чтобы в наименее выгодных случаях работы зацепления (при торможении во время спуска) зубцы колес не накатывались на зубцы кремальеры и не соскальзывали с них. Все зубчатые ж. д., за немногими исключениями, имеют зацепление зубчатых колес с зубчатой рейкой в вертикальной плоскости. Предельный уклон для такого рода зубчатых дорог теоретически определяется в 0,500. Практика эксплоатации зубчатых дорог однако показала, что допустимым уклоном надо считать лишь 0,250—0,300; превышение этого предела нежелательно как в интересах безопасности движения, так и во избежание сокращения пропускной способности. Задача применения более крутых уклонов в технич. отношении была б. или м. удачно разрешена Лохером и Гуйер-Фрейлером, к-рые заменили вертикальное зацепление зацеплением в плоскости, параллельной полотну. По предложенной ими системе построена дорога на вершину горы Пилат, с уклоном до 0,480. Однако в виду дороговизны эта система не получила широкого применения, и можно считать, что уклон 0,300 является для зубчатых дорог максимальным, за пределами к-рого более выгодными являются дороги с канатной тягой. На зубчатых ж. д. смешан. типа, т. е. состоящих из участков с обыкновенным сцеплением и зубчатым зацеплением, зависимость между величинами предельных уклонов определяется соображениями наилучшего использования силы тяги локомотива на участках того и др. типа.

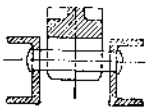


Фиг. 6.

Ширина колеи зубчатых ж. д. колеблется в пределах 1,435 ÷ 0,800 *м*. Наивыгоднейшей шириной колеи для зубчатых дорог (смешанного типа) считается в настоящее время 1,000 *м*. Наименьшие радиусы закруглений приняты как правило 80—120 *м*; в трудных условиях допускаются радиусы 60 и даже до 30 *м*. Верхнее строение состоит из двух обыкновенных рельсов и кремальеры,



Фиг. 7.

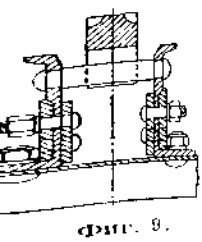


Фиг. 8.

укрепленных на деревянных или металлич. поперечинах, лежащих на мощном балластном слое из гравия или щебня. На крутых уклонах, для обеспечения пути против сползания, шпалы упираются в металлич. сваи, забитые в грунт или забетонированные в бетонные массивы, расположенные через определенные промежутки (на дороге к вершине горы Риги—через 50 *м*). При уклонах, близких к предельному, как например на горе Пилат, путь уложен насплошном бетонном основании и неразрывно связан с ним при помощи анкеров.

Наиболее распространенными типами кремальер являются системы: Риггенбаха, Абта и Штруба.

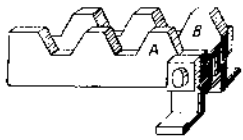
Кремальера сист. Риггенбаха состоит из 2 швеллеров (фиг. 7 и 8), уложен. на расстоянии 100—140 *мм* один от другого. В стенки швеллеров через каждые 80—110 *мм* вклепаны в холодном состоянии зубья трапецоидального сечения из литой стали. На смешанных зубчатых жел. дор. эта кремальера устраивается более высокого типа (фиг. 9), причем стенки в верхней части несколько развернуты наружу для обеспечения от



Фиг. 9.

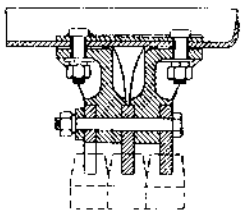
накатывания на них зубчатых колес. Длина отдельных элементов кремальеры, во избежание чрезмерных зазоров в стыках, не превышает 3—3,5 *м*, что обеспечивает зазор, не превосходящий 2 *мм*. Система Риггенбаха была первой, примененной в Европе (1871 г.), и получила наибольшее распространение в Швейцарии.

Кремальера сист. Абта состоит из двух или трех параллельных зубчатых полос *A* и *B* (фиг. 10), сдвинутых одна относительно другой так, что зубец одной приходится против выемки другой, соответственно чему расположены и зубчатые колеса локомотива, насаженные на общую ось. Преимущество этой системы состоит в том, что сцепление локомотива производится одновременно не менее чем 2 зубцами, в то время как у Риггенбаха тяговое усилие воспринимается только одним зубцом. При устройстве трех полос число одновременно работающих зубцов не менее трех (фиг. 11). Такой результат возможен однако только при самой тщательной пригонке частей, которая легко нарушается вследствие износа колес и кремальеры. Для обеспечения одновременной равной работы двух или трех зубцов служит особое пружинное соединение обоих зубчатых колес, автоматически регулирующее взаимное расположение их зубцов. Зубчатка системы Абта введена была впервые в 1885 году, при постройке дороги на Гарц в Брауншвейге, и с 1890 года получает широкое распространение в разных странах (дорога через Анды длиной 75 *км*, линия Бейрут—Дамаск длиной 146 *км* и пр.).



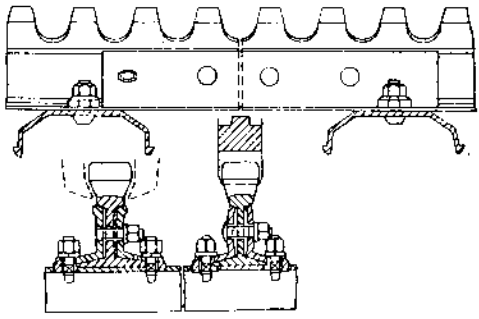
Фиг. 10.

Кремальера сист. Штруба состоит из фасонного рельса, головка к-рого имеет зубцы, выпиленные в утолщенной верхней части рельса, дающей вместе с тем возможность надежного торможения посредством особых захватов, обжимающих головку с боков. Значительная прочность зубцов дает возможность установки на локомотив одного ведущего колеса. Это обстоятельство в свою очередь позволяет поместить ведущее колесо около ц. т. локомотива, вследствие чего поднятию колеса на кремальере препятствует давление всего паровоза, чего нет в других системах. Кроме того поднятию локомотива препятствуют вышеупомянутые захваты (фиг. 12). К преимуществам этой системы надо отнести также более легкую очистку зубцов от снега и т. п.



Фиг. 11.

Из кремальер с зацеплением в плоскости, параллельной полотну, наиболее известна упомянутая система Лохера (фиг. 13). На дорогах смешанного тива особого устройства требует кремальера в местах перехода



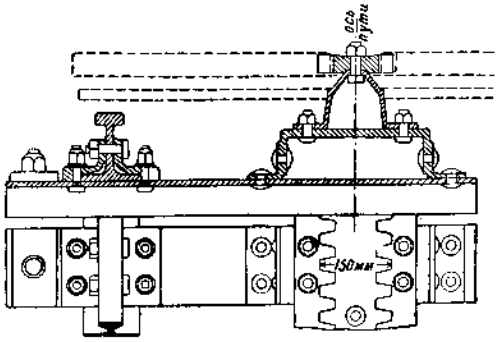
Фиг. 12.

зубчатого зацепления на обыкновенное. В настоящее время начальное звено кремальеры делается по системе Абта, состоящей в том, что входная зубчатая рейка, которая расположена на рессорах, имеет в начале скошенную часть, зубцы которой расположены на 2 *мм* ниже и кроме того расстояние между зубцами увеличено в начале на 1—4 *мм* против нормального для более легкого зацепления зубчатого колеса.

Расчетная часть. Специальным расчетам подвергаются зубчатое колесо и зубчатая рейка. Усилие тяги

$$F = 1\,000\,P \sin\alpha + P\cos\alpha\, w_{п.} + \frac{1000\,Pv^2}{2gl} + $$
$$+ 1\,000\,Q\sin\alpha + Q\cos\alpha\, w_{в.} + \frac{1000\,Qv^2}{2gl},$$

где P—вес паровоза в m, Q—вес вагонов в m, $w_{п.}$—сопротивление паровоза движению,



Фиг. 13.

$w_{в.}$—сопротивление вагонов движению, α—угол наклона пути к горизонту, v—скорость движения в *м/ск*, g—ускорение силы тяжести (9,8 *м/ск*²), l—длина разгона или замедления в *м*.

Нормальное давление на зубец

$$N = \frac{F}{\cos\vartheta},$$

где ϑ—угол между нормалью к плоскости зубца и линией пути. Для того чтобы не было выскакивания зубчатого колеса из зубцов рейки (Auftrieb), необходимо, чтобы минимальная величина нагрузки ведущего колеса p удовлетворяла след. равенству:

$$p\cos\alpha = F\,\mathrm{ctg}\,(\beta \mp \varphi),$$

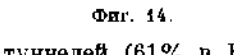
где β—угол между плоскостью зубца рейки и линией пути, φ—угол трения при смазке; хорошая смазка улучшает условия движения. Поезд поверяется для крутых уклонов на устойчивость против опрокидывания при спуске путем определения моментов сил относительно нижнего колеса паровоза.

Конструкция локомотивов зависит от того, предназначены ли они для обращения на сплошных зубчатых дорогах или на дорогах смешанного типа. В первом случае локомотивы имеют одно ведущее зубчатое колесо (Риги-Кульм) или две ведущих оси (дороги системы Абта). На дорогах смешанного типа паровозы имеют или два цилиндра, приводящих в движение одновременно оба ведущих колеса и зубчатое колесо помощью общего шатуна, вследствие чего зубчатое колесо вращается также и на тех участках, где оно не работает, или четыре цилиндра, из к-рых два приводят в движение ведущие оси, а два других приводят в движение зубчатое колесо, свободно сидящее на одной из осей, ближайшей к ц. т. паровоза. Паровозы последнего типа снабжены еще отдельным зубчатым колесом, насаженным наглухо на переднюю ось и служащим для торможения; на нормальных рельсах работают лишь ведущие оси; при подходе к зубчатке постепенно вводится в действие зубчатый механизм и по достижении полного зубчатого зацепления включается в работу полностью, совместно с ведущими колесами, движущимися по нормальным рельсам.

Электрич. локомотивы обыкновенно имеют две оси с гладкими колесами, между которыми находятся два ведущих зубчатых колеса, приводимых в движение специальными электромоторами. Для правильной работы ведущее зубчатое колесо д. б. достаточно нагружено во избежание накатывания его на кремальеру или соскальзывания с нее.

В виду больших уклонов зубчатых дорог особое значение приобретает надежность тормозных устройств. Поэтому составы оборудуются несколькими системами тормозов, могущими действовать независимо одна от другой. Наиболее употребительны следующие способы: 1) торможение помощью сжатого воздуха, впускаемого в рабочие цилиндры и действующего как контрпар; 2) непосредственное торможение зубчатых колес локомотива; 3) торможение силою трения колодок, действующих на все колеса состава; 4) автоматич. торможение при увеличении скорости свыше известного предела; 5) торможение захватами, действующими на рельсы; 6) ленточный тормоз, действующий (при помощи пара или вручную) на ведущие оси локомотива; 7) торможение особыми зубчатыми колесами (когда локомотив идет впереди состава). Скорость движения на зубчатых ж. д. 4—12 *км/ч*; на участках обыкновенного типа—в зависимости от уклона, типа локомотива и расположения его в хвосте или голове поезда—15—45 *км/ч*.

Стоимость зубчатых дорог (Швейцарских) колеблется (в довоен. ценах) от 100 000 (Бриенц—Ротгорн) до 500 000 рублей (Юнгфрау) за *км*, в зависимости от технич. условий, гл. обр. от числа туннелей (61% в Юнгфрау и 9% в Бриенце). Одно верхнее строение стоит 21 000—44 000 р. за *км*. Смешанные дороги обходятся дешевле—от 56 000 (Бекс—Виллар) до 162 000 руб. (Мартиньи—Шаттелар) за *км*, при средней стоимости нормальных дорог Швейцарии в 160 000 руб. за *км*.

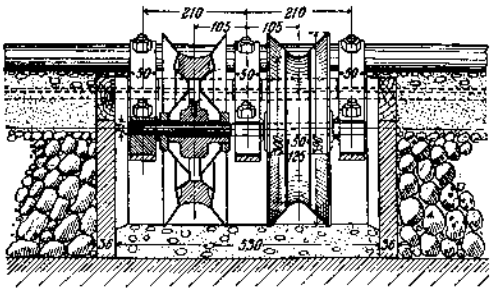


Фиг. 14.

В. Железные дороги с канатной тягой (фуникулеры), применяемые для пассажирского, а иногда и для грузового движения, представляют собою уложенный на прочном основании рельсовый путь, по которому подвижной состав поднимается силой тяги, передаваемой при помощи прикрепленного к нему каната. По способу движения они разделяются на дороги: а) с одним вагоном, попеременно поднимающимся и спускающимся на канате, и б) с двумя вагонами, из которых один поднимается, а другой спускается. Первоначально дороги проектировались с одним вагоном однопутные и с двумя двупутные; затем перешли к трехрельсовым, причем средний рельс на протяжении разъезда раздваивается на два (фиг. 14), и наконец к однопутным с автоматическим разъездом

Фиг. 15.

посредине. Последний способ является изобретением Абта, который ввел специальные колеса для вагона, а именно: одно гладкое, а другое желобчатое (фиг. 15). Один вагон при этом всегда поворачивает на



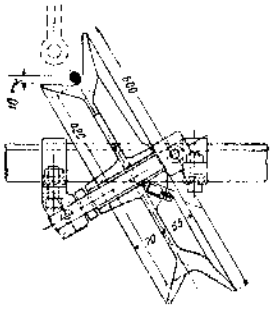
Фиг. 16.

одну сторону разъезда, а другой—на другую. Теоретически, при канатной тяге применим любой уклон; практически, предельными уклонами являются 0,640 (Штансенгорн в Швейцарии) и 0,700 (Виргль-Боцен в Австрии), при радиусах до 100 *м* и колее в 1,000 *м*. Канат прикрепляется к вагону и скользит по роликам, расположенным на расстояниях 3,5—20 *м*, согласно формуле

$$l=\sqrt{\frac{8fH}{q}},$$

где l—расстояние между роликами, f—высота провеса каната между роликами, H—наименьшее натяжение каната, q—вес 1 *п. м* каната. Ролики снабжаются деревянными прокладками для уменьшения истирания каната (фиг. 16); на кривых ролики имеют специальную форму (фиг. 17); диаметр роликов 120—600 *мм*.

Движение вагону сообщается или силою тяжести воды, наливаемой в резервуар верхнего вагона, или электрич. двигателем, приводящим в движение шкив, через к-рый переброшен канат, или наконец водяной турбиной, действующей на приводный механизм. Тяговые канаты, в виду исключительного их значения для безопасности движения, являются наиболее серьезным элементом сооружения. Применяются преимущественно стренговые канаты; для более солидных конструкций рекомендуются гладкие полусомкнутые и сомкнутые канаты. Вагоны фуникулеров в виду больш. крутизны имеют характерное устройство со ступенчатыми сиденьями (фиг. 18); платформа для посадки также имеет ступенчатую форму. Торможение производится либо помощью зубчатой рейки с зубчатым колесом, расположенными посредине пути, либо специальными захватами, обжимающими путевой рельс (фиг. 19).

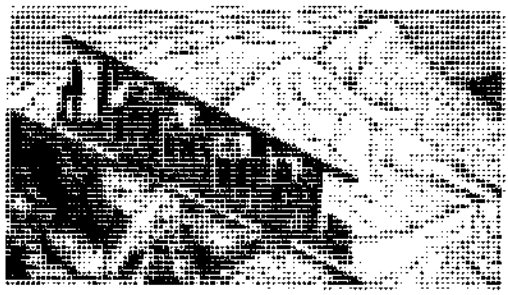


Фиг. 17.

Расчетная часть. Специальные расчеты производятся для тягового каната (растяжение и изгиб на шкивах). Временное сопротивление каната 150—180 *кг/мм²*; допускаемое—в 6—10 раз меньше. Скорость движения 3,5—7 *км/ч*; работа привода рассчитывается по мощности (скорость и натяжение) и колеблется в пределах хода поезда. Для уменьшения этих колебаний линия иногда проектируется в профиле по кривой (циклоиде), уравновешивающей изменяющуюся разницу веса поднимающейся и спускающейся частей каната. Общее уравнение такой циклоиды:

$$y=\frac{Q_2^2-Q_1^2}{4q(K-W)}\cdot\sin^2\tau,$$

где Q_1—вес вагона, идущего вниз, Q_2—вес вагона, идущего вверх, q—вес *п. м* каната, K—сила, действующая на шкив, W—общее



Фиг. 18.

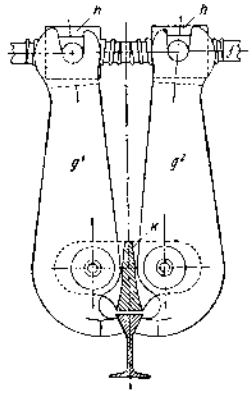
сопротивление каната и вагонов от трения, принимаемое в общем как постоянное, τ—уклон в точке (x, y);

$$\sin\alpha=\frac{K-W}{Q_2-Q_1}+\frac{qH}{Q_2+Q_1};$$

$$\sin\beta=\frac{K-W}{Q_2-Q_1}-\frac{qH}{Q_2+Q_1};$$

$$\sin\alpha+\sin\beta=\frac{2(K-W)}{Q_2-Q_1}=\frac{2H}{L};$$

где α—угол наклона вверху линии, β—угол наклона внизу линии, H—разность высот верхней и нижней точек, L—длина линии, измеренная по уклону (не по проекции). Особенно желательна такая проектировка при водяном балласте.



Фиг. 19.

Стоимость фуникулеров, по данным Швейцарских ж. д., колеблется в пределах 88—1 150 тыс. руб. за *км* по д военным ценам, при средней стоимости 175 тыс. р., в том числе: устройство линии изданий—87%, канат и подвижной состав—12% оборудование—1%. В СССР имеются фуникулеры в Киеве, Н.-Новгороде, Тифлисе, Одессе и на Сучанской ветви Уссурийской железной дороги.

Зубчатые ж. д. и фуникулеры имеют большое значение для развития туризма и горных

санаторий. Обычно такие дороги соединяются с постройкой отелей или санаторий на вершинах гор и окупаются лишь этими совместными мероприятиями. Многие дороги поднимаются на снежные вершины, выше ледников. В табл. приведены высота подъема и общая высота над уровнем моря, достигнутые наиболее известными из горных железных дорог.

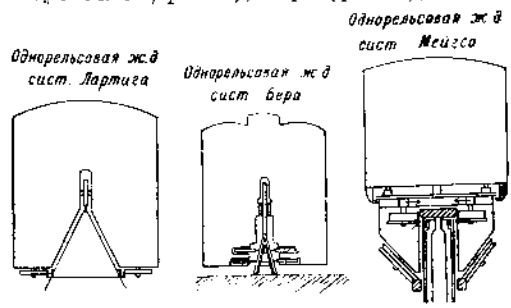
Горные железные дороги.

Название	Высота над ур. моря, м	Система	Общая высота подъема, м
Пилатус	2 076	Зубчатые дороги	1 636
Юнгфрау	4 093		2 029
Пайкс-Пик (Америка)	4 260		2 245
Бекс-Виллар (Швейцария)	1 254	Смешанные дороги	986
Эгль-Лезен	1 394		810
Гора Давида (Тифлис)	732	Фуникулеры	—
Штансенгорн	1 850		1 400
Шатцальп	1 864		304
Низенбан	2 335		1 612

За последнее время большое распространение среди горных типов пассажирских железных дорог получили подвесно-канатные дороги.

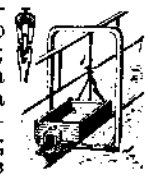
Лит.: Оппенгейм К. А., Проектирование жел. дорог, ч. 1—4, М., 1925—28; Коковцев К., Горные жел. дороги Швейцарии особых систем, т. 1—2, СПБ, 1898—1909; его же, Дороги особых систем, М.—Л., 1927; Образцов В. Н., Горные дороги Швейцарии, М., 1910; Зеефельнер Е., Электрическая тяга. Теория и применение электрической тяги на железных дорогах, перевод с нем., М., 1926; Röll's Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, 2 Auflage, B.—W., 1912—23, см. статьи: Albulabahn, Alpenbahnen, Bergbahnen (им. лит.), Gebirgsbahnen (им. лит.), Einschienenbahnen, Gotthardbahn, Seilbahnen, Seilschwebebahnen, Schwebebahnen, Zahnbahnen; Bleichert A., Personen-Seilschwebebahnen, Leipzig, 1928; Strub E., Die Drahtseilbahnen, B. 1—Bergbahnen d. Schweiz, Wiesbaden, 1900; Lévy-Lambert A., Chemins de fer à crémaillère, 2 éd., Paris, 1908; «Organ f. die Fortschritte d. Eisenbahnwesens», B., «Z. d. VDI»; «Schweizerische Bau-Zeitung», Zürich, ab 1890. **И. Иванов, В. Образцов, Э. Штрем.**

ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ ОДНОРЕЛЬСОВЫЕ устраиваются вместо двухрельсовых отчасти для уменьшения количества рельсового металла, но гл. обр. с целью достижения возможно большей поворотливости на кривых. Они применяются гл. обр. для промышленных целей, но могут служить и для перевозки пассажиров. По расположению пагона их можно разделить на наземные, в которых вагон расположен выше уровня рельса (центр тяжести — выше точки опоры), и подвесные, в которых вагон находится ниже рельса (центр тяжести — ниже точки опоры). Кроме однорельсовых ж. д. в собственном смысле слова, имеющих только одну точку опоры для колеса, к этим же дорогам причисляют и дороги, снабженные дополнительными опорными точками, назначение к-рых однако только поддерживать равновесие при передаче всего вертикального давления на основное колесо. К последнему типу относятся следующие пассажирские дороги: Пальмера, Фелля, Ле-Ройстоуна, Лартига (жел.-дор. линия Listowel-Ballyb Union, фиг. 1), Бера (фиг. 2), Мейгса



Фиг. 1. Фиг. 2. Фиг. 3.

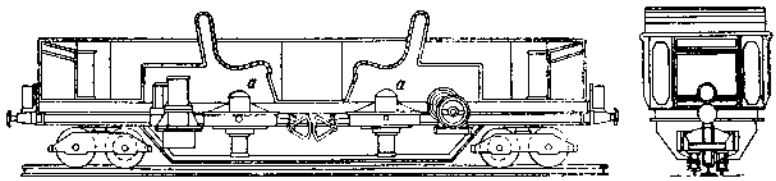
(пробная линия в Бостоне, фиг. 3), Дитриха, Кука, Эноса, Лемана; большинство их однако не вышло из стадии опытов и не получило распространения. Из промышленных дорог этого типа необходимо отметить: а) систему Лемана с нижним опорным и верхним удерживающим рельсами (фиг. 4), применяемую во внутризаводском транспорте; б) систему, в которой тележка передвигается силою человека или лошади и ими же поддерживается в равновесии (фиг. 5); по время войны 1914—18 гг. в русской армии получила некоторое распространение подобная система—Гравье; в) систему Лармавья (Larmaznat) с одним или двумя поддерживающими колесами, в которой наибольшее давление передается на среднее колесо, а поддерживающее колесо несет только небольшую часть нагрузки; в СССР в стадии опытов находится подобная же система инж. Деканского.



Фиг. 4.

Фиг. 5.

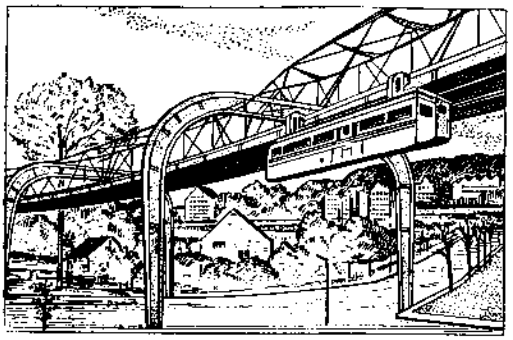
К однорельсовым наземным дорогам с нижней точкой опоры в собственном смысле слова можно отнести лишь так называемые жироскопические ж. д. (см. *Волчок*). Установка большого жироскопа внутри вагона может удержать вагон на одном рельсе в стоячем положении. В 1910 г. инж. Бренаном была построена и испытана жироскопическая дорога в Лондоне (на выставке) с вагоном на 30—40 пассажиров со скоростью 33 *км/ч* при радиусе в 30 *м*; жироскопами являлись два горизонтально расположенных колеса. На фиг. 6 показан разрез экипажа системы Шерля с двумя жироскопами *a*,*a*; из русских изобретателей следует упомянуть Шиловского, предложив-



Фиг. 6.

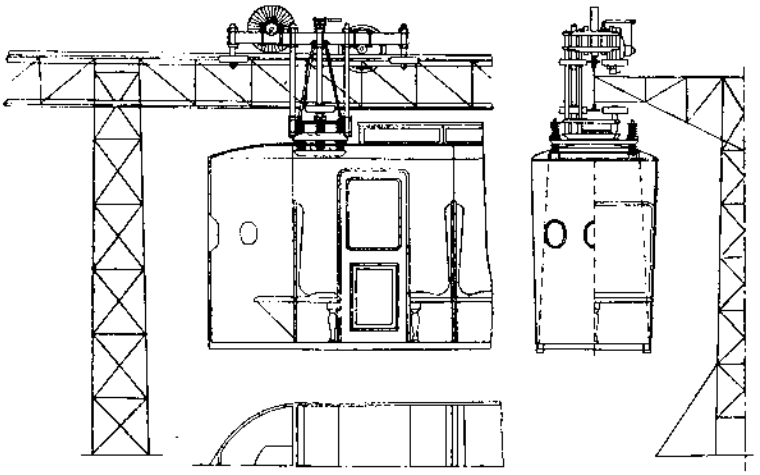
шего в 1919 г. проект устройства однорельсовой дороги от Кунцева к Кремлю. Проект осуществлен не был. В общем жироскопич. дороги также не вышли из стадии опытов.

Подвесные однорельсовые дороги получили гораздо большее распространение благодаря большой простоте конструкции и большей устойчивости. Из пассажирских типов следует отметить систему Лангена и построенную им по этому типу в 1900—1902 гг. дорогу (т. н. Schwebebahn) Эльберфельд—Бармен—Фовинкель (близ Кельна), являющуюся как бы метрополитеном для этих трех городов (фиг. 7); длина линии 13,3 *км*; дорога проходит частью над шоссе, частью (в пределах города, на протяжении 10 *км*) над рекой Вуппер на опорах, упирающихся в правый и левый берега. Наибольшие уклоны 0,027, а в конечных участках на поворотах 0,045; наименьшие радиусы на



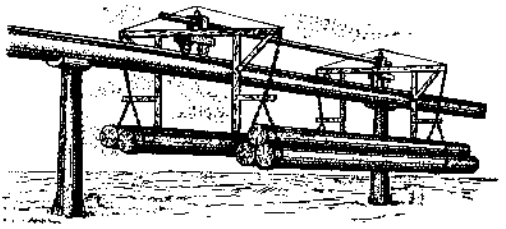
Фиг. 7.

главном пути 75 *м*, у входа на станцию 30 *м*, а на боковых путях до 8 *м*. Вес металлич. частей 1 100 *кг* на 1 *п. м*; качающиеся опоры расположены через 21—33 *м*, заменяясь неподвижными в среднем через 200 *м*. Вагоны



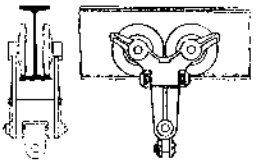
Фиг. 8.

вмещают до 75 человек при таре в 12,5 *т*. Вагоны подвешены на 2 тележках (пролет между ними 8 *м*) с 2 колесами на каждой диаметром 0,9 *м*; тяга электрическая; моторы вагонов в 36 HP при напряжении в 550 V; скорость движения до 40, а в среднем 23,5 *км/ч*; на поворотах вагон наклоняется, и центробежная сила уравновешивается этим наклоном. Обращает внимание сравнительная дешевизна постройки, составившая 480 000 мар. за *км*, включая станции и



Фиг. 9.

металлич. конструкции; Шимпф принимал в 1913 г. стоимость такой дороги для Берлина в 900 000 мар. за *км*, т. е. в 2—2½ раза (по другим данным даже в 5 раз) дешевле подземного метрополитена. В 1927 г. дорога перевезла 20 939 373 пассажира (в 1903 г.—8 млн.). В России проект и опытный участок в Гатчине были выполнены проф. Романовым (строитель К. Н. Кашкин) в 1900 г. по его собственной системе, представляющей видоизменение системы Лангена (фиг. 8). На подвесные дороги возлагалось очень много надежд; указывалось на возможность достижения скоростей

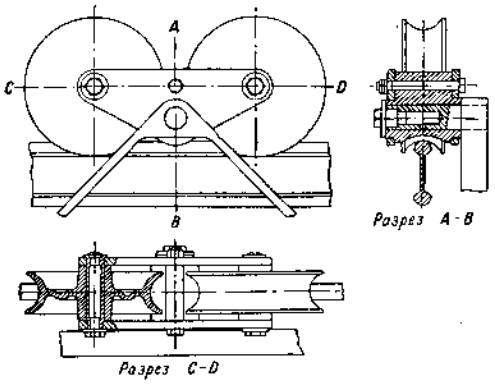


Фиг. 10.

в 200 *км/ч*; были даже проекты постройки такой дороги между Москвой и Ленинградом, метрополитена для Берлина, и т. д. Однако в настоящее время имеется только одна Эльберфельдская дорога.

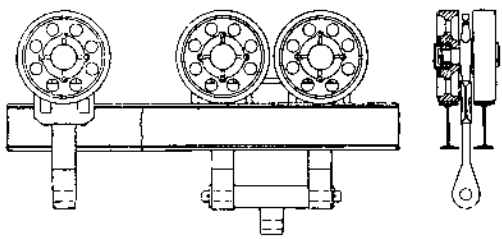
Из новейших идей следует отметить проект (пока неосуществленный) подвесной дороги в Париже по системе Дора с пропеллерным двигателем; пролеты между опорами при применении канатных подвесок здесь увеличены до 150 *м*, что позволяет значительно сократить занятие уличной площади. Из промышленных однорельсовых дорог подвесного типа следует упомянуть об австр. конструкции для разработки леса (фиг. 9); рельс уложен на продольном лежне, поддерживаемом столбами. Вагонетка состоит из 2 отдельных, по обе стороны рельса, элементов, связанных рамой, опирающейся колесами на рельс; регулировка равновесия обеих половин производится подтягиванием цепей к раме или наоборот, изменением плеча вращающей пары; в СССР по этому типу строятся дороги изобретателями Деканским и Волковским, запатентовавшими нек-рые изменения. Стоимость таких дорог,

по их данным, составляет ок. 3,5—4 тыс. рублей за *км*; стоимость перевозки ок. 5—



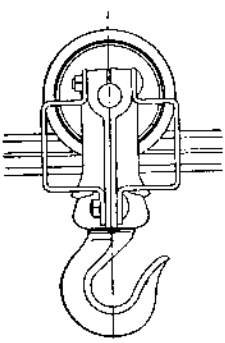
Фиг. 11.

5,5 коп. на *ткм*. Тяга—лошадиная или моторная. Достоинством таких дорог является



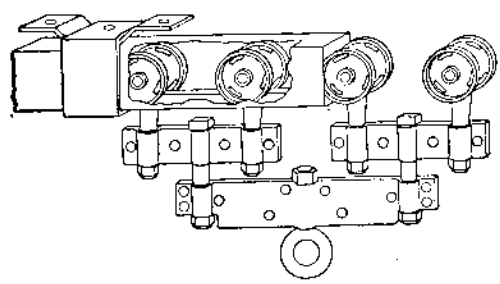
Фиг. 12.

независимость от снежного покрова и до нек-рой степени от земляных работ. Наконец к однорельсовым промышленным ж. д. относятся также и подвесные (вернее — жесткоподвесные) железные дороги системы Гойста, Тельфера, Блейхерта и другие, обслуживающие внутризаводские помещения, а при электрической тяге—и довольно большие ветви.



Фиг. 13.

Системы рельса и колес вагонетки для Ж. д. о. можно отметить следующие: 1) с ездою двумя колесами по нижней полке двутавра (фиг. 10); 2) с ездою по верхней головке одного рельса, чаще—двухголового (фиг. 11); 3) с ездою поверху на 2 рельсах (фиг. 12), на крестообразном рельсе (фиг. 13) и по коробчатому рельсу (фиг. 14); перемещение производят: а) вручную; б) при помощи электрич. мотора, укрепленного на оси тележки и управляемого из особой подвешенной к тележке будки или же со стороны; в) при помощи таких же моторов, но действующих автоматически с блокировкой всей дороги по участкам. Подробнее см. *Подвесные дороги*. Жесткие подвесные дороги применяются для перевозки руды, угля и др. материалов и при скорости движения в 3 *м/сек*, с вагонами до 12 $м^3$, дают провозную способность до 500 *т/ч*.



Фиг. 14.

Лит.: Мелентьев В. С., Электрич. подвесные ж. д. и дорога сист. И. В. Романова, 2 изд., СПБ, 1901; Образцов В. Н. и Энгельгардт Ю. В., Экономич. подъездные пути, М., 1916; Иващенко И. Д., Электрич. однорельсовые подвесные дороги для перемещения грузов, М.—Л., 1927; «Техника и производство», Л., 1925, *5*; «ТЖ», 1928, *9*; «СП», 1925; «Наука и техника», М., 1928, *19*; Röll's Enzyklopädie d. Eisenbahnwesens, B. 4—Einschienenbahnen, B.—W., 1913; «Organ f. die Fortschritte d. Eisenbahnwesens», B., 1885—89, 1895, 1901, 1903—04, 1909—10; Langen E., Chemins de fer suspendus, à rail unique, P., 1910; Luegers Lexikon d. ges. Technik, 3 Aufl., B. 2—Einschienenbahnen, B.—Lpz., 1926; Hanffstengel G., Die Förderung v. Massengütern, 3 Aufl., B. 2, T. 1, B., 1928; Aumund H., Hebe- u. Förderanlagen, B. 1—2, B., 1926. **В. Образцов.**

ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ ПОДВЕСНЫЕ, см. *Подвесные дороги*.

ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ УЗКОЙ КОЛЕИ. Вопрос о том, какую колею считать узкой, неоднократно дебатировался, но большинство авторитетов считает нормальной т. н. стефенсоновскую колею в 1,435 *м*, которая применена приблизительно на 67% всех ж. д. земного шара; при этом все колеи бо́льших размеров являются широкими, а меньших—узкими. Такая номенклатура и принята в дальнейшем изложении.

Уменьшение ширины колеи ж. д. помимо сокращения количества работ по устройствам, непосредственно зависящим от ширины колеи, дает возможность значительно лучше приспособляться к местным условиям. Как бы ни облегчались технические условия проектирования ширококолейных ж. д., все-таки для их сооружения, особенно в пересеченной местности, требуется значительно бо́льшая затрата средств, материалов и рабочей силы, чем для ж. д. узкоколейных. Размер экономии строительных расходов зависит от целого ряда факторов, в особенности же от местных топографич. условий и от размера ожидаемого грузооборота, достигая в нек-рых случаях 50—70% по сравнению с ширококолейной. Что касается эксплоатационных расходов, зависящих от движения, то они обусловливаются не шириной колеи, а гл. обр. профилем, типом пути и типом подвижного состава, причем вообще с облегчением технических условий и с удешевлением типов они несколько повышаются. При правильном выборе типов это повышение оказывается значительно меньшим, чем ложащиеся на стоимость *ткм* не зависящие от движения расходы, в результате чего перевозка грузов по ж. д. узкой колеи обходится, до известных пределов грузооборота, значительно дешевле, чем по дорогам нормальной колеи. Чрезвычайно широкая приспособляемость узкоколейных дорог к местным условиям и к размерам грузооборота позволяет понижать при малых

грузооборотах полную стоимость постройки до 15 000—20 000 р. за *км*, а в нек-рых случаях и до более низких пределов. Это дает возможность применять узкоколейные дороги с выгодой в тех случаях, когда ж. д. нормальной колеи оказываются явно убыточными. С другой стороны, при достаточно сильных типах устройства и оборудования, как показывает иностранная практика, узкоколейные дороги могут обслуживать и такие грузообороты, которые в настоящее время осуществляются лишь немногими нашими магистралями широкой колеи. Усиление типов может осуществляться постепенно, с развитием грузооборота.

Наряду с указанными преимуществами ж. д. узкой колеи имеют и недостатки, к которым помимо меньшей мощности при наличии основной ширококолейной сети относятся: 1) обособленность тягового хозяйства и 2) перегрузка грузов.

1) Обособленность тягового хозяйства и невозможность переброски по мере необходимости подвижного состава с одной дороги на другую являются очень существенным недостатком. Последний м. б. однако значительно ослаблен, а иногда и полностью устранен следующими мерами: а) комбинированием нескольких узкоколейных дорог в связанную сеть с устройством при разрывах небольшого протяжения передаточных путей с совмещенной колеей; б) передачей узкоколейного состава на ширококолейных платформах или рольбоках; в) интенсификацией работы паровозов на время усиленного движения, с переброской сменных бригад с других железных дорог.

2) Перегрузка грузов при примитивных устройствах требует значительной затраты рабочей силы и вызывает простой подвижного состава, что особенно тяжело отражается на полной стоимости перевозки при незначительном протяжении узкоколейной дороги. Однако при достаточной длине дороги и при соответствующих устройствах затрата времени и средств на перегрузку понижается в такой мере, что накладные расходы этого именно рода оказываются во много раз меньше всех тех выгод, которые дают узкоколейные дороги.

Впервые идея применения уменьшенной колеи была осуществлена в Англии в 1832 г. Ход развития узкоколейных железных дорог показан в табл. 1 и 2.

Табл. 1.—Развитие узкоколейных жел. дорог по отдельным государствам.

Наименование государств	Первая узкоколейная ж. д.			Протяжение узкоколейной ж. д. в *км*			%-ное отношение узкоколейной сети ко всему протяжению ж. д. в 1922 г.
	Название	Год открытия	Ширина колеи в *м*	к 1890 г.	к 1912 г.	к 1922 г.	
Англия (с Ирландией)	Фестиньогская	1832	0,597	—	1 100	1 100	2,8
Австрия	Линц—Будвейс	1832	1,106	800	2 000	870	14,0
Венгрия		—	—	—	—	600	6,5
Франция	Грезо—Центр. канал	1840	1,300	2 900	15 000	17 800	33,0
Бельгия	Антверпен—Гент	1847	1,151	700	3 500	4 350	39,0
Швеция	Шведьебкенская	1860	1,088	1 675	3 400	3 590	23,5
Бразилия	Кантагальская	1860	1,000	600	20 000	27 380	93,0
Германия	Брельгальская	1862	0,785	1 100	7 650	6 850	12,0
Норвегия	Лильштрем—Конговингер	1862	1,067	970	1 200	1 160	33,5
Испания	Картагена—Делия	1864	1,000	950	3 400	5 980	38,0
США	Денвер—Рио-Гранде	1870	0,915	15 500*1	2 070	2 070	0,5
Италия	Турин—Риволи	1871	0,900	1 000	1 900	2 000	10,0
Япония	Токио—Иокагама	1872	1,067	3 000	—	13 500*2	82,0
Алжир и Тунис	—	1874	1,055	—	3 500	4 880	72,0
Швейцария	Лозанна—Эпален	1875	—	300	700	1 550	29,0
Греция	Пиргос—Катаколо	1883	1,000	9 0	1 164	1 0 0	32,0
Аргентина	—	—	—	3 500	—	11 760	32,0
Британская Индия	—	—	—	9 700	21 500	31 500	48,5
Нидерландская Индия	—	—	—	—	2 300	6 660	96,0
Индо-Китай	—	—	—	—	3 000	6 600	100,0

*1 В 1875 г. *2 С Кореей, Квантуном и Формозой.

Впервые идея применения уменьшенной колеи была осуществлена в Англии в 1832 г. Ход развития узкоколейных железных дорог показан в табл. 1 и 2.

Табл. 2.—Развитие узкоколейных железных дорог по частям света.

Части света	Протяжение узкоколейных ж. д. в км			Полная длина всех ж. д. в 1922 г. в км	% узкоколейных ж. д. относительно всей сети
	1890 г.	1912 г.	1922 г.		
Европа	12 500	40 500	57 700	371 600	15,5
Сев. и Центральная Америка	17 000	10 000	9 600	509 370	2
Южная Америка	10 000	38 500	52 400	88 640	59
Азия	15 000	40 500	61 000	119 670	51
Африка	10 000	36 000	46 400	54 100	86
Австралия	1 000	20 500	28 300	47 600	59,5
Всего	65 500	186 000	255 400	1 190 980	21,5

Ж. д. путь. Ширина колеи. Ширина колеи узкоколейных жел. дорог колеблется в пределах от 1,397 до 0,187 *м*, причем насчитывается около ста различных размеров. Такое разнообразие совершенно не вызывается какими-либо основательными причинами, а объясняется эпизодичностью и разрозненностью проектирования и постройки

узкоколейных ж. д. Излишнее разнообразие в размерах колеи представляет существенные неудобства и значительно ухудшает условия оборудования и эксплоатации ж. д.; поэтому по мере урегулирования строительства и эксплоатации ж. д. узкой колеи, в большинстве государств были приняты меры к целесообразному сокращению размеров колеи. В настоящее время можно считать вполне установленным, что для дорог общего пользования почти везде, за исключением весьма немногих государств, связанных особой шириной колеи своей узкоколейной железнодорожной сети (Швеция, Италия, Турция, Мексика, Гватемала), признается целесообразным применение одного из трех размеров: а) в тех государствах и колониях, где введена метрич. система мер: 1,000, 0,750 и 0,600 *м*; б) там, где придерживаются английских мер: 3′6″ (1,067 *м*), 2′6″ (0,762 *м*) и 2′ (0,610 *м*). Разница между колеями в 0,750 и 0,762 *м*, а также 0,600 и 0,610 *м* ни экономического ни техническ. значения не имеет. Что же касается разницы между колеей в 1,067 *м* и в 1,000 *м*, то хотя первая представляется несколько более мощной, однако по существу тяговая сила паровозов и предельная скорость движения на этих дорогах могут быть почти одинаковыми. Необходимо отметить, что в тех государствах, где строительство узкоколейных дорог было сразу поставлено на правильных основаниях, для узкоколейных дорог общего пользования было установлено 2—3 размера, а в нек-рых государствах колея таких дорог была унифицирована. Полная унификация узкой колеи осуществлена в Греции (1,000 *м*), Саксонии (0,750 *м*), Индо-Китае (1,000 *м*), Гватемале (0,915 *м*), Эквадоре (1,067 *м*) и Коста-Рико (1,067 *м*). Однако введение одного размера колеи для государств с большой территорией и разнообразными местными условиями признается нецелесообразным. В большей части государств и в колониях в настоящее время имеются узкоколейные дороги 2—4 различных колей, причем, в целях сокращения разнообразия, для вновь строящихся узкоколейных дорог принимается не более 2—3 размеров, наиболее распространенных в данном государстве.

В отношении дорог этого вида следует отметить, что применение колеи уже 0,600 *м* имеет место гл. образом в рудниках и отчасти во внутризаводском транспорте; впрочем в Америке, а в последнее время и в Западной Европе, признается нежелательным для подъездных рудничных путей применение колеи уже 0,600 *м*.

В СССР вопрос о стандартизации ж.-д. колеи и оборудования, согласно постановлению СТО от 24 июня 1927 г., поставлен на очередь по отношению ко всем узкоколейным жел. дорогам как общего, так и необщего пользования. 20 июля 1928 года Комитетом по стандартизации утвержден общесоюзный стандарт для всех наземных Ж. д. у. к. СССР. Этим стандартом для всех Ж. д. у. к., на которые распространяется действие устава ж. д. и общего тарифа, установлена ширина колеи 0,750 *м*, а для всех прочих дорог 0,750 и 1,000 *м*. При этом для ж. д. первой группы предвидится возможность (и исключительных случаях и с разрешения СТО) применения колеи 1,000 *м*, а для путей второй группы, устраиваемых внутри заводской территории, разрешается в случаях необходимости применение колеи 0,600 *м*.

Сопротивление движению. Вопрос о сопротивлении движению на узкоколейных дорогах недостаточно еще изучен и требует серьезного углубления. Вообще основное удельное сопротивление движению на горизонтальной прямой (w_0 в *кг* на *т* веса поезда) с уменьшением ширины колеи увеличивается, что обусловливается гл. обр. сравнительно меньшими размерами диаметра колес и сравнительно меньшими нагрузками на ось. Применяющиеся в настоящее время для определения этого сопротивления эмпирич. ф-лы можно разбить на два вида: а) учитывающие зависимость сопротивления от ширины колеи и от скорости движения и б) учитывающие только влияние нагрузки на ось (при определенной ширине колеи и при определенном типе подвижного состава). К ф-лам первого вида относятся напр. применяющиеся до сего времени на ряде герм. ж. д. ф-лы Гармана (табл. 3, где n—число спаренных осей, а V—скорость в *км/ч*). К этому виду ф-л относятся применяющиеся

Табл. 3.—Формулы Гармана.

Ширина колеи в *м*	Для паровозов	Для вагонов	w_0 для паровозов, при скоростях в *км/ч*			w_0 для вагонов, при скоростях в *км/ч*		
			10	20	30	10	20	30
1,435	$4\sqrt{n} + 0{,}0020V^2$	$1{,}5 + 0{,}0010V^2$	7,02	7,72	8,72	1,60	1,90	2,40
1,000	$4\sqrt{n} + 0{,}0025V^2$	$1{,}7 + 0{,}0013V^2$	7,18	7,93	9,17	1,83	2,22	2,87
0,750	$4\sqrt{n} + 0{,}0030V^2$	$2{,}0 + 0{,}0015V^2$	7,22	8,12	9,62	2,15	2,60	3,35
0,600	$4\sqrt{n} + 0{,}0035V^2$	$2{,}2 + 0{,}0017V^2$	7,27	8,32	10,07	2,37	2,88	3,73

Что касается стандартизации колеи для дорог необщего пользования, то в общем, насколько можно судить по имеющимся литературным источникам, за границей этот вопрос до последнего времени почти нигде (кроме Германии) не поднимался, что объясняется частнокапиталистическими условиями постройки и эксплоатации этих дорог.

на французских железных дорогах формулы Дедуи для паровозов и тендеров:

$$w' = 3 + 0{,}17\,V^2$$

и для вагонов:

$$w''_{20} = 1{,}5 + 0{,}0007\,V^2$$

(как и для нормальной колеи). К ф-лам второго вида относится напр. ф-ла Стьюенсона

(C. W. Stewenson), выведенная им на основании опытов, произведенных с тяжелыми товарными поездами. Эта ф-ла имеет вид:

$$w_0 = 0{,}4 + \frac{84}{4 + P},$$

где P—давление в *т* на две оси поворотной тележки вагона. Для сравнительно малых скоростей (до 30—40 *км/ч*) формулы Гармана дают слишком малые значения w_0 при слишком большой зависимости сопротивления движению от скорости и совершенно не учитывают нагрузку на ось, имеющую большее значение, чем ширина колеи. Ф-ла Стьюенсона выведена для тяжелых составов и больших нагрузок на ось, соответственно узкоколейным магистралям Америки. Для сравнительно небольших нагрузок, свойственных европ. узкоколейным дорогам (местного значения), эта формула дает слишком большие значения w_0. Однако идея установления формулы, ставящей сопротивление движению в зависимость от нагрузки на ось, для поездов сравнительно небольшой скорости (до 40 *км/ч*) заслуживает большого внимания.

Для точного расчета величины сопротивления движению на прямой, в виду недостаточной разработки этого вопроса, д. б. организованы опытные измерения для данного типа пути и подвижного состава, и на основании их д. б. выведены соответствующие эмпирич. ф-лы. Для приблизительных же расчетов, на дорогах второстепенного значения с шириной колеи 0,750 *м*, основное сопротивление движению при скоростях до 30 *км/ч* можно принимать: для паровозов—10 *кг/т* и для вагонов—4 *кг/т*, а при бо́льших скоростях: для паровозов—12 *кг/т* и для вагонов—5 *кг/т*.

Дополнительное сопротивление движению на закруглениях, кик и на нормальной колее, обычно определяется по эмпирич. ф-лам вида:

$$w_r = \frac{m}{R} \quad \text{или} \quad w_r = \frac{n}{R - R_0},$$

где m и n—коэф-ты, определенные на основании произведенных опытов, R—радиус (в *м*) данного закругления, R_0—величина радиуса, при которой движение по закруглению, при определенной жесткой базе, становится невозможным, т. е. при к-рой для возможности вписывания подвижного состава в закругление требуется уширение пути более предельного.

Из формул первого вида наибольшее применение имеет ф-ла Дедуи: $w_r = \frac{500s}{R}$, где s—ширина колеи (в *м*) и R—радиус данного закругления (в *м*). Для старых типов подвижного состава осторожнее применять подобную же ф-лу Лаунгарта: $w_r = \frac{700s}{R}$. На германских ж. д. узкой колеи обычно применяются формулы второго вида: $w_r = \frac{n}{R - R_0}$. Численные значения n и R_0, указываемые различными авторами, приведены в табл. 4.

Для колеи 1,000 *м* и 0,750 *м* ф-лы Дедуи, Геринга и Гармана дают близкие друг к другу значения; формула Цыгана $w_r = \frac{500}{R - 6}$ дает бо́льшие величины и наиболее применимо, как и ф-ла Лаунгарта, для неблагоприятных условий (при старых типах подвижного состава). По нашим технич. условиям, для колеи 0,750 *м* рекомендована ф-ла Оппенгейма: $w_r = \frac{425}{R}$. Эта ф-ла, соответствуя ф-ле $w_r = \frac{5678}{R}$, дает величины несколько бо́льшие, чем ф-ла Дедуи, и несколько меньшие, чем ф-ла Лаунгарта.

Таблица 4.—Значения коэфициентов n и R_0 для определения дополнительного сопротивления на закруглениях.

Авторы	Ширина колеи в *м*	Значения n	Значения R_0
Геринг	1,000	400	20
	0,750	350	10
	0,600	200	5
Гарман	1,000	400	25
	0,750	350	10
	0,600	200	5
Рёкль	1,000	400	20
	0,750	300	10
	0,600	200	5
Цыган	0,750	500	6

Для получения ф-лы, дающей точные результаты, необходимо на соответствующем типе ж. д. произвести опыты с предположенным на ней к обращению подвижным составом на закруглениях разных радиусов и на основании полученных результатов определить цифровые значения коэф-тов; при этом, если на дороге применяются малые радиусы (менее 100—150 *м*), лучше пользоваться вторым видом общей ф-лы:

$$w_r = \frac{n}{R - R_0}.$$

Технич. условия. Основные технич. условия в СССР пока выработаны лишь для колеи 0,750 *м*. Эти условия утверждены гл. нач. путей сообщения в 1921 г. и нуждаются в переработке. При проектировании узкоколейных дорог иной ширины (1,000 и 0,600 *м*) приходится еще руководствоваться и старыми «Правилами сооружения и эксплоатации подъездных к ж. д. путей общего пользования», утвержденными в 1892 г. Основные элементы этих технич. условий и правил приведены в табл. 5.

При выборе норм полезно принимать во внимание следующие указания.

а) Величина руководящего (предельного) уклона не зависит от ширины колеи. Прежде замечалась тенденция применять на узкоколейных дорогах очень крутые уклоны, но в настоящее время, по соображениям рациональной экономики, учитывающей как единовременные, так и ежегодные расходы, за границей на Ж. д. у. к. со значительным движением воздерживаются от применения уклонов круче 30‰, а при слабом движении—круче 35—45‰, причем крайние пределы применяются лишь при особо тяжелых топографических условиях; при б. или м. легких топографич. условиях предельные уклоны обычно не превышают 10‰. Высшим пределом уклона на Ж. д. у. к. (работающих силой сцепления гладких колес с рельсами) является 75‰ для паровой тяги и 127‰ для электрической. Правильный руководящий уклон для проектируемой ж. д. может

Табл. 5.—Основные нормы технич. условий проектирования железных дорог.

№	Наименование	Подъездные ж.-д. пути общего пользования	
		По общим (старым) Правил. соор. и эксп. подъездн. путей общ. пользов., утв. в 1892 г.	По Техническим условиям проектиров. подъездн. путей, утв. в 1921 г. (узкая колея 0,750 м)
	Главный путь		
1	Предельный (максимальный) уклон	0,040	Должен соответствовать местным условиям; на равнинной местности на прямых не должен превышать 0,015 в грузовом и 0,020 в порожнем направлениях; в исключительных случаях м. б. доведен до 0,040
2	Предельный (минимальный) радиус. То же в случаях особой необходимости (оправданных вариантами)	В зависимости от конструкции подвижного состава	200 м 40 м
3	Наименьшая длина горизонтальной площадки между переломами, т. е. между обратными уклонами	Определенных условий нет; указано лишь, что при переходе от одного уклона к другому разница двух последовательных уклонов не должна превышать 0,01	100 м (или уклон не более 0,003, на протяжении 150 м)
4	Радиус кривой сопряжения склонов в профиле	Не указано	1 000 м
5	Наименьшая длина прямой вставки между концами переходных кривых двух закруглений, направленных в разные стороны	5 сж.	Желательно 35 м, в крайних случаях 0
6	Наименьшее расстояние точек перелома профиля от начала круговой кривой	5 сж.	Не менее $^1/_2$ длины переходной кривой
7	Наименьшее расстояние точек перелома профиля от концов пролетных строений мостов, а для деревянных мостов—от оси крайнего ряда свай	5 сж.	На длину тангенса, соотв. дуге сопрягающего круга при $R=1000$ м
8	Наименьшее расстояние начала круговой кривой от тех же точек	Не указано	Не менее $^1/_2$ длины переходной кривой
9	Ширина земляного полотна (по верху)	Не менее тройной ширины колеи; во всяком случае не менее 1 сж.	Для постоян. путей 3,00—3,20 м, для времен.—2,80 м, а где не предполагается балластировки — 2,40 м
10	Длина шпал	Не указано	1,50 м
11	Наименьшая толщина балластного слоя (от подошвы рельса)	Не указано	0,30 м*1
12	Ширина балластного слоя по верху	Не указано	1,80 м
13	Расстояние между осями главных путей на перегонах	Не указано	2,85 м
14	Площадки, разделяющие затяжные подъемы	Не указано	Соответственно длине наибольшего состава + 10 м, и не менее 100 м. В исключительных случаях допускается проектир. без площадок
15	Высота полотна над самым высоким горизонтом воды в затопляемой местности	Не указано	0,50 м

№	Наименование	Подъездные ж.-д. пути общего пользования	
		По общим (старым) Правил. соор. и экспл. подъездн. путей общ. пользов., утв. в 1892 г.	По Техническая условиям проектиров. подъездных путей, утв. в 1921 г. (узкая колея 0,750 м)
16	Высота низа ферм мостов или верха подферменных камней над самым высоким горизонтом воды	Не указано	0,50 м
17	Для предотвращения заносов требуется избегать: выемок глубиной менее, насыпей высотой менее	 Не указано » »	 1,00 м 0,60 м
		Станции	
18	Наименьшая длина горизонтальных площадок на станциях I—III кл.	Должна соответствовать наибольшей предполагаемой длине поездов	В зависимости от проектов этих станций и длины поездов
18	То же на станциях IV кл.	Должна соответствовать наибольшей предполагаемой длине поездов	320 м
18	То же на разъездах	Должна соответствовать наибольшей предполагаемой длине поездов	285 м
19	Наименьшее расстояние между осями путей: а) главных и пассажирских б) между остальными	 Норм не указано » » »	 4,25 м 3,80 м
20	Наибольший уклон (i_0): а) на станциях б) на разъездах в) на остановочных пунктах	 0,003 0,004 0,006	 0,003 0,004
21	Наименьшие радиусы закругления, на которых допускается расположение станций и разъездов	Норм не указано	600 м*2

*1 На временных ветвях, при подходящем грунте, допускается укладка пути без балласта. *2 Станции на ветвях временного характера и погрузочные тупики могут устраиваться на закруглениях меньшего радиуса соответственно конструкции подвижного состава, но не менее 200 м.

быть выбран только путем сопоставления сравнительных расчетов единовременных и ежегодных расходов для каждого конкретного случая с учетом перспектив ожидаемого развития движения.

б) Радиусы закруглений на узкоколейных ж. д. могут быть значительно меньше, чем на ширококолейных, что является особенно существенным преимуществом Ж. д. у. к. при проведении их в гористой или застроенной местности. Однако этим преимуществом не следует особенно злоупотреблять, т. к. при очень малых радиусах ухудшаются условия эксплоатации и повышаются ежегодные расходы. На основании опыта можно рекомендовать нормы, приведенные в табл. 6.

Земляное полотно. Верх земляного полотна, как и на ширококолейных дорогах, следует устраивать трапецоидальной формы, с уклоном скошенных граней 0,05. Полная ширина по верху д. б. во всяком случае не менее тройной ширины колеи; при этом на дорогах постоянного типа ширина эта д. б. такова, чтобы между подошвой балластного слоя и краем земляного полотна оставались полки шириной не менее 0,20—0,30 м. На существующих дорогах с шириной колеи 1,000 м ширина земляного полотна колеблется в довольно широких пределах, а именно от 3,00 до 4,90 м, причем на дорогах второстепенного значения наиболее распространенной является ширина 3,50 м; на дорогах с шириной колеи 0,750 м ширина земляного полотна колеблется в пределах от 2,50 до 3.50 м. Крутизна откосов земляного полотна должна соответствовать, как и на широкой колее, характеру грунта (см. *Земляное полотно*).

Верхнее строение. При выборе элементов верхнего строения не следует забывать, что чем сильнее и совершеннее верхнее строение, тем меньше сопротивление движению. Поэтому при значительных размерах ожидаемого движения не следует увлекаться применением слишком легких типов.

Толщину балластного слоя на дорогах первостепенного значения рекомендуется делать не менее 0,30—0,35 м; на путях второстепенного значения, при незначительных размерах и скоростях движения, ее можно

Табл. 6.—Нормы радиусов закруглений.

Вид железной дороги	Ширина колеи в м	Радиусы закруглений в м: рекоменд. при отсут. препятст.	допустим. при обычных условиях	допустим. как минимум*1
С паровозной тягой:				
а) Второстепенного значения, с большим ожидаемым движением	1,000	1500	400	100
	0,750	1000	300	75
б) Второстепенного, местного значения	1,000	1000	200	60
	0,750	750	150*2	45
	0,600	600	120	35
в) Кратковременного характера и переносного типа	1,000	300	150	50
	0,750	250	100*2	40
	0,600	200	80	25
С непаровозной тягой:				
Второстепенного, исключительно местного значения	1,000	300	100	20
	0,750	250	75	15
	0,600	200	60	10

*1 Допускается в исключительных случаях, при тяжелых местных условиях. Необходимость применения этого минимума д. б. оправдана вариантами, причем для движения д. б. выбран соответствующий подвижной состав.

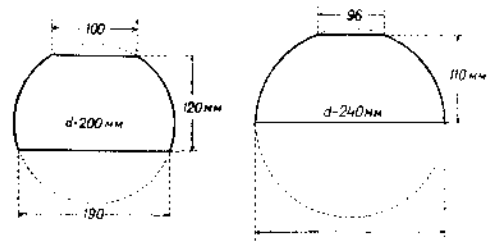
При особо тяжелых местных условиях, когда и эти минимумы недостаточны, пределы м. б. еще более понижены, при условии применения специальных конструкций подвижного состава или при особом устройстве пути (например по сист. Богоявленского). В таких случаях радиус на путях второстепенного значения, при огранич. скорости движения, м. б. понижен примерно вдвое.

*2 По нашим технич. условиям применение радиуса менее 200 м д. б. оправдано вариантами.

уменьшать до 0,25÷0,30 *м*, с тем чтобы расстояние от подошвы шпалы до поверхности земляного полотна было не менее 0,10 *м*. Ширину балластного слоя по верху делают на 0,20—0,40 *м* больше длины шпал. Узкоколейные пути неподвижного типа укладывают преимущественно на деревянных шпалах, а переносного—на металлич. (стальных) шпалах. Длина деревянных шпал при колее 1,000 *м* обычно бывает 1,80—1,70 *м*, при колее 0,750 *м*—1,50—1,60 *м*, а при колее 0,600 *м*—1,30—1,40 *м*. Металлические шпалы переносных путей имеют меньшую длину, а именно при ширине колеи 0,750 *м*—1,10—1,25 *м*. Поперечное сечение деревянных шпал, принятых для колеи 0,750 *м* по нашим техническим условиям, показано на фиг. 1 (размеры в *мм*).

Рельсы для Ж. д. у. к. как у нас, так и за границей применяются преимущественно виньолевского типа, и лишь в тех местах, где необходимо в интересах безрельсового движения подводить ж.-д. путь под один уровень с безрельсовой дорогой (улицы городов, дворы и здания з-дов и т. п.), применяются специальные желобчатые рельсы. Размеры и вес рельсов весьма разнообразны. На магистральных ж. д. первостепенного значения вес рельсов колеблется от 20 до 30 *кг* на *п. м*, а в редких случаях доходит и до 40 *кг* на *п. м* (юж. Африка); на дорогах второстепенного значения—12—25 *кг* на *п. м*; на подъездных путях необщего пользования при слабом движении применяются и более легкие типы—до 4 *кг* на *п. м*.

На основании как теоретич. соображений, так и результатов опыта надо признать, что для узкоколейных ж. д. общего пользования при значительном ожидаемом на них движении не следует применять рельсов легче



Фиг. 1.

18 *кг* на *п. м* (соответствующий существующий у нас тип—18,45 *кг* на *п. м*), и только при очень слабом движении (при грузонапряженности в грузовом направлении до 50 000 *ткм/км* и при скоростях движения не более 25 *км/ч*) может оказаться целесообразным применение более легких типов (не легче существующего типа—весом 14,78 *кг* на *п. м*). Дать общие указания по отношению к дорогам необщего пользования невозможно в виду чрезвычайно разнообразных условий их работы. Можно только утверждать, что для паровозной тяги не следует применять рельсов легче 10 *кг* на *п. м* для неподвижных путей, легче 8,40 *кг* на *п. м* для переносных путей с паровозной тягой и легче 5 *кг* на *п. м* для переносных путей с конной тягой. Длина рельсов на узкоколейных ж. д. неподвижного типа колеблется в пределах 6÷12 *м*, а на дорогах переносного типа—0,75÷6,0 *м*, причем на заграничных дорогах общего пользования наибольшее распространение имеют рельсы длиной 9 и 12 *м*, а на переносных путях—4,5 и 6 *м*.

Уширение. На большинстве Ж. д. у. к. для определения уширения e пути на закруглениях применяются выработанные на основании практики нормы или эмпирич. ф-лы вида: $e = \frac{m}{\sqrt{R}}$ или $e = \frac{(n-R)^2}{m}$, где R—радиус закругления, m и n—эмпирич. коэф-ты. В очень редких случаях пользуются теоретическими формулами. Наибольшими пределами допускаемого уширения (e_{max}) на заграничных дорогах считаются: при ширине колеи $s = 1{,}000$ *м*, 25 *мм*; при $s = 0{,}750$ *м*, 20 *мм* и при $s = 0{,}600$ *м*, 18 *мм*. На нек-рых дорогах уширение делается только на закруглениях с радиусом менее 50 *м* (напр. на бельгийских дорогах местного значения). По нашим технич. условиям 1921 года, для колеи в 0,750 *м* установлены след. нормы:

Радиус закругления в м:	Более 600	600—200	200—150	150—100	100—60
Ширина колеи в м:	0,750	0,755	0,760	0,762	0,764

Отступления от этих норм допускаются не более 2 *мм* в сторону сужения и 3 *мм* в сто-

рону расширения, но не более предельного уширения 14 *мм* (соответственно ширине колеи 0,764 *м*). На Ж. д. у. к. переносного типа никаких уширений не делается.

Повышение. Повышение наружной рельсовой нитки на закруглениях иногда рассчитывается по эмпирическ. ф-лам вида: $h = m\frac{V}{R}$ или $h = \frac{n}{R}$, а на нек-рых дорогах по теоретич. ф-ле: $h = \frac{s \cdot v^2}{g \cdot R}$. По нашим технич. условиям (для колеи 0,750 *м*) рекомендуется пользоваться последней ф-лой, к-рая по подстановке численных значений (s=0,750 *м*, g=9,81 *м/сек*²—ускорение силы тяжести и v *м/сек* = $\frac{1}{3,6}$ V *км/ч*) принимает вид:

$$h = \frac{6V^2}{R} \text{ мм}.$$

Переходные кривые. Переходные кривые преимущественно устраиваются по кубич. параболе. При очень малых радиусах признается желательным применять лемнискату Бернулли. Величины параметров принимают в пределах 750÷4 500 *м* (чаще 1 500÷3 000 *м*), в зависимости от скорости движения или от радиусов кривых. За границей отвод повышения на дорогах первостепенного значения принимают в пределах 0,001÷0,003, а на дорогах местного значения при незначительных скоростях движения 0,002÷0,004. Как крайний предел крутизны отвода повышения (при малых скоростях) считается 0,005. По нашим технич. условиям, при колее 0,750 *м* применение переходных кривых обязательно для закруглений, описанных радиусами 300 *м* и менее; при этом рекомендуется применение кубической параболы. Нормальной крутизной отвода повышения у нас считается 0,001, а предельной—0,003.

Стрелочные переводы. Устройство стрелочных переводов на дорогах общего пользования подобно устройству их при нормальной колее; однако в виду значительно меньших допускаемых радиусов, а при малых скоростях—бо́льших углов, длина стрелочных переводов, а следовательно и потеря длины станционных путей, получается значительно меньше, чем при нормальной колее. На дорогах первостепенного значения при больших скоростях движения для пассажирских путей применяются крестовины с марками (tg α) $^1/_{12}$—$^1/_{9,5}$ при радиусах переходных кривых в 150—300 *м*, а для товарных путей—$^1/_{9,5}$—$^1/_8$, при радиусах 100—200 *м*. На дорогах местного значения применяются крестовины $^1/_9$—$^1/_6$, а в нек-рых случаях до $^1/_{5,1}$, при радиусах 100—50 *м* для колеи 1,000 *м*, 80—40 *м* для колеи 0,750 *м* и 50—25 *м* для колеи 0,600 *м*. Опыт работы стрелок показал, что для паровозных путей общего пользования крестовин с углами круче 9°28′ (соотв. tgα=$^1/_6$) следует избегать; до этого же предела угол крестовин для дорог местного значения при небольших скоростях движения представляется допустимым. При значительном движении предпочитают и для путей местного значения применять крестовины с марками в пределах $^1/_7$÷$^1/_8$. Для колеи 0,600 *м* признается целесообразным применение крестовин в пределах $^1/_7$÷$^1/_6$. Для наших переносных узкоколейных ж. д. (0,750 *м*) признается целесообразным применение крестовин следующих марок: при паровозной тяге—$^1/_6$, при тепловозной—$^1/_4$, при конной—$^1/_3$. На дорогах необщего пользования в соответствующих случаях применяются американские и накладные стрелки, а для конной и ручной тяги также и неподвижные (см. *Железнодорожные стрелочные переводы*).

Перегрузочные устройства. Стоимость перегрузки, особенно при незначительном протяжении дороги, ложится очень большим накладным расходом на стоимость перевозки груза; поэтому на рационализацию перегрузочных операций необходимо обращать самое серьезное внимание. В зависимости от местных условий, от размеров грузооборота и от характера груза рационализация может быть осуществлена следующими способами.

1) Простейшим и наиболее дешевым перегрузочным устройством являются сближенные тупиковые пути, укладываемые настолько близко один к другому, насколько позволяет габарит подвижного состава. Перегрузка грузов при этом производится непосредственно из вагона в вагон. Для облегчения условий перегрузки в тех случаях, когда она производится в том и другом направлении, уровень более узкого пути повышается так, чтобы пол обоих вагонов находился на одном уровне. Если перегрузка предвидится в одном направлении, например грузы идут на широкую колею, то в соответствующих случаях для сыпучих или перекатываемых грузов целесообразно выгрузные пути (в данном случае узкоколейные) повышать так, чтобы уровень пола вагонов, стоящих на этом пути, был выше пола вагонов соседнего сближенного пути, на к-рый приходится перегружать грузы. При этом иногда выгрузные пути укладываются с нек-рым поперечным уклоном (0,03—0,05), что еще более облегчает работу по перегрузке.

2) Наибольший эффект, в смысле понижения стоимости перегрузки, дает механизация перегрузки сыпучих грузов, являющихся на наших дорогах главнейшим массовым грузом. Простейшим устройством, улучшающим условия перегрузки, представляется укладка разгрузочного пути на значительно повышенном уровне; при этом путь к месту разгрузки подводится крутыми уклонами (20—30‰), причем там, где для откоса насыпи нехватает места, устраивается железобетонная или деревянная подпорная стенка. Ссыпка груза производится вручную лопатами на спускной жолоб, к-рому придается такой уклон, чтобы груз по нему шел самотеком (40—45°). Жолоб устраивается на шарнирах и после операции опускается. Подобные жолоба возможно устраивать подвижными, чтобы по мере надобности передвигать от одного вагона к другому. Нормой выработки грузчика при таком устройстве можно считать около 25 *т* в 8-часовую смену. Этот способ конечно не дает максимального сбережения рабочей силы, но все же при небольших затратах значительно удешевляет перегрузку.

3) При больших количествах сыпучего груза целесообразно применять, в целях

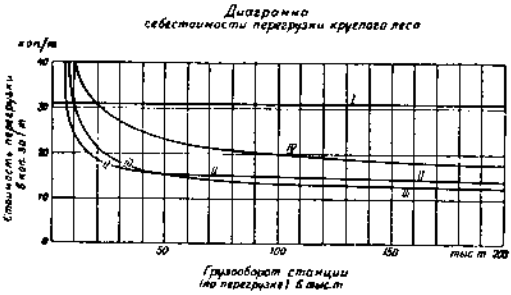
сокращения расхода на раб. силу, более дорогие, но зато более совершенные способы, как например саморазгружающиеся вагоны, с устройством эстакад и спусковых неподвижных бункеров, или же элеваторы. Въезды на эстакаду, в целях экономии места и средств, устраиваются с крутым уклоном (20—40‰), причем подача вагонов производится специальным паровозом или канатной тягой. В случае применения элеватора поднятия разгрузочного пути не требуется, и следовательно значительно уменьшается размер единовременных затрат; однако при этом повышаются эксплоатационные расходы. При значительных грузооборотах наибольшие выгоды дает применение вращающихся вагонных опрокидывателей, устанавливаемых на эстакадах.

4) Для перегрузки сыпучего груза из обыкновенных крытых вагонов можно с выгодой применять ленточные транспортеры.

5) Для массовой перегрузки лесного материала, в особенности бревен, значительные выгоды дает применение цепных самоспусков или элеваторов. При цепном спуске необходимо поднятие уровня разгрузочного пути на 3—4 *м*, а при элеваторах никакого повышения не требуется.

6) В некоторых случаях для грузов, перевозимых на открытом подвижном составе, значительную экономию может дать применение поворотных (передвижных) кранов, что целесообразно лишь при большом количестве груза и при большом весе отдельных грузов или же при условии применения контенеров (специальных железных ящиков, в к-рых груз укладывается и вместе с ними перевозится до места назначения).

7) В тех случаях, когда перегрузка грузов непосредственно из вагона в вагон не осуществима и когда она производится через перегрузочную платформу, при значительном продольном передвижении грузов, целесообразно применение специальных тележек (домкратных, электр. и др.) или транспортеров.

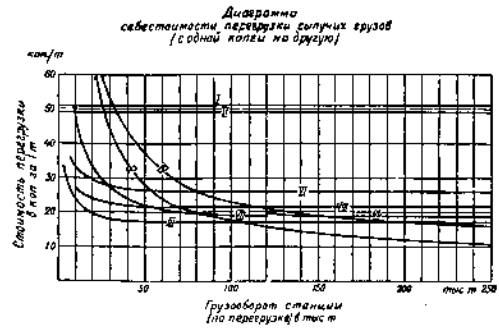


Фиг. 2.

Рациональное применение указанных выше устройств может уменьшить расходы по перегрузке в 2—3 раза и даже более. Правильный выбор наиболее подходящего типа может быть сделан лишь путем производства в каждом конкретном случае сравнительных расчетов себестоимости перегрузки, с учетом всех накладных расходов.

Для ориентировочной характеристики себестоимости перегрузки при различных способах могут служить фиг. 2 и 3. Фиг. 2 характеризует примерную стоимость перегрузки круглого леса, причем кривая *I* относится к ручной перегрузке, *II*—к цепному самоспуску, *III*—к элеватору с нефтяным двигателем, *IV*—к передвижному поворотному крану с нефтяным двигателем. Фиг. 3 показывает примерную стоимость перегрузки сыпучих грузов, где *I* относится к ручной перегрузке угля, *II*—к ручной перегрузке зерна, *III*—к самоспуску с подвижным жолобом, *IV*—к самоспуску с саморазгружающимися вагонами, *V*—к самоспуску с опрокидывателями, *VI*—к элеватору с электрическим или нефтяным двигателем, *VII*—к элеватору с саморазгружающимися вагонами, *VIII*—к ленточному транспортеру с электрическим или нефтяным двигателем.

Если сравнительно короткий участок ж. д. одного размера колеи соединяет между собой



Фиг. 3.

дороги другой колеи, то может оказаться целесообразным, во избежание двойной перегрузки, передавать вагоны полностью, не разгружая их. Такая передача может производиться на рольбоках (специальные двухосные тележки) или на вагонных платформах. Существенным преимуществом рольбоков является их малый вес и низкое расположение (на несколько *см* выше головки рельса) колес перевозимого вагона. Недостатки рольбоков: а) они требуют ограничения скорости (обычно до 15 *км/ч*); б) в состав поезда небезопасно включать более двух таких тележек, причем они д. б. разделены узкоколейными вагонами; в) на них нельзя перевозить четырехосных вагонов. Вагонные платформы (обычно четырехосные) применяются для перевозки вагонов как более узкой, так и более широкой колеи. Не имея недостатков рольбоков, вагонные платформы дают бо́льшую тару (на 20—25% больше, чем при рольбоках) и требуют большого габарита. Несмотря на это в последнее время они стали получать более значительное распространение. С целью понижения перевозимого вагона применяется особый вид четырехосных вагонов—трансбордерон, у к-рых рельсы, предназначаемые для установки перевозимых вагонов, располагаются в пониженном уровне, т. е. ниже осей колесных скатов трансбордера. Кроме вышеуказанных приспособлений для передвижения вагонов по разным колеям могут применяться раздвижные вси. Однако в виду того что вагоны с раздвижными осями пока еще очень дороги, применение их ограничивается исключительными случаями. При значительных размерах передачи в большинстве случаев представляется более выгодным применение сонмещенной колеи в три или четыре рельса, дающих две ширины колеи. Более удобными представляются дороги с четырьмя рельсами, но трехрельсовые требуют меньших расходов на постройку

Подвижной состав. В области подвижного состава для наиболее распространенных узкоколейных ж. д. с шириной колеи 1,067 и 1,000 *м* за границей в настоящее время достигнуты столь большие успехи, что как локомотивы, так и вагоны немногим уступают нормальноколейным. Что касается других размеров колеи, в частности 0,750 *м*, то в виду значительно меньшей их распространенности достижения на них значительно менее показательны, но все-таки дороги и с такой колеей дают возможность вполне успешно и выгодно эксплоатировать их и осуществлять сравнительно крупные перевозки.

Паровозы. Для тяжелых товарных поездов применяются преимущественно паровозы с 4—6 движущими осями. При конструировании узкоколейных паровозов большое внимание обращается на улучшение условий вписывания в кривые малых радиусов, причем в этом направлении, благодаря широкому применению поворотных тележек и подвижных осей, достигнуты большие успехи. Тяжелые паровозы нек-рых типов вписываются в закругления радиусом до 60 *м* (при ширине колеи в 1,000 *м*), в легкие паровозы с полыми осями Клин-Линдера, при колее 0,750 *м*,—в кривые радиуса 20 *м* и при колее 0,600 *м*—в кривые радиуса 10 *м*. Большое распространение имеют паровозы дуплекс по сист. Маллета, Мейера, Ганса, Клозе, Гаррата; в последнее время новейшая и наиболее совершенная система Гаррата начинает вытеснять остальные (см. *Локомотивы*). На дорогах местного значения широко применяются танк-паровозы. Сила тяги сильнейших современных товарных паровозов при колее 1,067 *м* доходит до 19,000 *кг*. Скорость движения пассажирских паровозов доходит до 80 *км/ч* при $s = 1{,}067$ *м*, до 56 *км/ч* при $s = 0{,}750$ *м* и до 40 *км/ч* при $s = 0{,}600$ *м*.

Тепловозы. В отношении применения тепловозов узкоколейные ж. д. находятся пока даже в лучшем положении, чем ширококолейные, благодаря возможности ограничиваться небольшими мощностями. В настоящее время на многих Ж. д. у. к. с успехом применяются тепловозы сравнительно небольшой, но достаточной для дорог второстепенного значения мощности (до 500 HP). Достигнутые в последние годы удачные разрешения проблем охлаждения и передачи несомненно дадут возможность выработать типы узкоколейных тепловозов и большей мощности.

Электровозы. В настоящее время и электрическая тяга с успехом применяется на многих узкоколейных дорогах не только при ширине колеи 1,067 и 1,000 *м* (на таких дорогах обращаются весьма мощные электровозы, до 1 863 HP), но и на дорогах с шириною колеи до 0,750 *м*, где еще в 1914 г. имелись электровозы мощностью до 600 HP. Очевидно, что в связи с достижениями развивающейся электротехники мощность и для этой ширины колеи может быть значительно повышена.

Пассажирские вагоны. Для транзитных узкоколейных магистралей и вообще дорог значительного протяжения, на к-рых пассажирам приходится проводить в вагоне много времени, строятся преимущественно длинные вагоны на поворотных тележках, в большинстве случаев четырехосные, а иногда и шестиосные. Ширина новых вагонов колеи 1,000 *м* доходит до 2,90 *м*, внутренняя высота—до 2,82 *м*, а длина—до 18,4 *м*. Тара особенно комфортабельных шестиосных вагонов доходит до 30,8 *т*. На дорогах местного значения незначительного протяжения естественно обращается внимание на возможное удешевление себестоимости провоза пассажиров и на возможное уменьшение собственного веса на пассажиро-место. На этих дорогах также отдается предпочтение четырехосным вагонам на тележках, хотя есть довольно много и двухосных вагонов; трехосные вагоны выходят из употребления. На дорогах с шириной колеи 0,750 и 0,600 *м* пассажирские вагоны значительно менее удобны и рассчитаны преимущественно на короткие переезды. В целях лучшей устойчивости принимаются меры к возможному понижению центра тяжести вагонов.

Товарные вагоны. Новейшие типы вагонов Ж. д. у. к. показывают чрезвычайно большие успехи в смысле увеличения подъемной силы, которая на дорогах с колеями 1,067 и 1,000 *м* доведена до 45,00 *т* (при таре полувагона 18,5 *т*). Новые товарные узкоколейные вагоны делают преимущественно четырехосными, на поворотных тележках. Длина вагонов колеи 1,000 *м* доходит до 14 *м*, ширина—до 2,60 *м*, а внутренняя высота—до 2,50 *м*. Новые двухосные вагоны для улучшения вписывания в кривые снабжаются подвижными осями; трехосные вагоны выходят из употребления; широкое применение находят открытые вагоны или полувагоны. Подъемная сила вагонов на колеях 0,760, 0,750, 0,610 и 0,600 *м* значительно меньше, но все же достигает 20 *т*; эти вагоны также делаются преимущественно четырехосными с возможно низким расположением центра тяжести. Процентное отношение тары к подъемной силе у вагонов нек-рых старых типов менее благоприятно, чем у вагонов нормальной колеи; в новейших же типах удалось не только сравнять это соотношение, но и получить значительно более выгодное: напр. у новых бразильских вагонов оно доведено до 48%, у африканских—до 42,5%, а у аргентинских—до 40%, при достаточной прочности вагонов и автоматич. тормозах. При конструировании вагонов, предназначенных для дорог местного значения и рассчитанных на движение с незначительными скоростями в небольших поездах, достигается еще более благоприятное соотношение, что можно видеть из примера французских декавилевских дорог, где отношение тары к подъемной силе вагона доведено до 32%. О подвижном составе промышленных узкоколейных ж. д. см. *Подвижной состав*.

Пределы применения узкоколейных железных дорог. Область применения узкоколейных железных дорог очень обширна, но конечно далеко не во всех случаях они могут заменить ширококолейные ж. д. Эта область ограничивается гл. обр. размерами грузооборота, которые определяются, во-первых, технич. возможностями, т. е. предельной провозной способностью узкоколейных дорог,

а, во-вторых, экономическими соображениями, т. е. полной себестоимостью перевозок.

Технические возможности зависят от типа дороги и ее оборудования. При современных типах подвижного состава и при уклонах до 10‰ эти пределы могут доходить: для колеи 1,000 *м*— до 1 600 000 *ткм/км*, а для колеи 0,750 *м*—до 800 000 *ткм/км* в год в грузовом направлении.

Экономич. пределы, т. е. предельные размеры грузооборота, при к-рых данный вид ж. д. представляется более выгодным, помимо технич. возможностей зависят еще и от ряда других факторов, как то: длина пути, топографич. условия, характер грузов, условия грузооборота, условия примыкания, учетный % и пр. Эти пределы естественно не м. б. выше технич. возможностей и обычно бывают значительно ниже их. Вообще говоря, экономич. пределы представляются относительными и м. б. определены путем сопоставления результатов подсчетов, сделанных для нескольких (не менее двух) видов дороги при заданной комбинации определяющих факторов. Чем совершеннее тип пути, чем меньшие он имеет уклоны, чем большие нагрузки м. б. на нем допущены, тем больше средств требуется на его сооружение, но зато и тем дешевле обходятся самые перевозки при достаточном грузообороте. Задача проектировщика: установив рациональное соответствие, выбрать для данных местных условий и для ожидаемого грузооборота наиболее целесообразный и экономически выгодный тип дороги. Установление экономич. пределов применения значительно облегчает эту задачу.

Экономич. пределы применения того или иного вида пути сообщения определяются: а) наименьшей себестоимостью перевозки и б) наибольшей рентабельностью. На первый взгляд кажется, что тот путь, который дает меньшую стоимость перевозки (с учетом амортизации), представляется для данных условий наиболее выгодным; однако в действительности, как показывают расчеты, экономич. пределы по рентабельности значительно превышают пределы по полной себестоимости перевозки, так как более дешевые пути дают сравнительно больший % на затраченный капитал.

Т. о. для каждой комбинации условий получаются два экономических предела применения. При наших условиях, т.е. при недостатке средств, целесообразнее было бы в большинстве случаев руководствоваться пределами, определенными по рентабельности, т. е. шире развивать применение более дешевых путей сообщения, учитывая при этом перспективы развития грузооборота. Однако расчет рентабельности значительно сложнее, чем расчет полн. себестоимости перевозок, особенно для путей общего пользования и значительного протяжения; методы такого подсчета пока еще не выработаны.

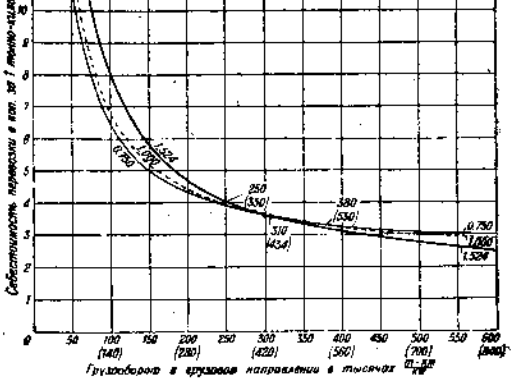
Определение экономических пределов по себестоимости перевозок производят путем подсчета себестоимости перевозок по сравниваемым типам путей сообщения для разных грузооборотов, от минимальных до предельных, причем градации берутся в зависимости от желаемой точности.

Рассчитав себестоимость перевозок для различных грузооборотов, строят на одной и той же сетке кривые себестоимости для каждого вида пути, причем по горизонталям откладывают в известном масштабе размеры грузооборота, а по вертикалям—соответствующие грузооборотам стоимости перевозки. Соединив нанесенные т. о. точки плавной кривой, получают диаграмму себестоимости перевозок. Пересечение кривых, построенных для сравниваемых видов путей сообщения, показывает предельные грузообороты, при превышении к-рых данный вид дороги становится менее выгодным, чем другой (более сильный).

Полная себестоимость перевозки, слагающаяся из всех эксплоатационных расходов и расхода на оплату % на капитал и амортизацию, м. б. выражена следующ. формулой:

$$q = \frac{C\frac{p}{100} + D}{QL},$$

где q—полная себестоимость перевозки 1 *ткм* груза в коп.; Q—годовое количество груза в прямом и обратном направлениях в *т*; L—средний пробег груза (т. е. средняя

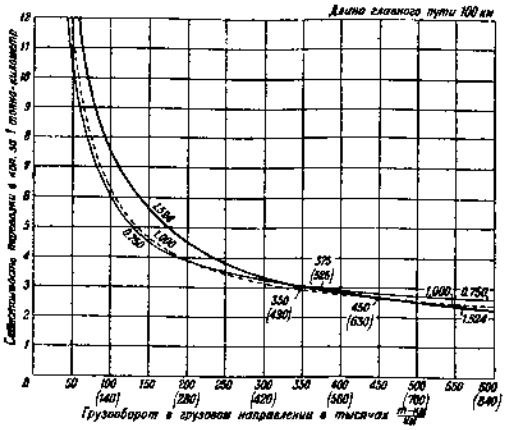


Фиг. 4.

дальность его перевозки) в *км*; D—полный годовой расход по эксплоатации (с учетом стоимости перегрузки) в руб.; C—стоимость сооружения и оборудования дороги в руб.; p—% на капитал и амортизацию.

Для правильного выбора наиболее целесообразного и выгодного пути необходимо во всех сомнительных случаях производить подробные изыскания для каждого конкретного направления, делая сравнительные подсчеты стоимости и эксплоатации конкурирующих видов путей сообщения, чтобы определить полную себестоимость перевозок и ожидаемую рентабельность. В наших условиях для дорог общего пользования сравнению могут подлежать три размера колеи: 1,524, 1,000 и 0,750 *м*, а для дорог необщего пользования—четыре: 1,524, 1,000, 0,750 и 0,600 *м*. При достаточной подготовке проектировщика, даже и при сложных местных условиях, обычно оказывается достаточным произвести детальные сравнительные подсчеты для двух размеров колеи, т. к. осталь-

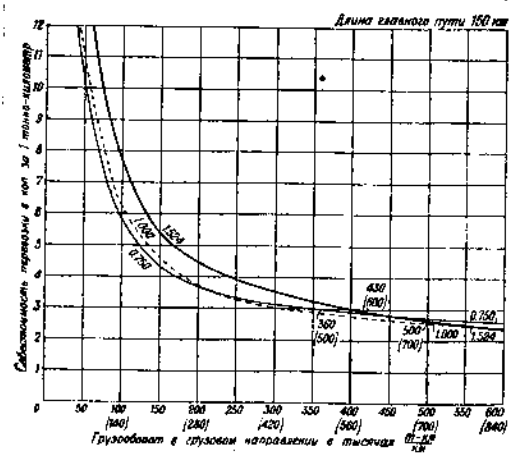
ные отпадают уже после предварительных подсчетов. При легких условиях опытный проектировщик может ориентироваться в выборе и без детальных подсчетов.



Фиг. 5.

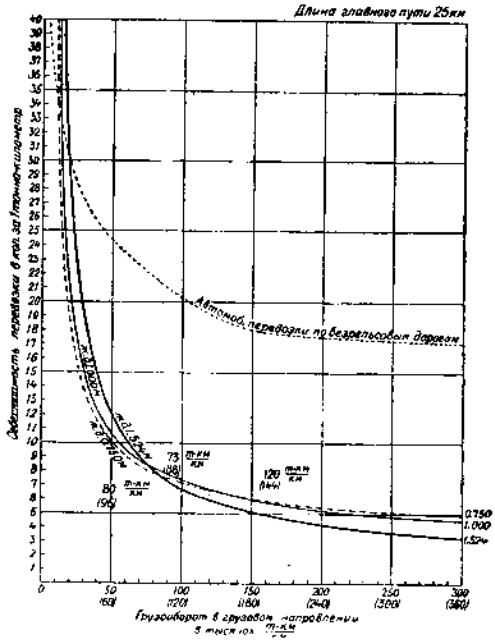
Для примера и для предварительной ориентировки могут служить приводимые диаграммы себестоимости перевозок для ж. д. общего пользования, протяжением 50 *км* (фиг. 4), 100 *км* (фиг. 5) и 150 *км* (фиг. 6), и для дорог необщего пользования, протяжением 25 *км* (фиг. 7) и 50 *км* (фиг. 8), проходящих в слабо холмистой местности. Диаграммы составлены по средним ценам 1926/27 г. для центральных районов СССР, причем % на амортизацию и затраченный капитал принят условно—10. На диаграммах, составленных для дорог необщего пользования, построены также и кривые для улучшенных безрельсовых дорог при автомобильной тяге. Как иллюстрация повышения выгодности узкоколейных ж. д. с увеличением пересеченности местности может служить помещенная на фиг. 9 примерная диаграмма, построенная для гористой местности. В виду чрезвычайного разнообразия характера гористой местности, для горных дорог, даже и для предварительной ориентировки, необходимы специальные сравнительно подсчеты по каждому конкретному случаю.

В общем на основании произведенных пока исследований (требующих еще дальнейшего углубления) для разных комбинаций условий сооружения и работы ж. д. можно прийти к следующим заключениям. 1) Выгодность применения узкоколейных ж. д.



Фиг. 6.

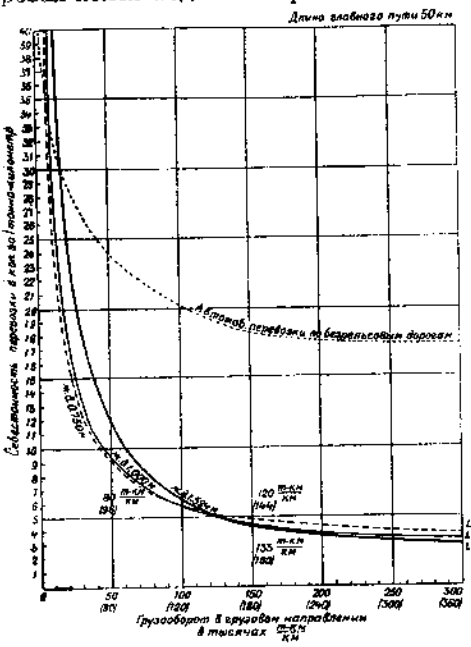
вообще значительно повышается с усилением пересеченности местности, причем для горной местности размеры переходного грузооборота по экономич. соображениям (т. е. экономич. пределы выгодности применения узкой колеи) могут до трех раз и более превосходить пределы, подсчитанные для равнинной местности. 2) Выгодность применения узкоколейных ж. д., примыкающих к ширококолейным, довольно резко повышается с увеличением длины узкоколейной дороги, особенно при сравнительно небольшой ее длине. Поэтому при малых протяжениях (менее 30—50 *км*) узкоколейные ж. д. целесообразно строить лишь в горной местности или при очень небольших грузооборотах, к значительному развитию к-рых не имеется данных; при значительном же протяжении применение узкоколейных ж. д. становится выгодным и при довольно больших грузооборотах даже и в равнинной местности. 3) Облегчение технич. условий и эксплоатации (сравнительно одинаковое по широкой и узкой колее) снижает экономич. пределы применения узкой колеи. 4) Для дорог протяжением до 200—300 *км* наиболее выгодной представляется колея 0,750 *м*. 5) С увеличением протяжения дороги и размеров грузооборота к колее 0,750 *м* все ближе и ближе



Фиг. 7.

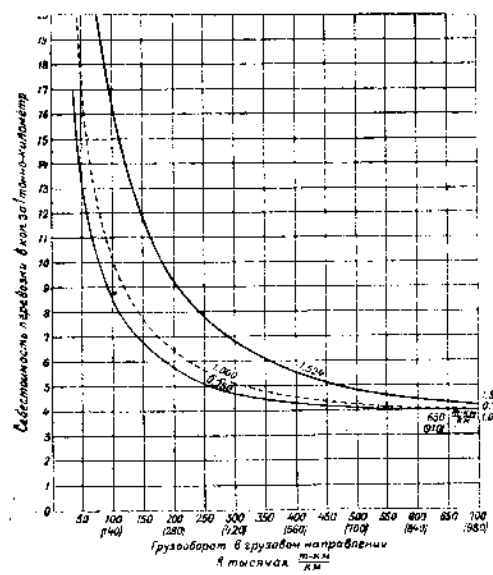
подходит колея 1,000 *м*. 6) Для дорог, имеющих характер магистралей, при значительной длине их, особенно в суровом климате и в тех случаях, когда имеются основания ожидать в скором времени значительного разнития грузооборота (свыше 200—300 *тыс.км*) или когда предвидится электрификация дороги, целесообразно применение метровой колеи. 7) Увеличение мощности паровозов оказывает существенное влияние на удешевление полной себестоимости перевозок (с учетом амортизации и необходимого усиления верхнего строения). Поэтому, когда движение достигает 3—4 пар поездов в сутки, целесообразно вводить более сильный тип паровозов, с распределением его веса на

возможно большее число ведущих осей (сист. Гаррата). 8) Для наших промышленных подъездных путей узкой колеи следует отдавать предпочтение колее 0,750 *м*; метровая колея подлежит применению только



Фиг. 8.

в следующих случаях: а) если путь примыкает к жел. дороге метровой колеи, б) если размер грузооборота и перспективы его развития настолько велики, что колея 0,750 *м* в скором времени окажется экономически



Фиг. 9.

менее выгодной, и в) если производственные условия таковы, что применение колеи 0,750 *м* представляется технически нецелесообразным или небезопасным вследствие меньших размеров и меньшей устойчивости подвижного состава. 9) Для подъездных путей необщего пользования в некоторых случаях применение узкой колеи может представляться выгодным при довольно больших грузооборотах и при незначительном протяжении этих путей, напр. когда эти пути хотя и примыкают к ширококолейной дороге, но по условиям нагрузки могут входить вглубь территории предприятия настолько, что стоимость нагрузки на узкоколейный подвижной состав обойдется дешевле, чем на ширококолейный (на величину, не меньшую, чем стоимость перегрузки на станцию примыкания).

Лит.: Никитин А., Постройка и эксплоатация узкокол. жел. дорог, СПБ, 1909; Энгельгардт Ю. В., Узкокол. жел. дороги за границей и в СССР, М.—Л., 1927; его же, Жел. дороги, т. 3—Узкоколейные дор., М.—Л., 1929; Stewenson C. W., Resistencia des fontestrilhos e trens, Rio de Janeiro, 1916; Mustapha de Courten J., Les chemins de fer à voie d'un mètre, P., 1922; Liebman A., Die Klein- u. Strassenbahnen, Lpz.—B., 1910; Ptaczowsky L., Feldbahnen u. Industriebahnen, Berlin, 1920; Röll's Enzyklopädie d. Eisenbahnwesens, 2 Aufl., B. 9, Berlin—Wien, 1923; Birk A., Schmalspurbahnen, Handbuch Ing., T. 5—Der Eisenbahnbau, B. 7, Leipzig, 1910; Birk A., Der Wegebau, B. 4 - Linienführung d. Srassen- u. Eisenbahnen, W., 1922; Banben H., Die Bergwerkmaschinen, B. 6—Streckenförderung, B., 1921; Kayser O., Die belgische Kleinbahnen, Berlin, 1911; Moreau A., Traité de chemins de fer, t. 6—Chemins de fer secondaires, P., 1906; Wasseur L., Les chemins de fer d'intérêt local, P., 1926; Wiener L., Les écartements des voies de chemins de fer, P., 1923; «Archiv für Eisenbahnwesen», B.; «African Engineering», L.; «Bull. de l'Association internationale du Congrès des chemins de fer», Bruxelles; «Indian Engineering», Bombay; «Ingegneria ferroviaria», Roma; «Organ für Fortschritte d. Eisenbahnwesens», München; «Railway Gazette a. Railway News», L.; «Railway Age Gazette», N. Y.; «Revue générale des chemins de fer et des tramways», P.; «The Railway Engineer», L.; «Verkehrstechnische Woche», B.; «Ztg d. Ver. deutscher Eisenbahnverwaltungen», B.

Ю. Зигельгардт.

ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ, см. *Электрические железные дороги.*

ЖЕЛЕЗНЫЕ МОСТЫ, см. *Металлические мосты.*

ЖЕЛЕЗНЫЕ РУДЫ, минеральные вещества, содержащие железо в таких соединениях и в таком количестве, что извлечение его из руд м. б. экономически выгодным. Содержание железа колеблется в рудах от 25 до 70%. Выгодность использования руды определяется кроме свойств самой руды экономич. факторами: а) стоимостью добычи руды; б) ценами горючего в данной местности (дешевое топливо допускает обработку более бедных руд), в) близостью рынков сбыта и г) высотой фрахтов морской и железнодорожной доставки.

Качество руды кроме %-ного содержания в ней железа зависит от: а) чистоты ее, т. е. качества и количества в ней вредных примесей, б) качества и состава примешанной к руде пустой породы и в) степени легковосстановимости ее.

Чистота руд зависит от количества вредных примесей. К последним относятся: 1) сера, которая чаще всего встречается в виде серного колчедана (FeS_2), медного колчедана ($Cu_2S \cdot Fe_2S_3$), магнитного колчедана (FeS), изредка в виде свинцового блеска (PbS), а также в виде сернокислых солей кальция, бария и железа; 2) мышьяк, встречающийся наиболее часто в виде мышьякового колчедана ($FeS_2 \cdot FeAs_2$) или лёллингита ($FeAs_2$); 3) фосфор, встречающийся в виде фосфорнокислых солей Ca [апатит $3\,Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$

или $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCl_2$], фосфорнокислого железа [так наз. винианит $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$] и алюминия (вавелит $3Al_2O_3 \cdot 2P_2O_5 \cdot 12H_2O$); 4) медь, встречающаяся в виде медного колчедана ($Cu_2S \cdot Fe_2S_3$).

От количества пустой породы и содержания вредных примесей зависит, подвергать ли руду сортировке, промывке, обогащению. В зависимости от качества пустой породы руды м. б. или кислотными или основными. Кислотные руды, т. наз. кварцеватые руды, содержат избыток кремнезема и в плавке требуют флюсовки основаниями. Основные руды (заключающие в пустой породе избыток оснований) подразделяются на глинистые, содержащие избыток глинозема в смеси, известковые, в к-рых преобладает известь, и талковатые, содержащие в пустой породе много магнезии. Иногда встречаются также руды, к-рые без флюсовки дают легкоплавкий шлак; их называют самоплавкими.

Степень легковосстановимости руд зависит: 1) от соединения, в котором находится в руде железо: силикаты и титанаты труднее восстанавливаются, чем свободный окисел железа; 2) от плотности сложения руды и степени пористости ее. Восстановление руды идет тем энергичнее, чем более она пориста и следовательно доступна прониканию газа, а также, если она содержит летучие вещества—воду, углекислоту, органические примеси, к-рые выделяются при высокой $t°$. По химич. составу Ж. р. можно разделить на 4 класса—руды, содержащие: 1) безводные окислы железа, 2) водные окислы железа, 3) углекислую соль железа и 4) кремнекислую соль железа.

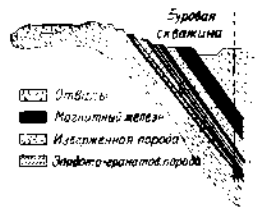
I. Руды, содержащие безводные окислы железа. 1) Магнитный железняк, или магнетит (вкладной лист, *1* и *2*), обладает следующими свойствами: имеет металлич. блеск, черный цвет, дает черную черту; довольно хрупок; твердость 5,5—6,5; удельн. вес 5—5,2; магнитен; кристаллизуется в правильной системе, чаще в виде октаэдров (вкладной лист, *2*) и кубов. В виду того что отношение между закисью и окисью железа бывает различно, правильнее ф-лу его изобразить так:

$$mFeO \cdot nFe_2O_3.$$

Содержание железа в минерале $FeO \cdot Fe_2O_3$—72,36%. Магнитный железняк встречается в виде плотных или зернистых масс или в виде мелких кристаллов и зерен, вкрапленных в кристаллич. породы (граниты, гнейсы и др.). Часто он содержит вредные примеси в виде разных колчеданов—серного, медного, мышьякового и т. д.

В СССР наиболее важными надо считать уральские месторождения магнитного железняка—горы: Высокую, Благодать и Магнитную.

Руда горы Высокой (Нижне-Тагильский окр.) считается одной из лучших. Содержание железа в ней очень высоко, в среднем 60%; Mn 1,0—1,5%; серы 0,02—0,03%; по содержанию фосфора (0,04%) это—бессемеровская руда. В составе пустой породы характерно низкое отношение $SiO_2 : Al_2O_3$, вследствие чего доменные шлаки Тагильских з-дов резко отличаются от шлаков американских и шведских доменных печей. В этом месторождении наблюдаются выходы мартита (минерал, происшедший от окисления Fe_3O_4 в Fe_2O_3). Действительный запас руд горы Высокой определяют в 16 400 000 *т* (по данным Геологич. комитета). Недалеко от главной залежи находится Лебяжинский рудник, где руда сильно фосфориста. Суммарный запас руд, по данным Геологич. комитета, 5 316 000 *т*. Руда горы Благодать, близ Кушвы (разрез—фиг. 1), отличается от высокогорской и по богатству, и по чистоте, и по удобовосстановимости. Запас наиболее богатых руд сильно выработан. По содержанию железа коренная руда разделяется на три сорта: 1-й сорт 50—60% Fe, 2-й сорт 40—50% и 3-й сорт 20—40%. Содержание серы в первых двух сортах выше, чем в высокогорской (до 0,1%); руда требует тщательного окислительного обжига. По содержанию фосфора эта руда может считаться бессемеровской; марганца в ней в среднем около 0,5%. Пустая полевошпатовая порода дает различное отношение $SiO_2 : Al_2O_3$; вследствие этого одни руды требуют основного флюса (плавка на дренесном угле), другие—кислого флюса; некоторые руды можно считать самоплавкими. Гороблагодатская руда труднее восстановима, чем высокогорская, так как представляет собою плотный неокисленный магнитный железняк. Она дает мало мелочи при дроблении. Возможный запас Гороблагодатского района определяется (вместе с разведанным и действительным) в 36 092 000 *т* (данные Геологич. комитета).



Фиг. 1.

Гора Магнитная (Оренбургский окр.)—месторождение очень богатое (подобно Высокогорскому) чистыми рудами, но мало использованное. Среднее содержание Fe не менее 60% при ничтожном количестве углерода (бессемеровская руда); в верхних горизонтах залежи серы очень малы, но по мере углубления в недра количество ее возрастает значительно. В месторождении наблюдается и мартит, а также железный блеск и красный железняк; иногда—лимонит. Возможные запасы руды, по последним подсчетам А. Н. Заварицкого, достигают примерно 188 580 000 *т*.

Из второстепенных месторождений в районе Богословского з-да имеются залежи магнитного железняка, переходящего в мартит и в красный железняк. Кроме уральских имеются еще месторождения в Карельской АССР, в Закавказьи и Сибири. В Пудожгорском месторождении, на восточном берегу Онежского озера, руда содержит от 15 до 25% железа; предполагаемый запас исчисляется в 1 млн. *т* (по В. Н. Липину). При магнитном обогащении она дает чистые и богатые концентраты (шлихи), которые затем необходимо брикетировать или агломерировать. Эти руды могут дать прекрасный чугун, равный лучшим шведским чугунам. Дашкесанское месторождение в Закавказьи является очень крупным, не имеющим

себе равного в данном районе по количеству и качеству руды. Благодаря своей чистоте эта руда может служить предметом экспорта. Возможный запас руды определяется К. Н. Паффенгольцом в 43 750 000 *т*.

крупное месторождение, находящееся у озера Чемплен; затем—в штатах Нью Йорк, Нью Джерсей, в Пенсильвании и в округе Корпуель. Анализы магнитного железняка разных месторождений приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Анализы магнитных железняков.

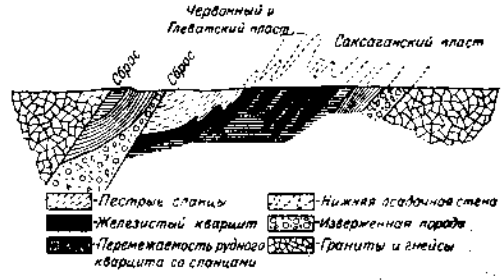
Соединения	Состав руд								
	горы Благодать № 2	горы Благодать № 7	горы Высокой, тагильская руда	горы Высокой, мартит	горы Магнитной	Абакан. рудника (Сибирь)	Кируна-вара (Швеция), сорт А	Даннемура (Швеция)	Порт Генри (Нью Йорк)
Fe_2O_3	71,98	70,90	74,09	74,9	86,67	66,60	0,06	55,93	—
FeO	11,20	16,33	16,71	2,62	6,34	29,65	—	12,21	—
Fe_3O_4	—	—	—	—	—	—	95,99	—	94,25
SiO_2	5,38	5,40	2,60	13,30	3,18	3,84	1,33	9,00	4,32
Al_2O_3	5,63	2,85	2,86	4,47	1,15	?	0,40	3,50	0,28
CaO	2,28	3,64	0,40	1,62	1,46	0,65	0,67	10,00	0,14
MgO	0,47	1,45	Следы	0,82	0,30	?	0,73	4,40	Следы
Mn_3O_4	—	—	2,84	0,85	—	?	—	—	—
MnO	1,05	1,46	—	—	0,13	—	0,21	—	—
P	0,040	0,025	—	0,117	0,038	0,025	0,022	Следы	0,088
S	0,041	0,014	Следы	0,022	?	0,014	0,022	0,013	Следы
TiO_2	—	—	—	—	—	—	0,80	—	—
Cu	—	—	0,025	?	—	—	—	—	—
H_2O	—	—	—	1,03	0,92	—	—	1,20	0,38
Mn	0,814	1,13	2,05	0,54	0,10	—	0,16	2,55	—
Fe	59,68	62,33	65,20	54,48	65,60	69,75	69,65	48,67	68,20

В Сибири имеются: а) Тельбесское и Сухаринское месторождения на Алтае; руда содержит 35—63% (в среднем не более 55%) железа; чиста от фосфора; запас исчисляется в 29 110 000 *т* (данные Геологич. ком-та); б) Абаканское месторождение в Минусинском округе, на берегу р. Рудной Кени; руда содержит 53—63% железа; запас точно не известен, предполагаемый—25 млн. *т*; в) Ирбинское—в долине реки Ирбы; запас руды свыше 25 млн. *т*; железа содержит 52—60%; местами переходит в мартит; часть руды богата фосфором (по К. Богдановичу). Мощные залежи магнитного железняка находятся в районе Курской магнитной аномалии (см. *Магнитная аномалия*).

Наиболее значительные заграничные месторождения следующие. В сев. Скандинавии (шведской Лапландии) имеются колоссальные месторождения: Кирунавара, Люосавара, Геливарa, Сваппавара и др. Добывается этих руд для экспорта ок. 6 млн. *т*. Бóльшая часть руд богата фосфором. Общий запас руд месторождений Кирунавара и Люосавара до поверхности вод вблизи лежащего озера Фогт исчисляется в 282 млн. *т*, а до глубины на 800 *м* ниже поверхности озера—в 600—800 млн. *т*. Наибольшее по размерам месторождение Геливарa, самое южное из лапландских, представляет ряд чечевицеобразных рудных толщ, покрытых ледниковыми отложениями. Рудное поле длиной до 6 *км* исследовано бурением на глубину более 240 *м*. Руда содержит немного меньше фосфора, чем руда Кирунавара; местами сопровождается гематитом (железным блеском). В Швеции известен целый ряд месторождений: Греньесберг, Стриберг, Персберг, Норберг и Даннемура. Руда последнего отличается чистотой в отношении фосфора, содержит 50—53% Fe. В остальной Европе менее значительные месторождения магнитного железняка—в Венгрии, Саксонии, Силезии и др. В С. Америке можно указать на

2) Гематит (вкладной лист, *3*), Fe_2O_3. Разновидности его—железный блеск (вкладной лист, *4*), красный железняк и др. Промышленное значение имеет лишь собственно красный железняк (анализы приведены в табл. 2). Кристаллы его—вида ромбоэдрического, таблицеобразного и пирамидального; чаще залегает сплошными массами, скорлуповатого, слоистого и чешуйчатого сложения и оолитового строения. Месторождения пластового характера сопровождаются в большинстве случаев кварцевой пустой породой (руда бывает тугоплавкой), известняком, полевым шпатом. Фосфора содержит обычно мало; иногда имеет примесь серного колчедана; встречаются примеси TiO_2 и Cr_2O_3. Плотная разновидность называется красной стеклянной головой, землистая—красной железной охрой.

Одним из наиболее мощных месторождений красных железняков в СССР является Криворожское на Украине (разрез—фиг. 2),



Фиг. 2.

в котором красные железняки сопровождаются железным блеском с железистым кварцитом. Содержание железа в руде 50—70%. Руды беднее 55% в плавку почти не идут, так как содержат много пустой сильно кремнистой породы и очень мало оснований (CaO, MgO) и поэтому требуют громадного

Табл. 2.—Анализы гематитов (плотных красных железняков).

Руды	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Mn_3O_4	MnO	Mn	P	S	Влажность	Потеря при прокаливан.	Fe
Криворожские:													
Саксагань	93,20	4,67	0,72	0,26	0,11	—	—	0,047	0,039	Следы	—	1,45	65,24
Колачевская № 1, мелк.	94,80	2,69	2,20	0,19	Следы	0,06	—	—	0,011	—	—	1,55	66,22
Ингулец	86,50	9,90	1,94	—	—	—	—	—	0,045	—	—	2,22	60,55
Желтая река (б. Урсати)	85,54	5,99	3,14	0,85	0,20	—	—	0,040	0,054	Следы	—	4,74	49,88
Уральские:													
Ауэрбаховская	93,87	2,02	2,24	0,38	0,83	—	—	—	0,039	—	—	1,78	65,71
Воронцовская (мартит)	79,10	9,66	2,74	1,37	—	—	1,01	—	—	—	—	—	57,70
Лысьвинский район	71,40	10,80	8,60	1,25	0,75	0,60	—	—	0,60	—	—	—	49,98
США:													
Руды Верхн. озера, окр. Мисаби, бессемеровские	78,59	4,46	0,83	0,09	0,12	—	—	0,94	0,03	0,016	12,63	2,19	55,00
Гематит Клинтона (Нью Иорк)	63,00	11,20	4,10	5,80	2,50	—	—	0,06	0,60	0,26	—	—	44,00
Испания:													
Бильбао-Кампаниль	81,80	6,10	1,05	3,80	Следы	—	—	1,26	0,016	0,082	—	—	57,26

количества флюсов. Содержание фосфора колеблется от 0,01 до 0,10%; марганца мало, иногда лишь следы; серы очень мало (0,03—0,04%). Руда, весьма разнообразная по физич. свойствам, встречается в виде измельченного железного блеска (порошковатая) или плотная кусковая (б. Галковский рудник). Запас руды с содержанием железа более 60% определен в 210 940 000 *т* (данные Геологич. ком-та). Руды Криворожья экспортировались за границу в количествах, указанных в табл. 3. Другое месторождение, известное под названием Корсак-Могила, находится на юге, в Мариупольском округе. Запас руды месторождения невелик, около 330 000 *т*. Прекрасные железные блески, содержащие мало фосфора и серы, имеются в Чердынском районе Уральской области; главная залежь уже выработана. В Карельской АССР известно Туломозерское месторождение; руда сильно кремнеземистая и должна подвергаться обогащению. Богатые штуфы содержат от 57 до 60% Fe и чисты от фосфора и серы. В Сибири мощных месторождений не обнаружено.

Из заграничных—самым богатым и мощным является месторождение Верхнего озера в США (между озерами Мичиган и Верхним) и в Канаде. Запас богатых руд около 2 млрд. *т*. Возможный запас более бедных руд, требующих обогащения, определяют до 65 млрд. *т*. Содержание железа в этих рудах в среднем ок. 50%; они светлее криворожских; содержание марганца невелико (от 0,3 до 0,6%), но иногда встречаются сильно марганцевые руды (4% Mn), тогда они всегда содержат много фосфора. По содержанию фосфора нек-рые руды можно отнести к бессемеровским (от 0,015 до 0,045%) и небессемеровским (содержание P до 0,4% и более). Серы содержат мало. В С. Америке известны еще залежи руд, лежащие в системе Аппалачских гор, под названием «гематиты Клинтона». Главная добыча идет в штате Алабама (до 4 млн. *т* руды в год). Среднее содержание железа колеблется около 38%. Запас руды исчислен в 500 млн. *т*, вероятный запас в 1,4 млрд. *т*. На острове Belle Island в заливе Conception Bay, недалеко от Нью Фаундленда, известно мощное месторождение гематита с запасом руды в 3,5 млрд. *т*. Руда представляет собой красный железняк с примесью шамуазита (см. ниже); среднее содержание железа ок. 52%, фосфора—ок. 0,9%. В Бразилии около Итабира встречаются разного вида красные железняки (железослюдковые, обломочные, конгломераты и т. п.). В Испании сильно выработаны месторождения Бильбао, и провинции Бискайя. Руда содержит железа от 50 до 58%. В Германии находятся месторождения красного железняка в Гессен-Нассау, на Гарце, в Саксонии. Очень мощное месторождение железного блеска и красного железняка имеется на острове Эльбе; руда содержит 60—66% Fe и 0,05% P_2O_5. В Ал-

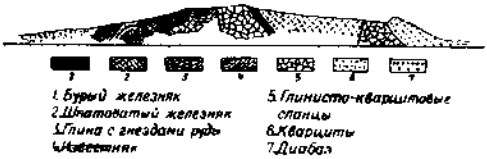
Табл. 3.—Вывоз железной руды из СССР в *т* (по данным Геологич. комитета).*1

Годы	Всего	В том числе в					
		Великобританию	Германию	Голландию	Италию	Польшу	Прочие страны
1913	919 584	59 900	27 034	382 693	—	449 909	48
1922*2	9 225	—	9 225	—	—	—	—
1923*2, *3	13 176	—	6 219	5 941	1 016	—	—
1923/24*3	7 076	—	—	—	—	7 076	—
1924/25	189 349	—	109 325	32 914	35 327	7 457	4 326
1925/26	149 746	7 008	50 519	10 043	39 222	42 954	—

*1 В 1927/28 г. жел. руды вывезено из СССР 428 425 *т* стоимостью 4 527 000 руб. (по 10 р. 57 к. за *т*). Экспортировалась исключительно криворожская руда (5,3% от отгрузки или 6,4% от добычи). По отношению к 1913 г. экспорт 1925/26 г. составил 16,2%. *2 По Европейской границе. *3 1/I—30/IX.

жире известно довольно значительное месторождение железного блеска Filfilah; содержание Fe 52—55%; марганца немного; серы и фосфора очень мало.

II. Руды, содержащие водные окислы железа. К этим рудам относится бурый железняк, или лимонит, $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ (вкладной лист, 5) во всех своих разновидностях. В природе бурый железняк бывает обычно смешан с глиной, кварцем, известняком и пр. Минералами, вносящими в пустую породу вредные примеси, являются: серный колчедан, свинцовый блеск, цинковая обманка, нивианит, апатит и др. Собственно говоря, названием лимонит обычно покрываются различные смеси гидроокисей железа, различающиеся содержанием воды, как например гетит $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, ксантосидерит $Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$, турьит $2Fe_2O_3 \cdot H_2O$ и другие. Цвет бурый, иногда желтый, черта буро-желтая. Известны следующие разновидности бурого железняка: 1) плотный, или обыкновенный—скрытокристаллич. плотного сложения; очень распространен, встречается наряду с красными железняками; 2) бурая стеклянная голова—лучистого и скорлуповатого сложения; 3) бобовая руда,



Фиг. 3.

или оолитовый бурый железняк, встречающийся в виде крупных зерен и стяжений; 4) болотные, луговые и дерновые руды; встречаются на дне болот под дерном в виде рыхлых зернистых отложений, смешанных с глиной, иногда в виде ноздреватых губчатых масс; 5) озерные руды, встречающиеся на дне озер в виде скоплений зерен, лепешек, пластин в смеси с песком; 6) игольчатый и волокнистый бурый железняк, называемый гетитом.

Главное месторождение бурых железняков в СССР находится на Урале—Бакальское месторождение в Златоустовском округе (разрез—фиг. 3). Руда признается лучшей из всех до сих пор известных. Содержание железа до 60%. Вместе с бурым железняком попадается местами шпатовый железняк. Кроме того встречается разновидность, называемая «карандашовой рудой», с содержанием марганца 2—3%. Минералогически эта руда содержит много турьита, часто заключает кристаллы гетита. Общий запас руд—ок. 73 630 000 *m* (данные Геолог. комитета). Южнее Бакальских месторождений есть еще обширная территория (Комаровская, Зигазинская, Инзерская дачи), где многочисленные месторождения бурых железняков очень мало исследованы и только частью использованы (Белорецкими з-дами). Месторождения эти в большинстве случаев гнездового характера, железа содержат от 42 до 56%; руды вполне годны для плавки и представляют прекрасную примесь к магнитным железнякам горы Магнитной, так как имеют иногда чрезвычайно низкое содержание глинозема. Приблизительный запас—15 млн. *m* (по К. Богдановичу). Из бурых железняков Среднего Урала можно указать мощные залежи Алапаевского района. Эти железняки гораздо беднее южно-уральских (42—48% Fe в сухом состоянии); пустая порода глинисто-кремнистая; руды эти мало фосфористы, марганца содержат немного, но заключают нежелательный элемент—хром (от следов до 0,2%). Возможный запас этого месторождения определяется в 265 000 000 *m* (по Михееву). В центральной части России возникли многие заводы в районах нахождения руд—Мальцевские, Липецкий, Кулебакский, Выскунский и друг. Недавно найдены крупные залежи по реке Хопру. В Донецком бассейне месторождения потеряли свое значение, так как здесь руды беднее и хуже криворожских.

Из заграничных месторождений бурых железняков можно упомянуть Бильбао, Мурсию и Альмерию (Испания). Здесь руда заключает много марганца, железа содержит до 55%; подобные же месторождения имеются в Пиренеях. В Англии—в Кумберленде и Ланкашире имеются месторождения смешанного характера—красные железняки переходят местами в бурые. В Алжире встречаются значительные залежи бурых железняков вместе с железными блесками. В Америке наиболее известны руды Алабамы, запасы которых однако сильно истощены. Мощные залежи имеются также на о-ве Кубе (в восточной части острова), которые дают известный под названием «руды Mayari» очень мелкий землистый и сильно глиноземистый бурый железняк, содержащий хром и никель. Анализы бурых железняков приведены ниже в табл. 4.

Оолитовый железняк. У нас в Союзе имеется огромнейшее месторождение оолитового бурого железняка на Керченском полуострове. Руда залегает тремя пластами; верхний и нижний пласты руды (темной) содержат меньше Fe и больше Mn; средний пласт дает лучшую руду (светлую), содержит больше железа (40—43%), а Mn—от 0,5 до 1,3%. Пустая порода руды—кремнисто-глиноземистая; это вызывает при плавке применение известкового флюса. В виду большой гигроскопичности, для прессования в брикеты эта руда требует предварительной просушки. Руда отличается пыленатостью, слабо сцементирована, кусков в ней 20%, что затрудняет плавку. Значительное содержание P требует добавки криворожской (малофосфористой) руды, необходимой также для понижения содержания мышьяка. Запас определен в 900 млн. *m*, а вместе с рудами Таманского полуострова до 3 000 млн. *m* (по К. Богдановичу).

Из заграничных оолитовых железняков известно колоссальное месторождение, почти целиком лежащее на франц. территории (после войны 1914—18 гг.) и захватывающее большую пограничную полосу Германии, Люксембург и отчасти Бельгию. Из руды Minette этого месторождения выплавляется т. наз. томасовский чугун. Содержание железа в ней 25—36%. Во Франции около Мазней (департамент Сены и Луары) разрабатываются оолитовые железняки, содержащие

1

3

5

4

2

6

1. Магнезит $FeO \cdot Fe_2O_3$. 2. Магнезит-кристаллы. 3. Гематит Fe_2O_3. 4. Железный блеск Fe_2O_3. 5. Лимонит $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$. 6. Сидерит.

ТРЕСТ «ГЕОКАРТОФОНД»

Табл. 4.—Анализы бурых железняков (лимонит).

Руды	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Mn_3O_4	MnO	Mn	P	S	Cr	Ni	CO_2	H_2O	Fe
Урал: Бакальская (Казенный участок)	81,94	6,78	5,46	0,48	0,52	2,44	—	—	0,019	Следы	—	—	0,80		57,36
Донецкий бассейн: Каракубская	70,40	12,00	2,05	1,85	0,72	—	1,02	—	0,48	0,23	—	—	10,25		49,20
Ц.-Ч. область: Липецкая	68,25	7,89	6,65	1,43	—	4,75	—	—	0,93	—	—	—	9,04		47,67
Испания: Rubio (Бильбао)	77,85	1,07	—	0,50	—	0,70	—	—	0,02	0,09	—	—	10,40		54,50
Куба: Mayarí (спеченная)	80,90	4,11	12,80	Не определено		—	—	0,71	0,018	?	2,04	0,93	—	2,14	56,53

Табл. 5.—Анализы оолитовых, болотных и озерных руд.

Руды	Fe_2O_3	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Mn_2O_3	MnO	Mn	P	S	As_2O_3	CO_2	H_2O	Fe
Оолитовый бурый железняк															
Керченский бурый железняк темный	60,97	—	13,41	2,60	1,40	0,40	—	2,66	—	1,47	0,03	0,10	16,00		42,68
» » » светлый	62,14	—	15,49	4,52	0,77	?	—	0,92	—	1,53	0,015	0,092	20,00		43,50
Minette—красная из Бельво	57,26	—	16,68	4,05	5,59	0,49	0,10	—	—	1,13	Следы	—	15,03		40,08
» из Люксембурга	51,07	—	6,83	4,61	14,57	0,35	0,67	—	—	0,94	»	—	20,45		35,75
Болотные и луговые руды															
Карельская АССР: Кондушская	46,00	—	10,40	Следы	2,15	Следы	—	—	6,15	1,46	—	—	28,60		32,80
Ленинградский округ: Ириновская	73,20	—	3,32	1,16	0,80	»	—	—	0,18	0,90	0,02	—	21,17		51,19
Германия: с р. Пейне	63,58	—	4,35	3,54	4,63	—	—	—	5,03	1,53	—	—	11,73		44,48
Голландия: Цвола	67,41	—	16,08	?	?	3,04	—	—	2,38	1,34	—	—	12,01		47,14
Озерные руды															
Карельская АССР: Ушноозерская	63,00	—	11,00	2,67	1,04	0,55	—	5,04	—	1,021	—	—	12,50		44,10
» » Сундозерская	61,58	—	10,30	1,54	0,90	0,36	—	2,77	—	0,546	—	—	21,45		43,70
» » Самозерская	62,58	—	17,30	3,51	1,10	0,57	—	2,13	—	1,742	—	—	Не определено		43,80
» » Сегозерская	69,84	—	8,96	5,36	0,25	0,18	—	—	Следы	0,097	—	—	14,34		48,89

ванадий. В Англии очень бедные (25—35%) бурые железняки залегают в Кливленде, Иоркшире и других местах.

Болотные, луговые и дерновые руды. В СССР болотными и луговыми рудами богаты Ленинградская область, Карельская АССР, Тверская, Смоленская и Костромская губернии, Волывский и Тамбовский округа; встречаются они и на Урале. За границей они имеются в южн. Швеции, северной Германии, Бельгии, Голландии, Канаде. Руды эти мелки, рыхлы, очень легко восстановимы. Содержание в них железа колеблется от 25 до 35%, редко больше; фосфора чаще всего содержат в пределах от 0,2 до 2%. Залегание—гнездовое; гнезда рассеяны на больших расстояниях друг от друга.

Озерные руды. Эти руды залегают на дне озер в виде сплошной корки или отдельных слоев. Содержание железа в них меняется от 30 до 40%; иногда они богаты марганцем (8—10%). Особенно много этих руд в Карелии. При дешевом древесном угле руды эти будут иметь промышленное значение для края.

В табл. 5 приведены анализы оолитовых, озерных, болотных и луговых руд.

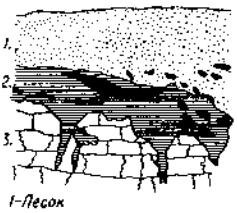
III. Руды, содержащие углекислое железо. Сидерит, или шпатовый железняк, $FeCO_3$ (вкладной лист, 6) кристаллизуется в гексагональной системе (ромбоэдр). Твердость 3,5—4,5; уд. вес 3,7—3,9. Встречается в виде жил и пластов в сопровождении серных, медных и мышьяковых колчеданов, тяжелого шпата, цинковой обманки, свинцового блеска. Кроме того встречается в виде зернистых и оолитовых масс или почковатых, шаровидных стяжений и ядер скорлуповатого сложения (сферосидериты). Сидерит—серого цвета с синеватым оттенком, иногда—бурого цвета. Содержание железа 25—40%.

Углистый железняк (блекбенд) представляет собой шпатовый железняк, проникнутый углистым веществом. Содержание железа 25—30%. Цвет черно-бурый или черный. Уд. вес 2,2—2,8.

В СССР хорошие шпатовые железняки в значительном количестве встречаются в Бакальском месторождении, где они залегают с бурыми железняками.

Из заграничных наиболее известно месторождение в Штирии (гора Эрцберг). Мощность залежи достигает 125 *м*. Руды чистые. Содержание железа 40—45%. В Германии известно Зигенское месторождение, захватывающее часть Вестфалии, Рейнской Пруссии и Нассау. Во Франции—в Аллеваре и Визели (департамент Изер)—мощность жил шпатовых железняков достигает 10 *м*; в Савойе имеется такое же месторождение. Залежи шпатового железняка встречаются еще в Венгрии и в Испании (провинции Мурсин и Альмерия). В США месторождения шпатовых железняков залегают от Западной Пенсильвании до Алабамы.

В СССР гнезда и пропластки сферосидеритов (глинистых сидеритов) весьма распространены в Подмосковном каменноугольном бассейне; к ним относятся залежи близ Липецка (разрез—фиг. 4), Данкова, Тулы и в других местах. Руды эти более или менее фосфористы и небогаты железом (38—45%). В Вятской губернии известны месторождения района Холуницких Омутнинских з-дов (старейшие чугунолитейные з-ды округа—Климковский, 1762 г., Залазнинский, 1771 г.). Рудоносные пласты и гнезда залегают в пермских отложениях, в т. н. рудной земле. Руда представляет собою глинистый шпатовый железняк в смеси с лимонитом в верхних частях залежи. В центральной части РСФСР имеются в огромном количестве гнездообразные залежи малой мощности, разбросанные на большой площади, что и обесценивает промышленное значение этих руд, запасы которых подсчитаны К. Богдановичем в колоссальной цифре 789 млн. *т*.



1-Песок
2-Глина с гнездами бурого железняка
3-Известняк

Фиг. 4.

В Польше известны Ченстоховские месторождения сферосидеритов. В Кливленде имеются мощные залежи глинистых железняков оолитового сложения с содержанием железа 30—35%; ежегодно добывается их около 6 млн. *т*. В Германии находятся сферосидериты в бассейне р. Рур, в районе Эссена и Бохума.

В табл. 6 приведены анализы руд, содержащих углекислое железо.

IV. Руды, содержащие кремнекислую соль железа. К ним относятся: 1) шамуазит, $3(2FeO \cdot SiO_2) \cdot (6FeO \cdot Al_2O_3) \cdot 12H_2O$; цвет его зеленовато-серый, сложение мелкозернистое, твердость около 3, уд. вес 3—3,4; содержание железа до 45%; месторождение во Франции, в долине р. Шамуази; кроме того он встречается в Богемии; шамуазит как примесь входит в количестве 23% в состав красного железняка одного из величайших месторождений острова Belle Island; 2) кнебелит—теоретический состав: $(Mn, Fe)_2SiO_4$; цвет красноватый или же буровато-серый; уд. вес кнебелита около 3,7; встречается в Швеции; промышленного значения как руда не имеет.

V. Суррогаты Ж. р. Под этим названием подразумеваются соединения заводского или фабричного происхождения, богатые железной рудой, из к-рых можно с выгодой извлекать железо. К этой группе относятся шлаки переделочных производств, пудлинговые и кричные шлаки. Общее содержание в них железа обычно колеблется от 50 до 60%. Томасовские шлаки применяются иногда в доменной плавке для обогащения чугуна фосфором. Часто в плавку поступают «огарки», или «сгарки», серных колчеданов, идущих для получения серной кислоты. В Америке переплавляют остатки франклинита после извлечения из него цинка. Анализы суррогатов железных руд приведены в табл. 7.

Запасы железных руд в СССР определены в количестве 2 727,2 млн. *т*; распределение их см. в табл. 8.

Мировые запасы (225,4 млрд. *т*) по частям света приведены в табл. 9.

Табл. 6.—Анализы шпатовых железняков, сидеритов, углекислых и глинистых железняков.

Руды	Fe_2O_3	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Mn_3O_4	MnO	P	S	As_2O_3	C	H_2O	CO_2	Fe
Шпатовые железняки															
Бакальская Ельничная руда, обожженная	82,25	—	6,20	4,41	1,32	1,36	2,39	—	0,017	0,024	—	—	1,52		57,85
» » » »	85,70	—	7,01	1,22	0,31	Следы	2,54	—	0,028	0,021	—	—	3,82		60,00
Штирия: Гора Эрцберг, сырая	28,36	22,87	9,26	4,29	4,65	2,60	—	1,36	0,08	0,04	0,01	—	3,78	21,20	37,64
» » обожженная	73,00	—	11,00	2,50	5,30	4,75	4,00	—	0;03	?	Не опр.	—	Не определено		51,10
Зиген из Штальберга »	62,65	—	12,90	1,70	1,50	3,60	12,20	—	Не определено		—	—	—	—	43,87
Франция: Изер, сырая	50,50	—	1,00	—	1,70	0,70	8,00	—	—	—	—	—	38,10		35,35
Сидериты, углистые и глинистые железняки															
Коровский рудник	45,60	—	6,08	12,25	3,87	2,76	1,10	—	?	0,108	—	—	32,16		31,90
Выксунский з-д, Монастырский рудник, сырая	1,02	54,22	2,35	0,51	2,14	0,31	1,57	—	?	—	—	—	32,35		42,89
Кливленд: Истон (глинистый железняк)	1,93	35,37	10,22	6,95	6,63	3,73	—	1,00	0,50	0,10	—	—	11,04	22,02	28,85
Стаффордшайр: углистый железняк	—	34,71	4,56	2,85	5,02	1,20	—	?	?	0,34	—	22,70	1,44	26,77	27,00
Вестфалия: углистый железняк	—	39,36	9,77	5,22	2,70	2,00	—	0,08	0,414	0,32	—	9,61	—	27,04	30,70

Табл. 7.—Анализы суррогатов железных руд.

Суррогаты руд	Fe_2O_3	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	Mn	P	S	Cu	Zn	Pb	Sb	As	H_2O	Fe
Кричный шлак Н.-Тагильского завода	—	78,92	5,73	1,80	1,35	Следы	5,75	—	0,05	0,04	0,02	—	—	—	—	—	61,56
Пудлинговый шлак Силезского з-да	—	—	13,26	3,15	0,96	0,61	—	3,29	2,12	0,50	—	—	—	—	—	—	50,09
Сварочный шлак Н.-Тагильского завода	23,61	51,55	21,33	3,79	Следы	—	?	—	?	?	?	—	—	—	—	—	56,73
Шлак калильных печей Путиловского завода	69,27	—	26,60	2,92	0,68		0,24	—	0,10	0,08	—	—	—	—	—	—	48,49
Молотобойни завода St.-Chamond	80,60	7,15	12,2	5,10	0,60	—	?	—	0,88	0,58	—	—	—	—	—	—	62,00
Остатки от обжига серного колчедана: В.-Силезских заводов	—	—	4,67	1,82	0,46	0,12	0,05	—	0,01	0,55	0,04	0,24	0,15	0,06	0,05	?	63,82
Вестфальских »	71,10	0,36	6,00	1,40	0,35	0,25	—	0,086	0,011	0,76	—	—	—	—	0,36	16,61	50,01
Rio-Tinto (Purple-ore)	—	—	6,60	3,30	0,30	0,20	—	0,10	0,03	0,33	0,25	0,10	0,51	—	—	20,10	61,60

Табл. 8.—Запасы железных руд в СССР.

Местность	Запасы в млн. *m*	Местность	Запасы в млн. *m*
Северные и центральные районы	789,0	Керченский полуостров	900,0
Кавказ	13,0	Сибирь и Д.-В. край	86,0
Урал	539,2		
Кривой Рог	420,0	Всего	2 727,2

Табл. 9.—Мировые запасы железных руд (в млрд. *m*).

Части света	По определению XI Междунар. конгресса 1910 г.	По O. R. Kuhn (в начале 1928 г.)
Европа	53,1	39,4
Америка	91,7	146,8
Азия	0,7	26,1
Африка	0,1	11,3
Австралия	0,2	1,8
Всего	145,8	225,4

Добыча железной руды в Европе и мировая добыча за 1913 и 1925 годы видны из табл. 10 и 11.

Табл. 10.—Добыча железной руды в Европе (в млн. *m*).

Государства	1913 г.	1925 г.
СССР	9,2	2,2
Великобритания	16,3	10,3
Франция	21,9	35,7
Люксембург	7,3	6,7
Германия	28,6	5,4
Швеция	7,5	8,2
Испания	9,9	4,5
Австрия	3,0	1,0
Венгрия	2,1	0,1
Прочие	2,2	2,6
Всего	108,0	76,7

Табл. 11.—Мировая добыча железной руды (в млн. *m*).

Части света	1913 г.	1925 г.
Европа	107,9	76,6
Америка	66,2	64,5
Азия	1,6	3,1
Африка	1,9	2,5
Австралия	0,1	0,8
Всего	177,7	147,5

Лит.: Андрусов Н., Геотектоника Керченского полуострова, «Материалы для геологии России», т. 16, СПБ, 1893; Богданович К. И., Рудные месторождения, т. 2, СПБ, 1913; его же, Жел. руды России, СПБ, 1911; его же, Железо в России, П., 1920; Бублейников Ф. Д., Железорудная и марганцевая промышленность, М.—Л., 1926; Вернадский В., Опыт описательной минералогии, т. 1—Самородные элементы, стр. 162, СПБ, 1908; Георгиев, Разведки озерных руд Олонецкого горного округа, «Труды I Всерос. съезда деятелей по практич. геологии и разведочному делу, состоявшегося 8—16 февр. 1903 г.», СПБ, 1908; «Годовой обзор минеральных ресурсов СССР 1926/27», Л., 1929; Заварицкий А. Н., Гора Магнитная и ее месторождения жел. руд, Л., 1927; его же, О жел. рудах Бакальских месторождений на Южном Урале, «Вестник Геологич. комитета», Л., 1925/26, *4*; Липин В. Н., Металлургия чугуна, железа и стали, 2 изд., т. 1, Л., 1925; Михеев Н. С., Еще об Алапаевском месторождении жел. руд, «Уральский техник», Свердловск, 1927, *5*; Мухин В. Г., Классификация и качество жел. руд Криворожского района, «ГЖ», 1926, *2*; Павлов М. А., Металлургия чугуна, Л., 1924; Пятницкий П. П., Генетич. отношение Криворожских рудных месторождений, «Труды Института прикладной минералогии и петрографии», ч. 1, М., 1924, вып. 9, ч. 2, 1925, вып. 17; его же, К вопросу о разведках на жел. и марганц. руды Днепровской Кристаллич. площади в пределах Криной Рог—Корсак-Могила, «Поверхность и недра», Л., 1927, *11/12*; Танатар И. И., Нек-рые соображения о генезисе криворожских жел. руд и включающих их железистых кварцитов, «Южный инженер», Харьков, 1916, стр. 152—161; его же, К вопросу о генезисе криворожских жел. руд, там же, 1917, стр. 1—4; его же, Новые данные по петрографии криворожских жел. руд и вмещающих кварцитов, «Инж. работник», Днепропетровск, 1925; его же, О несогласном залегании полосатых железистых кварцитов и глинистых сланцев в Криворожском железорудном бассейне, там же, 1926, *4*; Тибо-Бриньоль П. И., Гора Магнитная, ее технич. характер и эксплоатац. перспективы, «Уральский технik», Свердловск, 1926, *5/6*, *7*; Фаас А. В., Месторождения жел. руды в районе Кривого Рога и реки Желтой, «Материалы по общей и прикладной геологии», Л., 1926, вып. 29; Федоровский Н. М., Минералы в промышленности и сельском хозяйстве, 2 изд., Л., 1927; Пафф-Фенгольц К. Н., Дашкесан и Заглик. Месторождения магнитного железняка и кварцевого камня в Ганджинском у. Азербайджанской ССР, Л., 1928; Beck R., Lehre v. d. Erzlagerstätten, B. 1—2, B., 1909; Cayeux L. Les minérais de fer oolithiques de France, fascicule 1—Minérais de fer primaires, P., 1909; de Launay L., Gîtes minéraux et métallifères, t. 1—3, P., 1913; Einecke G. u. Köhler W., Die Eisenerzvorräte d. deutschen Reichs, «Archiv f. Lagerstätten-Forschungen» hrsg. v. kgl. Preuss. geolog. Landesamt, Stuttgart, 1910; Gruner J. W., Magnetite—Martite—Hematite, «Economic Geology», Urbana, 1926, v. 21, *4*; Hayes, Iron Ores of the U.S., «U. S. Geolog. Survey, Bull.», Wsh., 1909, *394*; Iron Ore Resources of the World, «XI Intern. Geolog. Congress in Stockholm», New York, 1910; Krenkel E., Die Eisenerze Europas, «Die Naturwissenschaft», B., 1926, H. 10; «The Mineral Industry during 1926», ed. by G. A. Roush, v. 35, N. Y., 1927. **Н. Федоровский.**

ЖЕЛЕЗНЫЙ СУРИК, минеральная краска, состоящая из окиси железа и небольшого количества глины, получаемая измельчением и отмучиванием природных железных руд, причем, при фабрикации высших сортов краски, руды предварительно кальцинируют для удаления конституционной воды. Цвет Ж. с. зависит: 1) от сорта руды, 2) от содержания посторонних примесей (глины, песка и др. пустых пород) и 3) от t° прокаливания; поэтому Ж. с. в порошке бывает темнокоричневого тона с красноватым оттенком, доходящим иногда до черно-синего. Дешевые сорта натурального Ж. с. фальсифицируют примесью тяжелого шпата, мела, песка, глины, мумии, болюса и т. п. Степень измельчения подобных сортов ниже, чем у натурального Ж. с. В продаже имеется искусственный Ж. с., к-рый вырабатывают из колчедановых огарков, остающихся в качестве побочного продукта при производстве серной к-ты; от натурального сурика искусственный Ж. с. отличается фиолетовым цветом, к-рый приобретают железные колчеданы при сильном прокаливании. Для изготовления масляной краски искусственный Ж. с. непригоден, т. к. содержит растворимые сернокислые соли, к-рые под влиянием атмо-

сферных осадков разлагающе действуют на краску и способствуют образованию ржавчины на покрашенных частях. За границей в последнее время при изготовлении искусственного Ж. с. его нейтрализуют и освобождают от растворимых сернокислых солей.

Ж. с. применяется в малярном деле; будучи смешан с олифой, он дает прочную масляную краску, хорошо сопротивляющуюся атмосферным влияниям и морской воде, почему и применяется для окраски подводных частей судов. Ж. с. принадлежит к числу укрывистых красок. При приемке Ж. с. к нему предъявляют следующие требования: 1) Ж. с. должен быть в виде тонкого порошка, темнокоричневого цвета с красноватым оттенком, с незаметной наощупь зернистостью; 2) не должен содержать следов свободной серной к-ты или растворимых сернокислых солей, что испытывается синей лакмусовой бумажкой или хлористым барием; 3) должен содержать окиси железа не менее 80%; 4) должен не менее чем на 95% растворяться в соляной к-те уд. веса 1,125; 5) 1 *кг* Ж. с. должен поглощать 5 *кг* олифы, причем краска должна оставаться хорошо укрывистой. **С. Михайлов.**

Лит.: см. Краски минеральные.

ЖЕЛЕЗО, Fe, химич. элемент, ат. в. 55,84, порядковый номер 26; расположен в VIII группе периодич. системы в одном ряду с кобальтом и никелем, $t°_{пл.}$ 1 529°, $t°_{кип.}$ 2 450°; в твердом состоянии имеет синевато-серебристый цвет. В свободном виде Ж. встречается лишь в метеоритах, к-рые однако содержат примеси Ni, P, C и других элементов. В природе соединения Ж. широко распространены повсеместно (почва, минералы, гемоглобин животных, хлорофил растений), гл. обр. в виде окислов, гидратов окислов и сернистых соединений, а также углекислого Ж., из к-рых и состоит большинство *железных руд* (см.). Химически чистое Ж. получается путем нагревания щавелекислого Ж., причем при 440° сначала получается матовый порошок закиси Ж., обладающий способностью воспламеняться на воздухе (т. наз. пирофорическое Ж.); при последующем восстановлении этой закиси образовавшийся порошок приобретает серый цвет и теряет пирофорич. свойства, переходя в металлич. Ж. При восстановлении закиси Ж. при 700° Ж. выделяется в виде мелких кристаллов, к-рые затем сплавляются в вакууме. Другой способ получения химически чистого Ж. состоит в электролизе раствора солей Ж., напр. $FeSO_4$ или $FeCl_2$ в смеси с $MgSO_4$, $CaCl_2$ или NH_4Cl (при $t°$ выше 100°). Однако при этом Ж. окклюдирует значительное количество электролитич. водорода, вследствие чего приобретает твердость. При прокаливании до 700° водород выделяется, и Ж. становится мягким и режется ножом, как свинец (твердость по шкале Моса—4,5). Весьма чистое Ж. может быть получено алюминотермич. путем из чистой окиси Ж. (см. *Алюминотермия*). Хорошо образованные кристаллы Ж. встречаются редко. В полостях больших кусков литого Ж. иногда образуются кристаллы октаэдрич. формы. Характерным свойством Ж. является его размягчаемость, тягучесть и ковкость при температуре, значительно более низкой, чем $t°_{пл.}$ При действии на железо крепкой азотной кислоты (не содержащей низших окислов азота), железо покрывается налетом окислов и становится нерастворимым в азотной кислоте.

Соединения железа.

Легко соединяясь с кислородом, Ж. образует несколько окислов: FeO—закись Ж., Fe_2O_3—окись Ж., FeO_3—ангидрид железной к-ты и FeO_4—ангидрид наджелезной к-ты. Кроме того Ж. образует еще окисел смешанного типа Fe_3O_4—закись-окись Ж., т. н. железную окалину. В сухом воздухе однако Ж. не окисляется; ржавчина представляет собой водные окислы Ж., образующиеся при участии влаги воздуха и CO_2 (см. *Коррозия металлов*). Закиси Ж. FeO соответствует гидрат $Fe(OH)_2$ и целый ряд солей двухвалентного Ж., способных при окислении переходить в соли окиси Ж. Fe_2O_3 в которой Ж. проявляет себя в качестве трехвалентного элемента; на воздухе гидрат закиси Ж., отличающийся сильными восстановительными свойствами, легко окисляется, переходя в гидрат окиси Ж. Гидрат закиси Ж. слабо растворяется в воде, и раствор этот имеет явственно щелочную реакцию, свидетельствующую об основном характере двухвалентного Ж. Окись Ж. встречается в природе (см. *Железный сурик*), искусственно же м. б. получена в виде красного порошка при прокаливании железного порошка и при обжигании серного колчедана для получения сернистого газа (см. *Железные руды*). Безводная окись Ж. Fe_2O_3 м. б. получена в двух модификациях, причем переход одной из них в другую происходит при нагревании и сопровождается значительным выделением тепла (самопрокаливанием). При сильном прокаливании Fe_2O_3 выделяет кислород и переходит в магнитную закись-окись Fe_3O_4. При действии щелочей на растворы солей трехвалентного Ж. выпадает осадок гидрата $Fe_4O_9H_6(2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O)$; при кипячении его с водой образуется гидрат $Fe_2O_3 \cdot H_2O$, трудно растворяющийся в кислотах. Ж. образует соединения с различными металлоидами: с C, P, S, с галоидами, а также и с металлами, напр. с Mn, Cr, W, Cu и др.

Соли Ж. разделяются на закисные—двухвалентного Ж. (ферро-соли) и на окисные—трехвалентного Ж. (ферри-соли).

Соли закисного железа. Хлористое Ж., $FeCl_2$, получается при действии сухого хлора на Ж., в виде бесцветных листочков; при растворении Ж. в HCl хлористое Ж. получается в виде гидрата $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ и применяется в виде водных или спиртовых растворов в медицине. Иодистое Ж., FeJ_2, получается из Ж. и иода под водой в виде зеленых листочков и применяется в медицине (Sirupus ferri jodati); при дальнейшем действии иода образуется FeJ_3 (Liquor ferri sesquijodati).

Сернокислое закисное Ж., железный купорос, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (зеленые кристаллы), образуется в природе в результате окисления пирита и серных колчеданов; эта соль образуется также в качестве

побочного продукта при производстве *квасцов* (см.); при выветривании или при нагревании до 300° переходит в белую безводную соль—$FeSO_4$; образует также гидраты с 5, 4, 3, 2 и 1 частицами воды; легко растворяется в холодной воде (в горячей до 300%); раствор имеет кислую реакцию вследствие гидролиза; на воздухе окисляется, особенно легко в присутствии другого окисляющегося вещества, напр. щавелекислых солей, которые $FeSO_4$ вовлекает в сопряженную реакцию окисления (см. *Сопряженные реакции*); обесцвечивает $KMnO_4$; при этом процесс протекает по следующему ур-ию:

$$2\,KMnO_4 + 10\,FeSO_4 + 8\,H_2SO_4 = 2\,MnSO_4 + K_2SO_4 + 5\,Fe_2(SO_4)_3 + 8\,H_2O.$$

Для этой цели однако применяется более постоянная на воздухе двойная соль Мора $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6\,H_2O$. Железный купорос применяется в газовом анализе для определения окиси азота, поглощаемой раствором $FeSO_4$ с образованием окрашенного в темнобурый цвет комплекса $(FeNO)SO_4$, а также для получения чернил (с дубильными кислотами), в качестве протравы при крашении, для связывания зловонных газов (H_2S, NH_3) в отхожих местах и т. д.

Закисные соли Ж. применяются в фотографии благодаря их способности восстанавливать серебряные соединения на скрытом (латентном) изображении, запечатлевшемся на фотографической пластинке (см. *Проявители*).

Углекислое Ж., $FeCO_3$, встречается в природе в виде сидерита или железного шпата; получаемое осаждением водных растворов закисных солей Ж. карбонатами углекислое Ж. легко теряет CO_2 и окисляется на воздухе до Fe_2O_3. Бикарбонат Ж., $H_2Fe(CO_3)_2$, растворим в воде и встречается в природе в железистых источниках (см. *Вода*), из которых, окисляясь, выделяется на поверхности земли в виде гидрата окиси Ж., $Fe(OH)_3$, переходящего в бурый железняк.

Фосфорнокислое Ж., $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$, белый осадок; встречается в природе слегка окрашенный, вследствие окисления Ж., в голубой цвет, в виде вивианита.

Соли окисного железа. Хлорное Ж., $FeCl_3$ (Fe_2Cl_6), получается при действии избытка хлора на Ж. в виде гексагональных красных табличек; хлорное Ж. на воздухе расплывается; из воды кристаллизуется в виде $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (желтые кристаллы); растворы имеют кислую реакцию (см. *Гидролиз*); при диализе постепенно гидролизуется почти до конца с образованием коллоидного раствора гидрата $Fe(OH)_3$ (см. *Коллоиды*). $FeCl_3$ растворяется в спирте и в смеси спирта с эфиром, при нагревании $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ разлагается на HCl и Fe_2O_3; применяется в качестве протравы и в качестве кровоостанавливающего средства (Liquor ferri sesquichlorati).

Бромистое Ж. см. *Брома соединения*.

Сернокислое окисное железо, $Fe_2(SO_4)_3$, в безводном состоянии имеет желтоватый цвет, в растворе сильно гидролизуется; при нагревании раствора выпадают основные соли; железные квасцы, $MFe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, M—одновалентный щелочный металл; лучше всех кристаллизуются аммонийные квасцы, $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12\,H_2O$.

Окисел Ж., FeO_3—ангидрид железной кислоты как и гидрат этого окисла H_2FeO_4—железная к-та—в свободном состоянии не м. б. получены в виду их крайней непрочности; но в щелочных растворах могут существовать соли железной к-ты, ферраты (например K_2FeO_4), образующиеся при накаливании железного порошка с селитрой или $KClO_3$. Известна также малорастворимая бариевая соль железной к-ты $BaFeO_4$; т. о. железная к-та в нек-рых отношениях весьма напоминает серную и хромовую к-ты. В 1926 г. Горалевичем были описаны соединения окисла восьмивалентного Ж.—н а д железного ангидрида FeO_3, полученные при сплавлении Fe_2O_3 с селитрой или бертолетовой солью в виде калиевой соли наджелезной кислоты K_2FeO_5; FeO_4—газообразное вещество, не образующее с водой наджелезной к-ты H_2FeO_5, которая однако может быть выделена в свободном состоянии разложением к-тами соли K_2FeO_5. Бариевая соль $BaFeO_5 \cdot 7H_2O$, а также кальциевая и стронциевая соли получены Горалевичем в виде неразлагающихся белых кристаллов, выделяющих лишь при 250—300° воду и при этом зеленеющих.

Ж. дает соединения: с азотом—азотистое Ж. (нитрид), Fe_2N, при нагревании порошка Ж. в струе NH_3, с углеродом—карбид, Fe_3C при насыщении в электрич. печи Ж. углем. Кроме того изучен целый ряд соединений Ж. с окисью углерода—карбонилы Ж., наприм. пентакарбонил, $Fe(CO)_5$—слегка окрашенная жидкость с $t°_{кип.}$ около 102,9° (при 749 *мм*, удельный вес 1,4937), затем оранжевое твердое тело $Fe_2(CO)_9$, нерастворимое в эфире и хлороформе, с удельным весом 2,085.

Большое значение имеют цианистые соединения Ж. Кроме простых цианидов $Fe(CN)_2$ и $Fe(CN)_3$, Ж. образует целый ряд комплексных соединений с цианистыми солями (см. *Цианистые соединения*), как например соли железистосинеродистой к-ты $H_4Fe(CN)_6$, (см. *Кровяная соль* желтая) и соли железосинеродистой к-ты $H_3Fe(CN)_6$, например красная кровяная соль, к-рые в свою очередь вступают в реакции обменного разложения с солями закисного и окисного Ж., образуя окрашенные в синий цвет соединения—*берлинскую лазурь* (см.) и *турнбуллову синь* (см.). При замене в солях железистосинеродистой кислоты $H_4Fe(CN)_6$ одной группы CN на одновалентные группы (NO, NO_2, NH_3, SO_3, CO) образуются прусс-соли, например нитропруссид натрия (нитрожелезистосинеродистый натрий) $[Fe(CN)_5NO]Na_2 \cdot 2H_2O$, получаемый действием дымящей HNO_3 на $K_4Fe(CN)_6$, с последующей нейтрализацией содой, в виде рубиново-красных кристаллов, отделяемых кристаллизацией от образующейся одновременно селитры; соответствующая нитрожелезистосинеродистая кислота $H_2[Fe(CN)_5NO]$ кристаллизуется также в виде темнокрасных кристаллов. Нитропруссид натрия применяется в качестве чувствительного реактива на сероводород и сернистые металлы, с к-рыми он дает кроваво-красное, переходя-

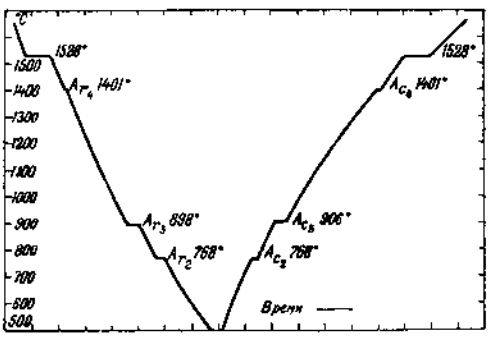
щее затем в синее, окрашивание. При действии медного купороса на нитропруссид натрия образуется бледнозеленый нерастворимый в воде и в спирте осадок, применяемый для испытания эфирных масел.

Аналитически Ж. обнаруживается действием на его соли, в щелочном растворе, желтой кровяной соли. Соли трехвалентного Ж. образуют при этом синий осадок берлинской лазури. Соли двухвалентного Ж. образуют синий осадок турнбулловой сини при действии на них красной кровяной соли. С роданистым аммонием NH_4CNS соли трехвалентного Ж. образуют растворимое в воде с кроваво-красным окрашиванием роданoвое железо $Fe(CNS)_3$; с таннином соли окисного железа образуют чернила. Относительно методов количественного определения Ж. см. *Сталь*. Интенсивной окраской отличаются также и медные соли железистосинеродистой к-ты, к-рые находят себе применение (увахромовый метод) в *цветной фотографии* (см.). Из соединений Ж., применяемых в медицине, кроме упомянутых галоидных соединений Ж. имеют значение: металлич. Ж. (F. hydrogenio reductum), лимоннокислое Ж. (F. citricum—20% Fe), экстракт яблочнокислого Ж. (Extractum ferri pomatum), железный альбуминат (Liquor ferri albuminatum), ферратин—белковое соединение с 6% Ж.; ферратоза—раствор ферратина, карниферрин—соединение Ж. с нуклеином (30% Fe); ферратоген из нуклеина дрожжей (1% Fe), гематоген—70%-ный раствор гемоглобина в глицерине, гемол—гемоглобин, восстановленный цинковой пылью.

Лит.: Менделеев Д. И., Основы химии, т. 1—2, 9 изд., М.—Л., 1927—28; Ullm. Enz., B. 4, p. 325; Handb. d. anorgan. Chemie, hrsg. v. R. Abegg u. Fr. Auerbach, B. 4, Lp z., 1924—23. **Б. Баркенгейм.**

Физические свойства Ж.

Имеющиеся в литературе числовые данные, характеризующие различные физич. свойства Ж., колеблются вследствие трудности получения Ж. в химически чистом состоянии. Поэтому наиболее достоверными



Фиг. 1.

являются данные, полученные для электролитич. Ж. (см. *Железо* электролитическое), в к-ром общее содержание примесей (C, Si, Mn, S, P) не превышает 0,01—0,03%. Приводимые ниже данные в большинстве случаев и относятся к такому железу. Для него $t°_{пл.}$ равна 1 528°±3° (Руер и Клеспер, 1914 г.), а $t°_{кип.} \cong 2\,450°$.

В твердом состоянии Ж. существует в четырех различных модификациях—α, β, γ и δ, для которых довольно точно установлены следующие температурные пределы:

	При охлаждении	При нагревании
δ-Fe	1 528—1 401°	1 401—1 528°
γ-Fe	1 401— 898°	906—1 401°
β-Fe	898— 768°	768— 906°
α-Fe	Ниже 768°	До 768°

Переход Ж. из одной модификации в другую обнаруживается на кривых охлаждения и нагревания критическими точками, для которых приняты следующие обозначения:

Превращения при охлаждении		Превращения при нагревании	
$\delta \to \gamma$	A_{r_4} (1 401°)	$\gamma \to \delta$	A_{c_4} (1 401°)
$\gamma \to \beta$	A_{r_3} (898°)	$\beta \to \gamma$	A_{c_3} (906°)
$\beta \to \alpha$	A_{r_2} (768°)	$\alpha \to \beta$	A_{c_2} (768°)

Указанные критич. точки представлены на фиг. 1 схематическими кривыми нагревания и охлаждения. Существование модификаций δ-, γ- и α-Fe считается в настоящее время бесспорным, самостоятельное же существование β-Fe оспаривается вследствие недостаточно разкого отличия его свойств от свойств α-Fe. Все модификации Ж. кристаллизуются в форме куба, причем α, β и δ имеют пространственную решетку центрированного куба, а γ-Fe—куба с центрированными гранями. Наиболее отчетливые кристаллографич. характеристики модификации Ж. получены на рентгеновских спектрах, как это представлено на фиг. 2 (Вестгрин, 1929 г.). Из приведенных рентгенограмм следует, что для α-, β- и δ-Fe линии рентгеновского спектра одни и то же; они соответствуют решетке центрированного куба с параметрами 2,87, 2,90 и 2,93 A, а для γ-Fe спектр соответствует решетке куба с центрированными гранями и параметрами 3,63—3,68 A.

Фиг. 2.

Уд. вес Ж. колеблется в пределах от 7,855 до 7,864 (Кросс и Гилль, 1927 г.). При нагревании уд. вес Ж. падает вследствие теплового расширения, для которого коэф-ты увеличиваются с $t°$, как показывают данные табл. 1 (Дризен, 1914 г.).

Табл. 1.—Коэфициенты линейного расширения железа.

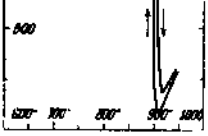
Средние коэф-ты линейного расширения $\frac{\lambda}{l_0(t°-20)} \cdot 10^8$		Истинные коэф-ты линейного расширения $\frac{l_2-l_1}{l_1(t_2-t_1)} \cdot 10^8$	
$t°$-ные интервалы	Значения коэф.	$t°$-ные интервалы	Значения коэф.
20— 100°	1 166	20— 100°	1 166
20— 200°	1 232	100— 200°	1 293
20— 300°	1 302	200— 300°	1 423
20— 400°	1 365	300— 400°	1 534
20— 500°	1 422	400— 500°	1 627
20— 600°	1 464	500— 600°	1 664
20— 700°	1 501	600— 700°	1 703
20— 800°	1 467	700— 800°	1 212
20— 900°	1 314	800— 900°	— 589
20—1 000°	1 335	900—1 000°	+2 218

Понижение коэф-тов расширения в интервалах 20—800°, 20—900°, 700—800° и 800—900° объясняется аномалиями в расширении при переходе через критич. точки A_{c_3} и A_{c_2}. Этот переход сопровождается сжатием, особенно резко выраженным в точке A_{c_3}, как показывают кривые сжатия и расширения на фиг. 3. Плавление Ж. сопровождается расширением его на 4,4% (Гонда и Энда, 1926 г.). Теплоемкость Ж. довольно значительна по сравнению с другими металлами и выражается для разных $t°$-ных интервалов величинами от 0,11 до 0,20 cal, как показывают данные табл. 2 (Обергоффер и Гроссе, 1927 г.) и построенная на основании их кривая (фиг. 4).

Табл. 2.—Теплоемкость железа при разных температурных интервалах.

Температурн. интервалы	0—100°	0—200°	0—300°	0—400°	0—500°	0—600°	0—700°	0—800°	0—900°	0—906°
Средние теплоемкости	0,1107	0,1167	0,1215	0,1275	0,1337	0,1417	0,1515	0,1660	0,1650	0,1724
Температурн. интервалы	0—1 000°	0—1 100°	0—1 200°	0—1 300°	0—1 400°	0—1 401°	0—1 500°	0—1 528°	0—1 600°	—
Средние теплоемкости	0,1700	0,1688	0,1660	0,1645	0,1632	0,1650	0,1650	0,2071	0,2043	—

В приведенных данных превращения A_2, A_3, A_4 и плавление Ж. обнаруживаются настолько отчетливо, что для них легко вычисляются тепловые эффекты: A_3...+6,765 cal, A_4...+2,531 cal, плавление железа... −64,38 cal (по С. Умино, 1926 год. −69,20 cal).



Фиг. 3.

Железо характеризуется приблизительно в 6—7 раз меньшей теплопроводностью, чем серебро, и в 2 раза меньшей, чем алюминий; а именно, теплопроводность Ж. равняется при 0° — 0,2070, при 100°—0,1567, при 200°—0,1357 и при 275°—0,1120 cal/*см*·*сек*.·°C. Наиболее характерными свойствами железа являются магнитные, выражаемые целым рядом магнитных констант, получаемых при полном цикле намагничивания железа. Эти константы для электролитич. Ж. выражаются следующими значениями в гауссах (Гумлих, 1909 и 1918 гг.):

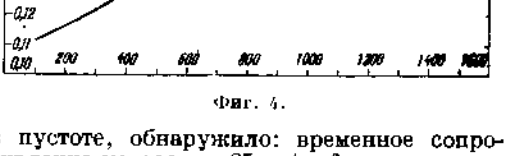
Магнитное поле, $H=150$	150
Максим. магнитная индукция	18 870
Магнитная индукция при $H=100$	18 050
Максим. магнитная проницаемость	14 600
Остаточный магнетизм	10 850
Коэрцитивное напряжение	0,375
Потери на гистерезис в эргах на *см*³	21 632

При переходе через точку A_{c_2} ферромагнитные свойства Ж. почти исчезают и м. б. обнаружены только при очень точных магнитных измерениях. Практически β-, γ- и δ-модификации считаются немагнитными. Электропроводность для железа при 20° равняется R^{-1}мо *м*/*мм*² (где R—электрическое сопротивление железа, равное 0,099 Ω *мм*²/*м*). Температурный коэфициент электросопротивления $a_{0-100°}\times10^5$ колеблется в пределах от 560 до 660, где

$$a_{0-100°}=\frac{1}{R_0}\cdot\frac{R_{100}-R_0}{100}.$$

Холоднаи обработка (прокатка, ковка, протяжка, штамповка) очень заметно отражается на физич. свойствах Ж. Так, %-ное изменение их при холодной прокатке выражается следующими цифрами (Геренс, 1911 г.): коэрцитивное напряжение +323%, магнитный гистерезис +222%, электросопротивление +2%, уд. вес −1%, магнитная проницаемость—65%. Последнее обстоятельство делает понятными те значительные колебания физич. свойств, которые наблюдаются у разных исследователей: к влиянию примесей нередко присоединяется еще и влияние холодной механич. обработки.

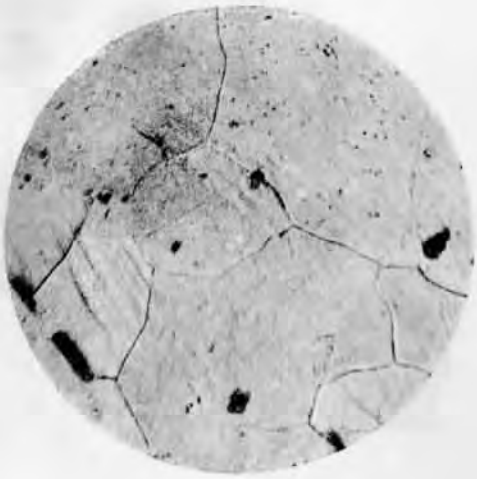
О механич. свойствах чистого Ж. известно очень мало. Электролитич. Ж., сплавленное



Фиг. 4.

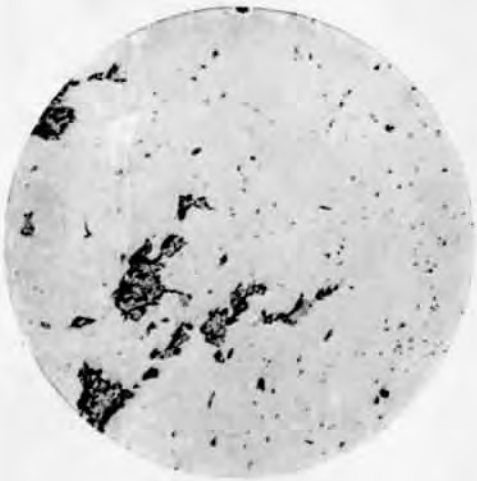
в пустоте, обнаружило: временное сопротивление на разрыв 25 *кг*/*мм*², удлинение—60%, сжатие поперечного сечения — 85%, твердость по Бринелю—от 60 до 70.

Структура Ж. находится в зависимости от содержания в нем примесей (хотя бы и в незначительных количествах) и предварительной обработки материала. Микроструктура Ж., как и других чистых металлов, состоит из более или менее крупных зерен (кристаллитов), носящих здесь название феррита (вкл. лист, *1*). Размеры и резкость их очертаний зависят гл. обр. от скорости охлаждения Ж.: чем последняя меньше, тем больше развиты зерна и тем резче их контуры. С поверхности зерна бывают окрашены чаще всего неодинаково вследствие неодинаковой кристаллографич. ориентировки их и неодинакового травящего действия реактивов по разным направлениям в кристалле. Нередко зерна бывают вытянуты в одном на-



1

2



3

4

1. Зерна феррита в железе, × 300. 2. Зерна феррита с линиями Неймана на поверхности зерен, × 300. 3. Поперечный разрез круглого прута сварочного железа с включениями шлака. 4. Продольный разрез котельного пудлингового железа с включениями шлака.

ТРЕСТ „ГЕОКАРТПРОМ"

правлении в результате механич. обработки. Если обработка происходила при невысоких $t°$, то на поверхности зерен появляются линии сдвигов (линии Неймана), как результат скольжения отдельных частей кристаллитов по плоскостям их спайности (вкл. л., 2). Эти линии являются одним из признаков наклепа и тех изменений в свойствах, о которых было упомянуто выше. См. *Сталь* специальная.

Лит.: Oberhoffer P., Das technische Eisen, 2 Auflage, Berlin, 1925; Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen, Berlin, 1924—27; *Сар. ТЭ* т. II. **М. Оинов.**

Железо в металлургии.

Термин Ж. в современной металлургии присваивается лишь сварочному Ж., т. е. малоуглеродистому продукту, получаемому в тестообразном состоянии при $t°$, недостаточной для плавления Ж., но высокой настолько, что отдельные частицы его хорошо свариваются друг с другом, давая после проковки однородный мягкий продукт, не принимающий закалки. Ж. (в указанном смысле слова) получается: 1) непосредственно из руды в тестообразном состоянии сыродутным процессом; 2) таким же способом, но при более низкой $t°$, недостаточной для сваривания частиц Ж.; 3) переделом чугуна кричным процессом; 4) переделом чугуна пудлингованием.

1) Сыродутный процесс в настоящее время применяется лишь малокультурными народами и в таких местностях, куда не может (по отсутствию удобных путей сообщения) проникнуть американское или европейское Ж., получаемое современными способами. Процесс ведется в открытых сыродутных горнах и печах. Сырыми материалами для него служат железная руда (обыкновенно бурый железняк) и древесный уголь. Уголь засыпается в горн в той половине его, куда подводится дутье, руда же—кучей, с противоположной стороны. Образующаяся в толстом слое горящего угля окись углерода проходит через всю толщу руды и, имея высокую $t°$, восстанавливает Ж. Восстановление руды совершается постепенно—с поверхности отдельных кусков к сердцевине. Начинаясь с верхних частей кучи, оно ускоряется по мере продвижения руды в область более высокой $t°$; окись Ж. при этом переходит сначала в магнитную окись, затем в закись и наконец на поверхности кусков руды появляется металлич. Ж. В то же время землистые примеси руды (пустая порода) соединяются с еще не восстановленной закисью Ж. и образуют легкоплавкий железистый шлак, к-рый вытапливается через щели металлич. оболочки, образующей как бы скорлупу в каждом куске руды. Будучи нагретыми до белокалильного жара, эти скорлупки свариваются друг с другом, образуя на дне горна губчатую массу Ж.—крицу, проникнутую шлаком. Для отделения от последнего вынутую из горна крицу разрубают на несколько частей, из которых каждую проковывают, подваривая, после охлаждения в том же горне в полосы или прямо в изделия (вещи домашнего обихода, оружие). В Индии сыродутный процесс ведется и теперь в сыродутных печах, к-рые отличаются от горнов только несколько большей высотой—ок. 1,5 *м*. Стены печей делаются из глиняной массы (не кирпича) и служат лишь одну плавку. Дутье подается в печь через одну фурму мехами, приводимыми в движение ногами или руками. В пустую печь загружается нек-рое количество древесного угля («холостая колоша»), а затем попеременно, отдельными слоями, руда и уголь, причем количество первой постепенно увеличивается до тех пор, пока не дойдет до определенного опытом отношения к углю; вес всей засыпанной руды определяется желаемым весом крицы, который, вообще говоря, незначителен. Процесс восстановления идет так же, как и в горне; Ж. тоже полностью не восстанавливается, и получающаяся на лещади крица заключает в себе много железистого шлака. Крицу извлекают разломкой печи и разрубают на части в 2—3 *кг* весом. Каждую из них нагревают в кузнечном горне и обрабатывают под молотом; в результате получается превосходное мягкое железо, служащее между прочим материалом для изготовления индийской стали «вуц» (булат). Состав его следующий (в %):

	C	Si	Mn	P	S	Fe	Шлак
Из горнов . .	0,17	Нет	Нет	0,025	Нет	99,825	0,155
Из индийских печей	0,03	0,01	Нет	0,013	Нет	99,947	—

Ничтожное содержание элементов—примесей Ж.—или совершенное их отсутствие объясняется чистотой руды, неполнотой восстановления Ж. и низкой $t°$ в печи. Расход древесного угля благодаря малым размерам горнов и печей и периодичности их действия очень велик. В Финляндии, Швеции и на Урале Ж. выплавляли в сыродутной печи Хусгавеля, в к-рой можно было регулировать ход процесса восстановления и насыщения Ж. углеродом; расход угля в ней—до 1,1 на единицу Ж., выход к-рого достигал 90% содержания его в руде.

2) В будущем нужно ожидать развития производства Ж. непосредственно из руды не применением сыродутного процесса, а восстановлением Ж. при $t°$, недостаточной для образования шлака и даже для спекания пустой породы руды (1 000°). Преимущества такого процесса—возможность применения низкосортных видов топлива, устранение флюса и расхода тепла на плавление шлака (см. *Губчатое железо*).

3) Получение сварочного железа переделом чугуна кричным процессом ведется в кричных горнах гл. обр. в Швеции (у нас—на Урале). Для передела выплавляют специальный чугун, т. н. ланкаширский, дающий наименьший угар. В составе его: 0,3—0,45% Si, 0,5—0,6% Mn, 0,02% P, <0,01% S. Такой чугун в изломе кажется белым или половинчатым. Горючим в кричных горнах может служить только древесный уголь.

Процесс ведется след. обр.: горн, освобожденный от крицы, но с оставшимся на донной доске спелым шлаком конца процесса, наполняется углем, гл. обр. сосновым, на который укладывается подогретый продуктами горения чугун в количестве 165—175 *кг* (на $^3/_8$ $м^2$ поперечного сечения горна приходится 100 *кг* садки чугуна). Поворотом

клапана в воздухопроводе дутье направляется через трубы, расположенные в подсводовом пространстве горна, и нагревается здесь до $t°$ в 150—200°, ускоряя т. о. плавление чугуна. Плавящийся чугун все время поддерживается (при помощи ломов) на угле выше фурм. При такой работе вся масса чугуна подвергается окислительному действию кислорода воздуха и углекислоты, проходя зону горения в виде капель. Большая поверхность их способствует быстрому окислению Ж. и его примесей—кремния, марганца и углерода. Смотря по содержанию этих примесей, чугун в большей или меньшей степени теряет их, прежде чем соберется на дне горна. Т. к. в шведском горне переделывается малокремнистый и маломарганцовый чугун, то, проходя горизонт фурм, он теряет весь свой Si и Mn (окислы которых с закисью Ж. образуют основной шлак) и значительную часть углерода. Плавление чугуна продолжается 20—25 мин. По окончании этого процесса пускают в горн холодное дутье. Осевший на дно горна металл начинает реагировать с находящимися там же спелыми шлаками, содержащими в себе большой избыток (по сравнению с количеством кремнезема) окислов Ж.—Fe_3O_4 и FeO, окисляющих углерод с выделением окиси углерода, что приводит в кипение весь металл. Когда металл загустеет (от потери углерода) и «сядет товаром», последний поднимают ломами выше фурм, пускают опять горячее дутье и плавят «товар».

Во время вторичного плавления металл окисляется кислородом как дутья, так и шлаков, к-рые из него вытапливаются. На дно горна после первого подъема падает металл, достаточно мягкий для того, чтобы из отдельных наиболее спелых частей его собирать крицу. Но прежде, при употреблении кремнистых сортов чугуна, приходилось прибегать ко второму и даже третьему подъему товара, что конечно уменьшало производительность горна, увеличивало расход горючего и угар Ж. На результаты работы оказывали влияние расстояние фурм от донной доски (глубина горна) и наклон фурм: чем круче поставлена фурма и меньше глубина горна, тем значительнее действие окислительной атмосферы на металл. Более пологий наклон фурм, как и бо́льшая глубина горна, уменьшает непосредственное действие кислорода дутья, предоставляя т. о. бо́льшую роль действию шлака на примеси Ж.; окисление ими идет медленнее, но зато без угара Ж. При всяких данных условиях наивыгоднейшее положение фурм относительно донной доски определяется опытом; в современном шведском горне глаз фурмы устанавливается на расстоянии 220 *мм* от донной доски, а наклон фурм меняется в тесных пределах—от 11 до 12°.

Получающаяся на дне горна крица заключает в себе, в отличие от сыродутной, очень мало механически увлеченного шлака; что же касается химич. примесей Ж., то Si, Mn и C м. б. полностью удалены (указываемое анализами ничтожное содержание Si и Mn входит в состав механич. примеси—шлака), а сера—только отчасти, окисляясь дутьем во время плавления. В это же время окисляется и фосфор, уходя в шлак в виде фосфорножелезной соли, но последняя затем восстанавливается углеродом, и конечный металл может заключать в себе даже относительно больше фосфора (от угара Ж.), чем исходный чугун. Вот почему для получения первоклассного металла для экспорта в Швеции берут в передел исключительно чистый в отношении P чугун. Вынутую из горна готовую крицу разрубают на три части (каждая 50—55 *кг*) и обжимают их под молотом, придавая вид параллелепипеда.

Длительность процесса передела в шведском кричном горне—от 65 до 80 мин.; в сутки получается от 2,5 до 3,5 *т* обжатых кусков «на огонь», при расходе древесного угля всего 0,32—0,40 на единицу готового материала и выходе его от 89 до 93,5% заданного в передел чугуна. В самое последнее время в Швеции были произведены удачные опыты передела ж и д к о г о чугуна, взятого от доменных печей, и ускорения процесса кипения перемешиванием металла при помощи механич. граблей; при этом угар снизился до 7%, а расход угля—до 0,25.

О химическом составе шведского и южноуральского Ж. дают понятие следующие данные (в %):

	C	Si	Mn	P	S	Шлак
Шведское Ж. .	0,04	0,04	0,02	0,03	0,008	От 0,5 до 0,1
» » .	0,06	0,02	0,01	0,02	0,01	
Южно-ур. » .	0,21	0,08	0,07	0,045	Следы	Не опред.

Из всех родов Ж., получаемых промышленными способами, шведское кричное наиболее приближается к химически чистому и вместо последнего применяется в лабораторной практике и исследовательских работах. От сыродутного Ж. оно отличается своей однородностью, а от самого мягкого мартеновского металла (литого Ж.) отсутствием марганца; ему свойственна высшая степень свариваемости, тягучести и ковкости. Шведское кричное Ж. обнаруживает незначительное временное сопротивление на разрыв—всего около 30 *кг/мм²*, при удлинении в 40% и уменьшении поперечн. сечения в 75%. В настоящее время годовая производительность кричного Ж. в Швеции упала до 50 000 *т*, так как после войны 1914—18 гг. область промышленных применений для этого Ж. сильно сократилась. Наибольшее количество его идет на изготовление (в Англии гл. обр. и в Германии) высших сортов инструментальной и специальной сталей; в самой Швеции из него делают специальную проволоку («цветочную»), подковные гвозди, хорошо кующиеся в холодном состоянии, цепи и полосовую заготовку для сварных труб. Для последних двух целей особенно важны свойства кричного Ж.: надежная свариваемость, а для труб, сверх того, высшая устойчивость против ржавления.

4) Развитие производства Ж. кричным процессом влекло за собой истребление лесов; после того как последние в различных странах были взяты под защиту закона, ограничившего их вырубку годовым приростом, Швеция, а затем и Россия—лесистые страны, изобилующие рудами высокого качества—сделались главными поставщиками железа на международном рынке в течение всего 18 в. В 1784 г. англичанин Корт изобрел

пудлингование—процесс передела чугуна на поду пламенной печи, в топке которой сжигался каменный уголь. После смерти Корта Роджерс и Голл ввели существенные улучшения в конструкцию пудлинговой печи (см. *Печи*), что способствовало быстрому распространению пудлингования во всех промышленных странах и совершенно изменило характер и размеры производства и них Ж. в течение первой половины 19 века. Этим процессом получили ту массу металла, которая понадобилась для постройки железных судов, железных дорог, локомотивов, паровых котлов и машин.

Топливом для пудлингования служит длиннопламенный каменный уголь, но там, где его нет, приходилось прибегать и к бурому углю, а у нас на Урале—к дровам. Сосновые дрова дают более длинное пламя, чем каменный уголь; оно хорошо греет, но содержание влаги в дровах не должно превосходить 12%. Впоследствии на Урале была применена к пудлингованию регенеративная печь Сименса. Наконец в США и у нас (в Волжском и Камском бассейнах) пудлинговые печи работали на нефти, распыливаемой в рабочее пространство печи непосредственно.

Для быстроты передела и уменьшения расхода топлива желательно иметь холодный пудлинговый чугун; при выплавке его на коксе однако в продукте получается много серы (0,2 и даже 0,3%), а при высоком содержании фосфора в руде — и фосфора. Для обыкновенных торговых сортов Ж. такой чугун с низким содержанием кремния (менее 1%), под названием передельного, выплавлялся прежде в большом количестве. Древесноугольный чугун, к-рый переделывался на Урале и в центральной России, не содержал серы и давал продукт, шедший и на изготовление кровельного Ж. В настоящее время пудлингование служит для производства качественного металла по особым спецификациям, и потому в пудлинговые печи поступает не обыкновенный передельный чугун, а высококачественный, напр. марганцовый или «гематит» (малофосфористый), или наоборот сильнофосфористый для производства гаечного Ж. Ниже указано содержание (в %) главных элементов в нек-рых сортах чугуна, применяемых для пудлингования:

Сорт чугуна	C	Si	Mn	P	S
Коксовый (стальной)	3,7	0,6	4,0	0,2	<0,1
Коксовый, гематит	4,0	2,0	1,0	0,08	<0,1
Коксовый фосфористый	3,4	0,5	0,5	2,0	<0,1
Древесноугольн. уральский	3,65	1,0	1,5	0,04	0,02

Пудлинговая печь по окончании предыдущей операции обыкновенно имеет на поду нормальное количество шлака для работы со следующей садкой. При переработке сильно кремнистого чугуна шлака остается в печи много, и его приходится спускать; наоборот, белый чугун оставляет под печи «сухим», и работу приходится начинать заброской на под нужного количества шлака, к-рый берут из-под молота («спелый», наиболее богатый магнитной окисью). На шлак забрасывается садка чугуна, подогретая в чугунике (250—300 *кг* в ординарных и 500—600 *кг* в двойных печах); затем в топку забрасывают свежую порцию горючего, прочищают колосники, и в печи устанавливается полная тяга. В течение 25—35 мин. чугун плавится, претерпевая б. или м. значительное изменение в своем составе. Твердый чугун окисляется кислородом пламени, причем Ж., марганец и кремний дают двойной силикат, стекающий на под печи; плавящийся чугун обнажает все новые и новые слои твердого чугуна, к-рый тоже окисляется и плавится. В конце периода плавления на поду получаются два жидких слоя—чугуна и шлака, на поверхности соприкосновения к-рых происходит, хотя и в слабой степени, процесс окисления углерода магнитной окисью Ж., о чем свидетельствуют выделяющиеся из ванны пузыри окиси углерода. Смотря по содержанию кремния и марганца в чугуне, в расплавленном металле их остается неодинаковое количество: в малокремнистом древесноугольном чугуне или белом—коксовой плавки—кремний в большинстве случаев выгорает при плавлении полностью; иногда же остается нек-рое количество его в металле (0,3—0,25%), равно как и марганца. Фосфор тоже окисляется в это время, переходя в фосфорножелезную соль. От уменьшения веса металла при выгорании названных примесей %-ное содержание углерода может даже возрасти, хотя нек-рое количество его несомненно сжигается кислородом пламени и шлаков, покрывающих первые порции расплавленного металла.

Для ускорения выгорания оставшихся количеств кремния, марганца и углерода прибегают к пудлингованию, т. е. перемешиванию чугуна со шлаком при помощи клюшки с загнутым под прямым углом концом. Если металл жидок (серый чугун, сильно углеродистый), то перемешивание не достигает цели, и ванну предварительно делают густой забрасыванием в нее холодного спелого шлака или же уменьшением тяги устанавливают в печи неполное горение, сопровождающееся получением сильно коптящего пламени (томление). Через несколько минут, в течение к-рых производят непрерывно перемешивание, на поверхности ванны появляются обильные пузыри горящей окиси углерода—продукта окисления углерода чугуна кислородом магнитной окиси, растворенной в основном железистом шлаке. По мере хода процесса окисление C усиливается и переходит в бурное «кипение» всей массы металла, к-рое сопровождается вспучиванием ее и таким значительным увеличением объема, что часть шлака переливается через порог рабочих отверстий. По мере выгорания C повышается $t°_{пл.}$ металла, и для того, чтобы кипение продолжалось, повышают непрерывно $t°$ в печи. Оконченное при низкой $t°$ кипение дает сырой топар, т. е. высокоуглеродистую губчатую массу Ж., неспособную свариваться; в горячей печи «садится» спелый товар. Процесс окисления примесей Ж. в пудлинговой печи начинается за счет кислорода шлака, представляющего сплав однокремнеземка железа (Fe_2SiO_4) с магнитной окисью и закисью Ж. переменного состава. В английск. печах

состав смеси окислов выражается формулой $5\,Fe_3O_4 \cdot 5\,FeO$; по окончании кипения отношение окислов в истощенном шлаке выражается ф-лой $Fe_3O_4 \cdot 5\,FeO$, т. е. в процессе окисления принимает участие 80% всей магнитной окиси шлака. Реакции окисления м. б. представлены следующими термохимическими уравнениями:

$$2\,Fe_3O_4 + Si = Fe_2SiO_4 + 4\,FeO \quad +69614\ Cal$$
$$(+2500\ Cal\ на\ 1\ кг\ Si)$$
$$5\,Fe_3O_4 + P_2 = Fe_3P_2O_8 + 12\,FeO \quad +84275\ Cal$$
$$(+1355\ Cal\ на\ 1\ кг\ P)$$
$$Fe_3O_4 + Mn = MnO + 3\,FeO \quad +16489\ Cal$$
$$(+300\ Cal\ на\ 1\ кг\ Mn)$$
$$Fe_3O_4 + C = CO + 3\,FeO \quad -45091\ Cal$$

Как видно из этих ур-ий, окисление Si, P и Mn сопровождается выделением тепла и следовательно нагревает ванну, тогда как окисление C при восстановлении Fe_3O_4 в FeO поглощает тепло и потому требует высокой $t°$. Этим объясняется порядок удаления примесей Ж. и то, что выгорание углерода заканчивается скорее в горячей печи. Восстановления Fe_3O_4 до металла не происходит, т. к. для этого требуется более высокая $t°$, чем та, при к-рой идет «кипение».

Севший «товар», для того чтобы стать хорошо сваривающимся Ж., нуждается еще в пропаривании: товар оставляют на несколько минут в печи и от времени до времени переворачивают ломами, причем нижние его части кладут наверх; под совокупным действием кислорода пламени и шлаков, пропитывающих всю массу Ж., углерод в это время продолжает выгорать. Как только получится нек-рое количество хорошо сваривающегося металла, из него, избегая лишнего окисления, начинают накатывать крицы. Всего накатывают по мере поспевания товара от 5 до 10 криц (не более 50 *кг* каждая); крицы выдерживают (пропаривают) у порога в области высшей $t°$ и подают под молот для обжатия, чем достигается выделение шлака, и придания им формы куска (сечение от 10×10 до 15×15 *см*), удобной для прокатки в валках. На место выданных криц перемещаются передвижением вперед следующие за ними, до последней. Длительность процесса при производстве металла высшего качества (волокнистое Ж.) из спелого (высокоуглеродистого) древесноугольного чугуна была на Урале такова: 1) посадка чугуна — 5 м., 2) плавление — 35 м., 3) томление—25 м., 4) пудлингование (перемешивание)—20 м., 5) пропаривание товара—20 м., 6) накатка и пропаривание криц—40 м., 7) выдача криц (10—11 шт.)—20 м.; всего—165 м. При работе на белом чугуне, на обычное торговое Ж., длительность процесса сокращалась (в З. Европе) до 100 и даже 75 м.

Что касается результатов работы, то в разных металлургич. районах они менялись в зависимости от рода топлива, качества чугуна и сорта производимого Ж. Уральские печи, работавшие на дровах, давали выход горного Ж. на 1 $м^3$ дров от 0,25 до 0,3 *т*; расход нефти у нас на единицу Ж.—0,33, каменного угля в европ. печах—от 0,75 до 1,1. Суточная производительность наших больших печей (садка чугуна 600 *кг*) при работе на сушеных дровах была 4—5 *т*; выход материала, пригодного для производства кровельного Ж., составлял 95—93% количества поступившего в передел чугуна. В Европе суточная производительность обыкновенных печей (садка 250—300 *кг*)—ок. 3,5 *т* при угаре в 9%, а для высококачественного Ж.—2,5 *т* при угаре в 11%.

По химич. составу и физич. свойствам пудлинговое Ж. является гораздо худшим продуктом, чем кричное, с одной стороны, и литое мартеновское—с другой. Изготовлявшиеся прежде в З. Европе обыкновенные сорта Ж. содержали много серы и фосфора, т. к. вырабатывались из нечистых коксовых чугунов, а обе эти вредные примеси только частью переходят в шлак; количество шлака в пудлинговом Ж.—3÷6%, в качественном металле оно не превосходит 2%. Присутствие шлака сильно понижает результаты механич. испытаний пудлингового Ж. Ниже приведены нек-рые данные в %, характеризующие пудлинговое Ж.—обыкновенное зап.-европейское и хорошее уральское:

Примеси	Уральское	Английское	Бельгийское
Углерод	0,25	0,06	Не указ.
Кремний	0,08	0,23	0,28
Марганец	0,14	—	
Фосфор	0,01	0,18	0,30
Сера	0,004	0,14	0,20

Механич. качества	Обыкновен.	Хорошее	Наилучшее
Сопротивл. на разрыв, *кг/мм²*	29	35	37
Удлинение, %	10	16	24
Сокращение поперч. сечения, %	4	8	20

Ценным свойством, ради к-рого и поддерживается теперь производство пудлингового Ж., является его прекрасная свариваемость, имеющая иногда особое значение с точки зрения безопасности. Спецификациями ж.-д. обществ предписывается изготовление из пудлингового железа сцепных устройств, тяг для переводных стрелок и болтов. Благодаря лучшему сопротивлению разъедающему действию воды, пудлинговое Ж. идет также для производства водопроводных труб. Из него же изготовляют гайки (фосфористый крупнозернистый металл) и высококачественное волокнистое Ж. для заклепок и цепей.

Строение сварочного Ж., обнаруживаемое под микроскопом даже при слабом увеличении, характерно присутствием на фотографич. изображении черных и светлых составляющих; первые принадлежат шлаку, а вторые—зернам или волокнам Ж., полученным при вытяжке металла. На вкл. листе, *3*, видно строение круглого прута сварочного Ж. в поперечном разрезе, а на вкл. листе, *4*—строение котельного пудлингового Ж. в продольном разрезе.

Лит.: Липин В. Н., Металлургия чугуна, железа и стали, т. 2, СПБ, 1911. **М. Павлов.**

Железо торговое.

Металлургич. з-ды изготовляют для нужд промышленности Ж. двух главных видов: 1) листовое и 2) сортовое.

Листовое Ж. прокатывается в настоящее время до 3 *м* ширины; при толщине 1÷3 *мм* оно называется у нас тонкокатальным; от 3 *мм* и выше (обычно до 40 *мм*)—котельным, резервуарным, корабельным,

смотря по назначению, к-рому соответствуют состав и механич. свойства материала. Наиболее мягким является котельное Ж.; оно содержит обыкновенно 0,10—0,12% С, 0,4—0,5% Мп, Р и S—каждого не более 0,05%; временное сопротивление его на разрыв не д. б. больше 41 *кг/мм²* (но и не меньше 34 *кг/мм²*), удлинение при разрыве—ок. 28%. Резервуарное Ж. выделывается более твердым и прочным; оно содержит 0,12—0,15% С; 0,5—0,7% Мп и не более 0,06% как Р, так и S; сопротивление разрыву 41—49 *кг/мм²*, удлинение 25—28%. Длина листов котельного и резервуарного Ж. устанавливается заказом сообразно размерам изделия, склепываемого из листов (избегая лишних швов и обрезков), но обыкновенно она не превышает 8 *м*, так как ограничивается для тонких листов их быстрым охлаждением во время процесса прокатки, а для толстых—весом слитка.

Листовое Ж. менее 1 *мм* толщины называется черной жестью; оно служит для изготовления белой жести (см. *Жесть*) и как кровельный материал. Для последней цели в СССР прокатывают листы размерами 1 422×711 *мм*, весом 4—5 *кг*, при толщине 0,5—0,625 *мм*. Кровельное Ж. выпускается з-дами в пачках весом по 82 *кг*. За границей черная жесть классифицируется в торговле по номерам специального калибра—от 20-го до 30-го (нормальная толщина герм. жести от 0,875 до 0,22 *мм*, а английской—от 1,0 до 0,31 *мм*). Жесть изготовляется из самого мягкого литого железа, содержащего 0,08—0,10% С, 0,3—0,35% Мп, если оно изготовляется из чугуна древесноугольной плавки (у нас), и 0,4—0,5% Мп, если исходным материалом служит коксовый чугун; сопротивление разрыву—от 31 до 34 *кг/мм²*, удлинение—28—30%. Разновидностью листового Ж. является волнистое (гофрированное) Ж. Оно разделяется по характеру волн на Ж. с низкими и высокими волнами; в первом—отношение ширины волны к глубине колеблется от 3 до 4, во втором 1—2. Волнистое Ж. делают толщиной 0,75—2,0 *мм* и шириной листов 0,72—0,81 *м* (с низкими волнами) и 0,4—0,6 *м* (с высокими волнами). Волнистое Ж. употребляется для кровель, стен легких сооружений, жалюзи, а с высокими волнами кроме того идет для постройки бесстропильных перекрытий.

Сортовое Ж. делится по форме поперечного сечения на два класса: обыкновенное сортовое Ж. и фасонное.

К первому классу относится Ж. круглое (при ⌀ менее 10 *мм* называемое проволокой), квадратное, плоское или полосовое. Последнее в свою очередь делится на: собственно полосовое—шириной от 10 до 200 *мм* и толщиной более 5 *мм*; обручное—той же ширины, но толщиной от 5 до 1 *мм*, указываемой № калибра (от 3-го до 19-го нормального германского и от 6-го до 20-го нового английского калибра); шинное—от 38 до 51 *мм* шириной и до 22 *мм* толщиной; универсальное от 200 до 1 000 *мм* шириной и не менее 6 *мм* толщиной (прокатывается в особых валках—универсальных). Как шинное, так и обручное Ж. выпускается заводами скатами, катаная проволока—мотками; остальные сорта—в виде прямых (правленных) полос, обычно не более 8 *м* длиной (нормально—от 4,5 до 6 *м*), но по специальному заказу для бетонных конструкций полосы нарезаются до 18 *м* длиной, а иногда и более.

Главнейшие виды фасонного железа: угловое (равнобокое и неравнобокое), коробчатое (швеллерное), тавровое, двутавровое (балки), колонное (квадратное) и зетовое Ж.; существуют также и некоторые другие, менее распространенные виды фасонного Ж. По нашему нормальному метрич. сортименту размеры фасонного Ж. указываются № профиля (№—число *см* ширины полки или наибольшей высоты профиля). Угловое неравнобокое и тавровое Ж. имеют двойной №; напр. № 16/8 означает угловое с полками в 16 и 8 *см* или тавровое с полкой в 16 *см* и высотой тавра 8 *см*. Наиболее тяжелые профили катаемого у нас фасонного Ж.: № 15—углового, № 30—корытного, № 40—двутаврового.

Состав обыкновенного свариваемого сортового Ж.: 0,12% С, 0,4% Мп, менее 0,05% Р и S—каждого; сопротивление его разрыву 34—40 *кг/мм²*; по круглое Ж. для заклепок изготовляется из более мягкого материала состава: менее 0,10% С, 0,25—0,35% Мп, около 0,03% Р и S—каждого. Сопротивление разрыву 32—35 *кг/мм²*, а удлинение 28—32%. Фасонное не свариваемое, а склепываемое Ж. («строительная сталь») содержит: 0,15—0,20% С, 0,5% Мп, до 0,06% Р и S—каждого; его сопротивление разрыву 40—50 *кг/мм²*, удлинение 25—20%. Для производства гаек изготовляется Ж. (томасовское), содержащее ок. 0,1% С, но от 0,3 до 0,5% Р (чем крупнее гайки, тем больше Р). За границей для удовлетворения нужд специальных прокатных з-дов в торговле обращается полупродукт—квадратная заготовка, обыкновенно 50×50 *мм* в поперечном сечении. **М. Павлов.**

ЖЕЛЕЗО ЛИСТОВОЕ, см. *Железо* торговое.

ЖЕЛЕЗО ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ, железо, получаемое из растворов его солей путем электролиза. Первый осадок Ж. э. был получен Бетгером в 1846 г. Практической разработкой этого процесса занимались академики Якоби, Ленц, инж. Клейн (в 1860—1870 гг.) и др. Особенно много внимания уделялось этому процессу в б. Экспедиции заготовления государственных бумаг (теперь Упр. производством государств. знаков), где Ж. э. и по настоящее время применяется при производстве стереотипов и других изделий. За последние десятилетия Ж. э. начали вырабатывать в более крупном масштабе для производственных целей на нек-рых заграничных з-дах. Производившиеся в течение более полувека опыты и исследования привели к нескольким группам электролитов для осаждения Ж. э.

Холодные сернокислые ванны. Ванна, предложенная С. О. Максимовичем, содержит на 1 *л* воды: 180—200 *г* железного купороса, 40 *г* сернокислой соли, 27 *г* двууглекислой соды. Сернокислая соль прибавляется для обеспечения электропроводности

ванны. Возможна замена ее сернокислым натрием, но последний берется в двойном количестве против $MgSO_4$. Концентрация ванны ок. 21—25° Bé; рабочее напряжение в ванне 0,4 V, плотность тока 0,1—0,15 A на *дм*². За 72 часа работы толщина отложения Ж. э. достигает 0,07—0,09 *мм*. Аналогичная ванна, но с заменой $MgSO_4$ хлористым натрием, имеет следующий состав на 1 *л* воды: 200 *г* железного купороса, 20—30 *г* хлористого натрия, 30 *г* двууглекислой соды. Эта ванна очень удобна в работе, допускает повышенную плотность тока при напряжении 0,4—0,5 V (при расстоянии 10 *см*). Толщина отложения Ж. э. за 72 часа работы ванны—0,11—0,13 *мм*. Благодаря добавке $NaHCO_3$ в качестве подкислителя в ванне поддерживается постоянная концентрация аниона HCO_3. По мере дальнейшей работы ванны, $NaHCO_3$ прибавляется небольшими порциями от 3 до 5 *г* на 1 *л* через каждые 10 Ah или через 2 000 Ah на 300 *л* раствора, прошедшего через ванну.

К этой же категории холодных сернокислых ванн следует отнести ванны обсталивания, дающие не толстый, но твердый, гладкий и блестящий осадок; состав ее: на 1 *л* воды—85 *г* железного купороса, 30 *г* хлористого аммония. Ванна подкисляется щавелевой к-той в количестве 4 *г* на 1 *л*. Первоначальное покрытие делается при напряжении 3 V, которое затем снижается до 1,5 V; процесс продолжается 15 мин. Другой состав ванны обсталивания: на 1 *л* воды—135 *г* железного купороса, 50 *г* хлористого аммония.

Горячие ванны с хлористым или сернокислым электролитом. Эти ванны были введены в употребление с целью более быстрого получения б. или м. толстых осадков. Ванны с хлористым электролитом следующие: а) Ванна Фишер-Ли с содержанием: на 1 *л* воды—от 120 до 450 *г* хлористого железа, 80 *г* хлористого натрия или хлористого магния, 500 *г* хлористого кальция, 1—2 *г* HCl; *t*° раствора 80—110°; напряжение при расстоянии между электродами 10 *см* 2—5 V; плотность тока 6—10 A на *дм*². Эта ванна применялась в Гознаке, но с меньшей концентрацией $FeCl_2$. б) Ванна, успешно применявшаяся на ф-ке Гознак, с содержанием: на 1 *л* воды—120 *г* железного купороса, 20—25 *г* серномагниевой соли, 5—10 *г* двууглекислой соды; *t*° электролита 75—80°; плотность тока 1,5—4 A на *дм*²; напряжение при расстоянии 10 *см* 1,1—1,7 V; концентрация раствора—12° Bé. За 30 часов осаждается слой металла толщиной 1 *мм*. Впоследствии $MgSO_4$ был заменен NaCl. Двууглекислая сода прибавляется в начале каждого электролиза, но не реже 1 раза в сутки.

Ванны указанного состава применяются гл. обр. в гальванопластике и для восстановления изношенных частей разных изделий, причем аноды делаются из нормального котельного железа. Литые чугунные аноды менее пригодны, т. к. они дают перенос шлама к катоду. Для целей гальванопластики железо осаждается на медные, латунные или свинцовые матрицы, которые ставятся в ванну посеребренными или никелированными, для чего их сначала обезжиривают кипятком, бензином, 2%-ным едким кали с отмученным мелом, 2%-ным цианистым кали и чистой водой. С оборотной стороны обезжиренные матрицы изолируют асфальтовым лаком (раствор асфальта в бензине). Затем их серебрят протиранием кашицей из раствора цианистого серебра и мела или же никелируют, для чего ставят на 10—15 мин. в никелировочную ванну. Обработанные т. о. матрицы подвергают оксидировке раствором $K_2Cr_2O_7$, разбавленным от 0,5 до 1%, в зависимости от глубины рельефа и рода матрицы, и затем ставят в железную ванну. Свинцовые матрицы обезжиривают горячей водой, бензином и винным спиртом, после чего серебрят или ставят в латунную ванну и затем никелируют. Обсталиванию подвергаются преимущественно медные предметы; подготовка их перед постановкой в ванны заключается в обезжиривании указанными способами. Отложения Ж. э. в холодных ваннах периодически протирают магнезией. Осаждение Ж. э. для промышленных целей производится на чугунные или стальные пластины (или вращающиеся стержни), на алюминий и полированную медь.

Промышленное получение Ж. э. осуществляется следующими способами.

1) Получение Ж. э. из скрапа ведется с растворимым анодом в виде скрапа или руды и применяется в Англии на з-де в Чешайре. Осаждение идет в железных клепаных баках, обшитых свинцом; в центре бака установлена цилиндрич. диафрагма, разделяющая бак на анодную и катодную камеры. Диафрагма чаще всего делается из асбеста. Анодную камеру наполняют железным скрапом. Металл осаждают на стержне, вращающемся в катодной камере, т. е. внутри диафрагмы. Электролит подается в баки центробежным насосом, проходя предварительно через регенеративные баки со скрапом или рудой и фильтр. Циркуляция электролита в ваннах и регенеративных баках поддерживается постоянной. Данных о напряжении и плотности тока, равно как и о составе электролита, не имеется, но повидимому электролит применяется сернокислый, по составу близкий к указанным выше сернокислым горячим ваннам, а плотность тока д. б. порядка 200—400 A на *м*²; расход энергии—порядка 600 kWh на 1 *т* полученного железа.

2) При получении Ж. э. из руд с нерастворимым анодом по способу, примененному на з-дах Мильфорд (Америка), в качестве сырья применяется пирротин (Fe_7S_8), содержащий примесь меди; %-ный состав следующий: 48,5 Fe; 33,4 S; 1,1 Cu; 1,6 Zn; 3,0 SiO_2; 1,2 Al_2O_3; 8,1 $CaCO_3$; 0,1 H_2O; следы As, Ni, Pb, Mn и Mg. Схема процесса следующая: а) выщелачивание руды раствором хлорного железа по реакции

$$2FeCl_3 + FeS = 3FeCl_2 + S$$

с отходом серы в пустой породе (отделение серы в Мильфорде не производится); б) осаждение меди железом; в) осаждение железа из раствора $FeCl_2$ в баках с диафрагмой, разделенных на анодное и катодное отделения: электролит проходит сначала катодное пространство, затем переходит в анодное, где идет окисление $FeCl_2$ в $FeCl_3$; г) возвра-

щение электролита $FeCl_3$ для выщелачивания свежей руды. Осадок Ж. э. получается в виде трубы на вращающемся стержне. Из содержащихся в руде примесей наиболее трудно удалимой является цинк. Добавлением в ванну небольшого количества сернистого кальция удается понизить содержание цинка в Ж. э. примерно до 0,02%, вполне же устранить его не удается. Сернистый кальций способствует также осаждению свинца, никеля, кобальта, мышьяка и сурьмы. Присутствие извести и магния не оказывает влияния на качество отложенного Ж. э. Данные этого процесса следующие: кислотность ок. 0,1%; $t°$ 70—90°; повышение $t°$ желательно в виду благотворного влияния его на качество осадка. Концентрация электролита не имеет особого значения и может колебаться в пределах 75÷275 *г* железа на 1 *л* при прочих неизменных условиях. Плотность тока 11 А на *дм*² при напряжении 4,5—5 V, доходящая иногда до 31 А на *дм*², причем осадок получается прекрасного качества. Вообще, чем выше плотность тока, тем осадок мелкозернистее и менее хрупок. Степень использования тока 80—85%; расход энергии на 1 *т* Ж. э. 5 600 kWh. Окружная скорость вращения стержня 76 *м/мин* при плотности тока 11 А на *дм*². Аппаратура применяется керамикован или эбонитовал. Для баков применяются спец. цементы.

3) Получение Ж. э. в горячих хлористых ваннах с растворимым литым анодом—способ, применяемый на з-де в Гренобле (Франция). Ж. э. осаждается в виде трубы толщиной от 2 до 5 *мм* на вращающихся стержнях ⌀ 85—160 *мм*. Скорость вращения для ⌀ 160 *мм* 180—200 об/мин. Электролит циркулирует в ваннах с большой скоростью, проходя через баки с железным скрапом для нейтрализации; $t°$ его от 70 до 75°. Подогрев раствора в питательных баках—электрический, при помощи графитовых электродов. Раствор приготовляется растворением железного скрапа в технич. соляной кислоте и содержит железа 24% по весу; уд. в. раствора 1,5. Относительно добавления в раствор каких-либо иных веществ сведений не имеется. Процесс ведется при средней плотности тока 7—8 А на *дм*² и напряжении 3—4 V. Использование тока на катоде 95—100%; расход энергии на 1 *т* железа 4 500 kWh. Этим процессом в Гренобле производится до 2 *т* Ж. э. в день, причем качество труб безукоризненно и экономич. сторона также вполне удовлетворительна.

Качество Ж. э. находится в прямой зависимости от состава ванны. Почти химически чистое железо дает горячая хлористая ванна с нерастворимым анодом; следующий по чистоте осадок получается из такой же ванны, но с растворимым анодом. Холодные хлористые ванны и ванны обсталивания дают чистый осадок, но с большим содержанием водорода. Сернокислые ванны дают менее чистые осадки, причем наиболее загрязненные получаются из горячих ванн. В табл. 1 приведены анализы Ж. э. из хлористых и сернокислых электролитов. Сопротивления на разрыв и изгиб более высоки у Ж. э. из хлористых ванн. В среднем R равно 55 *кг/мм*² при i равном 10—15% у непрокаленного осадка; в прокаленном состоянии осадок дает R равное 45 *кг/мм*² при i=20%. Твердость же, наоборот, выше у осадков из сернокислых ванн как холодных, так и горячих. Горячие хлористые ванны дают мягкий осадок. Кристаллизация осадка также зависит от состава электролита. Хлористые ванны дают осадки очень мелкозернистые, причем в горячих ваннах осадки получаются серебристо-матовые, а в холодных—зеркально-блестящие. Получению мелкозернистых осадков содействуют также аммонийные соли. Сернокислые растворы дают осадки крупнокристаллические с бархатистым отблеском, находящие применение в художественной гальванотехнике. Ванны обсталивания при том режиме, при к-ром они работают, дают зеркальные или очень мелкозернистые осадки. Часто наблюдаются случаи разрывов осадка и заворачивания его в мелкие лепестки или трубки. Причина этого явления кроется во внутренних напряжениях, возникающих от различного содержания водорода по толщине осадка. Это насыщение водородом происходит и резко сказывается при неправильном ходе ванны: при слишком щелочном (основные соли ослабляют металл) или при слишком кислом растворе, при несоответственно высокой плотности тока, при низкой $t°$ электролита или при недостаточно тщательно подготовленных матрицах. Перерывы тока в горячих хлористых ваннах недопустимы, так как они дают расслаивание осадка; в холодных сернокислых они относительно не опасны. Одной из особенностей Ж. э., о к-рой уже упоминалось, является растворимость в нем газообразного водорода: 1 объем Ж. э. может растворить до 112 объемов H_2. По мере утолщения осадка содержание H_2 падает. Этим объясняется возникновение упомянутых внутренних напряжений в металле. Содержание H_2 в осадке—величина непостоянная, причем с повышением его содержания увеличивается хрупкость и твердость осажденного металла и уменьшается кристаллизация. На уменьшение количества растворенного водорода в осадке благотворно влияет повышение $t°$ электролита. Опыты, произведенные проф. Федотьевым, показали содержание H_2 в

Табл. 1.—Анализы электролитического железа.

Ванны	C	Si	Mn	P	S
Горячие хлористые: Фишер-Ли, с растворимым анодом	0,024	0,004	0,008	0,008	0,031
Горячие хлористые: Мильфорд, получение Ж. э. из руд, с нерастворимым анодом	0,030	0,002	—	0,002	0,003
Горячие хлористые: Гренобль, с растворимым литым анодом	0,029	0,004	—	0,004	0,005
Холодная сернокислая ванна	0,04—0,005	—	—	—	0,005—0,003

железе, осажденном из хлористой ванны при $t°$ 75°, в 0,002%, тогда как при 18° содержание H_2 составляет 0,0845%.

Исследования показывают своеобразную природу Ж. э., осажденного из нормальной сернокислой ванны с прибавкой NH_4Cl при большой плотности тока, с содержанием в железе H_2 до 0,1%: твердость этого железа возрастает после прокаливания его при $t°$ 300—350°; при этой $t°$ оно достигает максимума твердости, к-рая падает при дальнейшем нагреве. Этой же $t°$ соответствует начало перехода от волокнистой структуры осадка к ферритовой. Повидимому соединения железа с водородом прочны. В холодных хлористых ваннах и в ваннах обсталивания со щавелевой кислотой содержание водорода может достигнуть 0,1%. Неизбежной примесью Ж. э. является углерод, содержание которого повышается в зависимости от обеднения раствора, помутнения его и износа анодов. Одновременно с увеличением содержания углерода падает степень использования тока, как это видно из табл. 2.

Табл. 2. — Степень использования тока в зависимости от содержания С.

$t°$	Степень использ. тока, в %	Колич. С в осадке, в %	Примечание
75°	81	0,0072 0,0073	Новые аноды и свежий электролит
75°	63	0,152 0,167	Старые аноды и обедненный электролит

Содержание углерода практически не бывает ниже 0,02% и может доходить до 0,5%, если за ванной не будет достаточного надзора. Ж. э. способно давать при образовании толстых осадков углубления в местах выделения водорода и шишковатость, проявляющиеся иногда в сильной степени. С первым явлением борются путем перемешивания и повышения $t°$ электролита, а со вторым—исключительно фильтрованием и осветлением электролита. Ванны всегда имеют на дне осадок $Fe(OH)_2$, $FeCO_3$ и т. д. Необходимо следить за тем, чтобы этот осадок окислов не взмучивался; кроме того в электролите плавают взвешенные частицы анодного шлама и попадающей в раствор пыли. При процессах с циркуляцией электролита последний должен все время или периодически проходить через фильтры, особенно при больших плотностях тока.

Применение Ж. э. В гальванотехнике, как указывалось, применяется Ж. э. из сернокислых ванн, дающих наиболее твердые осадки красивой структуры. Для промышленных целей применяется Ж. э. из горячих хлористых ванн (способы Мильфорд и Гренобль). Благодаря своей высокой чистоте Ж. э. из этих ванн применяется для высокоответственных сплавов после переплавки в электрич. печи, за последнее время—в печах высокой частоты. Мягкость и пластичность этого железа дает возможность применения его для изготовления снарядных поясков. З-д Мильфорд указывает на возможность изготовления из Ж. э. проволоки, полос и котельных труб; з-д в Гренобле поставляет получаемые им трубы Ж. э. для изготовления радиаторов. Весьма интересно применение Ж. э. для покрытия изношенных или поврежденных частей, разных изделий, впервые осуществленное в Англии и Франции во время мировой войны. Изделие тщательно обезжиривается щелочью в электролитич. обезжиривающей ванне, травится в бейц-растворе, вновь обезжиривается и после второго протравления в цианистом кали (для медных изделий) или в 5%-ной серной к-те (для железных или чугунных изделий) ставится в ванну. Самое покрытие производится в несколько приемов, причем каждый предыдущий слой тщательно шлифуется и подготовляется к следующему покрытию. Процесс протекает в ваннах с растворимым анодом, причем применяются как хлористые, так и сернокислые растворы. Покрытие получается настолько прочным, что осажденный слой железа не отстает даже при изгибании, скручивании и ударах молотком по «залеченному» месту.

Лит.: Байманов Ю. В., Электролитич. осаждение металлов, Л., 1925; Böttger R., «Ann. d. Physik u. Chemie», Leipzig, 1846, B. 67; Maximowitsch S., «Ztschr. f. Elektrochemie», Halle a/S., 1905, B. 11; Guillet, «Iron Age», N. Y., 1914, v. 94; «RM», 1915, *12*; Bouchayer, «GC», 1923, t. 82; Hughes W. E., «Electrician», L., 1921, v. 87; Burgess a. Hambuechen, «Trans. of the Amer. Electrochem. Soc.», Philadelphia, 1921, v. 40; Belcher D., ibid., 1924, v. 45; Stainer-Hutchins, «Trans. of the First World Power Conference», Bradford, 1925 v. 4.

Ю. Байманов.

ЖЕЛЕЗОБЕТОН, строительный материал, представляющий собою соединение бетона из портландского и др. сортов высокосортного цемента и железа в единую конструкцию, в к-рой обе составные части работают статически, совместно, воспринимая каждая те усилия, которые приходятся на ее долю сообразно свойствам материала.

Характеристика Ж. Возможность совместной статической работы бетона и железа обусловлена существованием между ними силы сцепления, зависящей частью от химич. свойств портландского цемента, частью от механич. защемления железа в бетоне. Ж. сочетает довольно значительное сопротивление бетона сжимающим усилиям (при малом сопротивлении растяжению) с большим сопротивлением железа растягивающим усилиям. Основным принципом железобетонных конструкций является поэтому передача бетону преимущественно сжимающих напряжений, а железу—растягивающих. Имея в виду, что арматура повышает сопротивляемость элементов железобетонных конструкций также и сжатию, железо применяют и в частях сооружений, работающих на сжатие. Это повышение сопротивляемости базируется, с одной стороны, на непосредственном восприятии железной арматурой сжимающих усилий, с другой стороны—на частичном обхвате бетона железной арматурой, что препятствует поперечному уширению железобетонных стержней при сжатии и образованию наклонных плоскостей сдвига, сопровождающих разрушение при сжатии.

Возможность сочетания бетона и железа в единую конструкцию основана на следующих обстоятельствах. 1) Между цементом и железом существует

значительное сцепление, что заставляет оба материала работать совместно. Из опытов на непосредственное растяжение круглого железа, заделанного в бетон, обнаружено сопротивление сдвигу (сцепление) до 40 *кг/см*²; это сопротивление зависит от состава бетона, его консистенции, длины и формы арматуры, состояния ее поверхности и целого ряда других факторов. По Баху, сопротивление сцеплению уменьшается с увеличением количества воды в бетоне; для литого бетона оно падает в среднем до 75% величины, получающейся при жестком бетоне. Более длинные железные стержни арматуры дают меньшее сопротивление, чем короткие, что объясняется неравномерным распределением по их поверхности сил сцепления. Увеличение сцепления достигается приданием концам стержней арматуры из круглого железа крючкообразных загибов. В Америке для той же цели применяют иногда железо специальных форм с выступами на боковых поверхностях. Европ. опыты показали однако, что такие выступы способствуют растрескиванию бетона, благодаря чему эти формы арматуры не нашли распространения в европ. практике, тем более что они и много дороже применяемого в Европе обыкновенного круглого железа. 2) Температурные деформации бетона и железа почти одинаковы и не могут т. о. нарушить сцепления между обоими материалами. С другой стороны, бетон, как сравнительно мало теплопроводный материал, хорошо предохраняет заделанное в нем железо от нагревания. Благодаря этому железобетонные конструкции оказываются в значительной мере огнестойкими. 3) Оба материала (бетон и железо) не оказывают друг на друга разрушительного действия. Наоборот, плотный бетонный покров железа оказывает на него консервирующее влияние, т. к. цемент служит в этом случае хорошим предохранителем железа от ржавления и даже уничтожает легкую ржавчину на его поверхности. Чтобы бетон выполнял свое назначение защиты железа от ржавления, он д. б. плотным и достаточно жирным. Для этой цели в сооружениях, подверженных влиянию атмосферных факторов, должен применяться бетон с содержанием не менее 280—300 *кг* цемента на 1 *м*³. Для сооружений, защищенных от влияния сырости, это количество м. б. понижено до 240 — 270 *кг*. Кроме того необходима и достаточная толщина бетонного покрова для железа. В нормальных случаях достаточна толщина в 1—2 *см*, но для сооружений, подверженных непосредственному влиянию влаги или вредных для железа газов, ее необходимо увеличивать до 3—5 *см*.

Усадка и разбухание бетона. Бетон при твердении на воздухе уменьшается в объеме—это явление известно под названием усадки. Наоборот, при твердении под водой получается увеличение объема бетонного тела—разбухание. Величина усадки бетона зависит от большого числа факторов, в том числе от его состава: чем бетон жирнее, тем усадка больше. Кроме того усадка нарастает с течением времени. Для бетонов, применяемых в железобетонных конструкциях, можно принять как максимальное значение относительной усадки величину $0{,}5 \cdot 10^{-3}$. Благодаря неравномерному просыханию бетонных тел по направлению от поверхности внутрь, усадка на поверхностях нарастает быстрее, что вызывает появление т. н. усадочных трещин даже в чисто бетонных массивах. Для предупреждения этого явления необходимо предохранение бетонных тел от быстрого и неравномерного просыхания, поливка их в течение возможно продолжительного срока. Наличие в бетонном массиве железной арматуры отражается на усадке, задерживая ее, и вызывает появление начальных напряжений—растяжения в бетоне и сжатия в железе. Опытные исследования и расчеты показывают, что начальные растягивающие напряжения в бетоне от усадки нередко достигают величины временного сопротивления, чем и объясняется наблюдаемое в железобетонных конструкциях появление усадочных трещин. Наоборот, набухание твердеющего под водой бетона с арматурой вызывает в нем начальные сжимающие напряжения и уменьшает опасность трещинообразования. Это обстоятельство требует создания для железобетонных конструкций условий твердения, наиболее близких к твердению под водой, т. е. применения обильной поливки водой и предохранения от высыхания в течение возможно более продолжительного срока.

Способность Ж. к удлинению. Удлинение бетонных тел под действием растягивающих напряжений составляет непосредственно перед разрывом до 0,15 *мм* на 1 *м*. Опыты французского исследователя Консидера (1899 г.) с железобетонными стержнями дали величины удлинения бетона перед разрывом в присутствии железной арматуры до 0,9 *мм*, т. е. значительно бо́льшие величины, нежели для чистого бетона. Это обстоятельство послужило в свое время поводом к созданию т. н. гипотезы Консидера о тягучести железобетона. Однако дальнейшие, более тщательно поставленные опыты самого же Консидера, Клейнлогеля, Мёрша и др. не подтвердили этой гипотезы. Вопрос был окончательно решен образцовыми опытами Баха в Штутгарте, показавшими полную несостоятельность гипотезы Консидера. В настоящее время надо считать, что трещины как в чистом бетоне, так и в Ж. появляются при одних и тех же удлинениях. Однако в то время как в чистом бетоне эти трещины ведут к немедленному разрушению, наличие железной арматуры задерживает расширение трещин настолько, что они остаются незаметными при обыкновенных условиях для невооруженного глаза, целость же стержня сохраняется.

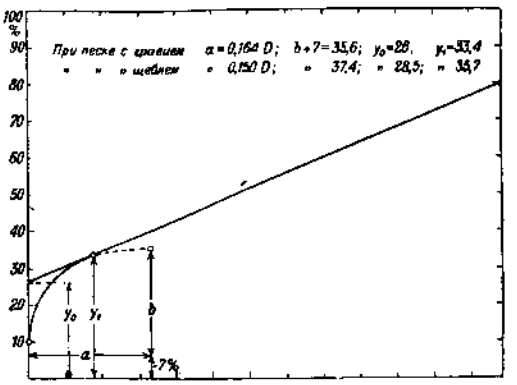
Материалы для Ж. Ж., применяемый в конструкциях, предназначенных нести статич. работу в течение продолжительного времени, д. б. изготовлен из материалов соответствующего качества. Особо строгие требования должны предъявляться к выбору материалов для бетона и к его изготовлению. В общем материалы должны удовлетворять следующим требованиям.

Цемент применяется преимущественно портландский, медленно схватывающийся.

Применение высокосортных глиноземистых шлаковых цементов допускается при условии, чтобы норма содержания их в бетоне, величины допускаемых для них напряжений и т. д. удовлетворяли установленным требованиям. Цемент должен удовлетворять союзному стандарту. Вода д. б. чистая и пресная, без присутствия неорганич. и органич. к-т, хлористого магния и сернокислой магнезии и вообще примесей, вредно влияющих на схватывание и твердение бетона. Не допускается болотная и торфяниковая вода. Темп-ра воды желательна не ниже 4°. Морская вода не должна применяться. Песок д. б. чистый, без примесей землистых частиц, угольной пыли, растительных остатков, глинистых и илистых составных частей, серного колчедана и гипса и вообще без таких примесей, к-рые невозможно удалить промывкой. Предпочтителен песок кварцевый или других твердых изверженных пород, речной или сухих россыпей, с угловатыми зернами и с шероховатой поверхностью. Рекомендуется смесь зерен различной величины, размером до 5 *мм*, с модулем крупности не менее 1,5. Щебень и гравий д. б. из твердых невыветриваемых каменных пород (гравий, галька или щебень), чистые, промытые. Они д. б. морозоупорны и обладать временным сопротивлением сжатию не менее 250 *кг/см²*. Для огнестойких сооружений нельзя применять щебень известковый. Необходимо избегать применения щебня с гладкими стеклоидными поверхностями (кремнистые породы). Крупность—от 5 до 40 *мм*. Железо нормально применяют марки Ст. 2 и Ст. 3; в особых случаях—Ст. 4 и Ст. 5 по номенклатуре НКПС. Поверхности арматуры д. б. чистые. Наиболее употребительные диаметры круглых стержней: 8—50 *мм* для рабочей арматуры и 5—10 *мм* для второстепенных частей. Нормальная длина от 8 до 12 *м* и до 16 *м*. Для связывания отдельных частей арматуры идет отожженная проволока.

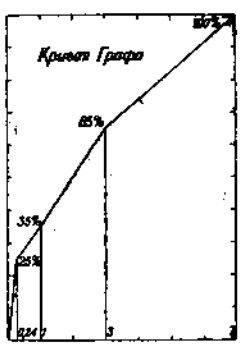
Состав бетона в железобетонных конструкциях. Бетон для изготовления железобетонных конструкций должен удовлетворять соответствующим условиям прочности, обеспечивать достаточное сцепление с железом и предохранять последнее от ржавления. Кроме того производство железобетонных работ требует известной консистенции—пластичности бетона; в последнее время все более и более применяется литой бетон. Как выше указывалось, нормальным содержанием цемента в бетоне для железобетонных конструкций надо считать 280—300 *кг* в 1 *м³*, в отдельных случаях 240—270 *кг*. Необходимая прочность бетона м. б. достигнута и при меньшей жирности, однако тощие бетоны не обеспечивают сцепления с железом и нержавления последнего. Еще до настоящего времени составы бетонов назначают обыкновенно объемными соотношениями составных частей: цемента, песка и гравия или щебня, напр.: 1:1½:3; 1:2:4 и т. д. Однако такой способ составления бетона совершенно нельзя признать правильным, как то показали новейшие исследования Фуллера, Абрамса и др. в Америке, Графа и др. в Европе. Как общий вывод различных исследований надо считать, что, помимо качества цемента и его количества в бетоне, физич. свойств инертных ингредиентов и пр., решающее влияние на прочность бетона имеют два фактора: 1) гранулометрич. состав смеси и 2) отношение количеств воды и цемента (по весу), или так называемый водоцементный модуль.

Гранулометрич. состав смеси определяется просевкой ее через набор сит с разными отверстиями и взвешиванием количеств, оставшихся на каждом сите. Употребительным



Фиг. 1.

набором сит является американский, с отверстиями 0,15; 0,30; 0,60; 1,2; 2; 5; 10; 20 и 40 *мм*. Результаты просевок наносятся в виде кривой линии, абсциссами к-рой служат размеры отверстий сит, а ординатами—количества в % смеси, проходящей через каждое сито. По Фуллеру, кривая наилучшего состава смеси вместе с цементом имеет вид, представленный на фиг. 1. По Графу, решающее значение для прочности бетона имеет гранулометрич. состав раствора—смеси цемента с песком крупностью до 7 *мм*. Камневидная составляющая должна подмешиваться в максимальном количестве, при котором еще достигается плотное обволакивание раствором как отдельных камней, так и арматуры. Наивыгоднейшая гранулометрическая кривая раствора, по Графу, имеет вид, показанный на фиг. 2. Наконец Абрамс характеризует гранулометрич. состав инертных добавок т. н. модулем крупности. Для вычисления его определяют полные остатки на последовательных ситах путем суммирования найденных частичных остатков на данном сите и всех предыдущих (более крупных). Сумма числовых величин, выражающих полные остатки на ситах в %, разделенная на 100, и есть модуль крупности. Указаний относительно наиболее рациональных модулей крупности различных смесей не имеется, но во всяком случае понятие о них дает сравнение гранулометрич. составов и возможность получить однородные смеси. В среднем мож-



Фиг. 2.

но считать, что величины модулей крупности имеют следующие значения: для мелкого песка—1,5, для среднего—2,4, для крупного—3,1, для мелкого гравия—6,5, для среднего—6,9, для крупного—7,4.

Вполне доказанной является зависимость прочности бетона от водоцементного модуля, с увеличением к-рого прочность падает. При постоянстве модуля сохраняется и прочность бетона. По Абрамсу, единственным фактором, влияющим на прочность бетона, является водоцементный модуль, независимо от состава смеси и ее крупности. Только консистенция готовой смеси зависит от обоих факторов. Две серии американских опытов чрезвычайно наглядно характеризуют влияние водоцементного модуля (табл. 1).

Из предыдущего ясно, что особенно важно сохранение, при данных материалах, постоянства водоцементного модуля. С этою целью в Америке имеются при бетономешалках приспособления, автоматически отмеривающие количества как цемента, так и воды, причем имеется возможность учета также и естественной влажности инертных составляющих бетона—песка и гравия. Таковы водоцементные весы Джона Алерса и аппарат Бертини.

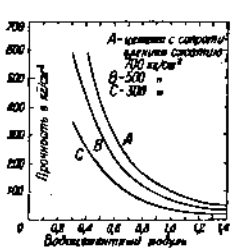
Для практич. определения и контроля консистенции бетона Абрамсом предложен метод измерения сплыва конуса из свежего бетона. Для этой цели применяется форма из листового железа в виде усеченного бездонного конуса с двумя ручками по бокам; высота конуса—35 *см*, диаметр нижнего основания—20 *см* и верхнего—10 *см* (фиг. 4). Форма заполняется бетоном тотчас по его затворении слоями по 10 *см*, причем каждый слой протыкается 30 раз железным стержнем, диаметром 15 *мм*, с округло заостренным концом.

Табл. 1.—Влияние водоцементного модуля на прочность бетона.

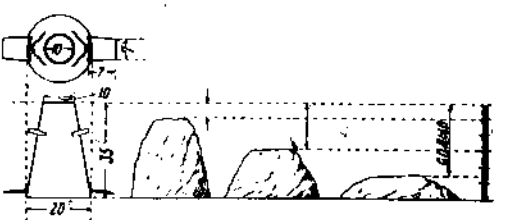
Наименование характеристических данных	Численные значения					
Серия I						
Образец	1	2	3	4	5	6
Водоцементный модуль	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Состав бетона	1:2,5:4	1:2,5:3	1:2,5:2	1:2:4	1:2:3	1:1,5:3
Сплыв в *см*	2,5	13,5	19	18	21,5	24
Прочность через 28 дней в *кг/см²*	279	283	288	277	300	289
Цемент в 1 *м³* в *кг*	222	252	290	243	277	363
Серия II						
Образец	1	2	3	4	5	
Водоцементный модуль	0,53	0,58	0,62	0,67	0,71	
Состав бетона	1:2:4	1:2:4	1:2:4	1:2:4	1:2:4	
Сплыв в *см*	0,63	5,75	16,5	18	21,5	
Прочность через 28 дней в *кг/см²*	280	339	282	232	178	
Цемент в 1 *м³* в *кг*	243	243	243	238	238	

По Абрамсу, зависимость между водоцементным модулем и прочностью растворов 1 : 3 из разного цемента изображается кривыми, показанными на фиг. 3. Другие исследователи дают аналогичные кривые.

Т. о. по современным взглядам, назначение состава бетона должно основываться на предварительных исследованиях гранулометрич. состава смеси портландского цемента с наличными материалами. В случае необходимости состав смеси д. б. исправлен добавлением ингредиента той или другой крупности. Далее добавляется еще необходимое количество воды для получения теста требуемой консистенции и определяется соответствующий водоцементный модуль. Из полученного бетона д. б. изготовлены образцы, в виде кубиков размерами 20×20×20 *см* или 30×30×30 *см*, для испытания на раздробление. Испытание кубиков из бетона с разным содержанием цемента и соответствующими водоцементными модулями дает возможность выбора того или другого состава, в соответствии с требуемой прочностью его. Задачей производства является изготовление бетона определенных предварительными испытаниями состава и консистенции.



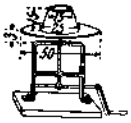
Фиг. 3.



Фиг. 4.

Немедленно по окончании трамбования верхняя поверхность бетона выравнивается, и форма осторожно снимается. Через 1 минуту по снятии формы измеряется уменьшение в высоте конуса, к-рое и называется с п л ы в о м. Америк. нормы устанавливают 4 нормы консистенции бетона, для к-рых сплыв равен: 1,5—2,5 *см*, 7,5—10 *см*, 15—17,5 *см* и 20—25 *см*. Первая консистенция характеризует жесткий бетон, последняя—жидкий литой. Обе эти консистенции для Ж. применяются редко. Русские нормы, в соответствии с американскими, устанавливают сплывы: 1—2 *см*, 7—10 *см* и 15—18 *см*. Проба сплывом (Slumptest), как показали опыты, не всегда дает вполне надежные результаты и в

Америке заменяется ныне пробой на расплывание при сотрясении (Flowtest). С этой целью применяется сотрясательный столик американ. конструкции (фиг. 5). Для этого испытания применяются конические формы указанных на фиг. 5 размеров. Мерой консистенции служит в этом случае отношение диаметра расплывшейся лепешки к нижнему диаметру коническ. формы, умноженное на 100. Существуют попытки выразить прочность образцов, изготовленных из бетона описанным способом, в функции водоцементного модуля.



Фиг. 5.

Для цилиндрич. образцов, применяемых в Америке, временное сопротивление через 28 дней выражается, по Абрамсу, ф-лами:

$$W_{28} = \frac{980}{9^{1,5\omega}} - \frac{980}{7^{1,5\omega}} \text{ кг/см}^2,$$

где ω—водоцементный модуль. Граф даст как наименьшее яременное сопротивление кубиков размерами $20 \times 20 \times 20$ *см* или $30 \times 30 \times 30$ *см* выражение:

$$K = \frac{K_n}{400}\left(\frac{1300}{7^{2\omega}} + 20\right) \text{ или } K = \frac{K_n}{8\omega^2} \text{ кг/см}^2;$$

здесь K_n—временное сопротивление кубиков $7 \times 7 \times 7$ *см* из раствора 1:3, применяемых при испытании цементов. Для ускорения результатов испытания кубиков были предложены испытания через 7 дней вместо 28 и ф-ла для перехода от результатов 7-дневных испытаний к результатам испытаний 28-дневных. По данным герм. опытов, существует следующая зависимость:

$$W_{28} = W_7 + 6\sqrt{W_7};$$

русские нормы дают:

$$W_{28} = W_7 + 7\sqrt{W_7}.$$

Ко всем предложенным ф-лам следует однако отнестись с большой осторожностью, т. к. на практике они дают результаты, сильно расходящиеся с результатами испытаний; формулы эти можно рекомендовать лишь как ориентировочные.

Физические свойства Ж. 1) Водонепроницаемость зависит от жирности цементного раствора, плотности состава бетона и целесообразного выполнения самих работ. Пластичные бетоны менее водопроницаемы, чем жесткие. Однородное качество бетона, укладка его правильными слоями относительно небольшой толщины, достаточное и равномерное трамбование после укладки, сохранение по выполнении работ б. или м. продолжительное время во влажном состоянии не менее важны, чем соответствующий состав бетона. Наименее водопроницаемые бетоны, при одинаковом количестве цемента, получаются с уменьшением количества пустот в инертных веществах; опыты Графа показали, что бетоны с раствором, удовлетворяющим его кривой, отличаются наибольшей водонепроницаемостью. Для обеспечения от просачивания воды, при надлежащем составе бетона и при высоте напора в 1,2, 12,0 и 30,0 *м*, необходима толщина слоя бетона соответственно в 10, 38 и 165 *см*. Мероприятиями для предохранения от просачивания и впитывания воды служат: а) слой из цементного раствора 1:1 до 1:2, толщиной в 0,5 до 2 *см* с железненной поверхностью; б) побелка от $^1/_2$ до 1 ч. известкового теста или смеси гашеной извести с трассом на 1 ч. цемента; в) торкретирование; г) флюатирование и примеси спец. патентованных составов, как перезит, гидрозит и др.; д) изоляция из свинцовых листов, толя, руберойда, асфальта и пр. Если на проницаемый бетон наносится слой жирного цементного раствора (от руки или при помощи машины), то необходимо следить за возможно большим уплотнением его и за правильным и тщательным выполнением работ; если нанесенный раствор будет предохранен от высыхания, то достаточно очень тонкого слоя; если нельзя избежать высыхания раствора, то образование усадочных трещин м. б. ограничено нанесением слоя инертоля, литурина, гудрона и т. п.

2) Сопротивление атмосферным влияниям. Железобетонные сооружения необходимо предохранить в период их возведения до достаточного затвердения бетона от солнцепека, ветра, мороза и дождя. Быстрое высыхание под влиянием солнца и ветра приводит к появлению трещин в бетоне. Стойкость бетона в этом отношении тем меньше, чем разнороднее его масса и коэф. расширения его составных частей. Эти волосные трещины в Ж. влекут за собой проникновение влаги к арматуре, результатом чего является ржавление последней, сопровождающееся увеличением объема стержней и расслоением. Летом временное сопротивление сжатию у бетона, подверженного продолжительное время действию солнечных лучей, становится меньшим, чем у бетона, к-рый содержится влажным и хранится под прикрытием. Мороз прерывает процесс схватывания незатвердевшего бетона, и при $t°$ ниже $-15°$ свойство схватывания может даже совсем исчезнуть. Вообще при низких $t°$ следует рассчитывать на более медленное твердение, чем при комнатной $t°$. Ускорение схватывания достигается между прочим добавлением хлористого кальция в количествах, определяемых опытом, т. к. хлористый кальций действует неодинаково на различные цементы. Протекающая по еще не затвердевшему бетону дождевая вода выщелачивает и размягчает бетон и способна выщелачивать из раствора и бетона свободный гидрат извести. Для предохранения от действия атмосферных влияний применяются торкретирование и флюатирование.

3) Сопротивление химическим воздействиям. Выбором соответственных отощающих материалов (кварцевого песка, базальтового щебня и т. п.) можно настолько ограничить химич. воздействия на бетон, что по существу будут подвергаться воздействию только составные части вяжущего вещества. Поэтому вопрос в данном случае сводится к выбору подходящего цемента и, в нужных случаях, к предохранению его от вредных влияний; это достигается рационализацией производимых работ, предохранением бетона на время б. или м. продолжительного твердения от химич. воздействия активных жидкостей, покрытием специальными составами (напр. инертолем—против

вод газовых з-дов, маргалитом—против масел и т. д.), устройством специальных предохранительных слоев из стойких материалов (глина, прозорит и др.), добавками, более прочно связывающими известь в цементе и изолирующими тем самым бетон от вредных воздействий. Стоячие жидкости менее опасны, чем текучие, все время обновляющие свой состав, или действующие механически (удары волн) или попеременно изменяющие $t°$ (то теплые, то холодные). Эффект химич. воздействия является наибольшим для более напряженных частей сооружений. Наибольшее внимание следует обратить на защиту невидимых частей сооружений (напр. фундаментов), где обыкновенно начинают развиваться повреждения. К жидкостям, действующим на затвердевший цемент в бетоне, относятся соединения, заключающие в себе: а) все почти к-ты (серную, соляную, азотную, угольную, карболовую, уксусную, дубильную, бродильные жидкости и т. д.): б) многие соли, особенно сульфаты (гипс, глауберова соль, медный купорос), хлористый магний, щелочные растворы, соли аммония, жирные масла, животные и растительные жиры, тяжелые масла каменноугольной смолы и пр. В каждом частном случае необходимо однако выявить—следует ли считать жидкость, с к-рой приходится иметь дело, вредной для бетона или нет. Вредное действие на бетон морской воды зависит от присутствия в ней сернокислой магнезии и хлористого магния. Сульфат, благодаря образованию «цементных бацилл», влечет за собой разрушение сооружения. Для образования цементных бацилл, т. е. гипсового алюмината, требуется совместное наличие извести, глинозема и сернонатриевой соли. Предохранительными против разрушения мерами в данном случае служат: наиболее плотный состав бетона с употреблением соответствующих цементов—шлакового, бокситового; примесь трасса и пуццолана, повышающая стойкость цементов против химич. воздействий; покрытие поверхности бетона различными химич. составами (углекислый аммоний, кремнефтористый магний, фтористый кальций и др.), которые образуют в химич. соединении с раствором кору, не поддающуюся действию морской воды; торкретирование. Химическое воздействие атмосферы (кислорода, азота, углекислоты и паров воды воздуха) при нормальных условиях не вредит бетону, но сернистые соединения в дымовых газах оказывают вредное влияние на бетон, а по разрушении покрова арматуры и на нее. Дымовые газы в особенности разрушительны при наличии сырости в сооружениях. Внешнее увлажнение сооружения водяными парами дымовых газов является безвредным при наличии плотного и сухого бетона, защищенного от атмосферных и напорных вод. Предохранительными мерами являются: применение возможно плотного бетона в частях, подверженных непосредственному действию дымовых газов (в зонах арматуры диаметр камневидных добавок не д. б. более 2 *см*), жирное плотное обволакивание арматуры; придание защитному слою относительно всей арматуры бетонному слою толщины не менее 4 *см*; применение железистых и более бедных известью цементов и прибавление к портландскому цементу трасса; тщательный отвод всех вод от сооружения; устранение воздействия дымовых газов на свежий бетон; сглаживание поверхностей, подверженных действию дымовых газов, для быстрого отвода их; применение защитных щитов; флюатирование. Металлы при соприкосновении с бетоном окисляются, за исключением благородных металлов и железа; последнее, будучи окружено бетоном, при надлежащей плотности его и отсутствии трещин, совершенно не ржавеет. Но для этого требуется соблюдение конструктивных требований, предъявляемых к железобетонным конструкциям.

4) Сопротивление действию электричества. В случае опасности появления электрич. токов необходимо принимать меры предосторожности, имея в виду, что под действием электричества в нек-рых случаях наблюдались разрушения арматуры, в особенности в сыром бетоне, в массе же бетона возможны электролитич. изменения.

5) Теплопроводность бетона, отвечающая примерно таковой естественных камней и несколько бо́льшая теплопроводности кирпичной кладки, зависит гл. обр. от теплопроводности камневидных материалов, объема бетона, его $t°$ и степени влажности. Тонкопористые бетоны из пористых, малотеплопроводных материалов (напр. шлаков, пемзы) обладают наименьшей теплопроводностью; плотные бетоны из плотных материалов (напр. щебня из кварцитов, кремней и кварцевого песка), наоборот,—наибольшей. Теплопроводность трамбованного бетона почти вдвое больше, чем нетрамбованного. Коэфициент теплопроводности может быть принят для бетона примерно вдвое бо́льшим, чем для его камневидных составляющих, что видно из табл. 2.

Табл. 2.—Коэф-ты теплопроводности.

Материалы	Коэф. теплопроводности λ при $t°$ до 20°	Увелич. теплопроводности вследствие смешения камневидных составляющих с цементом
Гравий	0,32	в 2,18 раза
Гравелистый бетон	0,70	
Шлак	0,15	» 2,00 »
Шлаковый бетон	0,25—0,30	
Пемзовый щебень	0,10—0,12	» 2,20 »
Пемзовый бетон	0,25	

6) Огнестойкость. Железобетонные конструкции, правильно сконструированные и хорошо выполненные, обладают значительной огнестойкостью. Сопротивление бетона механич. усилиям при высоких $t°$ понижается, но распадения составных частей не происходит. В общем бетон достаточно предохраняет арматуру от нагревания. По данным Грута (Grut), при нагревании до 1 000° бетонных образцов наблюдались на различных глубинах от поверхности следующие $t°$:

Глубина в *см*	1	2	3	5	7	9
$t°$	828°	673°	594°	446°	343°	261°

В сооружениях, подверженных опасности в смысле пожара, следует повышать глубину укладки арматуры до 5—7 *см* и применять

наиболее огнестойкие камневидные составляющие. Не следует применять в этом случае естественных камней с большим содержанием кремневой к-ты. Гранит, кварц, песчаники поэтому мало пригодны. Долерит, базальт и известняк оказались при высокой $t°$ более стойкими, хотя последний при этом химически изменяется. Цемент для рассматриваемых сооружений тем пригоднее, чем под большей $t°$ произведен его обжиг. В общем можно принять, что при нагревании до 500° бетон теряет до 20% своего сопротивления сжатию.

7) Влияние колебаний температуры. Железо и бетон от теплоты расширяются, а при охлаждении сжимаются. Коэф. β линейного расширения литого железа,—0,0000122÷0,0000145, стали—0 000019. Опытами Келлера установлено, что коэф. линейн. расширения бетона с увеличением в его составе количества песка и щебня уменьшается. Вследствие неоднородности состава Ж. и неодинаковости нагревания в нем возникают $t°$-ные напряжения, могущие вызвать появление трещин. Этому противодействуют рациональным конструированием ($t°$-ные швы) и учетом $t°$-ных напряжений в статически неопределимых системах.

Механические свойства Ж. 1) Зависимость между деформациями и напряжениями. а) Для железа и стали закон удлинений Гука, устанавливающий пропорциональную зависимость между деформациями и напряжениями до предела пропорциональности, дает достаточно точное понятие о действительном законе упругости. Зависимость эта выражается следующими формулами:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon,$$

$$\tau = G \cdot \gamma = \frac{m}{2(m+1)} E \cdot \gamma,$$

где σ—действующее нормальное напряжение $= \frac{P\,(\text{сила})}{F\,(\text{площ.})}$, E—модуль упругости, ε—относительное удлинение или укорочение $= \frac{\Delta l\,(\text{удлин. или укороч.})}{l\,(\text{длина элемента})}$, τ—действующее напряжение сдвига, G—модуль сдвига, γ—относительный сдвиг $= \frac{\Delta t\,(\text{сдвиг})}{b\,(\text{шир. элемента})}$. Для литого железа временное сопротивление различных марок $\sigma = 3{,}5 \div 5{,}0$ $m/см^2$, $E = 2\,150$ $m/см^2$, $G = 830$ $m/см^2$, предел упругости σ_E $1{,}8 \div 2{,}4$ $m/см^2$, предел текучести $\sigma_P = 2{,}4 \div 3{,}0$ $m/см^2$, коэф-т Пуассона $m = 0{,}3$. Возможная нагрузка на железобетонные конструкции зависит от предела текучести железа. Если предел текучести арматуры в растянутой зоне железобетонной балки превзойден, то железо получает значительные удлинения, появляющиеся трещины раскрываются, прогибы возрастают, бетон над раскрывающимися трещинами раздробляется, окалина железной арматуры отскакивает. б) Для бетона, как неподчиняющегося закону пропорциональности между деформациями и напряжениями, линейный закон Гука, строго говоря, неприменим. Для установления зависимости упругих деформаций от напряжений были предложены различные эмпирич. ф-лы. Хорошие результаты в этом отношении, совпадающие с опытными данными, дает закон Баха, обобщающий закон Гука и выражающийся ф-лой: $\varepsilon = a \cdot \sigma^n$, где ε и σ имеют те же значения, что и выше, a—коэф. упругости $= \frac{1}{E}$, n—показатель степени, равный для железа и стали 1, а для других материалов от 1 до 2. Отсюда модуль упругости бетона

$$E = \frac{1}{a \cdot \sigma^{n-1}}.$$

Модуль упругости бетона зависит: от состава, рода и качества цемента, качества инертных веществ, количества воды, тщательности выполнений работ и возраста бетона. Граф определяет модуль упругости при допускаемой нагрузке, в зависимости от временного сопротивления K бетона, по ф-ле:

$$E = \frac{10^6}{1{,}7 + \frac{360}{K}}.$$

Модуль упругости т. о. есть величина переменная. Наибольшую величину модуль E имеет при составах от 1:1,5 до 1:2. При обычных напряжениях бетона, употребляемого в железобетонных конструкциях, модуль упругости при сжатии колеблется, по Графу, в пределах от 170 000 до 300 000 $кг/см^2$; модуль упругости при растяжении, по данным Графа, не оказывается существенно меньшим, чем при сжатии. При расчетах модуль упругости обычно принимается постоянным и равным 210 000 $кг/см^2$. При тех условиях, с к-рыми обыкновенно приходится встречаться на практике, удлинение армированного, сохранявшегося сырым бетона перед появлением трещин достигало максимум 0,2 *мм* на 1 *м*. Это удлинение меньше деформаций железа в пределах допускаемых напряжений. Остаточные деформации в бетоне составляют $^1/_{10}$ всех деформаций. Предельное удлинение бетона, влекущее за собой его разрушение, м. б. взято в среднем равным 0,00015. в) По данным Графа, отношение модулей упругости железа и бетона колеблется в пределах от 8 до 12; в среднем оно равно 10. При расчете прочности железобетонных конструкций это отношение n согласно различным нормам принимается равным 15, а для расчета деформаций и статически неопределимых систем—равным 10. Однако согласно новейшим воззрениям $n = 15$ представляет в первом случае не отношение модулей упругости, а отношение напряжений сжатия железа и бетона в железобетонной конструкции в момент разрушения.

2) Сопротивление бетона механическим воздействиям. На величину сопротивления существенно влияют: качество материалов, состав бетона, консистенция, возраст, способ изготовления, условия хранения, размеры и формы образцов и т. д. а) Сопротивление бетона сжатию варьирует в широких пределах в зависимости от указанных факторов. Опыты Баха над образцами возрастом до 9 лет показали постоянное возрастание прочности, причем у пластичного бетона—в большей мере, чем у жесткого. Установить какой-либо определенный закон для этого не удалось благодаря большому количеству различных факторов, влияющих на прочность бетона. В практике имеет особенное значение временное сопроти-

вление сжатию в продолжение первых четырех недель. Русскими нормами установлены для различных марок бетона следующие величины сопротивления бетонных кубиков через 28 дней (табл. 3).

Табл. 3.—Временное сопротивление бетонных кубиков на сжатие в *кг/см²*.

Марки	Консистенция	
	жесткий	пластичный
1	200	130
2	180	110
3	140	80
4	100	—
5	80	—

Высокосортные портланд-цементы и глиноземистые цементы дают значительно бо́льшую прочность, чем обыкновенные. Это видно из опытных данных (по Графу) над пластичным бетоном состава: 1 об. ч. цемента, 2,6 ч. смеси песка и гравия и 3 ч. рейнского гравия (260 *кг* цемента в 1 *м³* бетона)—подвергнутым сжатию после 7 дней влажного, а потом сухого хранения (см. внже табл. 4). б) Сопротивление бетона растяжению (K_z) зависит от тех же многочисленных факторов, что и сопротивление сжатию. Для хорошего бетона временное сопротивление растяжению через 45 дней м. б. принято не свыше 15 *кг/см²*, в среднем его можно брать равным 12 *кг/см²*. Приближенно временное сопротивление бетона на растяжение можно считать равным от $^1/_8$ до $^1/_{12}$ его временного сопротивления сжатию. в) Сопротивление бетона изгибу (K_b) зависит, в первую очередь, от его сопротивления растяжению и при расчете по ф-ле $\sigma_I^{\text{м.е}}$ получается в 1,7÷2,0 раза больше последнего. Исследования Мёрша показали, что это кажущееся противоречие происходит вследствие неправильного применения к бетону закона Гука. Расчет, в соответствии с действительным для бетона законом упругости, дает для изгиба те же величины временного сопротивления, что и для растяжения. г) Величина временного сопротивления бетона сдвигу (K_s) лежит между соответствующими величинами для сжатия и растяжения. Мёрш (Mörsch) дает следующий закон для зависимости между этими тремя количествами:

$$K_s = \sqrt{K_d \cdot K_z};$$

по Мору же,

$$K_s = \frac{1}{2}\sqrt{K_d \cdot K_z}.$$

Опыты Баха с призмами, подверженными скручиванию, более подтверждают вторую зависимость и дают для полных сечений призм K_s=25,6÷32,5 *кг/см²*, а для трубчатых K_s=17,1 *кг/см²*. Однако для бетонных конструкций сопротивление сдвигу играет второстепенную роль, т. к. разрушение является обычно следствием не тангенциальных напряжений, а сопутствующих последние растягивающих напряжений. д) Сопротивление бетона истиранию возрастает с увеличением содержания цемента и повышением временного сопротивления сжатию. Важнейшим фактором в данном случае является гранулометрич. состав раствора и бетона. Опыты по методу Баушингера при сухом шлифовании на пути длиной 628 *м* выяснили напр., что при плитах, сделанных из 1 об. ч. цемента и 1 ч. песка с зернами от 0 до 7 *мм*, истирание оказалось=0,227 *см³* на 1 *см²*, а при том же составе, но с зернами от 3 до 7 *мм*—0,165 *см³* на 1 *см²*; при этом временное сопротивление раствора сжатию через 46 дней составляло в первом случае 559 *кг/см²*, а во втором—612 *кг/см²*. При меньшем содержании цемента соответственный подбор зерен имеет еще большее значение.

Табл. 4.—Сопротивление сжатию бетона на высокосортном портландском и глиноземистом цементах.

Сорт цемента	Время хранения	Врем. сопротивл. сжатию в *кг/см²*	Отношение
Высокосортный портландский цемент	7 дн.	141	0,6
	28 дн.	253	1,0
	4 мес.	330	1,35
Глиноземистый цемент	7 дн.	479	0,8
	28 дн.	588	1,0
	6 мес.	638	1,1

В бетоне влияют на изнашивание качество песка и щебня, а также бо́льшая или меньшая их добавка. Применение специальных материалов с высоким сопротивлением истиранию ведет к пониженню изнашиваемости бетона. Так напр. Клейнлогель применяет смесь гранулированной стали с цементом, получая состав высокой прочности и большой сопротивляемости истиранию (сталебетон Клейнлогеля). Влажный бетон изнашивается больше, чем сухой, что было подтверждено опытами Графа. В дальнейшем на истирание влияют возраст бетона и способ изготовления его. Старый бетон оказывает большее сопротивление изнашиванию, при условии однако, чтобы положительные результаты не были парализованы излишней влажностью. Влияние способа изготовления бетона на изнашивание исследовал Абрамс. Бетон имел возраст 90 дней. Наименьшее сопротивление изнашиванию выказал бетон, подверженный продолжительному сухому хранению на воздухе. Бетонные испытуемые тела, хранимые во влажном песке, оказывали большее сопротивление истиранию. Наименьшую изнашиваемость имели тела состава 1 : 3, подвергавшиеся в течение 40 дней влажному, а затем в течение 50 дней сухому хранению; при более продолжительном хранении во влаге сопротивляемость истиранию уменьшалась вследствие избытка влаги, способствующей истиранию.

3) Сцепление железа с бетоном зависит от качества бетона и формы и состояния поверхностей стержней. Средняя величина сопротивления скольжению по поверхности стержня с увеличением глубины заделки в бетоне падает, что подтверждается следующими опытными данными для балок с арматурой из круглого железа с d=25 *мм*:

При глубине заделки	25	50	~75 *см*
Врем. сопротивл. скольжению	35,7	22,9	21,7 *кг/см²*

Гладкая арматура (очищенная и полированная наждаком) обладает только $^2/_3$ сопротивления скольжению обыкновенного железа с окалиной. Последнее оказывает меньшее сопротивление скольженню, чем заржавевшее, не покрытое окалиной железо. Наибольшее сопротивление скольженню выказали специальные америк. сорта железа. Сотрясения во время изготовления и твердения бетона могут значительно повысить сопротивление сцеплению. Однако наблюдалось и обратное, почему нужно соблюдать осторожность при возведении сооружений, к-рые в период постройки могут подвергнуться сильным сотрясениям. В общем можно считать, что сила сцепления железа в хорошем бетоне находится в пределах 10÷20 *кг/см*².

4) Влияние продолжительности смешивания на механические свойства бетона зависит всецело от качества бетона и его составляющих. Так напр. раствор с мелким песком требует более продолжительного смешивания, чем раствор с крупным песком; длительное перемешивание при тощем бетоне дает больший эффект, чем при жирном; трамбованный бетон требует более продолжительного смешивания, чем литой. Вообще же следует принять за правило, чтобы смешивание (в бетоньерке) производилось в течение не менее одной минуты.

5) Влияния температуры на механические свойства железа и бетона. а) Предел текучести литого железа с повышением $t°$ понижается; до 200° он падает незначительно, при более же высоких $t°$ очень быстро. При 400° предел текучести равен половине той величины, к-рая получилась при комнатной $t°$. Временное сопротивление железа при повышении $t°$ понижается. При низкой $t°$ (мороз) сопротивляемость действию ударов может значительно понизиться. Обработанное в холодном состоянии железо при нагревании до $t°$ в 200 до 400° может стать очень хрупким. б) С повышением $t°$ сопротивление бетона сжатию постепенно падает. Так, опытами Грута над пробными кубиками состава 1:3 и возраста $2^1/_2$—3 мес. установлены след. соотношения:

При $t°$ . . .	0°	100°	150°	200°	300°	500°	700°	1 000°
Сопрот. сжатию в *кг/см*²	374	370	425	424	379	305	171	49

Опыты, произведенные над пробными телами, сильно нагретыми, а затем быстро охлажденными в воде, показали, по Сеткли́фу, что сопротивление растяжению значительно понижается, а именно:

Для чистого портланд-цемента, состава	1:0—на	80%
» смеси цемента с песком, состава . .	1:1—»	79%
» » » » » » . .	1:3—»	82%
» » » » » » . .	1:5—»	80%
» » » со шлаком » . .	1:4—»	79%
» » » с кирпичным щебнем, состава	1:4—»	63%
Для смеси цемента с пемзовым песком, состава	1:4—»	60%
Для смеси цемента с мелким коксом, состава	1:4—»	44%

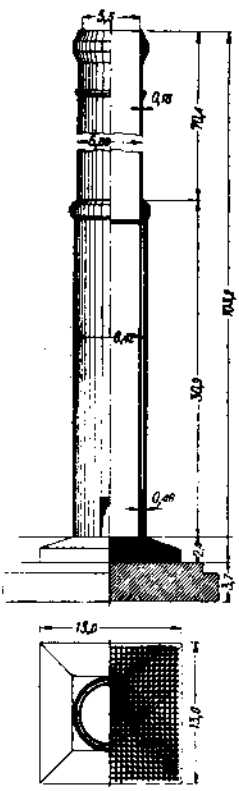
Эти опыты и многочисленные другие показали в общем, что при повышении $t°$ сопротивление сжатию уменьшается и что при $t°$ до 500°, какая бывает в дымовых трубах и каналах, следует иметь в виду уменьшение этого сопротивления для бетона на 20%. Что касается сопротивления бетона растяжению, то при темп-ре в 500° это сопротивление равно нулю. Поэтому для бетона, подверженного постоянному влиянию повышенной $t°$, следует делать соответствующий выбор камненнднх составляющих.

Преимущества и недостатки Ж. К преимуществам Ж. следует отнести: высокое сопротивление механич. усилиям, большую жесткость (малые прогибы), водонепроницаемость, огнестойкость, долговечность, способность принимать любые формы, быстроту постройки, отсутствие большого ремонта и т. п. Недостатками Ж. являются: ограниченность срока производства работ, трудность изменений и исправлений в готовом сооружении, трудность пробивки отверстий и пазов, трудность вколачивания гвоздей и т. п., значительная звуко- и теплопроводность, возможность появления трещин и отслоений по разным причинам—вследствие неудовлетворительного качества материалов, неопытности рабочего персонала, неудачной организации работ и т. д.

Лит.: Граф О., Петри В., Мёрш Е. и Рут Г., Проектирование и расчет железобетонных сооружений, перевод с нем., М., 1928; Бейер К., Статика железобетонных сооружений, пер. с нем., М., 1928; Залигер Р., Железобетон, его расчет и проектирование, пер. с нем., М.—Л., 1928; Брилинг С. Р., Технич. свойства строит. материалов, М., 1926; его же, Нормы для расчета и проектирования инженерных сооружений, М., 1927; Лахтин Н. К. и Кашкаров Н. А., Железобетон, ч. 1—3, М., 1925—27; Полейт А., Курс железобетона для строительных техникумов, М.—Л., 1928; Богуславский Н., Железобетон, М., 1926; Гастев В., Методы и данные для расчета железобетонных конструкций, М., 1928; Технич. условия и нормы проектирования и возведения бетонных сооружений, М., 1927; Справочник для инженеров строительной специальности и архитекторов, М., 1928; Handbuch f. Eisenbetonbau, hrsg. v. F. Emperger, B. 1, 3 Aufl., B., 1921; Mörsch E., Der Eisenbeton, seine Theorie u. Anwendung, B. 1—2, B., 1923—26; Saliger R., Der Eisenbeton, seine Berechnung u. Gestaltung, 5 Aufl., Lpz., 1925; Förster M., Die Grundzüge d. Eisenbetonbaues, 3 Auflage, Berlin, 1926; Probst E., Vorlesungen über Eisenbeton, B. 1—2, B., 1922—23; Hager K., Vorlesungen über Theorie d. Eisenbetons, B., 1916; Boost H., Der Beton- u. Eisenbetonbau, Darmstadt, 1920; Otzen R., Der Massivbau, Berlin, 1926; Memmler K. u. Burchartz H., Handbuch f. Eisenbetonbau, 3 Auflage, B., 1921; Kleinlogel A., Einflüsse auf Beton, Berlin, 1925; Büsing F. und Schumann C., Der Portlandzement u. seine Anwendungen im Bauwesen, 4 Aufl., B., 1912; Graf O., Der Aufbau d. Mörtels u. d. Betons, 2 Aufl., B., 1927; Graf O., Die Druckfestigkeit v. Zementmörtel, Beton, Eisenbeton u. Mauerwerk, die Zugfestigkeit d. unbewehrten u. bewehrten Betons, Stg., 1921; Germer H., Einfluss niederer Temperaturen (Frost) auf d. Festigkeit v. Mörtel, Mauerwerk u. Beton, B., 1911; Germer H., Einfluss höherer Temperaturen auf d. Festigkeit v. Mörtel, Mauerwerk u. Beton, Berlin, 1911; Henne H., Feuersicherheit, Handbuch f. Eisenbetonbau, hrsg. v. F. Emperger, B. 8, Berlin, 1921; Grün R., Der Beton, Berlin, 1926; Szillard R., Das Torkretverfahren u. seine techn. Probleme, B., 1925; Grün R., Der Zement, B., 1927; Bethke G., Das Wesen d. Gussbetons, Berlin, 1924; Entwurf u. Berechnung v. Eisenbetonbauten. Ein Handbuch, hrsg. v. d. Deutschen Beton-Verein, B. 1, B., 1926; Gaye J., Der Gussbeton u. seine Anwendung im Bauwesen, B., 1926; Hetz L., Schwindspannungen in Trägern aus Eisenbeton, Lpz., 1925; Kersten C., Der Eisenbetonbau, T. 1, 13 Aufl., Berlin, 1925; Abrams, Wear Test of Concrete, p. 14, 15, Chicago, 1921; «Bulletin of the Lewis Institute Structural Materials Research Laboratory», Chicago; «Proceedings of the American Society for Testing Materials», Philadelphia; Deutscher Ausschuss f. Eisenbeton, Berlin; Taschenbuch f. Bauingenieure, hrsg. v. M. Förster, Berlin, 1928; Taschenbuch f. Ingenieure und Architekten, hrsg. v. F. Bleich u. J. Melan, Wien, 1926; «Beton-Kalender» (Taschenbuch für den Beton- und Eisenbetonbau), Jg. 24, T. 1—2, Berlin, 1929.

С. Брилинг.

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ДЫМОВЫЕ ТРУБЫ, инженерные сооружения из железобетона, служащие для отвода продуктов горения промышленных топок в высшие слои атмосферы. Ж. д. т. получили в последнее время значительное распространение, особенно в США для особо высоких труб, стоимость выполнения к-рых из кирпича была бы слишком велика. Достоинствами Ж. д. т. по сравнению с кирпичными являются: 1) легкость, а следовательно меньшие требования, предъявляемые к грунту; 2) монолитность трубы и ее фундамента, а потому особая прочность и повышенная безопасность при землетрясениях; 3) возможность возведения труб значительн. высоты; 4) малая воздухопроницаемость стенок и отсутствие, при правильной постройке, трещин и щелей; 5) во многих случаях значительная экономия при постройке. Недостатками Ж д.т. являются: 1) большая теплопроводность стенок, 2) чувствительность к химическ. агентам. Данные об условиях тяги в Ж. д. т. и коэфициенте теплопроводности см. *Дымовые трубы*.



Фиг. 1.

Обычная конструкция монолитн. Ж. д. т. состоит из ствола трубы цилиндрическ. или же слегка конической формы, который жестко соединен с железобетонной фундаментн. плитой. На фиг. 1 изображена Ж. д. т. системы К. Вебера (Weber Steel Goncrete Chimney Co) высотой в 101,34 *м*. Верхняя часть трубы на высоте около 70 *м* — одинакового сечения, с толщиной стенок, повсюду равной 18 *см*. Арматура состоит из фасонного железа ⊥ профиля 32×32×5 *мм*; число стержней возрастает книзу, где они собраны в пучки по нескольку десятков штук. Нижняя часть трубы — двойная, наружная стенка 23 *см* толщиной, а внутренняя — 13 *см*; между ними лежит воздушный слой в 10 *см*. Поперечная арматура состоит из колец из ⊥ железа 25×25×2 *мм*, расположенных на расстояниях в 90 *см*. Квадратная фундаментная плита имеет двойную — поперечную и диагональную арматуру. Бетон для постройки употреблялся землистовлажный, из 1 ч. цемента и 3 ч. песка. Ежедневно возводилось от 0,9 до 1,8 *м* трубы.

Расчет Ж. д. т. необходимо вести по двум основным направлениям: 1) статический расчет прочности и устойчивости под действием собственного веса и давления ветра и 2) на добавочные напряжения, возникающие в составляющих элементах вследствие разности t° в толще стенок трубы и различных термич. коэф-тов расширения железа и бетона. Последнее напряжение в виду почти полного равенства обоих коэфициентов настолько ничтожно, что обычно отбрасывается. Зато добавочные напряжения, возникающие вследствие разности t° различных слоев бетона, обычно превышают напряжения, возникающие под действием статических нагрузок. В дальнейшем t_1 и t_2 обозначают температуры на внутренней и на наружной поверхностях железобетонного тела трубы, t_f — температуру железной арматуры, t_n — темп-ру в области нейтральной оси предполагаемой плоской стенки Ж. д. т.; s_b и s_f — температурные напряжения, а S_b и S_f — результирующие напряжения в бетоне и железе, α_b и α_f — термические коэф-ты линейного расширения бетона и железа. Под действием разности температур в толще стенки слои материала претерпевают различные расширения, результатом чего должен явиться изгиб стенки, а при невозможности этого, как в случае Ж. д. т., возникают соответствующие напряжения:

$$s_b = (t_1 - t_n)\,\alpha_b E_b \text{ и } s_f = (t_n - t_f)\,\alpha_f E_f, \quad (1)$$

где E_b и E_f — модули упругости бетона и железа. Подставляя средние значения постоянных, имеем:

$$s_b = \frac{x}{h}\cdot 1{,}5\Delta t; \quad s_f = \frac{h-a-x}{h}\cdot 22{,}5\Delta t, \quad (2)$$

где x — отстояние нейтральной оси от внутренней поверхности, h — толщина стенки, a — расстояние от наружной стенки до центра железной арматуры и $\Delta t = t_1 - t_2$. В нормальных условиях

$$s_b \simeq 0{,}15\Delta t \div 0{,}45\Delta t,$$
$$s_f \simeq 1{,}5\Delta t \div 13{,}5\Delta t.$$

В общем случае для подветренной (сжатой) стороны имеем:

$$S_b = \frac{0{,}225}{h}\Delta t\left(-f + \sqrt{f^2 + 13{,}33 f(h-a) + 59\frac{h^2\sigma_b}{\Delta t}}\right), \quad (3)$$

где f — площадь сечения железной продольной арматуры на 1 *м* периметра сечения Ж. д. т. и σ_b — напряжение сжатия бетона от одной статической нагрузки, и

$$S_f = 15\left(1{,}5\frac{h-a}{h}\Delta t - S_b\right). \quad (4)$$

В этих ур-ниях положительное напряжение принимается для бетона — на сжатие, а для железа — на растяжение. Ф-ла (3) справедлива лишь для того случая, когда нейтральная ось лежит в толще стенки, т. е. при

$$\Delta t \geqslant \frac{\sigma_b}{0{,}75 + 0{,}225\frac{af}{h^2}} \simeq 1{,}3\sigma_b.$$

При меньшем Δt ф-ла (3) заменяется:

$$S_b = \frac{\Delta t\left(1{,}5h + 0{,}45 f\frac{h-a}{h}\right) + 2h\sigma_b}{2h + 0{,}3f}. \quad (5)$$

Для наветренной (растянутой) стороны, при

$$\Delta t > 0{,}0444\frac{h}{h-a}\sigma_f, \quad (6)$$

где σ_f — напряжение растяжения в железе под влиянием одной статической нагрузки, могут применяться ф-лы (3) и (4), причем

в ф-ле (3) под корнем $h^2\sigma_b$ необходимо заменить $-\frac{h\sigma_f}{100}$. При значениях Δt, меньших указанных формулой (6), теоретически температурные напряжения в бетоне равны 0, и $S_f \neq \sigma_f$. Следует отметить, что приведенные выше формулы выведены на точном основании закона Сен-Венана; в виду того что в бетоне при изгибе линейный закон изменения напряжений не имеет места, получающиеся в действительности напряжения меньше вычисленных.

Фиг. 2.

Постройка Ж. д. т. производится двумя способами—без опалубки, помощью особых формовых камней, и с опалубкой. Первый способ дешевле и быстрее в работе, но при нем труба отчасти теряет одно из главнейших достоинств—монолитность. Некоторые системы формовых камней изображены на фиг. 2. При постройке Ж. д. т. с опалубкой последнюю в целях удешевления всей конструкции делают обычно подвижной, состоящей из двух барабанов—наружного и внутреннего, между которыми заливается бетон; по мере схватывания бетона их передвигают выше. Америк. строители обычно делают монолитные Ж. д. т. цилиндрич. формы, что плохо приемлемо для европейского вкуса; поэтому в последнее время выработаны способы постройки труб, суживающихся кверху. На фиг. 3 изображена опалубка системы Гейне (The Heine Chimney Co., Chicago); внутренний барабан *а* закрепляется клиньями на обручах *б* из круглого железа, а наружный барабан *в* стягивается обручами *г* с обыкновенной винтовой стяжкой. В верхней части строящейся трубы на деревянном кране подвешены два кольца из углового железа *д*, соединенные вместе бугелями из железа и служащие реперами при возведении постройки. На кольцах укреплен ряд винтов *е*, по которым ходят гайки *ж*, несущие на роликах кольцо из полосового железа *з*; к кольцу *з* подвешены отдельные части наружного барабана, состоящие из железных листов, подкрепленных на наружной поверхности уголками. Описанное устройство позволяет точно установить наружную опалубку, а по ней и внутреннюю при каждой перестановке барабанов. Коничность достигается тем, что листы опалубки заходят более или менее один за другой. Получающиеся при этом отпечатки швов удаляют, пока бетон еще не вполне окреп.

Фиг. 3.

Лит.: Handbuch f. Eisenbetonbau, hrsg. von F. Emperger, B. 13, 3 Aufl., B., 1924; Schornsteine aus Eisenbeton, «Veröffentlichungen d. Deutschen Beton.-Vereins», H., 1927; Mörsch E., Der Eisenbetonbau, H. 2, 1 Hälfte, 5 Aufl., Stg., 1926; «B. u. E.», 1927, H. 21, 23, 24, 1925, H. 13, 24, 1927, H. 12, 16; «Bauingenieur», Berlin, 1927, H. 23; Döring K., Wind u. Wärme bei d. Berechnung hoher Schornsteine aus Eisenbeton, Berlin, 1925.

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ, конструкции, материалом которых служит *железобетон* (см.).

I. Основные элементы Ж. к. и их сочетание. Проектирование Ж. к. сводится к целесообразному комбинированию основных элементов, работающих: на изгиб (плиты, балки), на центральное сжатие (столбы, колонны), на внецентренное сжатие (своды, арки, рамы).

1. Плиты. Простейшую Ж. к., работающую на изгиб, представляет собою плита прямоугольного поперечного сечения. Признаком плиты является незначительная ее высота по сравнению с поперечными размерами. Если отношение сторон плиты в плане меньше 3 : 2, то она рассматривается как пластинка, опирающаяся по всему контуру (четырехсторонние плиты). Плиты, имеющие отношение сторон, равное или большее 3 : 2, рассматриваются как балки (балочные плиты), подверженные простому поперечному изгибу на пролете, равном меньшему из ее двух измерений. Расчет и конструктивное выполнение железобетонных плит обусловливается способом их закрепления на опорах. В этом отношении плиты подразделяются на: а) свободно лежащие, перекрывающие один пролет и опирающиеся свободно, без всякой заделки в опорах; б) заделанные, т. е. такие, к-рые жестко связаны с опорами путем заделки их в стену или забетонирования, причем между заделанными плитами различают: аа) совершенно заделанные, если заделка так велика, что при различных загрузках исключается поворот опорного сечения, и бб) частично заделанные, если закрепление в опоре не воспринимает полностью момента и возможен ограниченный поворот сечения; в) кроме того можно различать консольные плиты, имеющие только одну опору с полной заделкой защемленного конца или вынесенные за опору по продолжению плит, перекрывающих пролеты; г) неразрезные, перекрывающие несколько пролетов и находящиеся по взаимной жесткой связи; опорами таких плит м. б. стены и балки; концевые опоры таких многопролетных плит м. б. также свободными, частично или полностью защемленными. Плиты между железными балками м. б. выполнены как свободно лежащими в пределах одного пролета, так и неразрезными. В продольном разрезе плита имеет прямоугольное сечение. Неразрезные и упруго (частично) заделанные плиты снабжаются иногда у опор утолщениями, или т. н. вутами, необходимость которых вызывается отрицательными опорными моментами, превосходящими по величине наибольшие положительные моменты. В консольных плитах изгибающие моменты убывают от плоскости заделки к свободному концу, чем и обусловливается конструкция такой плиты.

Арматура в плитах разделяется на рабочую и распределительную. Основная рабочая арматура в плитах вытянута, но встречается также и устройство арматуры в сжатой зоне. Расстояние от крайнего сжатого волокна до оси вытянутой ар-

Расположение рабочей арматуры в плитах.

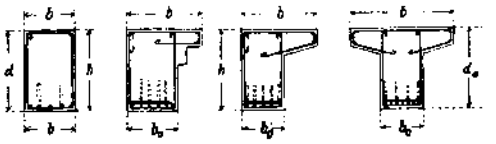
Плиты	Эскизы плиты и арматуры	Возникающие напряжения	Расположение арматуры
Фиг. 1. Свободно лежащие.		Только положительные моменты растяжения на нижней стороне плиты; косые растягивающие напряжения	Арматура укладывается, в соответствии с изгибающим моментом, внизу плиты; косые растягивающие напряжения воспринимаются отгибом вверх части стержней арматуры у опор
Фиг. 2. Заделанные.		Отрицательные моменты на опорах; положительные моменты в пролетах	Арматура располагается соответственно знакам моментов: внизу в области положительных и вверху—в области отрицательных моментов; количество той и другой арматуры должно соответствовать абсолютным величинам моментов
Фиг. 3. Консольные.		Растянутая зона наверху	Арматура располагается наверху плиты
Фиг. 4. Неразрезные.		Положительные моменты в пролетах, отрицательные—на промежуточных опорах	Арматура располагается соответственно знакам моментов: внизу—в области положительных и вверху—в области отрицательных моментов; количество той и другой арматуры должно соответствовать абсолютным величинам моментов

матуры называется **рабочей толщиной** плиты. Расположение рабочей арматуры в плитах зависит от знака изгибающих моментов.

Плиты с двойной арматурой—растянутой и сжатой—применяются в тех случаях, когда стеснена конструктивная высота; в многопролетных плитах необходимость двойной арматуры может вызываться переменностью знака момента при различных положениях временной нагрузки.

Распределительная арматура предназначается для связывания стержней рабочей арматуры в поперечном направлении с целью обеспечения неизменяемости расстояния и равномерного распределения усилий между ними, а также для противодействия образованию трещин от усадки и температурных колебаний; она также необходима в виду наличия опирания по контуру, которое влияет на распределение напряжений даже и при удлиненных контурах. В местах пересечения распределительная арматура связывается с рабочими стержнями отожженной проволокой. Количество распределительной арматуры должно составлять от 15% рабочей. В плитах, опертых по всему контуру, арматура располагается по двум взаимно перпендикулярным направлениям, причем обе системы являются рабочими.

2. Балки. Балки представляют собою конструкции, несущие расположенные на них перекрытия, кровли и т. п. и работающие на изгиб и на срезывание. В конструктивном отношении различают балки: а) прямоугольные (фиг. 5), отличающиеся от



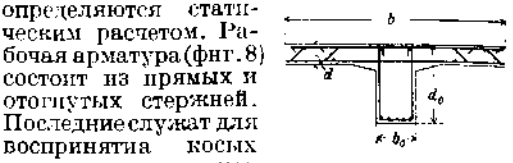
Фиг. 5.

плиты своей сравнительно небольшой шириной и б) тавровые, или плитобалки (фиг. 6), в к-рых плита играет роль сжатого пояса.

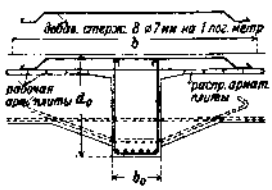
В отношении способа закрепления на опорах балки, подобно плитам, разделяются на свободно лежащие, заделанные, консольные и неразрезные, причем признаки этих видов заделки остаются для балок те же, что и для плит. В то время как в плитах, вследствие их большой ширины, скалывающие напряжения имеют вообще малое значение по сравнению с напряжениями от изгиба, в балках, вследствие их ограниченной ширины, скалывающие напряжения играют весьма существенную роль и должны всегда строго учитываться.

Балки располагаются в одном направлении или по двум взаимно перпендикулярным направлениям, образуя в последнем случае балочные клетки. Балки одного направления (фиг. 7) считаются главными (прогоны), а другого—вспомогательными. Последние передают нагрузку от плиты главным балкам, которые опираются на стены или стойки (столбы, колонны).

Арматура балок состоит из рабочих стержней, хомутов и монтажного железа. Число и диаметр рабочих стержней определяются статическим расчетом. Рабочая арматура (фиг. 8) состоит из прямых и отогнутых стержней. Последние служат для воспринятия косых растягивающих напряжений. Как в обыкновенных (прямоугольных), так и в тавровых балках вводятся хомуты, которые: а) воспринимают частично косые растягивающие напряжения, б) связывают для совместной работы сжатую и вытянутую зоны балки, в) способствуют сохранению расстояния между рабочими стержнями и их расположению по высоте, г) увеличивают сопротивление скольжению арматуры в бетоне. Для придания жесткости всему железн. каркасу балки, хомуты связываются с рабочей арматурой, а для сохранения расстояния между ними и для устойчивости вводится монтажное железо. Монтажное железо служит для:

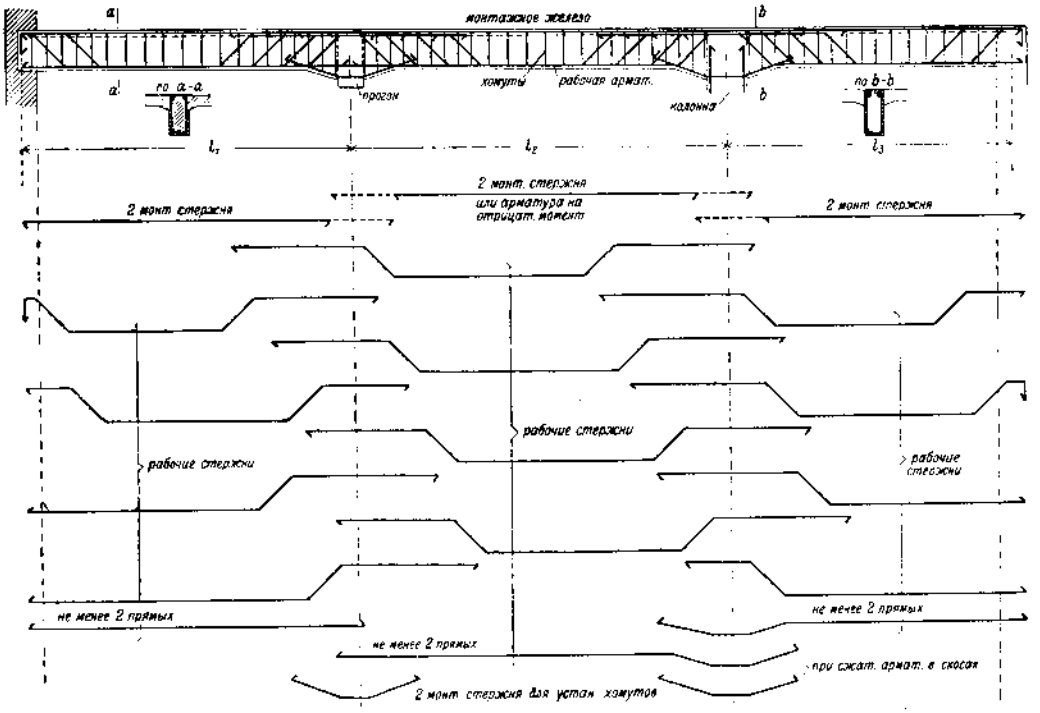


Фиг. 6.



Фиг. 7.

а) поддержки хомутов, б) целесообразного выполнения сборки арматуры, в) удержания в балках на должной высоте отогнутых стержней плиты, а в прогонах—добавочных



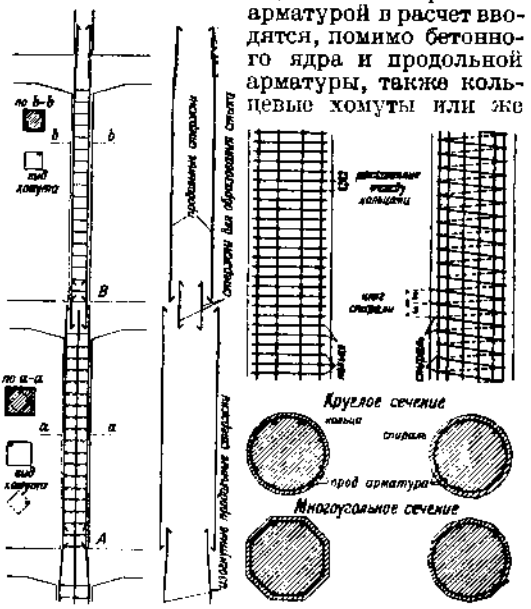
Фиг. 8.

стержней, служащих для связи с плитой, г) предохранения конструкции от образования трещин вследствие усадки бетона, температурных колебаний и других воздействий.

3. Колонны. Столбы и колонны представляют собою вертикальные элементы конструкции и могут работать на центральное и внецентренное сжатие. При центральном сжатии точка приложения силы совпадает с ц. т. поперечного сечения колонны, вследствие чего напряжения сжатия распределены по сечению равномерно. При внецентренном сжатии продольная сила, сжимающая стойку, не проходит через ц. т. отдельных сечений, вследствие чего распределение напряжений в отдельных сечениях оказывается неравномерным. Внецентренная нагрузка м. б. вызвана или вертикальной силой, действующей вне оси стойки, или продольной силой совместно с изгибающим моментом или с горизонтальными силами. Если равнодействующая внецентренно приложенных сил остается внутри ядра сечения, то в сечении возникают одни сжимающие напряжения; арматура в этом случае также сжата, и роль ее сводится гл. обр. к увеличению сопротивления колонны по сравнению с чисто бетонной. В случае выхода равнодействующей из ядра сечения, в сечении возникают растягивающие напряжения, которые должны восприниматься арматурой. Высокие тонкие колонны во избежание опасности от продольного изгиба делают всегда железобетонными, в то время как стойки с незначительн. отношением их высот к наименьшему размеру поперечного сечения могут иногда выполняться из бетона без арматуры.

По характеру выполнения стойки подразделяются на свободно стоящие, устойчивость к-рых достигается заделкой их в фундамент, и стойки с заделкой или шарнирным закреплением как вверху, так и внизу. Стойки опираются на фундамент, причем если последний сделан из материала, допускающего меньшее напряжение, чем принято для стойки, то давление последней на фундамент передается посредством башмака (развитие сечения в подошве стойки), или т. н. базы. При одинаковых допускаемых напряжениях как в стойке, так и в фундаменте надобность в башмаках отпадает. При несимметрично нагруженных стойках фундаменты под них проектируются в соответствии с действующими на них силами. В соответствующих случаях необходима и надлежащая заделка стойки или ее башмака в фундамент. При действии сил с двух сторон учитывается при расчете фундаментов наименее выгодная односторонняя нагрузка для каждого направления. Для получения возможно равномерного распределения напряжений в основании рекомендуется устраивать в соответствующих случаях несимметричные фундаменты и соответствии с воспринимаемыми ими усилиями. Сечение стоек бывает квадратное (фиг. 9), прямоугольное, многогранное и круглое.

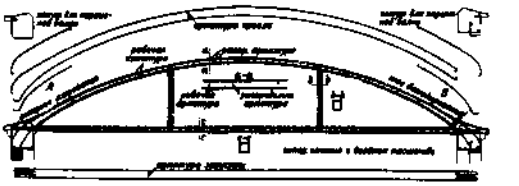
Арматура разделяется на продольную и поперечную. Продольная арматура состоит из прутьев (обыкновенно круглого сечения), расположенных вблизи наружной поверхности стойки. Поперечной арматурой служат хомуты (также из круглого железа), к-рые связывают продольные стержни, усиливают их сопротивляемость продольному изгибу и воспринимают напряжения от поперечного расширения бетона при действии продольной силы. Взамен хомутов м. б. применена кольцевая или спиральная арматура. Под колоннами с кольцевой (фиг. 10) или спиральной (фиг. 11) арматурой (бетон в обойме) подразумевают только стойки с круглым ядровым сечением. При определении размеров столбов или колонн с кольцевой или спиральной арматурой в расчет вводятся, помимо бетонного ядра и продольной арматуры, также кольцевые хомуты или же



Фиг. 9. Фиг. 10. Фиг. 11.

спираль, охватывающие внутреннюю часть сечения. Иногда применяются колонны с ядром из чугунной трубы, заключенной в бетон в обойме.

4. Арки и своды. Аркой (фиг. 12) называют кривой брус с таким устройством опор, при к-ром под действием вертикальных сил возникают наклонные опорные реакции. Если измерение арки в направлении, перпендикулярном к ее плоскости, велико по сравнению с другими размерами,—она называется



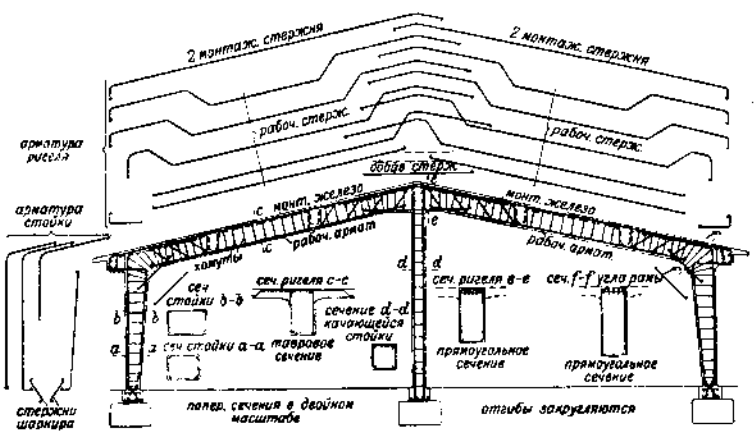
Фиг. 12.

сводом. Работа свода по существу ничем не отличается от работы арки, и расчет в этом случае обыкновенно ведется как для арки шир. в 1 *м*. В железобетонных сводах допускаются как сжимающие, так и растягивающие напряжения. Сводчатые покрытия применяются без ребер и с ребрами, без затяжек

и с затяжками. В мостах пролетное строение составляется часто из отдельных арок.

Рабочая арматура м. б. одиночной и двойной—в зависимости от очертания кривых давления при различных загружениях арки. Верхняя арматура связывается с нижней хомутами из круглого железа. Кроме рабочей арматуры, расположенной параллельно очертанию свода, применяется еще и распределительная, располагаемая параллельно образующим свода. При значительных пролетах и тяжелой нагрузке (в мостах) иногда устраивают арки и своды с жесткой арматурой, представляющей собою клепаный решетчатый остов (система Мелана). В отношении определения напряжений в железе и бетоне арки и своды совершенно аналогичны стойкам, подверженным внецентренному сжатию.

5. Безбалочные перекрытия. Безбалочными (грибовидными) перекрытиями называются плиты с перекрестной арматурой, непосредственно опирающиеся (без балок) на железобетонные колонны и находящиеся с последними в жесткой связи (см. *Перекрытия*).



Фиг. 13.

6. Рамы. Рамы (фиг. 13) представляют собою сочетания стоек и балок, жестко соединенных между собой, или соединения отдельных жестких стержней (см. *Рамы*). В последнее время весьма крупное значение начинают приобретать т. н. оболочки, дающие возможность перекрытия чрезвычайно больших пролетов. Это—сводчатые или куполообразные плиты, которые при придании им надлежащей формы и при соответственном устройстве опор работают исключительно на сжатие при полном отсутствии изгибающих моментов. Это дает возможность устраивать такие оболочки весьма тонкими. Известен ряд купольных перекрытий этого типа толщиной всего 4 *см* при пролете свыше 40 *м*.

Сочетание отдельных элементов дает конструкцию частей зданий. Так напр., железобетонные столбы и балки образуют каркас стен железобетонного здания, а заполнениями фахверка могут служить железобетонные плиты или простенки из другого материала (пустотелые бетонитовые камни и т. п.); железобетонные балки и плиты, как уже было указано, дают в соединении железобетонные междуэтажные перекрытия и т. д.

II. Конструктивные требования.

1. Размеры железобетонных элементов. Плиты перекрытий обыкновенно имеют толщину от 6 *см*. Более тонкие плиты допускаются только для подвесных потолков, не несущих нагрузки, кроме собственного веса. По германским нормам, плиты с перекрестной арматурой должны иметь полезную высоту, равную не менее $^1/_{30}$ наименьшего расстояния между опорами (свободно лежащие плиты) или не менее $^1/_{30}$ расстояния между точками нулевых моментов и во всяком случае не менее $^1/_{40}$ расстояния между опорами (неразрезные плиты). Для балочных плит вместо $^1/_{30}$ берется $^1/_{27}$. Однако это ограничение не вполне обосновано и подчас дает преувеличенные размеры. В гражданских сооружениях толщина плит редко встречается больше 14—15 *см*.

Прямоугольные балки делаются обыкновенно шириной от $^1/_3$ до $^2/_3$ рабочей их высоты для возможности размещения арматуры и удобства ее укладки; с другой стороны, для обеспечения надлежащей жесткости, эта высота не д. б. менее $^1/_{20}$ расчетного пролета балки.

Ребристые балки имеют обыкновенно высоту: от $^1/_{10}$ до $^1/_{16}$ расчетного пролета балки (разрезные) и от $^1/_{14}$ до $^1/_{25}$ этого пролета (неразрезные); по отношению к толщине плиты высота балки равна от 4 до 8. Ширина ребра тавра делается не менее 20 *см*; ширина принимается равной: для балок большого сечения—от $^1/_3$ до $^1/_2$ рабочей высоты ребра, для балок малого сечения—от $^1/_2$ до $^2/_3$ этой высоты; иногда, по архитектурным соображениям, ширине ребра тавра придают размеры в пределах от $^1/_2$ до $^1/_4$ рабочей высоты ребра; нормальная ширина ребер—от 20 до 40 *см*. Толщина плиты в тавровых балках не должна быть менее 8 *см*.

Стойкам следует придавать по возможности такое сечение, чтобы наименьший размер их был равен не менее $^1/_{20}$ высоты и во всяком случае не менее 20 *см*; лучше наименьшей толщиной стойки считать при обыкновенном армировании 25 *см*, если бы даже выявленные расчетом напряжения и поверка на продольный изгиб допускали меньшие размеры; в стойках со спиральной арматурой наименьший диам. ядра берется равным 30 *см* при наружном диам. в 35 *см*.

Своды в гражданских сооружениях делаются обыкновенно толщиной от 8 до 15 *см*. Толщина в ключе бесшарнирных железобетонных мостовых сводов для предварительного подбора сечения м. б. взята

$$d = \frac{(p+q)r}{\sigma - \gamma r},$$

где p—постоянная равномерно распределенная нагрузка, q—временная равномерно распределенная нагрузка, r—радиус оси свода, γ—объемный вес, σ—допускаемое напряжение в бетоне. Для лучшего обеспечения сов-

местной работы плит с ребрами, а в ответственных сооружениях также ребер со стойками, надлежит устраивать у плит, а в надлежащих случаях и у ребер, утолщения (вуты) в месте примыкания их к ребрам и стойкам. Начало утолщений берут на расстоянии от оси ребра или стойки не меньшем $^1/_{10}$ пролета плиты или балки; уклон вутов делается не более 1 : 3. Указанные выше наименьшие размеры обусловливаются практическими соображениями. Действительные же (больше указанных) размеры определяются статическим расчетом в зависимости от действующих сил.

2. Размеры арматуры и ее расположение. Расстояние в свету между рабочей арматурой и наружной поверхностью бетона не д. б. менее 10 *мм* в чистоте для плит и стен без хомутов и не менее 20 *мм* для балок и колонн. Наружная поверхность хомутов не должна отстоять от поверхности бетона менее чем на 10 *мм* в чистоте. Для сооружений, подверженных действию сырости, кислот, дыма, газа и т. п., и для сооружений, представляющих особую опасность в пожарном отношении, указанные расстояния увеличиваются не менее чем на 10 *мм*.

Расстояние между отдельными стержнями арматуры д. б. достаточным для удобного заполнения форм и полного облегания железа бетоном. В виду этого расстояние в свету между параллельными друг к другу стержнями рабочей арматуры берется не менее диаметра самого стержня и не менее 25 *мм*. Наибольшее расстояние между стержнями рабочей арматуры—250 *мм*. В местах наибольших моментов расстояние между стержнями арматуры плиты не должно превосходить 150 *мм*.

В частях, подверженных сжатию, в частности в колоннах, поперечная (связывающая основную) арматура должна располагаться на расстоянии, не превосходящем минимального поперечного размера и 10-кратного диаметра продольных рабочих стержней арматуры. Расстояние между витками спирали (шаг спирали) должно быть менее $^1/_5$ диаметра ядра и не должно превосходить 80 *мм*.

В распределительной арматуре и в хомутах расстояние между отдельными стержнями д. б. не более тройного расстояния между прутьями рабочей арматуры и не более 300 *мм*. Поперечная распределительная арматура должна составлять не менее 15% рабочей арматуры. При этом распределительные стержни надлежит связывать с рабочей арматурой особой отожженной проволокой.

Диаметр рабочей арматуры д. б.: для плит в гражданских сооружениях не менее 7 *мм*, для плит в искусственных сооружениях—не менее 8 *мм*, для балок в гражданских сооружениях—не менее 10 *мм*, для балок в искусственных сооружениях—не менее 12 *мм*, для колонн—не менее 14 *мм* (железо с диам. менее 14 *мм* не должно применяться вследствие незначительной в таком случае жесткости железного остова). Для хомутов следует принимать диам. железа в колоннах и балках 6—10 *мм*. Монтажное железо берется диам. 10—16 *мм* (в зависимости от размеров балки и характера монтажа). Кольцевая и спиральная арматура для колонн с обоймой берется обыкновенно диам. от 10 до 18 *мм*.

Если стержни рабочей арматуры в плите идут параллельно ребрам, то поперек последнего располагается арматура в количестве не менее 8 стержней диам. 6 *мм* на 1 *п. м.* Рабочая арматура ребра связывается с телом бетона подвесками или хомутами; концы ее д. б. укреплены в теле бетона крюками Консидера с загибом по диам. в свету, не меньшему четырехкратного диам. сгибаемого стержня, и с прямым участком за загибом длиной в 5 диам. На сгибах арматуры, в пределах рабочей ее части, радиус загиба д. б. не менее 10 диам. стержня. Концы арматуры по возможности заводят и закрепляют в сжатой части бетона. Особое внимание должно быть обращено на установку хомутов в местах перегибов арматуры; предельное расстояние между хомутами должно быть не более ширины ребра и не более 15 диам. рабочей арматуры.

Устройство стыков арматуры допускается в виде исключения, с расположением их в разбивку и в менее напряженных местах арматуры. При устройстве стыка внахлестку концы растянутых стержней загибаются крюками и заходят один за другой не менее чем на 30 диам., а самые стержни перевязываются накрепко тонкой проволокой. В сжатых элементах насыщение арматурой д. б. в пределах 0,5÷3,0%.

3. Температурные швы. Для устранения возможности появления трещин от температурных и усадочных деформаций, а также сдвигов при неравномерной осадке опор, в железобетонных сооружениях делаются сквозные (сверху донизу) разрезы на расстоянии не более 40 *м* друг от друга для свободного движения разделяемых ими частей. Размер отверстия температурных швов (зазор) зависит от расстояния между швами и от предполагаемой величины деформаций. При средней t° возведения сооружения в общем случае достаточно сделать зазор от 20 до 25 *мм*. В большинстве случаев зазор заполняют эластичной прокладкой. Если постройка ведется при сравнительно низкой t°, то зазорам швов придают бо́льшие размеры, имея в виду большее расширение конструкции летом и возможность смыкания шва.

III. Допускаемые напряжения для железобетона.

По различным нормам (Госплана, НКПС, московского губ. инженера), допускаемое напряжение варьирует в широких пределах, в зависимости от рода бетона и назначения сооружения, а именно:

1) Для бетона: простое центр. сжатие—от 15 до 60 *кг/см²*; при изгибе или изгибе со сжатием: сжатие 20—70 *кг/см²*, скалывание 2,5—8 *кг/см²*.

2) Для сцепления бетона с железом: 2,5—9 *кг/см²*.

3) Для литого железа: растяжение 500—1 200 *кг/см²*, перерезывание 500—900 *кг/см²*.

По германским нормам (1925 г.), для нормального цемента и нормального железа установлены следующие предельные нормы:

1) Для бетона: центр. сжатие не свыше 35 *кг/см²*; сжатие при изгибе—не свыше 50 *кг/см²*; скалывание при изгибе—не свыше 4 *кг/см²*.

2) Для сцепления бетона с железом—не свыше 5 *кг/см²*.

3) Для литого железа: Ф 1 200 *кг/см²*.

IV. Основы расчета железобетонных конструкций.

Для того чтобы в железобетоне была полная связь между его составными частями (железом и бетоном) и не происходило скольжения железа в бетоне, деформации как бетона, так и железа д. б. одинаковы. В виду этого должно существовать следующее соотношение между модулями упругости железа E_f и бетона E_b и напряжениями железа n_f и бетона n (в одном и том же месте поперечного сечения):

$$\frac{n}{E_b} = \frac{n_f}{E_f},$$

откуда

$$n_f = \frac{E_f}{E_b} n = mn. \qquad (1)$$

Напряжения составных элементов железобетона в одном и том же месте относятся между собой, как их модули упругости; поэтому железобетон в отношении воздействия на него возникающих в каком-либо его поперечном сечении нормальных напряжений м. б. заменен однородным материалом (бетоном), если поперечное сечение другого основного материала (железа) ввести в расчет в m раз увеличенным, т. е. взять

$$F = F_b + mf, \qquad (2)$$

где F—приведенная площадь поперечного сечения (площадь однородного тела), F_b и f—соответственно площади поперечного сечения бетона и железа. Положение ц. т. приведенной площади поперечного сечения F определится из выражения:

$$y_1 = \frac{mf}{F_b + mf} y, \qquad (3)$$

где y_1—расстояние ц. т. площади F от ц. т. площади F_b, y—расстояние ц. т. площади F_b от ц. т. площади f. Момент инерции I приведенной площади поперечного сечения

$$I = I_b + F_b y_1^2 + m(I_f + f y_2^2) = I_b + mI_f + y_1 y F_b, \qquad (4)$$

где I_b и I_f—соответственно моменты инерции площадей F_b и f, отнесенные к осям, проходящим через их ц. т.; y_2—расстояние ц. т. площади f от ц. т. площади F, т. е. $y_2 = y - y_1$. При симметричной армировке (по отношению к оси поперечного сечения бетона) все три ц. т. совпадут, и мы получим: $I = I_b + mI_f$.

Модуль упругости E_b однако не только различен для разного бетона (разного состава и возраста), но изменяется и в соответствии с изменением величины напряжения, а также в зависимости от знака напряжения в бетоне (растяжение или сжатие); поэтому расчет Ж. к. при изгибе, производимый на основании закона Гука (Hook) для нек-рого среднего значения E_b и гипотезы Бернулли относительно сохранения плоскостности поперечных сечений, даст в результате во всех случаях лишь приближенное значение для определяемых напряжений. В железобетонном сечении надо различать три стадии (фазы) напряженного состояния.

Фаза I. Сечение бетона воспринимает как сжимающие, так и растягивающие напряжения и следовательно работает полностью. Благодаря малому сопротивлению бетона растяжению это напряженное состояние может иметь место только при весьма малых напряжениях.

Фаза IIa. В растянутой зоне бетона начинается образование трещин, однако он еще принимает нек-рое участие в передаче растягивающих напряжений.

Фаза II. Трещины в бетоне достигают нейтральной оси, сопротивление его растяжению полностью исчерпано. Все растягивающие напряжения воспринимаются целиком железом. Очевидно, что практическое значение может иметь только фаза II, почему она и принимается в основу расчета железобетонных элементов, в которых наряду со сжимающими могут возникать и растягивающие напряжения. В исключительных случаях производится расчет и по фазе I, причем модуль упругости бетона в сжатой и растянутой зонах принимают одинаковым, хотя новые нормы как русские, так и иностранные исключили требование такого расчета.

В самом общем случае, при учете растяжения в бетоне, положение нейтральной оси и напряжение в бетоне определяются на двух уравнений статики: суммы проекций всех сил стержня и суммы статич. моментов всех сил относительно нейтральной оси в связи с уравнениями упругости, устанавливающими связь между напряжениями и деформациями. Оба указанные уравнения приводятся к следующему виду:

$$\left.\begin{aligned} n'(S_d - m_1 S_z - m S_f) &= P \\ n'(I_d + m_1 I_z + m I_f) &= M \end{aligned}\right\}, \qquad (5)$$

где n'— напряжение сжатия в волокне бетона на расстоянии единицы от нейтральной оси; S—статич. моменты и I—моменты инерции относительно нейтральной оси сечений сжатого бетона, растянутого бетона и железа (индексы d, z и f); m_1—отношения модулей упругости бетона при растяжении и сжатии, m—то же для железа и бетона при сжатии; P—сумма всех внешних сил, параллельных оси стержня; M—момент всех внешних сил относительно нейтральной оси и φ—коэф. продольного изгиба. Следует заметить, что оба указанные ур-ия действительны только при условии, если плоскость внешних сил проходит через главную ось инерции, что обычно бывает в большинстве практических случаев. Оба эти ур-ия дают возможность определить положение нейтральной оси и напряжения сжатия в бетоне. Все остальные напряжения определяются из условия пропорциональности их расстояниям от нейтральной оси умножением соответственных величин на коэф. m_1 для растянутого бетона и m—для железа:

$$n = n'e; \quad n_1 = m_1 n' e; \quad n_f = m n' e_f. \qquad (6)$$

Таким образом уравнения для сложного железобетонного бруса вполне аналогичны уравнениям, получаемым для однородного бруса, отличаясь от последних лишь наличием коэфициентов m_1 и m, которые для однородного бруса равны единице.

V. Расчет на сжатие железобетонных стоек.

Центральное сжатие. Опорные стойки рассчитываются на центральное сжатие по следующим формулам.

а) Продольная арматура и обыкновенные хомуты (фиг. 14).

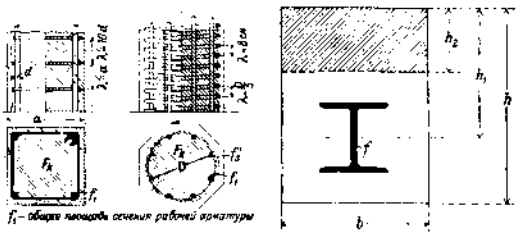
$$\left.\begin{array}{l}\text{Насыщение бетона арматурой } \alpha = \frac{F_b}{f_1}.\\ \text{Приведенная площадь } F = F_b(1 + m\alpha).\\ \text{Условное напряжение бетона на сжатие } n = \frac{P}{\varphi F}.\\ \text{Условное напряжение железа на сжатие } n_{f_1} = mn.\end{array}\right\} \quad (7)$$

Коэф. φ вводится согласно нормам. Величина α не должна превышать 0,03.

б) Кольцевая и спиральная арматура (бетон в обойме, фиг. 15). Приведенная площадь

$$F = F_k + 15f_1 + 36f_s. \quad (7a)$$

где F_k—площадь ядра стойки со спиральной арматурой, f_s—приведенная площадь кольцевой или спиральной арматуры. Наибольшее значение $F \leq 2F_h$, где F_h—полное поперечное сечение бетона. Величина f_s определится из ф-лы:



Фиг. 14. Фиг. 15. Фиг. 16.

$$f_s = \frac{\pi D f'_s}{s}, \quad (8)$$

где f' — площадь сечения железа кольцевой или спиральной арматуры, s—шаг спирали или расстояние между кольцами, D—диаметр ядра.

VI. Изгиб железобетонных плит и прямоугольных балок.

На поперечное сечение действует лишь изгибающий момент M.

1. Общее решение (фиг. 16). Примем следующие обозначения: h—высота балки; b—ширина балки; f—площадь поперечного сечения железа; I_f—момент инерции поперечного сечения железа относительно оси, проходящей через его ц. т.; h_1—расстояние ц. т. железа от верхнего края сжатой зоны бетона (полезная высота балки); h_2—расстояние нейтральной оси от верхнего края сжатой зоны бетона. В этом случае положение нейтральной оси определяется из одного основного уравнения (5), дающего, так как $P=0$, следующее выражение:

$$S_a - m_1 S_z - mS_f = 0,$$

или

$$\frac{1}{2} b(1 - m_1)h_2^2 + (m_1 bh + mf)h_2 - \left(\frac{1}{2} mbh^2 + mfh_1\right) = 0. \quad (9)$$

Второе уравнение (5) в связи с первым (5) дает:

$$n' = M : \left\{\frac{1}{3} m_1 b(h - h_2)^2 h + m\left[I_f + f(h_1 - h_2)\left(h_1 - \frac{1}{3} h_2\right)\right]\right\}. \quad (10)$$

Вычислив h_2 и n', определяют краевые напряжения по ф-лам (6). Для балок и плит с гибкой арматурой в растягиваемой зоне в формуле (10) надлежит приравнять величину I_f нулю.

2. Обыкновенная гибкая арматура. Расчет по фазе II (фиг. 17). При $m_1 = 0$ и $I_f = 0$ получим из ур-ий (9) и (10):

$$\left.\begin{array}{l} h_2 = \frac{mf}{b}\left(\sqrt{1 + \frac{2bh_1}{mf}} - 1\right)\\ I = mf(h_1 - h_2)\left(h_1 - \frac{1}{3} h_2\right) = \\ \quad = \frac{1}{2} bh_2^2\left(h_1 - \frac{1}{3} h_2\right)\end{array}\right\}, \quad (11)$$

где I—момент инерции приведен. сечения. Краевые напряжения определятся по ф-лам: для бетона

$$n = \frac{2M}{bh_2\left(h_1 - \frac{1}{3} h_2\right)}$$

для железа

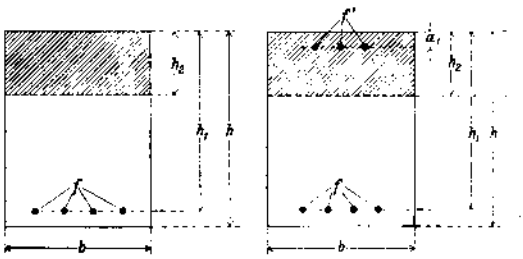
$$n_f = \frac{M}{f\left(h_1 - \frac{1}{3} h_2\right)} \quad (12)$$

Для определения рабочей высоты h_1 элемента и сечения арматуры f, при допускаемом напряжении бетона n и железа n_f, мы будем иметь формулы:

$$\left.\begin{array}{l} h_1 = C_1\sqrt{\frac{M}{b}}\\ f = C_2\sqrt{Mb}\end{array}\right\}. \quad (13)$$

Коэф-ты C_1 и C_2 м. б. вычислены заранее для различных величин допускаемых напряжений и определенного m и приведены во всех курсах по железобетону и в справочниках. Для проверки сечений элементов служат формулы (11) и (12); для определения же размеров—формулы (13).

3. Двойная арматура. Расчет по фазе II (фиг. 18). Обозначим через f' сечение сжатой арматуры, f—сечение растянутой арматуры, a_1—расстояние от п. т. сжатой арматуры до крайнего сжатого волокна (до поверхности) бетона, h_1—расстояние от ц. т.



Фиг. 17. Фиг. 18.

растянутой арматуры до крайнего сжатого волокна (до поверхности) бетона, h—высоту элемента. Пользуясь основной формулой (5), мы получим при $S_a - mS_f = 0$ следующие выражения:

$$\left.\begin{array}{l} h_2 = \left[m(f + f') + \right.\\ \quad \left. + \sqrt{m^2(f + f')^2 + 2m(fh_1 + f'a_1)b}\right]\frac{1}{b}\\ I = \frac{1}{2}\left(h_1 - \frac{1}{3} h_2\right) bh_2^2 + mf'(h_1 - a_1)(h_2 - a_1)\end{array}\right\}. \quad (14)$$

4. Жесткая арматура. Если h—высота прямоугольной балки, b — ее ширина, f — площадь поперечного сечения арматуры, I_f — момент инерции поперечного сечения железа относительно оси, проходящей через его ц. т.,

h_1—рабочая высота балки и если не учитывать сопротивления бетона на растяжение (расчет по фазе II), то положение нейтральной оси определится из равенства:

$$h_2 = -\frac{mf}{b} + \sqrt{\left(\frac{mf}{b}\right)^2 + 2m\frac{f}{b}h_1}, \qquad (15)$$

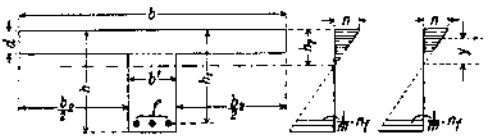
а момент инерции приведенного сечения будет равен

$$I = m\left[I_f + f(h_1 - h_2)\left(h_1 - \frac{1}{3}h_2\right)\right]. \qquad (16)$$

5. Учет растягивающих напряжений в бетоне. Для прямоугольных балок пользуются ф-лами (9) и (10), принимая в них $m_1=1$.

VII. Расчет ребристых балок.

1. Одиночная арматура. Сопротивление бетона на растяжение не учитывается (фиг. 19). С принятыми на фиг. 19 обозначениями и



Фиг. 19. Фиг. 20.

если f —площадь поперечного сечения арматуры в растянутой зоне бетона, мы получим следующие формулы для расчета ребристых балок с одиночной арматурой. Положение нейтральной оси определится из выражения:

$$h_2 = \frac{1}{b_1}\left\{-d(b - b_1) - mf + \right.$$
$$\left. + \sqrt{[d(b-b_1) + mf]^2 + d^2 b_1(b-b_1) + 2mfh_1 b_1}\right\}. \qquad (17)$$

Момент инерции приведенного сечения

$$I = \frac{1}{2}bh_2^2\left(h_1 - \frac{1}{3}h_2\right) -$$
$$- \frac{1}{2}b\left(h_2 - d\right)^2\left(h_1 - \frac{1}{3}h_2 - \frac{2}{3}d\right). \qquad (18)$$

Напряжения:

$$\left.\begin{array}{l} \text{на сжатие в бетоне} \\ \quad n = \frac{Mh_2}{I}, \\ \text{на растяжение в железе} \\ \quad n_f = \frac{mM(h_1 - h_2)}{I} \end{array}\right\} \qquad (19)$$

При сравнительно большой площади плиты bd по отношению к ребру балки можно для упрощения расчета не учитывать работу бетона (вследствие ее незначительности), заключенного между нижним краем плиты и нейтральной осью (фиг. 20). Тогда получим:

$$h_2 = \frac{\frac{1}{2}bd^2 + mfh_1}{bd + mf}; \qquad (20)$$

расстояние ц. т. сжатой зоны от нейтральной оси (фиг. 20):

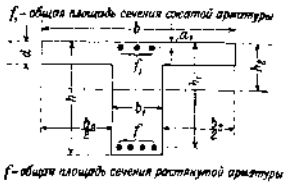
$$y = h_2 - \frac{1}{2}d + \frac{1}{6}\frac{d^2}{2h_2 - d}. \qquad (21)$$

Напряжения:

$$\left.\begin{array}{l} \text{в железе} \\ \quad n_f = \frac{M}{(h_1 - h_2 + y)}, \\ \text{в бетоне} \\ \quad n = \frac{n_f}{m}\cdot\frac{h_2}{h_1 - h_2} \end{array}\right\} \qquad (22)$$

Если получается $h_2 > d$, то нейтральная ось пройдет через плиту ребристой балки, и последняя рассчитывается так же, как прямоугольная балка шириною b и высотою h.

2. Двойная арматура. Сопротивление бетона на растяжение не учитывается (расчет по фазе II) (фиг. 21). С принятыми на фиг. 21 обозначениями, которые означают: f—площадь поперечного сечения растянутой арматуры; f_1 площадь поперечного сечения сжатой арматуры; h_1 расстояние от ц. т. растянутой арматуры до крайнего сжатого волокна (до поверхности бетона); a_1—расстояние от ц. т. сжатой арматуры до крайнего сжатого волокна (до поверхности бетона), мы получим следующие выражения для расчета ребристых балок с двойной арматурой. Расстояние нейтральной оси от поверхности балки:



Фиг. 21.

$$h_2 = \frac{1}{b_1}\left\{d(b - b_1) - m(f - f_1) + \right.$$
$$\left. + \sqrt{[d(b-b_1) + m(f+f_1)]^2 + b_1(b-b_1)d^2 + 2mb_1(h_1 f + a_1 f_1)}\right\} \qquad (23)$$

Момент инерции:

$$I = \frac{1}{2}bh_2^2\left(h_1 - \frac{1}{3}h_2\right) + \frac{1}{2}(h_2 - d)^2 b \times$$
$$\times\left(h_1 - \frac{1}{3}h_2 - \frac{2}{3}d\right) + mf_1(h_1 - a_1)(h_2 - a_1). \qquad (24)$$

VIII. Скалывающие и главные растягивающие напряжения.

1. Учет скалывающих и главных растягивающих напряжений. Помимо определения нормальных (рассмотренных выше) напряжений в Ж. к. должны быть также выявлены скалывающие напряжения. Для подверженной изгибу балки скалывающее напряжение в нейтральной оси будет равно

$$t = \frac{QS}{Ib} = \frac{Q}{b}\cdot\frac{1}{z}, \qquad (25)$$

где Q—поперечная сила в рассматриваемом поперечном сечении; S—статич. момент сжатой или растянутой зоны относительно нейтральной оси; I—момент инерции активного поперечного сечения; b—ширина балки в нейтральной оси; z—плечо пары внутренних сил. Скалывающее напряжение в поперечном сечении бетона с нерабочей растянутой зоной (расчет по фазе II) остается до железной арматуры постоянным и д. б. воспринято сцеплением бетона с арматурой. Величина z в ф-ле (25) равна (при принятых в пп. VI и VII обозначениях): для прямоугольного сечения с одиночной арматурой

$$z = h_1 - \frac{1}{3}h_2,$$

для прямоугольного сечения с двойной арматурой и для ребристых балок при учете напряжения сжатия в ребре

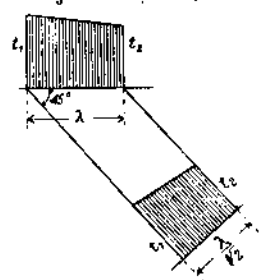
$$z = \frac{I}{nf(h_1 - h_2)},$$

где вместо I д. б. вставлено соответствующее из вышеприведенных выражений. При неучете напряжений в ребре

$$z = h_1 - h_2 + y.$$

В плитах скалывающие напряжения близ опор редко превышают допускаемое для бе-

тона напряжение (4 *кг/см²*); поэтому здесь обычно нет необходимости в специальной арматуре для их восприятия. В балках такая арматура необходима, т. к. появляющиеся в них скалывающие напряжения обычно выше допускаемых. Наклонные стержни отгибают под углом 45°, имея в виду, что действующие в нейтральной оси поперечного сечения скалывающие напряжения по своему значению равны в рассматриваемом месте направленным под углом в 45° главным растягивающим напряжениям. В балках главные напряжения у оси не должны вообще превосходить величины 14 *кг/см²*, в противном случае необходимо увеличить ширину или высоту балки. Совокупность всех внутрен. косых растягивающих сил у оси в балках должна целиком восприниматься наклонными частями арматуры совместно с хомутами, причем не учитываются вовсе сопротивления бетона на растяжение и обыкновенно на отогнутые стержни передается около $^2/_3$ вышеуказанных растягивающих сил.

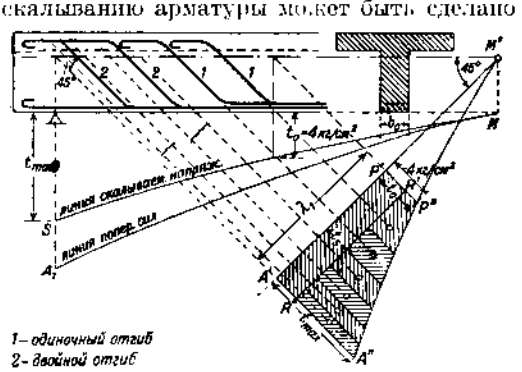


Фиг. 22.

При расчете этой арматуры в менее ответственных сооружениях участки балок со скалывающими напряжениями ниже допускаемых не принимаются в расчет. Специальной проверки на скалывание бетона и на сцепление бетона с железом при этом не производится. Если в двух поперечных сечениях, которые находятся на расстоянии λ друг от друга, максимальные скалывающие напряжения равны t_1 и t_2, то главные растягивающие напряжения им равны, но распределяются только на длину $\frac{\lambda}{\sqrt{2}}$ (фиг. 22). Поэтому приходящееся на длину λ главное растягивающее усилие будет равно

$$Z = \frac{t_1 + t_2}{2} \cdot \frac{\lambda}{\sqrt{2}} b. \qquad (26)$$

2. Распределение хомутов и отогнутой арматуры. Распределение противодействующей скалыванию арматуры может быть сделано



Фиг. 23.

графически следующим построением (фиг. 23). Вычерчивают линию поперечных сил MA_1 и отвечающую ей линию скалывающих напряжений MS; ординаты $t = \frac{Q}{b_{0z}}$ последней откладывают затем от линии $M'A'$, проходящей через точку M' под углом 45° к оси балки; точка M' лежит на нейтральной оси балки и отвечает нулевому значению поперечной силы. Если затем от полученной площади $M'A'A''$ напряжений отрезать площадь $M'P'P''$ с наибольшей ординатой $t_0 = 4$ *кг/см²*, то остальная площадь $P'P''A'A''$ определит главные растягивающие усилия, не могущие быть воспринятыми одним бетоном. Хомуты воспринимают величину t_s. При общем поперечном сечении всех ветвей хомутов f_s и допускаемом их напряжении на растяжение n_f, расстояние между хомутами определяется из ур-ия:

$$e = \frac{f_s n_f}{b_0 t_s}. \qquad (27)$$

Принимая линию $A''P''$ за прямую, получим главное растягивающее усилие:

$$Z = \frac{t_{max} + t_0 - 2t_s}{2} \lambda_1 \cdot b_0,$$

где λ_1 — длина отрезка $A'P'$. Необходимое число стержней k для восприятия этого усилия определится из равенства:

$$k = \frac{Z}{f n_f}, \qquad (28)$$

где f — поперечное сечение одного отогнутого стержня; n_f — допускаемое напряжение железа. Чтобы найти расположение отдельных стержней в балке, площадь растягивающих напряжений $A''P''R'R''$, оставшуюся после вычета напряжения t_s, воспринимаемого хомутами, делят на k равновеликих по площади частей (фиг. 23). Ц. т. найденных частей определяют места отгиба стержней. Последние заворачивают в верхней части балки в сторону опор и заканчивают крюками. Хомуты располагают по всей длине балки независимо от данных статического расчета.

3. Расчет напряжений сцепления. Проверки сцепления при наличии отогнутых стержней и подвесок (хомутов), принимающих на себя все усилия от главных растягивающих напряжений, не требуется. При наличии одних только прямых стержней с хомутами или без них напряжение сцепления определяется по ф-ле:

$$t_1 = \frac{Q}{Uz}, \qquad (29)$$

где t_1 — напряжение сцепления, Q — наибольшая перерезывающая сила, U — сумма периметров сечений стержней, z — плечо внутренних сил. При наличии отгибов напряжения сцепления определяются выражением

$$t_1 = \frac{1}{2} \frac{Q}{U z}. \qquad (30)$$

Некоторые нормы требуют расчета по этой формуле при диаметре стержней арматуры большем 25 *мм*.

IX. Расчет на сжатие и изгиб.

В том случае, когда осевая внецентренная сила P не выходит из ядра сечения, напряжения по всему сечению остаются одного знака (сжатие) и краевое сжатие бетона определяется формулой:

$$n = \frac{P}{qF} k = \frac{Pce}{I}. \qquad (31)$$

Здесь F и I — площадь поперечного сечения

приведенного сечения и его момент инерции относительно оси через ц. т., e—эксцентриситет, e—расстояние от ц. т. до крайнего волокна, k—отношение допускаемых напряжений на сжатие при изгибе и при чистом сжатии. Германские нормы допускают пользование для расчета этой ф-лой и при силе, несколько выходящей из ядра сечения, когда вычисленное по ней наименьшее краевое напряжение получается отрицательным (растяжение), но не превышает $^1/_5$ допускаемого напряжения на сжатие. В противном случае необходимо переходить к расчету, в котором сопротивление бетона растяжению не учитывается. Существующие русские нормы требуют этого во всех случаях, когда сила P выходит из ядра сечения и следовательно в сечении появляется растяжение.

Фиг. 24.

Основными ур-иями служат ур-ия (5), в к-рых надо принять $m_1 = 0$. При прямоугольном сечении и двойной арматуре и при обозначениях, принятых на фиг. 24, путем исключения n' из обоих уравнений (7) получается уравнение для определения положения нейтральной оси

$$h_2^3 - 3h_2^2\left(\frac{h}{2} - c\right) + h_1 \cdot \frac{6m}{b}\left[f\left(c + \frac{h}{2} - a\right) + f_1\left(c - \frac{h}{2} + a_1\right)\right] = \frac{6m}{b}\left[f\left(h - a\right)\left(c + \frac{h}{2} - a\right) + f_1 a_1\left(c - \frac{h}{2} + a_1\right)\right]. \quad (32)$$

Указанное кубич. ур-не проще всего решается одним из методов постепенных приближений, напр. по методу Ньютона. Величину n' определяют затем из одного из ур-ий (5). Краевые напряжения получатся из ур-ий:

$$n = n'h_2; \quad n_f = mn'(h - a - h_2);$$
$$n_{f1} = mn'(h_2 - a_1). \quad (33)$$

Определение напряжений значительно упрощается при симметричной арматуре, когда $f = f_1$, или при одиночной, когда $f_1 = 0$.

Аналогичным же способом можно вывести ф-лы и для тавроного сечения. При более сложных сечениях рекомендуется применение графич. методов, напр. метода Гвиди.

Для подбора сечений при изгибе со сжатием лучше всего пользоваться многочисленными составленными для этого графиками и таблицами, из которых можно назвать графики Мёрша, таблицы Залигера, Кунце, Везе и других.

Случай изгиба и растягивающей силы решается совершенно аналогично, причем ф-лы получаются из вышеприведенных путем замены $+e$ на $-e$.

Для подбора сечений прямоугольных балок, которые работают на сжатие и изгиб, рекомендуется при данных P и M и принятой ширине балки b пользоваться таблицами Кунце (Kunze).

X. Расчет подмостей и форм.

Подмости и формы д. б. так рассчитаны, чтобы они давали лишь малую просадку при нагрузке бетонной массой при достаточной прочности, жесткости и устойчивости. Упругий прогиб форм не должен превышать $^1/_{400}$ их свободного пролета, а упругий прогиб подмостей—$^1/_{1000}$ пролета, считая модуль упругости дерева 110 000—120 000 *кг/см²*. При возведении подмостей и форм им придают предварительный строительный подъем от $^1/_{1000}$ до $^1/_{400}$ пролета и более, чтобы избежать провеса готового сооружения; этот подъем д. б. согласован с ожидаемым упругим прогибом и начальной просадкой при нагрузке бетонной массы.

Для учета динамич. напряжений, возникающих при трамбовании или быстром вливании бетона, необходимо принятый при расчете форм вес бетонной массы увеличить в $1^1/_2$ раза. Горизонтальный распор сырого бетона м. б. определен по ф-ле:

$$p = 0{,}035h, \quad (34)$$

где p—горизонтальное давление в *кг/см²* на глубине h *м*. При расчете подмостей следует принимать нагрузки: от собственного веса вспомогательных приспособлений (800 *кг/м²*), от толпы рабочих (100—200 *кг/м²*), от веса частей сооружения и от ветра. Коэф. устойчивости при проверке на опрокидывание принимается не менее 1,25. Допускаемые напряжения при расчете подмостей принимаются согласно существующим нормам расчета временных деревян. сооружений. Длинные сжатые части д. б. проверены на продольный изгиб. При одновременном действии вертикальной нагрузки и ветра принятые при расчете подмостей допускаемые напряжения м. б. повышены на 15%.

Лит.: Богуславский И., Железобетон, Л., 1925; Жерноков И., Расчет железобетонных элементов, Л., 1926—27; Залигер Р., Железобетон, его расчет и проектирование, перевод с нем., 2 изд., М.—Л., 1928; Кашкаров Н., Графич. таблицы для расчета железобетонных сооружений. М., 1926; Лахтин П. и Кашкаров Н., Железобетон, М., 1925—27; Лолейт А., Курс железобетона, 2 издание, М.—Л., 1928; Лунин Б., Железобетон, М.—Л., 1927; Молостилов Н., Таблицы для расчета железобетонных конструкций, Томск, 1926; Франк В., Железобетонные сооружения, Берлин, 1923; Шаллер Г., Расчеты по железобетону, перевод с немецкого, Москва, 1927; Буданов Н., Железобетон. Теория, М., 1924; Гастев В., Методы и данные для расчета железобетонных конструкций, Л., 1928; Ривош О., Железобетонные конструкции и графики для расчета, ч. 1—2, Л., 1921—22; Граф О., Петри В., Мёрш Е., Рут Г., Проектирование и расчет железобетонных сооружений, пер. с нем., Москва, 1928; Бейер К., Статика железобетонных сооружений, пер. с нем., М., 1928; Брилинг С. Р., Формулы и таблицы для расчета инженерных конструкций, 2 изд., М., 1929; его же, Нормы для расчета и проектирования инженерных сооружений, Москва, 1928; Кайзер Г., Железобетонные конструкции, пер. с нем., М., 1927; Керстен К., Гражданские и инженерные железобетонные сооружения, перевод с немецкого, Москва, 1927; его же, Расчет железобетонных инженерных сооружений, пер. с нем., Москва, 1928; Гельдель П., Таблицы для расчета железобетонных конструкций, М., 1928; Технич. условия и нормы проектирования и возведения железобетонных сооружений, пер. с нем., М., 1928; Heyer K., Die Statik im Eisenbetonbau, B., 1927; Kaufmann C., Tabellen f. Eisenbetonkonstruktionen, B. 1—2, Berlin, 1927—28; Magnel G., Pratique du calcul du béton armé, P., 1927; Bazali M., Zahlenbeispiele zur statischen Berechnung von Eisenbetonkonstruktionen, B., 1925; David L. u. Perl H., Zahlentafeln zur Bemessung d. Schubbewehrung v. einfachen u. durchlaufenden Eisenbetonbalken, B., 1926; Graf O., Petry W., Mörsch E., Ruth G., Entwurf u. Berechnung v. Eisenbetonbauten. Ein Handbuch, bearb. v. O. Graf u. anderen B. 1, Stuttgart, 1926; Göldel P., Zahlentafeln zur Bemessung von beliebig gelagerten Eisenbetonplatten u. Balken,

2 Aufl., B., 1926; Herzka I., Schwindspannungen in Trägern aus Eisenbeton, Lpz., 1925; Kersten C., Der Eisenbeton, T. 1—3, B., 1925—27; Kleinlogel A., Veranschlagen v. Eisenbetonbauten, 3 Auflage, B., 1926; Mörsch E., Der Eisenbetonbau, B. 1—2, Stg., 1923—28; Padler G., Grundlagen f. d. praktischen Eisenbetonbau, Berlin, 1926; Kiepert P., Elementare Einführung in d. Eisenbetonbau, T. 1—2, 5 Aufl., Berlin, 1924; Saliger R., Der Eisenbeton, 5 Aufl., Lpz., 1925; Otzen R., Der Massivbau, B., 1926; Böhm F., Das Betonieren bei Frost, B., 1928; Büchl F., Die Massenberechnung im Eisenbetonbau, B., 1929; Olsen H., Die wirtschaftliche u. konstruktive Bedeutung erhöhter zulässiger Beanspruchungen f. d. Eisenbetonbau, B., 1928; Boost H., Beton- u. Eisenbetonbau, Darmstadt, 1920; Grabowski K., Formänderungsarbeiten d. Eisenbetonbauten bei Biegung, «Forscherarbeiten auf dem Gebiete des Eisenbetons», B., 1906, H. 4; Bosch J., Berechnung d. gekreuzt armierter Eisenbetonplatten und deren Aufnahmeträger unter Berücksichtigung d. Kraftwirkungen nach zwei Richtungen, ibidem, 1908, H. 9; Danusso H., Beitrag zur Berechnung d. kreuzweise bewehrten Eisenbetonplatten u. deren Aufnahmeträger, bearb. v. H. Bronneck, ibidem, 1913, H. 21; Leitz M., Die Berechnung d. freiaufliegenden rechteckigen Platten, ibidem, 1914, H. 23; Förster M., Die Grundzüge d. Eisenbetonbaues, 3 Aufl., Berlin, 1926; Haberkalt K. u. Postuvanschütz Fr., Berechnung d. Tragwerke aus Eisenbeton, 2 Aufl., W., 1912; Hager K., Theorie d. Eisenbetons, Mch., 1916; Heintel K., Berechnung d. Einsenkung v. Eisenbetonplatten u. Plattenbalken, Berlin, 1909; Jackson A., Über Spannungslinien mit Anwendung auf d. Eisenbeton, Stuttgart, 1917; Marcus H., Die Theorie elastischer Gewebe u. ihre Anwendung auf d. Berechnung biegsamer Platten, B., 1924; Marcus H., Die vereinfachte Berechnung biegsamer Platten, B., 1925; Nádai A., Die elastischen Platten, B., 1925; Probst E., Vorlesungen über Eisenbeton, B. 1—2, B., 1922—23; Saliger R., Festigkeit veränderlich elastischer Konstruktionen, insbesonders d. Eisenbetonbauten, Lpz., 1904; Saliger R., Schubwiderstand und Verbund in Eisenbetonbalken, B., 1913; Strassner A., Beitrag z. Theorie kontinuierlicher Eisenbetonkonstruktionen, B., 1912; Tönsmann A., Die Statik d. gesamten Hoch-, Tief- u. Eisenbetonbaues, T. 5—Einführung in d. Statik d. Eisenbetonbaues, nebst ausführlichen Berechnungsbeispielen, Naumburg a/S., 1923; Löser B., Bemessungsverfahren, Zahlentafeln und Zahlenbeispiele zu d. Bestimmungen d. deutschen Ausschusses für Eisenbeton v. Sept. 1925, 2 Auflage, B., 1925; Weese E., Eisenbetonzahlentafeln, T. 1—5, B., 1926—28; Handbuch f. Eisenbetonbau, hrsg. v. F. Emperger, Berlin, 1921—28; Graf O., Versuche über d. Druckelastizität u. Druckfestigkeit v. Mauerwerk, Berlin, 1924; Abrams A., «Bull. of the Lewis Institute, Structural Materials Research Laboratory», Chicago, ab 1920; Mayer M., Die Wirtschaftlichkeit als Konstruktionsprinzip im Eisenbetonbau, Berlin, 1913; Amar Ch., Théorie générale et formulaire pratiques du ciment armé, P., 1926; Augros P., Béton armé, P., 1926; Baudart C., Béton armé. Tables de calcul des dalles et poutres, P., 1924; Chansou M., Manuel de la construction en ciment et en ciment armé, P., 1925; Spiegel G., Stahl- u. Eisenbeton im Geschossgrossbau, B., 1928; Geyer E., Tabellen zur Berechnung v. einfach und doppelt armierten Balken u. Platten aus Eisenbeton, mit Hilfstafel f. Plattenbalken, Berlin, 1921; Göldel P., Bemessungstafeln für Eisenbeton-Konstruktionen, Berlin, 1927; Kann F., Durchlaufende Eisenbetonkonstruktionen in elastischer Verbindung mit d. Zwischenstützen, Berlin, 1926; Kunze W., Neue Tabellen f. exzentrisch gedrückte Eisenbetonquerschnitte, B., 1925; Thiel W., Die Arbeitsfestigkeit d. Eisenbetonbalken, Berlin, 1924; Esselborn K., Lehrbuch d. Hochbaues, 8 Aufl., B. 1—2, B., 1923—25; Berger I., Die wirtschaftliche Bemessung v. Plattenbalken, B., 1928; Graf O. u. Mörsch E., Versuche mit Eisenbetonbalken, Berlin, 1928; Haberstroh H., Der Eisenbeton im Hochbau, B., 1923; Hartmann F., Die statisch unbestimmten Systeme d. Eisen- u. Eisenbetonbaues, 2 Aufl., B., 1922; Kayser H., Eisenbetonbau, H.—Lpz., 1923; Kleinlogel A., Bewegungsfugen im Beton- u. Eisenbetonbau, B., 1927; Kleinlogel A., Fertigkonstruktionen im Beton- u. Eisenbetonbau, B., 1928; Lerche K., Aus d. Praxis d. Veranschlagens von Eisenbetonbauten, 2 Aufl., Berlin, 1928; Schlüter H., Der Eisenbetonbau, Rahmen u. Gewölbe, Berlin, 1920—22; «Deutscher Ausschuss f. Eisenbeton», B., ab 1910; «Österreichischer Ausschuss f. Eisenbeton», W., ab 1912; «Proceedings of the Amer. Soc. for Testing Materials», Philadelphia; «Teknisk Forenings Tidskrift», Kjöbenhavn; «Béton armé», P.; «Le constructeur de ciment armé», P.; «Engineering News-Record», New York; «Civil Engineering», London; «Zeitschriftenschau für das gesamte Bauingenieurwesen», Berlin.

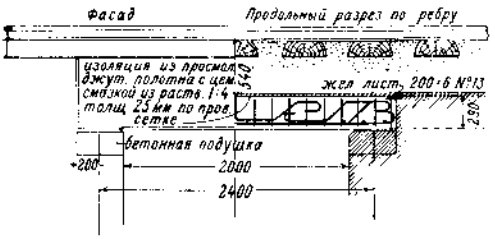
С. Бриллинг.

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ МОСТЫ, мосты, основным материалом к-рых служит *железобетон* (см.). Быстрые успехи железобетона в области мостостроения объясняются тем, что Ж. м. в экономич. отношении могут успешно конкурировать с каменными, деревянными и в особенности с железными мостами. По данным Залигера, балочные Ж. м. пролетом до 20 *м* почти всегда дешевле железных; арочные Ж. м. со сплошным и сквозным заполнением безусловно дешевле, в среднем на 11—37%, чем железные двухшарнирные арки небольших пролетов; стоимости уравниваются только для пролетов 90—100 *м*. Особенно широкое применение находят Ж. м. на шоссейных дорогах, для к-рых необходимы дешевые, легкие и долговечные мосты. Ж. м., вообще говоря, дешевле железных, требующих каменных опор, и дешевле каменных, требующих также солидных опор. Хотя они и дороже деревянных по капитальным затратам, но дешевле при учете стоимости их эксплоатации. Все это выдвигает Ж. м. на первое место для обыкновенных дорог, за исключением мостов, располагаемых в крупных городах, где красота и монументальность требуют возведения каменных мостов.

Существенное преимущество в отношении долговечности, стоимости и технич. достоинств имеют железобетонные путепроводы. Железобетон не страдает от дыма и пара паровозов в такой степени, как железо, а стоимость железобетонного путепровода, по подсчетам инж. Успенского, на 16—30% меньше стоимости железного. Как строительный материал для ж.-д. мостов малых пролетов железобетон, уступая камню в отношении долговечности, конкурирует с ним по стоимости (с учетом содержания) и технич. достоинствам в смысле жесткости, непрерывности пути и легкости надзора. Кроме того бетон обладает еще тем свойством, что его сопротивление растет с увеличением возраста; таким образом если увеличивается подвижная нагрузка для давно построенного моста, то для вычислений можно поднять и допускаемое напряжение на бетон, если конечно для напряжений в железе имеется запас.

По временным техническим условиям, временная нагрузка, действующая на мост, вводится в расчет со следующими динамическ. коэф-тами: ж.-д. поезд и автомобиль—1,4, шоссейный каток—1,3, толпа во всех случаях—1,25. Напряжения от колебаний t° и усадки бетона определяются для сооружений, имеющих пролет 15 *м* и более, причем расчетная разность t° определяется в зависимости от t° замыкания и климата местности, по карте изотерм. Расчетные напряжения в элементах определяются в предположении неучастия бетона в работе на растяжение и пропорциональности между деформациями и напряжениями; при этом модуль упругости железа принимается равным 2 100 000 *кг/см*², а бетона на сжатие — 140 000 *кг/см*², т. е. отношение между ними принимается равным 15. При расчете железной арматуры допускаются напряжения на растяжение основной арматуры в 900 *кг/см*²

и на растяжение хомутов и скалывание арматуры—в 700 *кг/см*². Основное допускаемое напряжение на растяжение невелико, особенно если принять во внимание, что временная нагрузка вводится в расчет с довольно



Фиг. 1.

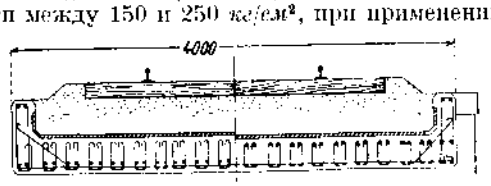
значительным динамич. коэф-том. Правильнее было бы допускать основное напряжение для железа в 1 000 *кг/см*² и выше, производя поверку бетона на растяжение. Допускаемое напряжение на сжатие бетона назначается в зависимости от марки бетона; последняя же определяется составом бетона, а следовательно и временным сопротивлением на сжатие через 28 дней после затворения (табл. 1).

Табл. 1.—Допускаемые напряжения для бетона.

Расчетные данные	Марки бетона 1	2	3
Приблизительный состав трамбованного бетона	1 : 1½ : 3	1 : 2 : 4	1 : 2½ : 5
Весовое количество портланд-цементов в 1 *м*³ в *кг*	350	300	250
Временное сопротивление на сжатие в *кг/см*²	200	180	140
Допускаемое напряжение в *кг/см*²:			
на сжатие*	45; 50; 60	40; 45; 55	30; 35; 40
на скалывание*	4; 4,5; 5	3,5; 4; 4,5	3; 3,5; 4

* Указанные для каждой марки три величины относятся к трем классам сооружений.

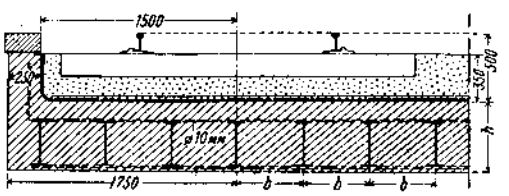
При учете влияния t° все вышеуказанные напряжения для железа и бетона м. б. повышены на 20%, а при учете t° и усадки—на 40%, но во всяком случае они не м. б. выше 1 100 *кг/см*² для железа и 75, 70 и 55 *кг/см*² для бетона (соответственно маркам 1, 2 и 3). Тогда как временное сопротивление бетона на сжатие через 28 дней, при употреблении обыкновенных цементов, обычно заключается между 150 и 250 *кг/см*², при применении



Фиг. 2.

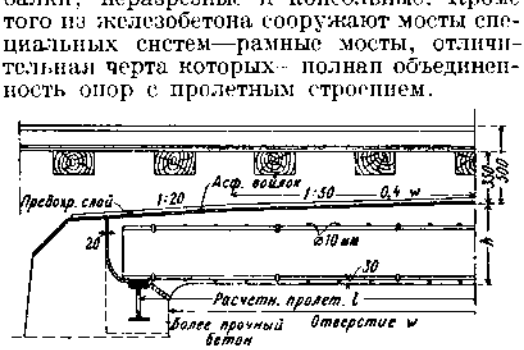
высокосортных цементов (в количестве 350—400 *кг* на 1 *м*³ смеси) оно достигает в среднем для того же срока 300 и даже 600—700 *кг/см*². Повышение допускаемого напряжения в связи с применением высокосортных цементов особенно необходимо для мостов пролетом свыше 70—80 *м*, в которых собственный вес становится весьма большим. Напряжения м. б. соответственно повышены и для арматуры применением углеродистой стали более высокого качества. Нек-рые авторы считают возможным допускать напряжение для высокосортной стали 2 000 *кг/см*² и для бетона на высокосортном цементе 100 *кг/см*²; в проектах Эмпергера эти величины несколько ниже, а именно: 1 540 *кг/см*² для стали и 70 *кг/см*² для бетона.

Балочные мосты. Балочные мосты из железобетона строятся весьма разнообразных форм. Существуют мосты, опоры к-рых состоят из бутовой или бетонной кладки, а пролетное строение представляет собою либо плиты, либо тавровые балки, либо фермы; есть мосты, построенные полностью из железобетона, причем железобетонные устои и



Фиг. 3.

быки имеют вид пустотелых коробок, заполненных балластом или тощим бетоном, или состоят, как в деревянных мостах, из системы стоек со связями. Что касается применяемых здесь балок, то они столь же разнообразны, как и в железных мостах: простые балки, неразрезные и консольные. Кроме того из железобетона сооружают мосты специальных систем—рамные мосты, отличительная черта которых—полная объединенность опор с пролетным строением.



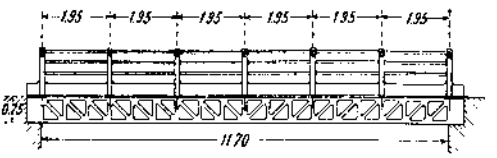
Фиг. 4.

Мосты, перекрытые плитами. Этот вид перекрытия применяется как для мостов небольших отверстий, так и для труб; при этом мост отличается от трубы лишь тем, что над плитой моста оставляется самое минимальное количество земли или балласта в зависимости от рода пути; ширина моста зависит не от высоты насыпи, а лишь от ширины полотна пути.

Плитное пролетное строение под железной дорогой, спроектированное Центральным отделом сооружений НКПС, изображено на фиг. 1 и 2. Отверстие моста 2,0 *м*, длина железобетонной плиты превосходит отверстие на 2×0,40 *м* и составляет 2,80 *м*, ширина моста 4,0 *м*—меньше, чем нужно по габариту между перилами, так как последних не имеется. Балласт с боков плиты поддерживается стенками толщиной 0,20 *м*, возвышающимися над плитой на 0,35 *м*. Толщина пли-

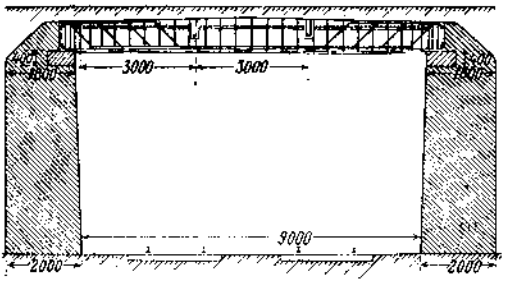
ты в середине пролета—0,33 *м*, т. е. около $^1/_6$ пролета в свету, а по концам—0,29 *м*, так как плита имеет по верхней поверхности скаты с уклоном 4%. Изоляция по скатам состоит из просмоленного джутового полотна с цементной смазкой толщиной 2,5 *см*, по проволочной сетке; у концов плиты щель между ней и устоем перекрыта под изоляцией железным листом. Продольные прутья арматуры диаметрами 14 и 24 *мм* размещены на расстоянии 10 *м* друг от друга; половина их имеет концы переведенными в верхний слой плиты, для принятия растягивающих напряжений, и сверх того для той же цели добавлено 15 прутьев диаметром 14 *мм*, которые отогнуты в средней части плиты. В поперечном направлении поставлена распределительная арматура из стержней ⌀ 10 *мм*, через 20 *см* один от другого; подвески ⌀ 6 *мм* размещены через 15 *см*.

На фиг. 3 и 4 изображен тип моста с жесткой арматурой из двутавровых балок, принятый на прусских ж. д. Плита концами двутавровых балок опирается на балку рельсовидного профиля, заложенную поперек пути в устое. На устое сделан сквозной кривой шов, заполненный асфальтом, который дает свободу концу при деформации плиты. Мостов подобной конструкции пролетами от 1 до 12 *м* построена целая серия; длина плиты превышает пролет в свету



Фиг. 5.

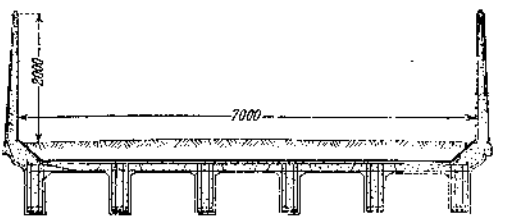
на 0,6—1,2 *м*; толщина балластного слоя до верха шпал допущена в 0,35 *м*. Железные балки этого моста выдерживают всю нагрузку; бетон служит лишь заполнением и для предохранения железа от ржавления. В таких случаях формы для бетона подвешиваются к железным балкам, чем устраняется необходимость подмостей. Балки расставлены на расстоянии от 30 до 55 *см* так, чтобы для удобства бетонирования просвет между полками был не меньше 15 *см*; между собой балки связаны круглыми стержнями ⌀ 10 *мм*. Высота плит колеблется в пределах от 22 до 109 *см*, или от $\frac{1}{10,5}$ до $\frac{1}{18}$ пролета; определяется она тем, чтобы напряжение в бетоне на разрыв не превосходило 20 *кг/см²*, имея в виду предупредить образование трещин, в которых могла бы появиться ржавчина на железе. Плита покрыта асфальтированным войлоком, поверх которого для предохранения его от повреждения при подбивке шпал укладывают слой кирпича, положенного плашмя, доски или листовое железо. Для стока воды верхняя поверхность имеет уклон к опорам, в середине — 2%, у концов 5%. При расчете устоев принято во внимание, что плита служит распоркой между устоями и улучшает сопротивление их опрокидыванию. При сооружении таких мостов Берлинским управлением ж. д. широко применялись в качестве арматуры старые рельсы и широкополые двутавровые балки Диффердингера.



Фиг. 6.

В балочных мостах с жесткой арматурой большое количество железа и бетона плохо утилизируется. Плита с гибкой арматурой является более совершенной и более экономичной, хотя применение ее и ограничивается пролетами до 4—6 *м*.

Мосты с плитами из балок Визинтини. Балка Визинтини представляет собою прямоугольную балку, в к-рой сделаны треугольные пустоты, вследствие чего получается решетчатая железобетонная ферма, армированная во всех элементах. Балки



Фиг. 7.

изготовляются обыкновенно на заводе и доставляются на место работ в готовом виде, вследствие чего размеры балок не д. б. особенно велики. Высота их при больших пролетах около $^1/_{20}$ пролета, а ширина—от 20 до 50 *см*. Ряд таких балок одинаковой высоты, положенных вплотную друг возле друга, образует сплошной настил-плиту, к-рый и применяется для перекрытия мостов. Преимущество таких мостов—легкость и отсутствие подмостей для возведения пролетного строения. На фиг. 5 изображен общий вид пролетного строения такого мостика, построенного под обыкновенную дорогу в Тамбовской губернии. Балки Визинтини применяют до настоящего времени для перекрытия пролетов до 22 *м* (мосты под обыкновенную дорогу).

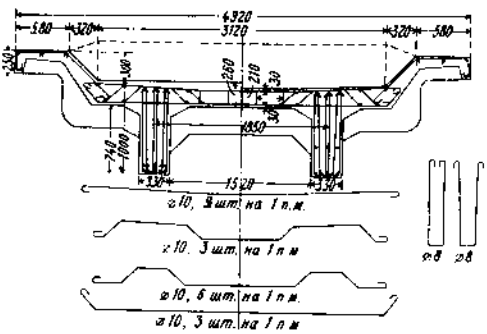
Мосты с тавровыми балками. Плитное перекрытие применяется в тех случаях, когда толщина плиты не превосходит примерно 40 *см*; при бо́льших пролетах применяют тавровые балки. В поперечном направлении ребристая плита или тавровая балка распадается на две части—ребра и плитное перекрытие между ними. Плитное перекрытие играет двоякую роль: кроме роли поперечного перекрытия, оно принимает участие в сопротивлении изгибу ребер. Для связи между ребрами ставят поперечные балки, образующие с главными балочную клетку; плита, перекрывающая клетку, опирается по всему контуру, что позволяет уменьшить ее толщину.

Мосты с разрезными балками. На фиг. 6 и 7 изображен путепровод через два пути, построенный в Германии под шоссейную дорогу, отверстием 9,4 *м*.

Из поперечного разреза видно, что для поддержания ездового полотна шириной 7,0 *м* (тротуаров нет) поставлено 6 ребер на расстоянии 1,3 *м*, считая между осями; при толщине ребер 0,3 *м* получается просвет для перекрытия плитой в 1,0 *м*. Высота ребра с плитой 0,80 *м*, что составляет примерно $^1/_{12}$ пролета; толщина плиты 0,14 *м*. Сбоку крайних балок для поддержания полотна дороги устроен в виде консоли железобетонный бордюр, который переходит в железобетонный глухой парапет. Внутренняя поверхность ящика покрыта асфальтированным войлоком. Арматура плиты состоит из рабочих стержней (поперек моста) диаметром 10 *мм*, размещенных на расстоянии 17 *см*; над опорами плиты, где для нее получаются отрицательные моменты, $^2/_3$ стержней переведены в верхнюю зону; кроме того вверху идут непрерывно 4 стержня на 1 *п. м* ширины. Ребра имеют 8 продольных прутьев диам. 30 *мм*, поставленных в два ряда и соединенных с плитой парными хомутами из полосового железа. Верхний ряд арматуры ребра при приближении к опоре переведен наверх для воспринятия косых растягивающих напряжений. Поперечных балок поставлено четыре; крайние имеют

высоту главных балок, средние—0,30 *м*. Пролетное строение опирается на устой концами ребер, запущенными в устой на 0,40 *м*. Для свободы деформации балки между ее торцом и устоем оставлен зазор шириной в 3 *см*, перекрытый сверху листом железа.

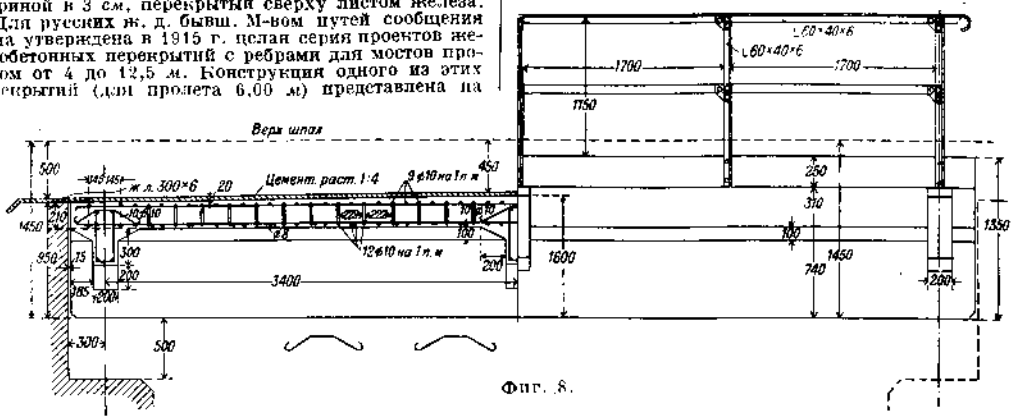
Для русских ж. д. бывш. М-ва путей сообщения была утверждена в 1915 г. целая серия проектов железобетонных перекрытий с ребрами для мостов пролетом от 4 до 12,5 *м*. Конструкция одного из этих перекрытий (для пролета 6,00 *м*) представлена на фиг. 8—10. Ширина моста 4,92 *м*, длина перекрытия 7,37 *м* (на устой запущено по 0,685 *м*). Перекрытие имеет два ребра, по одному ребру под каждую нитку рельса, при расстоянии между их осями 1,85 *м*. Высота ребра 1,00 *м*, т. е. он. $^1/_7$ пролета; ширина ребра 33 *см*; в ребре размещено два ряда стержней, в каждом по 5 штук ⌀ 36 *мм*. К опорам часть нижних



Фиг. 9.

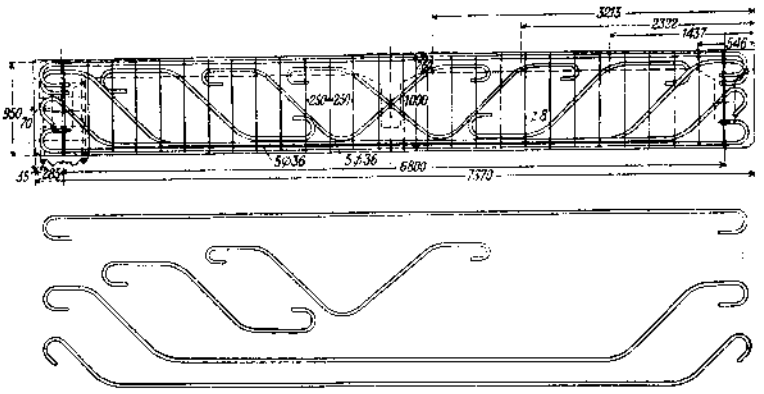
стержней переводится наверх для восприятия косых растягивающих усилий. Толщина плиты 21—26 *см*; армирована она вверху 9, а внизу 12 стержнями ⌀ 10 *мм*. Вдоль моста поставлена распределительная арматура. Для связи между ребрами имеются три поперечных балки полной высотой 0,50 *м* и шириной 0,20 *м*. Поперечные балки выступают за главные, поддерживая плиту, оканчивающуюся узкой бордюрной балкой; образованный таким обр. ящик покрыт изоляцией в виде слоя просмоленного джутового полотна и защищен сверху цементной смазкой. Заслуживает одобрения система пролетного строения из двух ребер, вместо часто встречающихся четырех.

У с т о и для описанных выше Ж. м. делаются из каменной кладки того же типа, что и для железных мостов, но имеются примеры постройки устоев из железобетона. На фиг. 11 и 12 изображен железобетонный устой для разрезной балки (путепровод возле станции Самбор в Австрии). Четыре балки пролетного строения соединены поперечной опорной балкой, лежащей на массивных колоннах устоя, облицованных плитками песчаника. Передняя стенка и обратные стенки, имеющие толщину 20 *см*, укреплены контрфорсами. Для придания устою веса и устойчивости устроена горизонтальная платформа, нагруженная землей.



Фиг. 8.

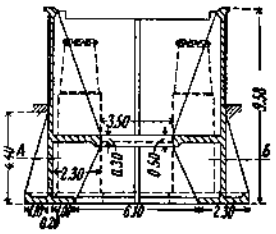
М о с т ы с к о н с о л ь н ы м и б а л к а м и. Консольные балки сравнительно с простыми балками того же пролета благодаря действию консолей, имеют меньший момент от постоянной нагрузки в середине пролета. Собственный вес железобетонных строений довольно велик, и потому применение к ним консольной системы дает возможность либо увеличить пролеты моста, ограничиваемые теперь для простых балок пролетом в 20—25 *м* либо уменьшить высоту балок в середине. Наиболее часто применяемые типы консольных пролетных строений изображены схематически на фиг. 13. Тип А, простейший, дает возможность обходиться без устоев и имеет поэтому большое значение для мостов под обыкновенную дорогу. Прогиб железобетонных консолей настолько невелик, что можно давать им большую длину без всяких неудобств. Интересен тип Е, дающий часто самое дешевое решение из всех возможных вариантов перекрытия. В качестве варианта



Фиг. 10.

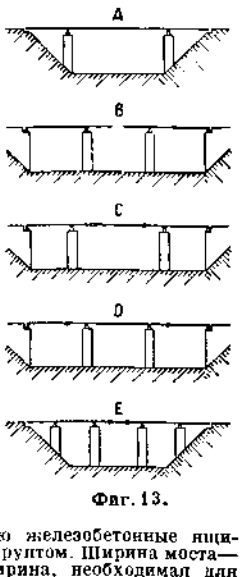
в конкурсе на постройку моста отверстием 110 *м* через р. Днепр в Смоленске мост типа Е оказался наиболее экономич. среди различных систем каменных, железных и Ж. м.

Особый вид консольного моста представляет мост отверстием в 20,0 *м*, построенный в Бреславле через канал (фиг. 14 и 15). Малая высота насыпи при сравнительно высоком судоходном габарите не позволяла применить балочного моста, требующего большой конструктивной высоты; еще в меньшей мере был возможен арочный мост, стесняющий ширину габарита. Поэтому была принята консольная система, причем



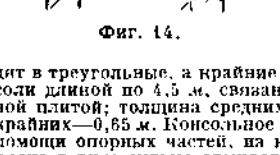
Фиг. 11.

Фиг. 12.



Фиг. 13.

консоли представляли собою железобетонные ящики, нагруженные бетоном и грунтом. Ширина моста—20,1 *м*; из них 13,0 *м* ширина, необходимая для дороги. Пролетное строение состоит из 15 главных балок, расставленных на 1,70 *м* друг от друга под тротуарами и на 1,34 *м* под полотном дороги, так что крайние балки приходятся под стойками перил; главные балки связаны плитой и пятью поперечными балками, а в боковых четвертях пролета—еще плитой внизу, между ребрами, поставленной для принятия значительного отрицательного момента. Высота балок 1,25 *м*, или $^1/_{17}$ пролета, что при тяжелой нагрузке вызвало необходимость особенно сильной арматуры ребер; поэтому в нижней части ребра уширены до 0,75 *м*, при толщине в середине в 0,35 *м*. Средние ребра переходят в треугольные, а крайние в четырехугольные консоли длиной по 4,5 *м*, связанные внизу горизонтальной плитой; толщина средних ребер консоли 0,35 *м*, крайних—0,65 *м*. Консольное пролетное строение при помощи опорных частей, на которых подвижная устроена в виде сильно армированного железобетонного валька, покоится на бетонных устоях; обратные стенки между концами консолей и насыпью с верховой стороны—бетонные, с низовой—железобетонные толщиной 0,85 *м*, основаны на железобетонных сваях.

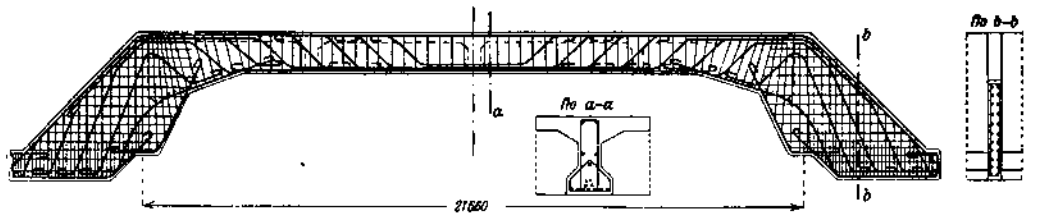


Фиг. 14.

ных, а следовательно экономичнее. Собственно говоря, этот тип можно причислить к мостам с неразрезными балками только при незначительном сечении колонн по сравнению с сечением балок, т. к. только при этом можно пренебречь их сопротивлением изгибу; в противном случае правильнее причислять такие мосты к группе рамных. Значительно реже встречаются мосты с неразрезными балками на каменных быках.

Из мостов, перекрытых неразрезной балкой (в чистом виде), интересен мост через р. Дон в г. Лебедяни отверстием в 140 *м* (фиг. 16 и 17), построенный в 1910 году. Ширина проезжей части 5,70 *м*, а тротуаров—по 1,07 *м*. Проезжая часть поддерживается тремя главными неразрезными шестипролетными балками. Береговые пролеты имеют величину 20,0 *м*, четыре средние—по 25,0 *м*. Сечение балок у опор 2,3×0,40 *м* и в середине пролета 1,25×0,40 *м*. Главные балки пролетного строения соединены между собой поперечными балками сечения 0,20×0,15 *м*, расположенными друг от друга на расстоянии 2,50 *м*. Главные балки отстоят одна от другой на 2,85 *м*, так что образуются клетки в 2,50×2,85 *м*. На главные и поперечные балки опирается плита толщиной 0,12 *м*. Для большей жесткости ребра главных балок внизу соединены между собой встровыми связями в виде балочек сечением 0,20×0,30 *м*, по две на каждый пролет. Все пролетное строение опирается на каменные устои и пустотелые железобетонные быки с бетонным заполнением. Хотя свободное изменение длины от влияния температуры достигнуто при помощи подвижных опорных частей на береговых устоях и прибрежных быках, все же необходимо признать общую длину неразрезной балки чрезмерной. Основания большинства опор покоятся на каменистом грунте, на глубине 3,0 *м*, а левый устой и ближайший к нему бык заложены на свайных основаниях, в шпунтовых ограждениях.

Рамные мосты. В рамных мостах опоры и пролетное строение составляют одно непрерывное целое. При нагрузке пролетного участка рамного моста работают на изгиб и опоры, вследствие чего поперечные размеры пролетного строения получают меньшую величину по сравнению с вышеописанными системами. Передача части изгибающего момента с пролетного строения на опоры выгодна в том отношении, что собствен. вес материала колонны, работающей на изгиб, не вызывает увеличения момента изгиба как в пролетном перекрытии. В виду этого опорам рамных мостов следует придавать возможно бо́льшую жесткость на изгиб в плоскости, параллельной фасаду моста. При равных условиях производства работ рамная система во многих случаях оказывается дешевле других балочных систем, позволяет перекрыть бо́льшие пролеты и м. б. лучше приспособлена к местным условиям. Рамные



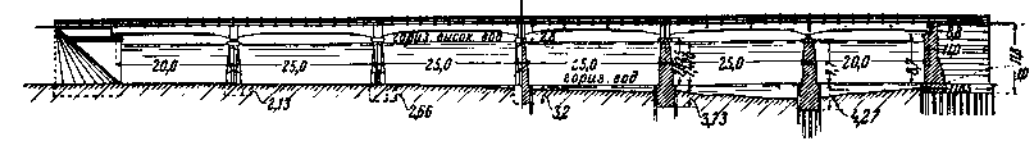
Фиг. 15.

Мосты с неразрезными балками. Многопролетные балочные мосты из железобетона делаются часто с неразрезными балками, причем промежуточные опоры устраиваются также из железобетона в виде тонких колонн, соединенных в одно целое с балками. Неразрезные балки легче разрезмосты можно рекомендовать во всех случаях, когда опоры м. б. составлены из колонн, напр. для путепроводов, эстакад, мостов на ручьях и небольших речках. Вследствие дешевизны и простоты конструкции эта система, в связи с устранением устоев при помощи консольных свесов, должна получить

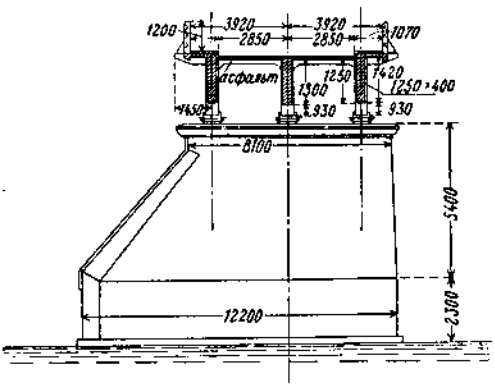
большое распространение на шоссейных дорогах. При незначительной высоте моста уместно применение плитной рамы, боковые сплошные стенки которой поддерживают землю берегов (фиг. 18). При плохих грунтах раму можно делать замкнутую, в виде четырехсторонней трубы. С увеличением пролета неизбежен переход к ребристой раме.

Одним из наиболее экономичных типов среди всех родов мостов является тип рамного моста со свешивающимися концами. На фиг. 19 изображен подобный путепровод через железнодорожную выемку. Экономия обусловлена отсутствием устоев и массивных быков. Опоры в поперечном направлении представляют собою жесткие рамы; распоркам рам придана значительная высота, что способствует увеличению жесткости в поперечном направлении.

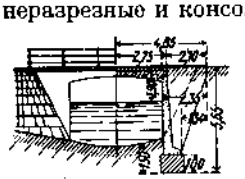
Для многопролетных мостов применимы неразрезные и консольные рамы. Примером последних является железобетонная эстакада на Финляндской соединительной ветке в Ленинграде (фиг. 20).



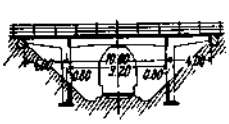
Фиг. 16.



Фиг. 17.



Фиг. 18.

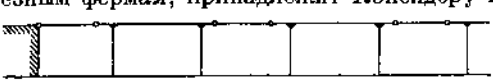


Фиг. 19.

Сооружение состоит из цепи отдельно стоящих рам с консолями, звенья которой соединены свободными балками, опирающимися на консоли рам; длина эстакады 610 *м*, высота от 6,27 до 8,16 *м*. Расстояния между опорами по фасаду равны 13,8 *м*; свободная балка имеет длину 9,00 *м* (фиг. 21 и 22). Одна опора ее неподвижна, другая подвижна, что и создает поперечные разрезы сооружения через 27,6 *м* длины, для свободы деформаций под влиянием перемен температуры. Длина консолей 2,4 *м*; пролет свободной балки выбран так, чтобы момент в середине балки был такой же, как момент в раме по середине пролета. Ширина балластного корыта в свету равна 3,4 *м*. Тротуары по 75 *см* шириной расположены на весу. Проезжая часть поддерживается двумя балками, входящими в состав рам и расположенными на расстоянии 2,4 *м* ось от оси. Для боковой устойчивости эстакады опоры разведены в стороны настолько, что по обрезу фундамента центры их отстоят друг от друга на расстояние от 3,88 *м* до 4,80 *м* в зависимости от высоты; от полотна до точки перелома каждая поперечная пара опор соединена сплошной вертикальной стенкой высотой около 3,00 *м*. Боковой трапецоидальный профиль опорных стоек переходит при помощи больших закруглений в пролетные балки высотой 1,56 *м* при толщине 0,50 *м*; для поперечной связи в каждом пролете помещены три поперечные балки. Плита проезжей части имеет толщину от 20 до 32 *см*, меняющуюся вследствие устройства скатов для отвода воды; в качестве изоляции применен асфальтовый слой. Для опорных частей свободной балки и консолей применены клепаные железные коробки, состоящие из двух щековых вертикальных листов, на которые и передается вертикальное давление балок. Стойки рам в уровне поверхности грунта заделаны в железобетонные фундаменты, общие для каждой поперечной пары стоек.

Мосты с фермами. При пролетах примерно в 20 *м* и больше, железобетонные балки со сплошной стенкой становятся слишком тяжелыми, а бетон утилизируется полностью лишь на периферии балки. Для уменьшения веса балок следует оставить массивный верхний пояс и сделать более тонкой остальную часть балки, выбросив часть стенки и перейдя т. о. к ферме, составленной из стержней, работающих на сжатие, растяжение и изгиб. Элемент плиты Визинтини представляет собою подобную ферму со сквозными поперечными отверстиями, образованными поясами, раскосами и стойками.

Идея конструирования из железобетона ферм с раскосами, вполне аналогичных железным фермам, принадлежит Консидеру и



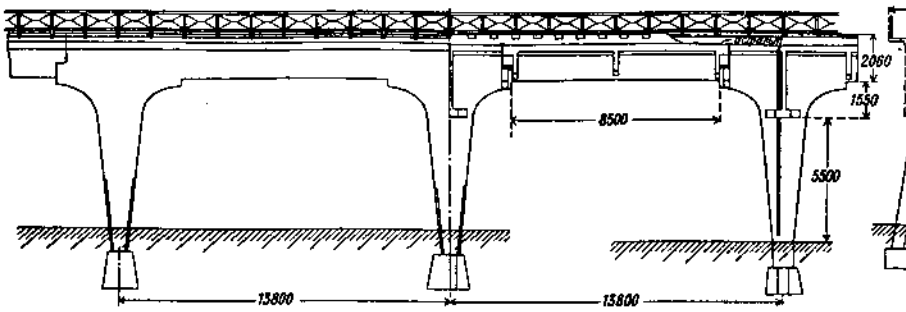
Фиг. 20.

была осуществлена им для виадука д'Авранш, имеющего расчетный пролет в 30,2 *м*; в последнее время достигнут пролет в 43,0 *м* (мост Ферен). Применение раскосов приводит к большим трудностям конструирования узлов и усложняет работу по формованию балки, тогда как того же результата можно достичь увеличением жесткости узловых соединений и составных элементов балки: получается естественный переход к безраскосным фермам—т. н. балкам Виренделя. Наибольший пролет, перекрытый балками Виренделя, достигает 40 *м*.

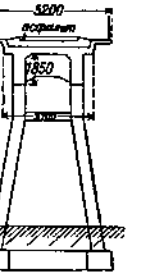
На фиг. 23—25 представлено пролетное строение служебного моста на Беговатской плотине. Ширина моста между перилами 4,85 *м*, между осями ферм—4,00 *м*. По верхним поясам ферм уложены рельсы для прохода крана; верхние пояса связаны только поперечными балками (без плиты), на которые укладываются шандоры. Нижние пояса, кроме поперечных балок, связаны также плитой, служащей для поддержания моторов и лебедок (фиг. 24). Расчетный пролет фермы 14,85 *м*; ферма разделена на 9 панелей, по 1,65 *м* каждая, причем вырезы устроены в 7 средних панелях, крайние же—сплошные. Высота фермы

2,00 *м*, что составляет $^1/_{5,5}$ пролета; толщина стенки фермы 0,35 *м*. Верхний пояс фермы—таврового сечения и имеет высоту 0,45 *м*, нижний—прямоугольного сечения высотой 0,35 *м*, так что высота вырезанного окна составляет 1,20 *м* при ширине по фасаду 0,95 *м*; ширина стойки по фасаду 0,70 *м*. Косые стержни проходят без перерывов из нижнего пояса в верхний и надежно закреплены обоими концами (фиг. 25).

при значительном пролете их, помещаются вспомогательные продольные балки. Наивыгоднейшая комбинация состоит в том, чтобы при толщине плиты в 13—18 *см* иметь расстояние между ребрами от 1,5 до 2 *м*, равное примерно расстоянию между колесами

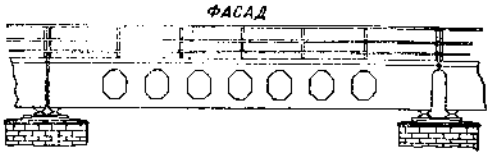


Фиг. 21.



Фиг. 22.

Конструктивные данные из практики. Расчетный пролет l балки больше пролета в свету на 0,40—1,5 *м*. По

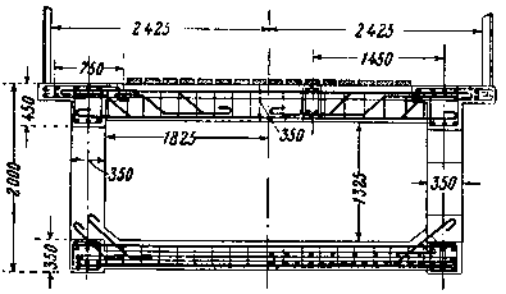


Фиг. 23.

эмпирич. данным $l = 1{,}03\ L + 0{,}40$ *м* для однопролетных мостов и $l = L + 0{,}30$ *м* для многопролетных (L—пролет в свету в *м*). Для мостов под обыкновенную дорогу высота главных балок изменяется в пределах от $^1/_{10}$ до $^1/_{14}$ пролета (в средн. $^1/_{12}$); для пешеходных мостов—до $^1/_{20}$; для мостов с неразрезными балками—от $^1/_{12}$ до $^1/_{19}$ (в среднем до $^1/_{14}$). В консольных и неразрезных балках у опор высота ребра увеличивается, т. к. на сжатие здесь работает ребро, а не плита, как в середине пролета. В мостах под ж. д. высота ребра значительно больше и колеблется в пределах от $^1/_5$ до $^1/_8$ пролета. Ширина балок колеблется в пределах от 0,20 до 0,75 *м*, б. ч. берется в 30—40 *см* и в исключительных случаях больше 50 *см*. По отношению к высоте балок ширина составляет $^1/_2$—$^1/_4$, в исключительных случаях $^1/_5$; она берется такой, чтобы возможна была укладка арматуры с соблюдением необходимых просветов между стержнями в два и, в виде исключения, в три ряда. Расстояние между главными балками колеблется в широких пределах—от 0,8 до 4,5 *м*. При расстояниях до 2,0—2,5 *м* плита может еще опираться на главные балки; при бо́льших расстояниях следует ввести поперечные балки, к-рые, являясь связями, вообще говоря, полезны во всяких случаях, т. к. позволяют опирать плиту по контуру и т. о. уменьшать ее толщину. Между поперечными балками,

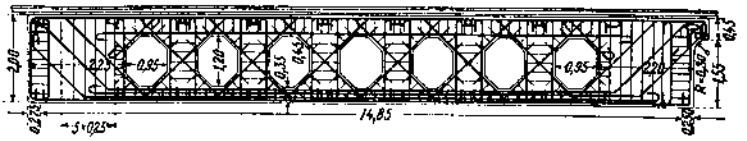
повозок. В жел.-дор. мостах расстояние между ребрами берется около 2,00 *м*, толщина плиты—от 20 до 30 *см*. Величина свесов для тротуаров в существующих мостах доходит до 2 *м*.

Арочные мосты. Мосты со сплошным сводом. Наподобие обыкновенных сводов каменных мостов сооружаются железобетонные сплошные своды, к-рые имеют несколько типич. форм. В большинстве случаев такие своды устраиваются бесшарнирными, но иногда они имеют два или три шарнира. Арматура свода м. б. гибкого типа, составлен. из прутьев, и жесткого



Фиг. 24.

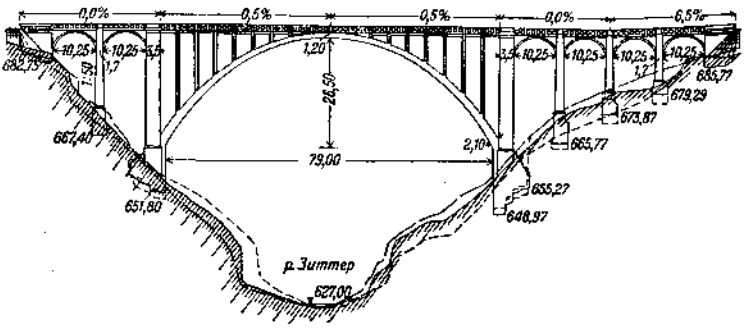
типа (система Мелана), в виде жестких арок, клепаных или из прокатного железа, соединенных поперечн. связями; такая ар-



Фиг. 25.

матура может не только держать сама себя, но и поддерживать как формы, подвешенные к ней, так и бетонный свод до его затвердения. Надсводное заполнение может быть массивным, сплошным, образованным глухими щековыми стенками с сыпучим или бетонным заполнением, и сквозным; в последнем случае передача нагрузки на свод

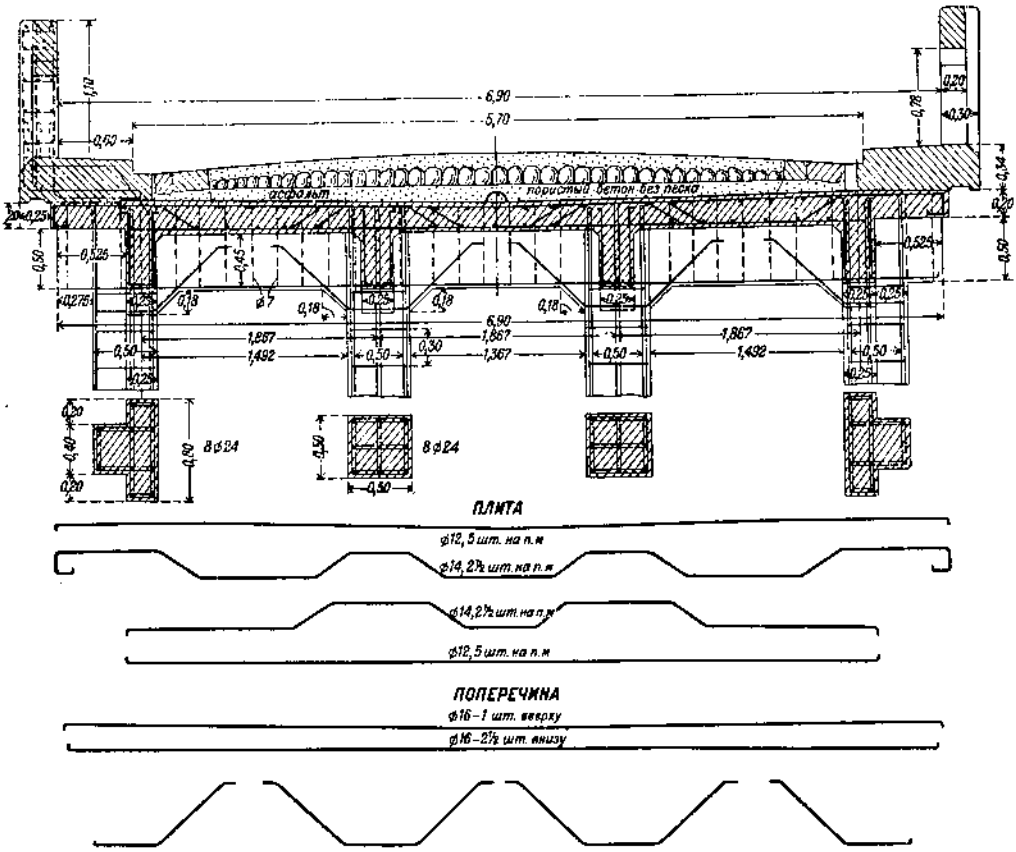
происходит при посредстве колонн или поперечных стенок. Этот вид мостов является более совершенным в технич. отношении.



Фиг. 26.

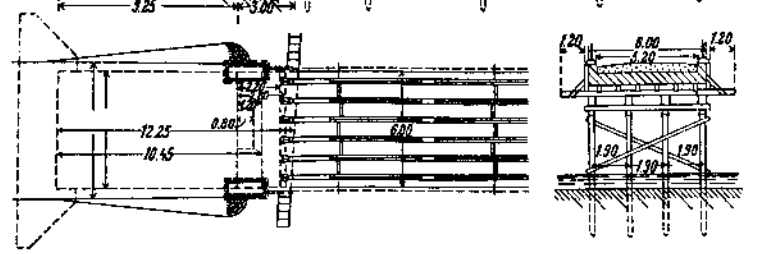
Для придания внешн. виду моста большей массивности полотно моста иногда поддерживают продольными стенками или колоннами, поставленными внутри щековых стен.

Примером мостов с бесшарнирными сводами служит Гмюндертобельский виадук под обыкновенную дорогу. Долина реки Зиттер перекрыта одним сводом, с пролетом 79,0 *м* в свету (фиг. 26) и стрелой 26,5 *м*, со сквозным надсводным заполнением. К главному пролету на косогорах примыкают малые пролеты подходов, по 10,25 *м* каждый. Ширина свода в замке 6,50 *м*, в пятах 7,5 *м*, причем боковые его грани лежат в наклонных плоскостях: это сделано для придания своду большей боковой устойчивости против опрокидывания ветром. Толщина свода в замке 1,20 *м* (~1/66 пролета), в пятах 2,13 *м*. Ось свода очерчена по кривой давления для постоянной нагрузки. Хотя расчетом было выяснено отсутствие в своде растягивающих напряжений, тем не менее арматура была поставлена, в виду того что практическое осуществление свода может дать уклонение от теоретич. формы, опоры могут дать нек-рую осадку и наконец остается неучтенным влияние сокращения бетона при твердении. Арматура поставлена вверху и внизу в количестве 28 стержней ⌀ 28 *мм* на всю ширину свода; стержни соединены между собой хомутами и распределительными стержнями, поставленными через каждые 50 *см*. Нагрузка на свод передается колоннами, по четыре в каждом поперечном ряду; колонны каждого поперечного ряда связаны вверху поперечной балкой в жестную раму. Расстояние между рядами колонн 3,70 *м* в свету, а между осями 4,50 *м*. Число продольных ребер проезжей части равно четырем; промежутки перекрыты плитой толщиной 20 *см* в середине пути и 25 *см* по краям. Изоляция состоит из асфальтированного джутового полотна, которое уложено по слою гудрона и прикрыто сверху таким же слоем гудрона. Плита, как видно из фиг. 27, имеет двойную арматуру, в предвидении изгиба плиты вследствие неодинакового прогиба продольных балок при неравномерном нагружении моста в поперечном направлении. При осадке свода от нагрузки и, главное, от понижения температуры замок опускается, и концы полотна над пятами свода получают горизонтальное перемещение; подвижность достигается тем, что конец полотна опирается на особую легкую упругую железобетонную стенку высотой



Фиг. 27.

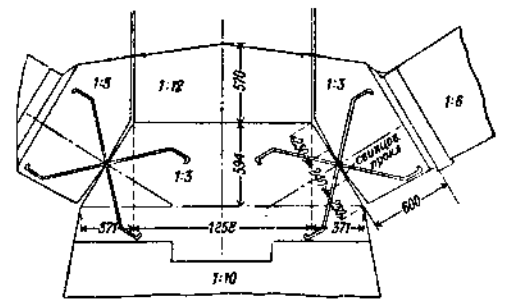
12 *м* и толщиной 25 *см*. Боковые пролеты перекрыты сводами с заделанными пятами, пазухи заполнены тощим бетоном. Для свободной деформации сводов и для устранения трещин над пятами имеются вертикальные сквозные щели, образованные разновременным бетонированием смежных частей и смазкой поверхности ранее сложенного массива смолой. В виду наличия в главных быках растягивающих усилий под



Фиг. 28.

действием распора бокового свода, на соответствующей грани быков поставлено железо. Устои спроектированы своеобразно; насыпь сгущена внутрь устоя естественным откосом, и земля не давит на переднюю стенку; для перекрытия же откоса применена железобетонная плита, поддержанная кроме обратных стенок еще двумя продольными. Бетона на мост пошло около 8 400 $м^3$.

На фиг. 28 изображен первый мост, построенный по системе Мелана в Штейрс; единственный его пролет перекрыт сводом с тремя шарнирами. Пролет свода—42,4 *м*, стрела—2,62 ($^1/_{16}$); это один из самых пологих сводов, примененных до сего времени в мостах. Мост построен под обыкновенную дорогу. Массивные бетонные устои заложены на скале. Ось свода



Фиг. 29.

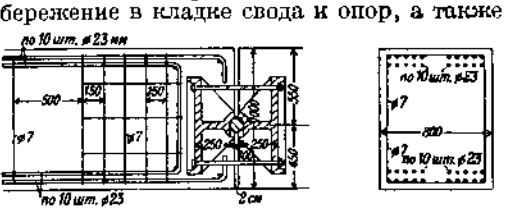
очерчена по дуге круга; толщина в замке—0,60 *м*, в пятах—0,70 *м*. Арматура состоит из железных клепаных арок, размещенных по ширине свода через каждый *м*; сечение арки состоит из 4 уголков, соединенных решеткой из планок и распорок из уголков. Кружала устроены т. о., что во время бетонирования половина веса свода воспринимается арматурой. Арки имеют металлич. шарниры в виде стальных цилиндров, ⌀ 8 *см*, заклатых между стальными и чугунными (в пятах) балансирами. Бетонный свод имеет бетонные шарниры из бетонных камней; пара камней, образующих шарнир, соприкасается друг с другом по цилиндрическим поверхностям, из к-рых одна выпуклая, а другая вогнутая, с радиусами 3 и 4 *м*. Эти шарнирные камни имеют ширину 0,50 *м*; при расстоянии между арками 1,0 *м* получились зазоры по 25 *см*, заделанные потом бетоном. Напряжения в бетонных шарнирах, исчисленные по ф-ле Герца, достигают 265 $кг/см^2$.

Простейшим устройством шарнира временного характера является прокладка свинцовой узкой полосы; для постоянно действующих шарниров рекомендуется соединять примыкающие части железными листами или накрест пересекающимися прутьями (фиг. 29). Применяются также металлические шарниры.

На фиг. 30 представлен замковый шарнир в своде моста через Эмс—Везерский канал. Шарнир состоит из трех стальных частей: двух подушек, погруженных в бетон, и цилиндра ⌀ 10 *см*. Болты, стягивающие подушки на время установки и бетонирования, перед раскружаливанием распиливают или оставляют в покое, так как при толщине около 10 *мм* они не могут уменьшать действию шарниров.

Из мостов со сплошными сводами некоторую разновидность представляет трехпролетный мост в Гамбурге через Лангенцуг; пролетное строение этого моста и опоры до их фундамента включительно сделаны из железобетона и объединены в одно целое; последнее обстоятельство позволило допустить неравные пролеты при относительно небольшой толщине быков.

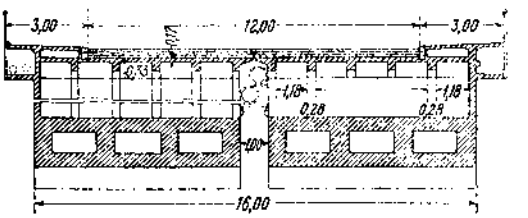
Мосты с параллельными сводами. Конструкция этого рода мостов отличается от конструкции предыдущего типа разделением свода при широком полотне на две параллельные части, что дает сбережение в кладке свода и опор, а также



Фиг. 30.

в кружалах, к-рые могут быть употреблены сперва для одной части, а затем для другой.

Мосты с пустотелыми сводами. Значительное сбережение в кладке свода м. б. достигнуто путем устройства пустот в теле свода; благодаря им понижается общий вес свода, а следовательно и размер его сечения. Сказанное относится к сводам больших пролетов, когда сечение свода и количество арматуры в нем в малой степени зависят от временной нагрузки; разделение же свода на два параллельных не всегда м. б. допускаемо по соображениям поперечной жесткости.



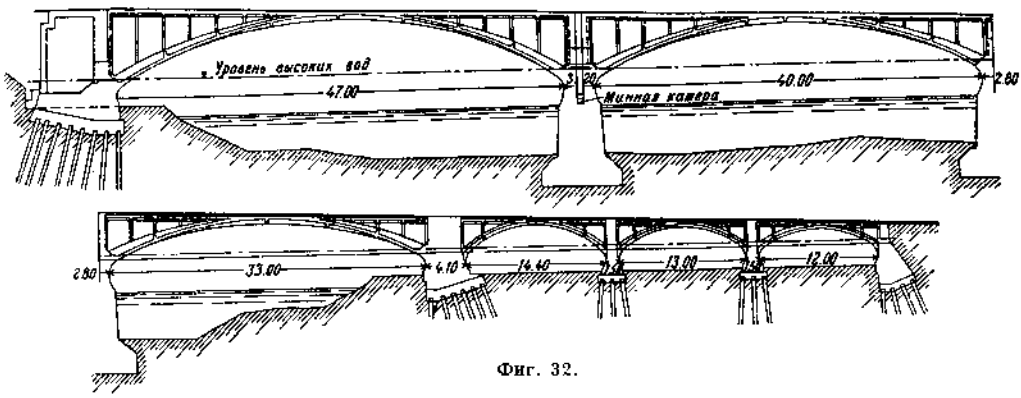
Фиг. 31.

В проекте моста через Мозель в Кобленце инж. Ягером применен прием облегчения для двух параллельных сводов пролетом 112 *м* (фиг. 31).

Мосты с ребристыми сводами. Этот тип пролетного строения является

переходным между сплошным сводом и отдельно стоящими арками прямоугольного сечения. Такой свод образован из нескольких ребер, связанных между собой плитой. Имея в виду, что в большинстве случаев сжатие сосредоточивается в замке—выше, а в пятах—ниже оси свода, плитное заполнение располагают в замке вверху, а в пятах—внизу поперечного сечения; в случаях перемещения давления указанное расположение плиты теряет свой смысл, но значение плиты как связи между ребрами остается.

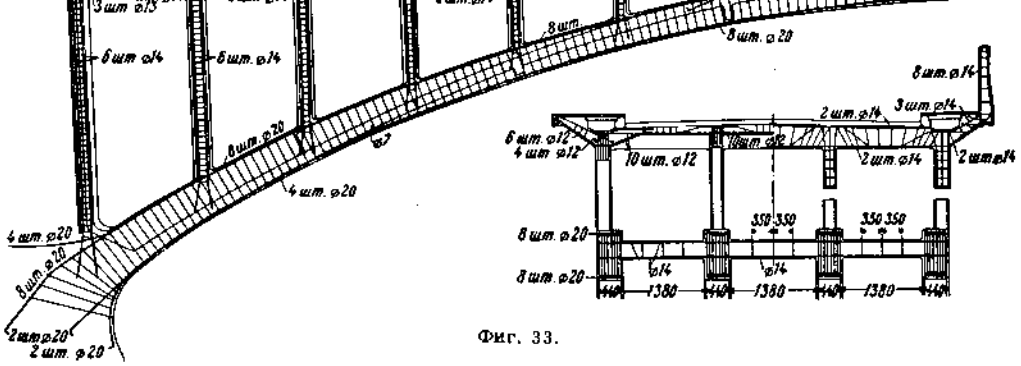
Одним из мостов рассматриваемого типа является мост через р. Мозель близ Повсана (фиг. 32), состоящий из 6 арочных пролетов, из которых три, через русло реки, перекрыты ребристыми бесшарнирными сводами; пролеты—от 33 до 47 *м* при пологости от $^1/_{6,5}$ до $^1/_{8,5}$. Все опоры моста имеют основания из железобетонных свай, за исключением двух речных быков, фундаменты к-рых заложены непосредственно на слое глины в перемычках. Своды очерчены по кривой давления для постоянной нагрузки и представляют собою для трех речных пролетов четыре ребра, соединенных сплошной плитой; в замке плита расположена поверху ребер, в пятах—понизу; для большей поперечной жесткости по плите устроены поперечные ребра. Размеры свода пролетом 47 *м* следующие: ширина свода 6,00 *м*, высота ребра в замке 0,88 *м* и в пятах 1,35 *м* при постоянной ширине ребра 0,44 *м*; толщина плиты соответственно изменяется от 0,26 до 0,28 *м*. Продольные прутья как ребер свода, так и плиты его соединены поперечными связками из крученых прутьев диаметром 7 *мм* (фиг. 33), поставленных на расстоянии 25 *см* один от другого; эти связки держат продольные прутья на определенных взаимных расстояниях настолько прочно, что получается жесткая железная арка, к-рую можно было изготовить на рабочей площадке и целиком поставить на подмости. Проезжая часть моста поддерживается при помощи тонких (20×20 *см*) колонн, по 4 в каждом поперечном ряду, при расстоянии между рядами от 2,57 до 2,88 *м*; с фасада колонны уширяются до 0,50 *м*. Мостовое полотно построено по системе продольных и поперечных балок. Толщина плиты 0,11 *м*, в середине—0,16 *м*. Разрезанное над пятами сводов полотно моста поддерживается колоннами, которые на половину своей толщины помещаются в пазах стенки устоя; тонкая и высокая колонна оказывает небольшое сопротивление перемещению концов полотна. В расчет свода, как упругой арки, введено полное сечение ребристой арки с переводом площади железа в площадь бетона.



Фиг. 32.

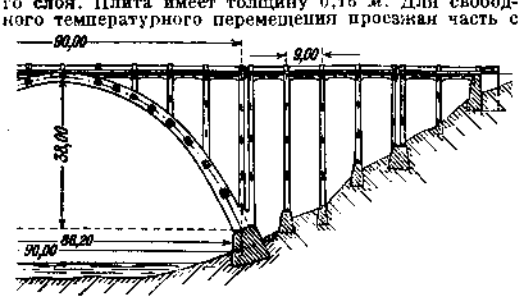
Мосты с отдельными арками. Если заменить в мостах с ребристыми сводами сплошное плитное заполнение между ребрами отдельными распорками, то пролетное строение будет состоять из отдельных ребер или арок, достаточно жестко между собою связанных.

Фиг. 34—36 относятся к виадуку через р. Лусниц (Чехо-Словакия), построенному для одновременного пропуска шоссейной и однопутной электрич. д. Ширина виадука 8,90 *м*, причем тротуары занимают по 1,20 *м*. Виадук длиной 224 *м*, при возвышении его над дном реки на 52 *м*, состоит из средней части в виде арочного перекрытия, расчетным пролетом 90 *м*, и подходов, представляющих собою многопролетные рамы. Две арки главного пролета сходятся на расстояние 6 *м* между их осями в замке, к пятам же эти арки разведены до 7,74 *м* для придания большей поперечной жесткости. Сечение арки в замке 1,2×2,0 *м*, а в пятах 2,0×2,2 *м*; как видно, сечение увеличивается к пятам не только по высоте, но и по ширине. Арки связаны распорками прямоугольного сечения, поставленными к замку ближе друг к другу, чем у пят. Колонны, стоящие на расстоянии 9,0 *м* друг от друга (считая по горизонтали между осями), перекрыты сверху поперечной балкой пролетом 6 *м*, на которую опираются пять продольных балок на расстоянии 1,50 *м*; между последними в свою очередь поставлены две дополнительные поперечные балочки. Продольные балки пролетом 9,0 *м* под рельсами электрической дороги опущены на 0,28 *м* вследствие необходимости дать увеличен-



Фиг. 33.

ную против шоссейной дороги толщину балластного слоя. Плита имеет толщину 0,16 *м*. Для свободного температурного перемещения проезжая часть с



Фиг. 34.

обеих сторон замка разрезана; над пятами арок проезжая часть опирается на две колонны высотой 34,3 *м*; рядом с ними на устое поставлены такие же колонны подходных эстакад. Левая эстакада состоит из 2 четырехпролетных рам длиною каждая по 36 *м*; правая несколько короче, но также разделена на 2 части.

Наряду с конструктивными достоинствами у этого виадука имеются и некоторые недостатки: пролеты эстакады, особенно в средней части виадука, малы, что вызывает необходимость в большом числе очень высоких колонн; заделка арок в устой путем вертикального раскидывания концов, с пропусками поперечных стержней через загнутые крючья, слаба; распорки между арками сильно армированы по боковым граням при отсутствии железа в верхней и нижней зоне, тогда как изгиб их возможен в радиальной плоскости,—вследствие чего им и придано высокое сечение.

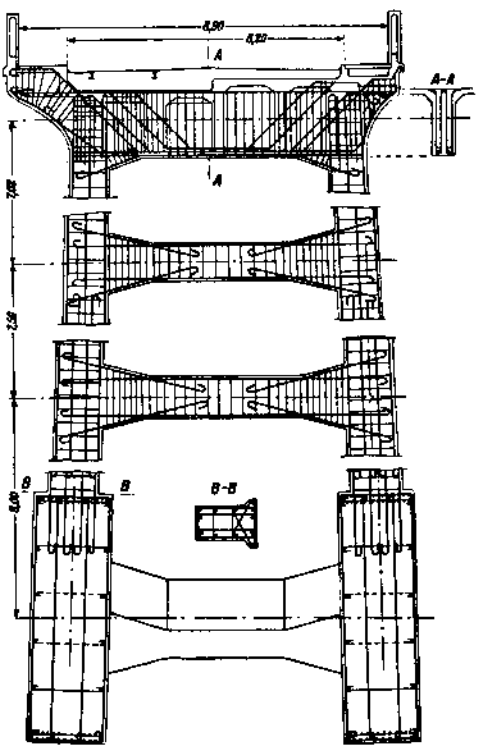
Аналогично мостам со сплошными сводами рассматриваемые мосты также м. б. снабжены жесткой арматурой, а в нек-рых случаях и шарнирами. В весьма интересном проекте моста через Эльбу в Дрездене пролет в 136 *м* перекрыт трехшарнирными арками с жесткой арматурой из высокосортной стали (пологость $^1/_{16}$). Как видно из фиг. 37, сечение каждой клепаной арки состоит из трех сквозных ветвей высотой 2,55 *м*, связанных в продольной и поперечной плоскостях крестами.

При проектировании мостов указанного типа с большими пролетами серьезное значение имеет не только вопрос о рациональной форме поперечного сечения арок, но и вопрос о повышении в них допускаемых напряжений, в виду крайне значительного собственного веса таких мостов, превышающего временную нагрузку часто в несколько раз. С этой целью в проекте моста через Арста в Стокгольме пролетом в 170 *м* было предложено прямоугольное сечение арки (фиг. 38) со скошенными краями, высотой 5 *м* и шириной 1,5 *м*, заключающее в себе 4 кольца консидеровской спиральной обмотки ⌀ 1,40 *м* при толщине стержня спирали 24 *мм*; внутри кольца проходят 25 прутьев ⌀ 22 *мм*. Инж. Эмпергером кольцевая арматура совмещена с жесткой, проходящей в виде продольных чугунных стержней (уголков и невысоких вертикальных листов). Более рационально распределен материал в сечении арки моста Vésubie. Пролет в 96 *м* перекрыт двумя арками двутаврового сечения (фиг. 39). Такое сечение с сосредоточенной кольцевой арматурой по краям арки способствует также и нек-рому облегчению пролетного строения.

Весьма оригинальна система арматуры, предложенная инж. Люингбергом, состоящая из труб, наполняемых бетоном; допускаемое напряжение в бетоне в этом случае может быть удвоено. Система отдельных арок имеет исключительное применение для Ж. м. больших пролетов с ездой по низу.

Одним из замечательных мостов этого рода является мост С.-Пьер около Руана отверстием 131 *м* (фиг. 40). Мост имеет один пролет, перекрытый двумя возвышенными арками со стрелой в 25 *м*; высота арки в замке 2,5 *м*, в пяте—5,0 *м* при одинаковой ширине 2,5 *м*. Столь мощное сечение облегчено устройством в середине прямоугольного канала (фиг. 41), так что сечение получается трубчатым; толщина боковых стенок всего 20 *см*. Ниже проезжей части арки сливаются вместе, образуя сплошной свод. Проезжая часть прикреплена к аркам при помощи подвесок за концы поперечных балок.

Заслуживает особого внимания метод раскружаливания этого моста, предложенный инж. Фрейсине и ранее примененный в других мостах. Раскружаливание было выполнено при помощи гидравлич. домкратов, введенных в ключ арки; при действии домкратов оставленный в замковом сечении шов раскрылся, и арка несколько приподнялась над кружалами, после чего кружала были разобраны и шов заклинен. Этот прием дает возможность регулировать напряжения в верхнем и нижнем сечениях трубчатой арки с целью их уменьшения и более равномерного распределения. Так, в рассматриваемом мосту наибольшее напряжение бетона в ключе было понижено с 72 до

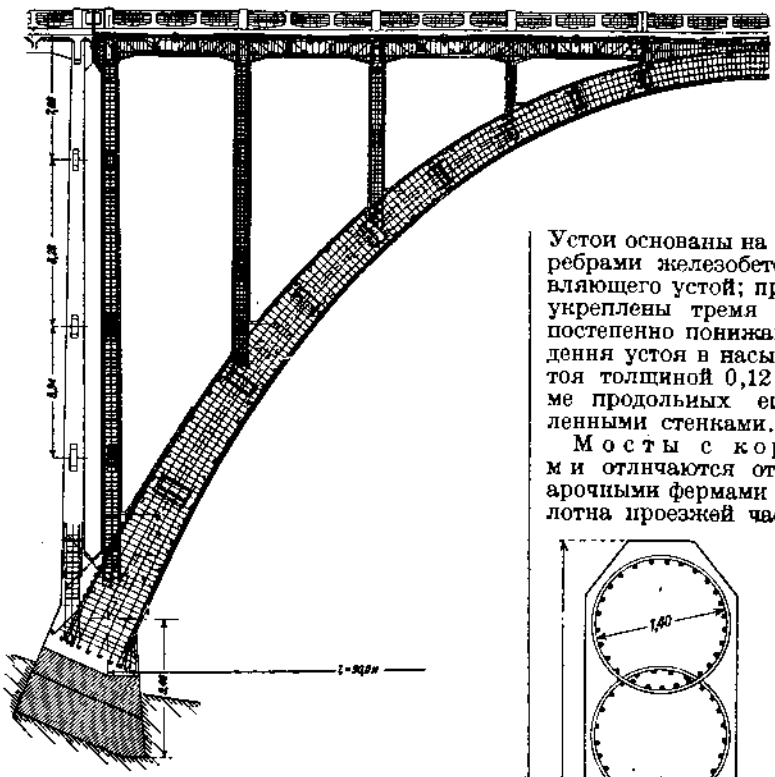


Фиг. 35.

54 *кг/см²* и в пяте с 65 до 49 *кг/см²*, а разница в напряжениях верха и низа арки почти уничтожилась, тогда как при обычных приемах раскружаливания она достигла бы нескольких десятков *кг*.

Несколько иначе сконструирован мост Меллет в Тунисе (фиг. 42 и 43). Пролет в свету 90 *м* перекрыт двумя сквозными арками с раскосным заполнением. Ширина моста 6 *м*, из них 4,8 *м* занимает ездовое полотно. Отличительная особенность моста состоит в том, что арки снабжены затяжкой, вследствие чего система обращена в балочную и как таковая м. б. расположена на узких опорах, причем одна опорная точка каждой фермы д. б. подвижна; в данном случае эта подвижность достигнута применением железобетонного валька. Каждая главная ферма состоит из двух поясов параболич. очертания, соединенных между собой раскосами и стойками, а также поперечными связями, поставленными в вертикальной плоскости. Пояса имеют одинаковую по длине ширину 0,9 *м* и толщину от 0,30 до 0,60 *м*;

решетчатое заполнение имеет ширину 0,4 *м* и толщину 0,15 *м*. Затяжка сечением 0,70×0,80 *м* армирована 90 стержнями ⌀ 27 *мм*. Подвески, расположенные через 4,0 *м*, поддерживают поперечные балки,

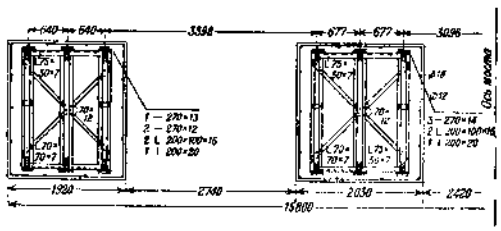


Фиг. 36.

между к-рыми идут три продольные балки, а между ними и затяжкой, для уменьшения длины контура (а следовательно и толщины) плиты, поставлена дополнительная поперечная балочка. Опорные части покоится на небольших колоннах (устоях), соединенных между собой железобетонными распорками и диагоналями; основанием для устоев, в виду илистого грунта, залегающего на значительную глубину (12—20 *м*), служат железобетонные сваи восьмиугольного сечения ⌀ 0,4 *м* и длиной 18 *м*.

По такой же системе закончен в 1928 г. постройкой многопролетный мост Ура-Зогу (Ura-Zogu) в Албании (6×54 *м*). В отличие от предыдущего моста арка имеет сплошное сечение. Вместо нерационального веерного заделывания стержней затяжки моста—в мосте Ура-Зогу пропущенные наружу стержни снабжены нарезкой и закреплены гайками и контргайками, которые упираются в широкую чугунную плиту (фиг. 44).

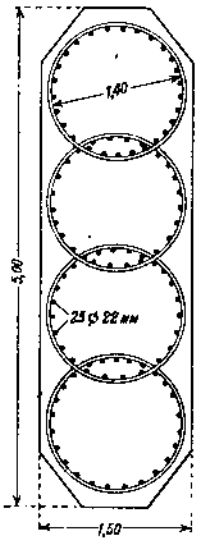
Мосты с арочными фермами. Представителем этого типа может служить



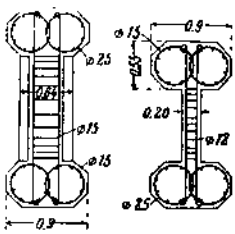
Фиг. 37.

однопролетный мост отверстием 23,60 *м* под обыкновенную дорогу через Швехат в Австрии (фиг. 45 и 46). Плита ездового полотна толщиной 0,12 *м* поддерживается четырьмя поставленными на расстоянии 4 *м* друг от друга арочными фермами со сплошной стенкой и поперечными балками. Высота ферм в середине 0,60 *м*, у пят—2,58 *м*; ширина 2 средних ферм соответственно 0,40 и 0,80 *м*, крайних 0,25 и 0,50 *м*. Фермы в пятах заделаны по всей их высоте и непосредственно переходят в продольные стенки коробчатых железобетонных устоев. Устои основаны на сваях, размещенных под ребрами железобетонного ящика, представляющего устой; продольные стенки ящика укреплены тремя поперечными стенками, постепенно понижающимися по мере вхождения устоя в насыпь. Передняя стенка устоя толщиной 0,12 *м* поддерживается кроме продольных еще и наклонно поставленными стенками.

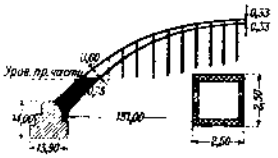
Мосты с коробчатыми сводами отличаются от мостов со сплошными арочными фермами тем, что арки кроме полотна проезжей части, прикрывающего их



Фиг. 38.



Фиг. 39

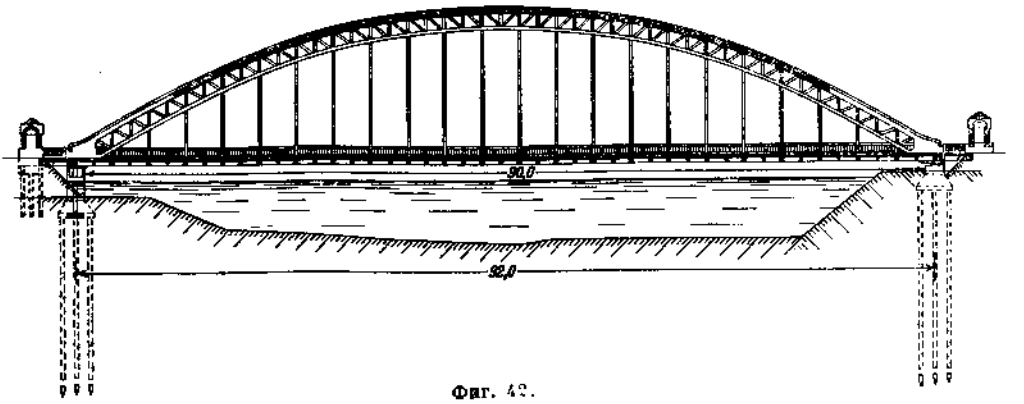


Фиг. 40. Фиг. 41.

сверху, закрыты снизу тонким сплошным сводом. Получается как бы пустотелый коробчатый свод с продольными и поперечными перегородками; как наружные стенки, так и перегородки свода имеют сравнительно небольшую толщину.

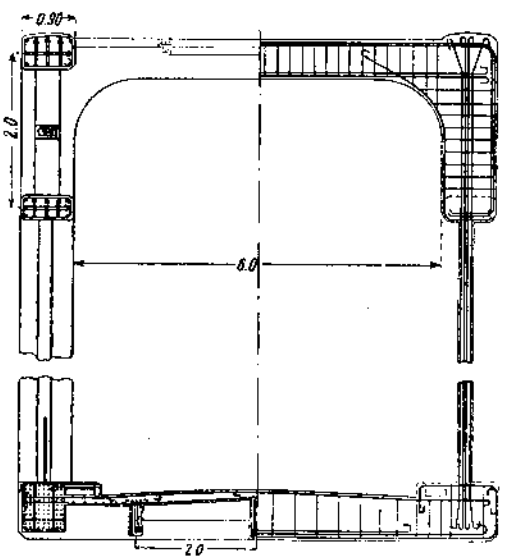
По этой системе построен напр. мост через р. Тибр в Риме (фиг. 47). Кроме величины пролета в 100 *м* мост замечателен своей пологостью в $^{3}/_{16}$ и тем, что построен на слабом грунте. Ширина моста между перилами 19,2 *м*, из к-рых 13,0 *м* отведено на ездовое полотно. Устои моста, имеющие тот же коробчатый характер, что и свод, состоят из продольных и поперечных стенок (фиг. 48 и 49). В местах их пересечения расположены бетонные колонны основания, в которые своевременно были погружены вертикальные железные стержни, а с этими стержнями была затем соединена арматура стенок устоя. Т. о. мост представляет непрерывное целое вместе с колоннами основания. Устои коробчатого типа снабжены в передней своей части дном в виде плиты толщиной 40 *см*; задняя часть заполнена землей, но не имеет дна; грунт в этой части уплотнен устройством добавочных колонн.

Коробчатый свод устроен с т. н. «коровьими рогами», к-рые получаются вследствие того, что наружные ребра свода срезаются постепенно упирающейся к пятам фаской. Нижняя плита коробчатого свода имеет толщину в замке 20 *см*, в пятах 50 *см*. Вертикальные стенки, в количестве 7 шт. по ширине моста, имеют толщину 20 *см*. Вблизи замка поставлены в промежутках дополнительные продольные стенки, связанные



Фиг. 42.

поперечинами толщиной в 10 *см*. Плита проезжей части имеет толщину 15 *см*. Высота пустого промежутка между сводом и плитой в замке—45 *см*. Таким образом полная высота коробчатого свода в замке—80 *см*, т. е. $^1/_{120}$ пролета. Полотно выложено плитами, спрессованными из смеси асфальта с песком; толщинаездовой корки всего 5 *см*. На остальном протяжении пролета, где нет дополнительных продольных стенок, плита проезжей части поддерживается поперечными балками, опирающимися на основные продольные ребра. В поперечных стенках оставлены отверстия для прохода. Основная арматура пролетного строения состоит из стержней, которые напоминают своей формой камышевый ствол, расколотый вдоль пополам; этот полукруглый профиль с перегородками на

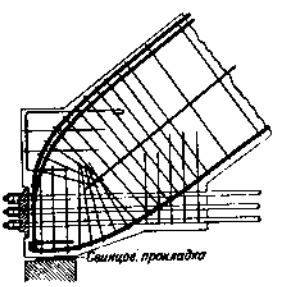


Фиг. 43.

вогнутой стороне и ребордами на выпуклой применен для достижения лучшей связи железа с бетоном. При испытании наибольший прогиб при нагрузке в 200 *кг/м²* по всему пролету выразился в 32 *мм*, т. е. около $^1/_{5400}$ пролета.

Практические данные. Предельный пролет Ж. м.—186,4 *м* (мост Элорн). Инж. Фрейсине считает, что при искусственном регулировании напряжений в своде, путем раскружаливания его гидравлич. домкратами, возможно спроектировать железобетонный свод пролетом 600 *м*. Достигнутая предельная пологость сводов и арок равна $^1/_{17,2}$; нормальной предельной пологостью можно считать $^1/_{15}$; пологость в $^1/_{10}$ или $^1/_8$ не считается затруднительной.

Толщина сплошных сводов редко принимается в $^1/_{100}$ пролета, чаще—ок. $^1/_{60}$ для сводов без шарниров и около $^1/_{75}$ для сводов с 3 шарнирами. Высота ребер в ребристых сводах немного больше толщины сводов сплошных; во французских мостах она составляет ок. $^1/_{90}$ пролета, в немецких—ок. $^1/_{55}$; такое же примерно соотношение наблюдается и в высоте отдельных арок. Что касается ж.-д. мостов, то толщина сводов и высота арок колеблется в пределах от $^1/_{20}$ до $^1/_{40}$, составляя в среднем—ок. $^1/_{30}$. Очертание оси свода или арки следует принимать по кривой давления для постоянной нагрузки; приближенное очертание для подъемистых сводов ($f:l = 0,5 \div 1,0$) можно взять по эллипсу или по параболе, для сводов средней пологости ($f:l = 0,25 \div 0,5$) — по параболе, для пологих ($f:l < 0,25$)—по кругу. Шарниры устраивают в случаях, когда свойства грунта не дают уверенности в стойкости опор; необходимость в шарнирах встречается также при очень пологих сводах, т. к. они имеют значительные перемещения замка и повороты в пятах при колебаниях $t°$, твердении бетона и при раскружаливании. Двухшарнирных сводов не строят пока в виду того, что главная масса свода располагается у замка, что невыгодно в смысле величины распора, а с другой стороны, в замке остаются те неудобства, к-рые устранены в пятах; поэтому назначают чаще всего три шарнира.

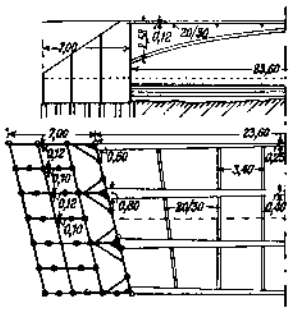


Фиг. 44.

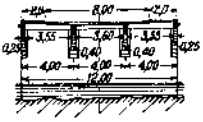
Арматура из прутьев более экономична по своей приспособляемости к величине действительных усилий и более равномерному распределению в бетоне. Желание обойтись без устройства кружал или значительно уменьшить затраты на них приводит к применению жесткой арматуры. Количество

арматуры в сводах, когда она из круглых прутьев, колеблется примерно около 0,5% в замке; когда она жесткая, количество железа составляет примерно ок. 1,5%.

Система надсводного строения конструируется аналогично проезжей части балочных мостов, с той лишь разницей, что в



Фиг. 45.

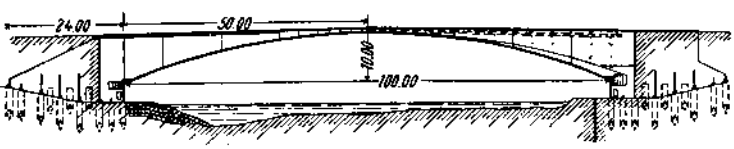


Фиг. 46.

замке она сливается со сводом или арками. Проезжая часть поддерживается в мостах с отдельными арками и ребристым сводом колоннами, в остальных случаях — стенками. Над пятами полотно разрезается в поперечном направлении для устранения трещин и вообще натяжений при колебаниях замка.

Расчет. Плиты. В отношении расчета плиты могут быть: 1) с рабочей арматурой одного направления,—такую плиту рассчитывают как простую разрезную или неразрезную балку; 2) с перекрестной рабочей арматурой,—такие плиты рассчитываются как пластинки, свободно или несвободно лежащие по контуру. См. *Плиты*, *Балки неразрезные* и *Железобетонные конструкции*.

Балки. Согласно Временным техническим условиям, многопролетные неразрезные балки рассчитываются по общим приемам расчета таких конструкций, причем при равных пролетах разрешается на каждый пролет принимать влияние не более двух пролетов с каждой стороны, с учетом в более ответственных случаях упругой осадки опор, а также неодинаковости значений момента инерции I на опорах и посредине. Для продольных и поперечных балок достаточным является учет влияния



Фиг. 47.

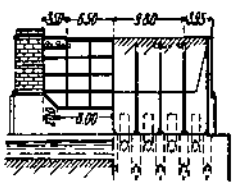
одного пролета с каждой стороны, т. е. расчет таких балок следует вести как трехпролетных. Общий метод расчета неразрезных балок—см. *Балки неразрезные*.

Безраскосные фермы. Расчет таких ферм—см. *Фермы безраскосные*.

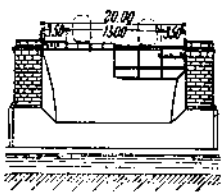
Рамы. Простейшим приемом расчета прямоугольной рамы будет приведение рассматриваемой конструкции к неразрезной балке посредством поворота вертикальных сторон рамы вместе с нагрузкой в горизонтальное положение. Расчет рам—см. *Жесткая рама*.

Своды. Очертание свода (или арки) подбирается такое, чтобы кривая давления в предположении трехшарнирных сводов совпала с осью свода. Подробности и расчеты—см. *Своды* и *Мосты*.

Производство работ. Вспомогательные, обыкновенно деревянные, сооружения для устройства железобетонных конструкций состоят из форм и поддерживающих их подмостей. В арочных мостах формы покоятся на кружалах, опертых при помощи раскружаливающих приборов на стойки или сваи подмостей. Формы образуются из досок толщиной от 2,5 до 6 *см*; для вертикальных плоскостей употребляют доски более тонкие. Толщина досок во всех случаях д. б. такой, чтобы при трамбовании бетона и движении рабочих упругий прогиб не превышал $^1/_{400}$ пролета, при модуле упругости дерева 160 000 *кг/см*². Наиболее рационально составлять формы из вертикальных щитов и укладывать на них или примыкать к ним горизонтальные щиты или отдельные доски. Щиты состоят из нескольких досок, соединенных между собой посредством планок и гвоздей; вертикальные щиты соединяются с



Фиг. 48.



Фиг. 49.

горизонтальными щитами или досками посредством шпилек и все это распирается рамами из планок или брусков. В колоннах и высоких ребрах, для облегчения работы и возможности контроля, полезно оставлять формы открытыми с одной стороны и закрывать их по мере хода работы по укладке бетона. Для прочности формы колонны в собранном виде скрепляются еще хомутами из полосового железа, стянутыми болтами. Кружала для арочных железобетонных мостов проектируют аналогично кружалам для *каменных мостов* (см.). Для сокращения числа свайных опор некоторые узлы часто поддерживают двумя подкосами, другие же—одиночными радиальными. При большой высоте виадуков опоры для кружал устраивают на выступающих концах железных балок, заложенных в быках; при большом пролете в середине его сооружается дополнительная опора в виде деревянной башни. В обычных случаях подмости состоят из свай, забитых до необходимого отказа, или стоек с раскосами, упертых в лежни, положенные прямо на землю. Подмости должны быть укреплены постановкой связей, скреплений, расшивкой схватками, крестами, раскосами и т. д. В качестве приспособлений для опускания форм при постройке балочных мостов часто пользуются дубовыми клиньями; при постройке арочных мостов кружала опускаются при помощи песочных цилиндров, винтовых домкратов и деревянных кобылок.

Расчет прочности подмостей, кружал, опалубки и горизонтальных частей форм производится на нагрузку полным весом бетонной массы; в случае применения трамбованного бетона расчетная нагрузка увеличивается в 1,5 раза по сравнению с действительной; должна быть принята во внимание нагрузка от толпы рабочих в 200 *кг/м²* горизонтальной проекции кружал, а также и нагрузка от кранов и вагонеток по действительному их весу. Нагрузка от кладки свода на *п. м* длины кружал исчисляется по ф-ле:

$$N = \gamma \cdot e\left(1 + \frac{e}{2R}\right) \cdot \cos \alpha,$$

где γ—вес 1 *м³* железобетонной кладки, e—средняя толщина свода в рассматриваемом клине, α—угол шва с вертикалью и R—радиус оси свода. Для расчета прочности принимают следующие допускаемые напряжения (в *кг/см²*):

	Хвойн. лес	Дуб	Железо
Для нормальных напряжений при изгибе	120	150	1 400
Для непосредственного растяжения вдоль волокон	165	210	1 400
Для непосредственного сжатия вдоль волокон	105	120	1 400
Для смятия во врубках:			
при глубине врубки до 30 *мм*	50	60	—
» » » » 40 »	40	50	—
Для скалывания во врубках	15	25	—
Для скалывания при изгибе	30	45	—
Для срезывания	—	—	1 100

При проверке на совокупное действие вертикальной нагрузки и ветра указанные выше напряжения на растяжение, сжатие и изгиб м. б. увеличены на 15%. Коэф. устойчивости на опрокидывание от действия ветра д. б. не менее 1,25. При устройстве кружал необходимо придавать им строительный подъем от $^1/_{400}$ до $^1/_{1000}$ пролета, постепенно убывающий от середины к опорам.

Приготовление арматуры сводится к следующим операциям: 1) отрезка стержней по данным в проекте длинам, 2) наращивание коротких стержней и 3) гнутье стержней. Железо перерубают зубилами или режут ручными или механич. пилами. Гнутье стержней, в зависимости от диаметра, производится в холодном или горячем виде по шаблонам. Для больших работ применяется специальная машина с электрич. приводом; обычно же гнутье производят на специальных верстаках, ручными машинками, устроенными по принципу рычага. Перед укладкой арматурное железо очищают от грязи и отпадающей ржавчины и смазывают цементным молоком. Для устранения сдвига арматуры при укладке бетона продольные и поперечные стержни и хомуты связывают отожженной проволокой ⌀ 1÷2 *мм*. Устройство стыков стержней арматуры д. б. избегаемо, а при отсутствии железа требуемой длины стыки должны располагаться вразбежку и в менее напряженных местах; стыки делают внахлестку, с заходом стержней один за другой и с обмоткой вязальной проволокой, или же соединяют стержни сваринанием или посредством стяжных муфт.

Приготовление бетона. Никаких обязательных пропорций и приемов приготовления бетона не установлено, т. к. при должном сочетании крупностей песка и камневидной составляющей одни и те же механич. качества бетона могут быть достигнуты при разнообразных комбинациях. Бетон по консистенции допускается двух типов: пластичный, требующий уплотнения несильным трамбованием, и литой. Точное установление необходимой консистенции бетона, в зависимости от требуемого временного сопротивления и характеристик имеющихся материалов, производится по методу Абрамса (см. *Железобетон*). Перед замешиванием бетона грязные пески и гравий промывают в клоских сосудах ручным способом или в особых промывочных машинах, устроенных по принципу противотока; после промывки материал сортируют по крупности сеточной воронкой. Если естественная смесь гравия не соответствует требуемой для получения наиболее плотного строения бетона, то производится искусственная сортировка пропуском гравия через особый сортировочный цилиндр. На малых работах щебень и гравий прогрохачивают вручную через обыкновенные проволочные сита. Заготовка щебня производится ручным или машинным способом; в наиболее распространенных камнедробилках (см. *Дробилки*) измельчение производится между неподвижной и подвижной челюстями из твердой стали или закаленного марганцевого чугуна, которые действуют сильным давлением. На малых работах выгодно ручное приготовление бетона; при этом необходимо устройство горизонтального пола из досок, т. н. б о й к а, на к-ром и производится перемешивание сначала песка с цементом, а затем и с мокрым щебнем, с добавлением потребного количества воды. При более крупных работах следует предпочесть машинное изготовление бетона, обладающего лучшими механич. свойствами (см. *Бетон*). Бетономешалки устраивают с ручными или механич. приводами; они работают периодически или непрерывно (см. *Бетоньерки*). Особенно удобны последние: подача, автоматич. отмеривание сырья, промешивание и отдача происходят в них безостановочно. Из периодических лучшей является бетономешалка Рансом, с производительностью в 10—12 *м³/ч*, при потребной мощности в 6 *HP*.

Бетонирование должно производиться непрерывно, т. е. каждый слой бетона, толщиной не более 15 *см*, должен укладываться на свежую поверхность уже положенного и утрамбованного бетона до его полного схватывания. При употреблении литого бетона строят распределительные башни (деревянные или железные), в к-рых устанавливают подъемники с бадьями или черпаковые элеваторы. Через воронку и отвесную выводную трубу бетон попадает в систему наклонных желобов, по к-рым он медленно течет к месту потребления; скорость течения д. б. такова, чтобы бетон во время движения не распадался на свои основные части. При бетонировании тонких плит иногда применяется пневматический способ бетонирования, заключающийся в нагнетании смеси цемента с песком и выкидывании ее на подлежащую бетонированию поверхность под давлением сжатого воздуха при помощи особой

машины—цемент-пушки. Окончательное раскружаливание производится через 4 недели для мостов малых пролетов и через 6 недель для всех остальных мостов.

Лит.: Передерий Г. П., Курс железобетонных мостов, 3 изд., Л., 1925 (лит.); Усиенский Ю. И., Железобетонные мосты и путепроводы в России, s. l., 1908; Диамандиди Н. О., Шоссейные железобетонные мосты Тамбовской губ., Тамбов, 1914; Мальцев, Железобетонные сооружения Екатерининской ж. д., 1908; Киренко И. А., Производство железобетонных работ, Киев, 1915; Рипперт П., Производство железобетонных работ, пер. с нем., М.—Л., 1928; Залигер Р., Железобетон, пер. с нем., 2 изд., М.—Л., 1928; Временные технич. условия и нормы для проектирования и возведения железобетонных сооружений, М., 1926; Сборник разраб. и одобр. Технич. совещанием при Упр. по сооружению ж.-д. проектов сооружений и пр., вып. 4, П., 1918; Сборник типов проектов железобетонных пролетных строений, мостов, разработанных Центральн. отд. НКПС по сооружению ж. д., М., 1928; Handb. f. Eisenbetonbau, hrsg. v. F. Emperger, B. 6—7, B., 1921—22; Melan J., Der Brückenbau, B. 2, W.—Stg., 1924 (лит.); Kersten C., Brücken in Eisenbeton, B. 1, B., 1928; de Tedesco N., Recueil des types de ponts-routes, P., 1907; Spangenberg H., Eisenbetonbogenbrücken f. grosse Spannweiten, Berlin, 1924; Spangenberg H., Die gewölbten Brücken über 80 *m* Spannweite, «B. u. E.», 1928, *18*; Mörsch E., Der Eisenbetonbau, seine Theorie u. Anwendung, B. 1—2, Stg. 1923—26; Hool G. A., Reinforced Concrete Constructions, v. 3—Bridges a. Culverts, N. Y., 1916; Ketchum M. S., Design of Highway Bridges of Steel, Timber and Concrete, New York, 1920; Strassner A., Neuere Methoden zur Statik d. Rahmentragwerke u. die elastischen Bogenträger, B. 2—Der Bogen u. das Brückengewölbe, 3 Aufl., B., 1927.

Н. Хомутинников.

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЛОТИНЫ, плотины, материалом которых является по преимуществу железобетон. В современной практике плотиностроения железобетон играет большую роль, нередко позволяя использовать в конструкции вес самой воды в целях устойчивости сооружения, придавая последнему формы, повышающие его устойчивость до пределов, недоступных при прочих материалах. Господствующим типом Ж. п. является полая плотина с передней (напорной) гранью, наклоненной к горизонту под углом от 30 до 45°, и контрфорсами (устоями), расположенными на расстоянии от 1,5 до 6,0 *м* и более один от другого в зависимости от высоты плотины. Эта передняя грань образуется плитой, выдерживающей давление воды и опирающейся на контрфорсы. В больших плотинах плиты заменяют арками, допускающими увеличение расстояния между контрфорсами и способствующими лучшему использованию и сохранению материала, так как образующиеся трещины сами закрываются вследствие работы арки на сжатие. Толщина контрфорсов увеличивается сверху вниз от 0,15 до 1 *м* и более путем устройства уступов или применения трапецоидального профиля контрфорса по его толщине. В целях же придания всей конструкции жесткости контрфорсы соединяются между собою ребрами жесткости (фиг. 1) в виде железобетонных балок и плит. Уклон задней грани контрфорсов водоудержательных плотин обыкновенно равен 0—15° по отношению к вертикали. При допускаемом напряжении бетона на сжатие 20—25 *кг/см²* для контрфорсов берут обычно состав бетона 1 : 3 : 6. По конструктивным соображениям (требования жесткости сооружения в целом) контрфорсам придают размеры несколько более солидные, чем того требует расчет. Обычно контрфорсы снабжаются легкой арматурой. Напорная плита делается из бетона состава 1 : 2 : 4 с применением портланд-цемента, крупнозернистого остроугранного чистого речного или морского песка и мелкого гравия безупречной промывки. Допускаемые напряжения для плиты: на сжатие от 35 *кг/см²* и выше для бетона и 1 000 *кг/см²* для железа на растяжение. Железо располагается в расстоянии 2—4 *см* и более от напорной грани. Отличительная черта плотин рассматриваемого типа—высокие коэф-ты устойчивости сооружения на опрокидывание и на скольжение, что объясняется наклонным положением силы давления воды на переднюю плиту и отчасти наклонным положением задней грани контрфорсов. Давление на основание передается в подошвах контрфорсов, воспринимающих нагрузку от напорных плит, работающих под давлением воды. Плиты работают, как балки, полузаделанные на концах с моментом $M = \frac{pl^2}{10}$, контрфорсы—на неравномерное сжатие и продольный изгиб, который устраняется введением ряда ребер жесткости. Плита, кроме условий прочности, должна удовлетворять условию водонепроницаемости; толщина δ плиты, при составе бетона 1 : 2 : 4, в зависимости от напора h (по Житкевичу) равна (в *м*):

h	1,20	12,000	30,000
δ	0,10	0,37	1,65

Эти данные являются средними и иногда в практике уменьшаются.

Расчетную толщину плиты определяют по ф-ле Кристофа (Cristophe): $\delta = 0{,}0044\sqrt{M}$ или лучше по одной из ф-л:

$$\delta'' = 0{,}00375\sqrt{M}\begin{cases} = 0{,}00375\,l\sqrt{\frac{p}{8}}, & \text{когда опоры свободные;} \\ = 0{,}00375\,l\sqrt{\frac{p}{10}}, & \text{когда опоры полузаделанные;} \\ = 0{,}00375\,l\sqrt{\frac{p}{12}}, & \text{когда опоры заделанные.} \end{cases}$$

При этом конструктивная толщина $\delta = \delta'' + \Delta\delta''$, где $\Delta\delta''$ равно от 0,02 до 0,04 *м*. При нахождении величины M (расчет ведут по горизонтальным полосам) берут величину p, отвечающую нагрузке на 1 *п. м* пролета в нижней точке полосы шириной 1 *м* по высоте и пролетом l. Коэфициент насыщения железом лучше всего брать 1%—это отвечает наибольшей экономии.

Для расчета устоев будем иметь следующие формулы.

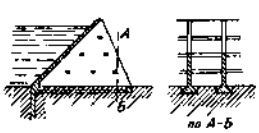
Вес устоя равен (фиг. 2):

$$G = \frac{1}{6}\cdot\gamma\cdot\beta\cdot d_0\cdot h^2(2\vartheta + 1), \qquad (1)$$

где γ—вес 1 *м³* тела устья, $\beta = \frac{b}{h}$ и $\vartheta = \frac{d_м}{d_0}$; остальные величины видны из фиг. 2.

Точка S приложения силы веса G лежит на прямой PO, соединяющей вершину P с серединой O основания; с другой стороны, точка S отстоит от вершины P на расстоянии

$$z_0 = \frac{h}{2}\cdot\frac{3\vartheta + 1}{2\vartheta + 1}. \qquad (2)$$



Фиг. 1.

Расстояние точки S от низа устоя:

$$z_u = h - z_0 = \frac{h}{2} \cdot \frac{\vartheta + 1}{2\vartheta + 1}. \qquad (3)$$

Величина

$$e = \frac{h}{2} \cdot \frac{\vartheta + 1}{2\vartheta + 1} \left(\mu - \frac{\beta}{2}\right), \qquad (4)$$

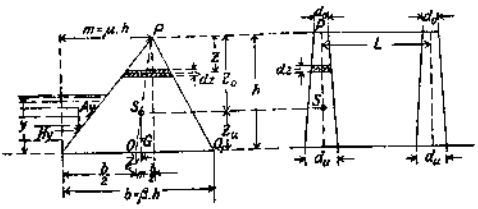
где

$$\mu = \frac{m}{h}.$$

Момент силы веса M_G относительно точки O

$$M_G = + G \cdot e = \frac{1}{12} \cdot \gamma \cdot \beta \cdot d_0 \cdot h^3 \left(\mu - \frac{\beta}{2}\right)(\vartheta + 1). \qquad (5)$$

Знак (+) отвечает случаю, изображенному на чертеже. Возможен случай, когда $M_G < 0$.



Фиг. 2.

Если отношение толщины устоя d_0 к расстоянию между осями устоев равно δ

$$\frac{d_0}{L} = \delta, \qquad (6)$$

то из ур-ий (1) и (5) получим:

$$G = \frac{1}{6} \cdot \gamma \cdot \delta \cdot h^2 \cdot L \cdot \beta (2\vartheta + 1), \qquad (1')$$

$$M_G = \frac{1}{12} \cdot \gamma \cdot \delta \cdot h^3 \cdot L \cdot \beta \left(\mu - \frac{\beta}{2}\right)(\vartheta + 1). \qquad (5')$$

Вертикальная слагающая давления воды

$$A_y = \frac{1}{2} \cdot \gamma_0 \cdot L \cdot \mu \cdot y^2. \qquad (7)$$

Горизонтальная слагающая давления воды

$$H_y = \frac{1}{2} \cdot \gamma_0 \cdot L \cdot y^2. \qquad (8)$$

В ф-лах (7) и (8) величина γ_0 означает удельный вес воды.

Моменты слагающих давления воды относительно точки O

$$M_A = -\frac{1}{4} \cdot \gamma_0 \cdot L \cdot \mu \cdot \beta \cdot h \cdot y^2 + \frac{1}{6} \cdot \gamma_0 \cdot L \cdot \mu^2 \cdot y^3; \qquad (9)$$

$$M_H = H_y \cdot \frac{y}{3} = \frac{1}{6} \cdot \gamma_0 \cdot L \cdot y^3. \qquad (10)$$

Сумма всех вертикальных сил $\Sigma V = G + A_y$, а полная величина моментов сил $\Sigma M = M_G + M_A + M_H$.

Напряжение на задней (обращенной к нижнему бьефу) грани:

$$\sigma_2 = \frac{G + A_y}{b \cdot d_u} + \frac{6 \Sigma M}{b^2 \cdot d_u}. \qquad (11)$$

Напряжение на передней (напорной) грани:

$$\sigma_1 = \frac{G + A_y}{b \cdot d_u} - \frac{6 \Sigma M}{b^2 \cdot d_u}. \qquad (11')$$

Главные напряжения на задней и напорной гранях устоя (фиг. 3) соответственно равны:

а) при полном водохранилище

$$\left.\begin{aligned} \sigma_1'' &= \frac{\sigma_1}{\sin^2 \varphi_1} - p \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi_1; \quad \tau_1' = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_1 - p}{\sin^2 \varphi_1} \\ \sigma_2'' &= \frac{\sigma_2}{\sin^2 \varphi_2} - p \cdot \operatorname{ctg}^2 \varphi_2; \quad \tau_2' = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_2 - p}{\sin^2 \varphi_2} \end{aligned}\right\}, \qquad (12)$$

где

$$p = \gamma_0 \cdot y \cdot \frac{L}{d_u} = \frac{\gamma_0 \cdot y}{\delta \cdot \vartheta};$$

σ и τ со значками—соответственно главные нормальные и касательные напряжения;

б) при порожнем водохранилище главные напряжения определяются по тем же формулам (12) при условии приравнения величины p нулю.

Фиг. 3.

Для устойчивости сооружения на скольжение необходимо, чтобы

$$f(G + A) > H, \text{ или } f > \frac{H}{G + A};$$

в крайнем случае:

$$f = \frac{H}{G + A} = f_{min}.$$

Величина f определится из равенства:

$$f = \frac{1}{\mu + \frac{1}{3} \gamma' \cdot \beta \cdot \delta \cdot (2\vartheta + 1)},$$

где $\gamma' = \frac{\gamma}{\gamma_0}$. Из трех сил H, G и A сила H старается опрокинуть устой вокруг точки O_1, а силы A и G противодействуют этому.

Если моменты этих сил относительно точки O_1 обозначить соответственно через M_{H_1}, M_{G_1}, M_{A_1}, то для устойчивости сооружения необходимо, чтобы было соблюдено условие:

$$M_{A_1} + M_{G_1} > M_{H_1},$$

или

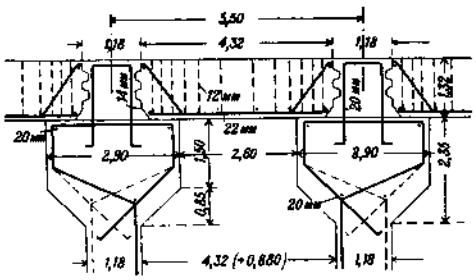
$$\frac{M_{A_1} + M_{G_1}}{M_{H_1}} = \varrho > 1.$$

Обыкновенно берут $\varrho =$ от 1,5 до 2, что нетрудно обеспечить надлежащим выбором угла наклона передней грани.

Коэф-т устойчивости на опрокидывание определится из равенства:

$$\varrho = \frac{\gamma'}{4} \cdot \beta \cdot \delta \left[(5\beta - 2\mu)\vartheta + 3\beta - 2\mu\right] + \mu(3\beta - \mu).$$

Аналогичным образом решается задача в случае принятия фильтрационного давления воды снизу. При устройстве полой Ж. п. на скалистом основании необходимо обратить внимание на соединение передней плиты и



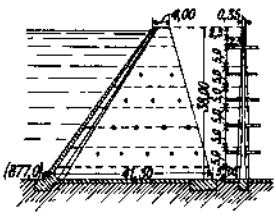
Фиг. 4.

контрфорсов со скалой. Плита д. б. погружена вниз в виде зуба до вполне прочной и водонепроницаемой породы, контрфорсы д. б. заделаны в прочную скалу, свободно выдерживающую нагрузку от контрфорсов. Для примера приведем данные о двух плотинах.

Итальянская плотина Комбамала (Combamala, 1917—18 гг.) имеет высоту до 38 *м* и длину 90 *м* (фиг. 4 и 5). Передняя грань

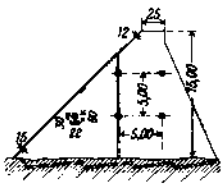
наклонена к горизонту под углом 55° и состоит из плит размерами 5×5 *м* и толщиной в 1,35 *м* внизу и 0,35 *м* у гребня. Контрфорсы расставлены на 5,50 *м* друг от друга (центр от центра), при толщине их внизу 1,85 *м* и вверху 0,35 *м*. Бетон в сооружении нигде не работает на растяжение. Передняя плита погружена в прочную водонепроницаемую породу на глубину не менее 3 *м*. Для лучшего сопротивления горизонтальной сдвигающей силе устроены упоры в скалу в верховой и низовой частях.

Плотина Селюн (Selune, Франция) имеет высоту до 15 *м*. Напорная грань составлена из 17 полуциркульных арок пролетом в 5 *м*, имеющих толщину по низу 0,16 *м* и по верху 0,12 *м* (фиг. 6—8). В виду незначительной толщины арки водонепроницаемость ее достигнута покрытием напорной поверхности цементной штукатуркой, в к-рую погружена металлич. сетка. Арки работают на сжатие с напряжением до 38 *кг/см²*. Швов соединения не устраивалось. Контрфорсы имеют толщину 0,20 *м* и поддерживают пешеходный мостик шириной 2,50 *м*: при расчете мостика принято напряжение бетона на сжатие 45 *кг/см²*. Давление на основание не превышает 7 *кг/см²*. Арматура арок состоит из железа диам. 10 *мм* и распределителей диам. 6 *мм*.



Фиг. 5.

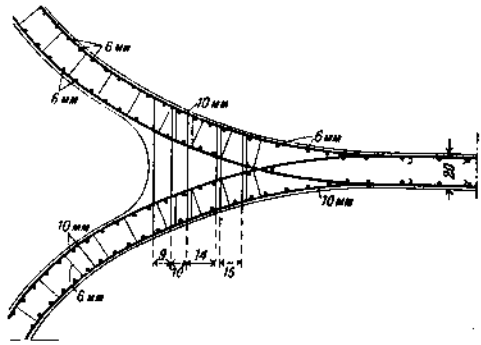
Применение рассматриваемого типа Ж. п. при значительных высотах ограничивается пока лишь несжимаемыми, трудно размываемыми грунтами: галечно-гравелистыми, песчано-гравелистыми, галькой с валунами и плотными глинистыми; что касается прочих мягких грунтов (мягкий песчано-глинистый, песчаный, песчано-илистый и другие), то на них водоудержательные Ж. п. значительной высоты пока не устраивались. В пределах подпора в 5—8 *м* возможно построить полую плотину и на последних грунтах, прибегая к шпунтовым рядам, а в случае надобности и к свайным основаниям. На первом



Фиг. 6.

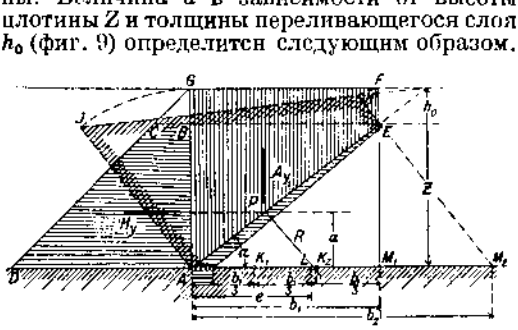
Фиг. 7.

месте стоят металлич. шпунтовые ряды, забитые на достаточную глубину с верховой стороны в один или два ряда, смотря по грунту и по подпору; они позволяют довести фильтрацию в основании до минимума, предупреждая вымывание мелких частиц грунта из-под сооружения. В данном случае передняя плита переходит в глубокий зуб, опущенный в грунт. В случае опасности фильтрации воды вдоль зуба и далее вдоль основания делают забивку верхового шпунта ниже зуба на глубину, равную подпору плотины. При металлич. шпунтовом ряде ограничиваются устройством его с верховой стороны, не прибегая к устройству его с низовой стороны. Водосливная часть железобетонных водоудержательных плотин ничем не



Фиг. 8.

отличается от подоподъемных водосливных плотин. Водобойная часть при значительном подпоре требует устройства водяной подушки, как требуют этого и каменные водосливы. Правильный выбор угла α наклона напорной грани играет большую роль в распределении напряжений в теле полой плотины. Величина α в зависимости от высоты плотины Z и толщины переливающегося слоя h_0 (фиг. 9) определится следующим образом.



Фиг. 9.

Если H_y—горизонтальное давление, а A_y—вертикальное давление воды на переднюю грань плотины, то на 1 *п. м* длины сооружения, при весе 1 *м³* воды, равном γ_0,

$$H_y = \frac{z^2 + 2zh_0}{2}\gamma_0,$$

$$A_y = \frac{z^2 + 2zh_0}{2\,\mathrm{tg}\,\alpha}\gamma_0.$$

Чем меньше величина α, тем больше величина A_y. Силы A_y и H_y пересекаются в точке P и заменяются равнодействующей R при расстоянии a точки P от подошвы:

$$a = \frac{z(z+3h_0)}{3(z+2h_0)}.$$

Величина силы R определяется площадью эпюры $AEHJ$, где $HE = h_0$ и $AJ = z + h_0$:

$$R = \frac{z^2 + 2z \cdot h_0}{2\sin\alpha}\gamma_0.$$

Сила R пересекает подошву в точке L, положение которой определяется величиной

$$AL = e = \frac{a}{\sin\alpha \cdot \cos\alpha} = \frac{z}{3\sin\alpha \cdot \cos\alpha} \cdot \frac{z+3h_0}{z+2h_0}$$

При проектировании необходимо достигнуть того, чтобы точка L была внутри средней трети и никак не выходила правее K_2, границы крайней трети сечения контрфорса. Низовая грань контрфорса плотины колеблется в практике между отвесным и перпендикулярным к напорной грани положениями. В первом случае, при совпадении точки L с точкой K_2 или при положении, близком к этому, угол α лежит между 45 и 38°, причем α тем меньше, чем больше h_0. Угол α может быть вычислен по уравнению:

$$\cos\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}\cdot\frac{z+3h_0}{z+2h_0}},$$

причем для h_0 надо брать возможно большее значение. Когда низовая грань контрфорса плотины расположена перпендикулярно к напорной грани, т. е. $EM_2 \perp AE$, то равнодействующая всех сил проходит внутри средней трети подошвы контрфорса и в предельном положении—через точку K_1, когда h_0 близко к нулю. При возрастании h_0 точка L перемещается к середине (в сторону внутренней трети). Угол α в данном случае также целесообразнее всего брать в пределах 40÷45°, как показала практика возведения плотин в США. Конструкция водосливных Ж. п. аналогична конструкции плотин водоудерживательных.

Лит.: Анисимов Н. И., Плотины, ч. 1, М., 1928, ч. 2, М., 1924; Житкевич Н. А., Бетон и бетонные работы, СПб, 1912; Bonnet M. F., Cours de barrages, 2 éd., P., 1920; Garnier E., Forces hydrauliques, v. 1—3, P., 1922; Taylor W. T. a. Braymer D. H., American Hydro-Electric Practice, N. Y., 1917; Wegmann E., The Design a. Construction of Dams, N. Y., 1927; Ziegler P., Der Talsperrenbau, B. 2, B., 1927; Kelen N., Die Staumauern, B., 1926.

Н. Анисимов.

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ СВАИ, сваи из *железобетона* (см.). Ж. с. могут быть как забивные, т. е. изготовленные заранее и потом забитые, так и набивные, т. е. изготовленные на месте своей установки. В большинстве случаев применяются забивные сваи. Размеры Ж. с. варьируют в пределах от 20 до 40 *см* в поперечнике, при длине до 20 *м* (до такой длины доходили Ж. с., примененные при постройке в 1927 году основания для холодильника в Севастополе).

Теория удара бабы о сваю показывает, что сваю нельзя погрузить в грунт, если вес бабы меньше веса самой сваи. Отсюда следует, что наибольшие размеры Ж. с. определяются ее предельным весом, к-рый не должен превышать веса бабы. В обыкновенных копрах вес бабы принимается равным 1—1,5 *т*; в особо важных случаях он доводится, в специального типа копрах, до 4 *т*. Методы расчета Ж. с.—см. *Бетонные и железные сваи.*

Форма поперечного сечения сваи, при одной и той же площади его, мало влияет на сопротивление сваи; так напр., при замене круглого сечения квадратным сопротивление увеличивается на 7—9%, а при замене круглого сечения восьмиугольным—всего лишь на 1—2%. С другой стороны, придание стволу цилиндрической сваи даже небольшой коничности (α_1=1÷3°) увеличивает сопротивление ее в значительной степени, что можно видеть из табл. 1.

Табл. 1 приводит к следующим выводам: 1) общие сопротивления свай при переходе от цилиндрич. формы к конич. возрастают очень существенно, и коэф. этого возрастания в среднем колеблется от 5 до 6, в зависимости от глубины забивки свай; 2) общие сопротивления конич. свай сравнительно мало меняются от увеличения угла коничности α_1 ствола сваи (по крайней мере в малых пределах значений этих углов в зависимости от конструктивных ограничений в поперечных размерах ствола сваи); 3) возрастание коэф-тов сопротивления свай при одной и той же глубине забивки их мало меняется в зависимости от изменения значений угла трения φ грунта.

Т. о. заменой в свайном ростверке большого количества длинных цилиндрич. свай меньшим количеством более коротких конич. свай можно значительно выиграть в кубатуре бетона и тем самым существенно понизить стоимость всего ростверка. При этом сваи м. б. погружены в слабый грунт, не доходя своими нижними оконечностями до плотного грунта (т. н. висячий ростверк), т. к. здесь нагрузка на сваю будет полностью поглощена боковой реакцией грунта; для усиления же последней, сваи в ростверке расставляются на таких расстояниях L друг от друга, чтобы области уплотнений их взаимно пересекались. Для этого L д. б. менее $d+2\delta$, где d—диам. сваи, а δ—ширина области уплотнения, равная $\xi\cdot\frac{d}{2}$ (ξ—коэффициент уплотнения грунта; его числовое значение колеблется в пределах от 1—для насыпных грунтов до 2—для глины).

Т. к. отношение длины сваи к ее поперечнику обыкновенно более 20, то возникает вопрос о том, нужна ли проверка сваи на продольный изгиб. Оказывается, что, когда свая находится всей своей длиной в грунте, хотя бы и весьма слабом и водоносном, надобность в учете продольного изгиба

Табл. 1.—Соотношение сопротивлений цилиндрических и конических свай.

Угол трения грунта φ	Длина сваи l в *м* при полном погружении в грунт	$R_ц$: $R_к^{(\alpha_1=1°)}$: $R_к^{(\alpha_1=2°)}$: $R_к^{(\alpha_1=3°)}$*
25°	3	1 : 5,28 : 6,08 : 6,72
	4	1 : 5,87 : 7,00 : 7,92
	5	1 : 6,40 : 7,94 : 9,14
35°	3	1 : 5,19 : 5,98 : 6,60
	4	1 : 5,85 : 6,98 : 7,89
	5	1 : 6,37 : 7,91 : 9,12
45°	3	1 : 5,45 : 6,28 : 6,94
	4	1 : 6,19 : 7,38 : 8,35
	5	1 : 6,77 : 8,40 : 9,88

* $R_ц$—сопротивление цилиндрической сваи, $R_к$—сопротивление конической сваи.

отпадает, если только длина сваи

$$l > \frac{1{,}66 \cdot N + \sqrt{2{,}75\ N^2 + 3{,}33 \cdot M\ (\mu_0 - \nu_0)}}{\mu_0 - \nu_0},$$

где

$$N = \frac{\pi d}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \mu_0; \quad M = \frac{\pi d^2}{4 \sin \alpha} \cdot \mu_0^2;$$

$$\mu_0 = \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \text{ и } \nu_0 = \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right).$$

В этих ф-лах d—диам. сваи, φ—угол трения грунта, α—половина угла заострения сваи.

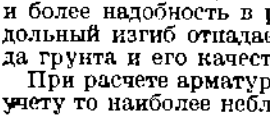
Для частного случая цилиндрич. сваи обычного типа диам. 0,30 *м*, при $\alpha = 20°$, значения l, в зависимости от различных значений φ, выражаются след. числами (табл. 2).

Табл. 2.—Значения для предельных величин l при различных углах трения грунта φ.

φ	l в *м*	φ	l в *м*
10°	1,69	30°	2,11
15°	1,77	35°	2,35
20°	1,80	40°	2,64
25°	1,93	45°	3,00

Из таблицы видно, что при длине сван в 3 *м* и более надобность в расчете сваи на продольный изгиб отпадает, независимо от рода грунта и его качества и состояния.

При расчете арматуры Ж. с. принимают к учету то наиболее неблагоприятное положение сваи, к-рое она принимает во время своей переноски в горизонтальном положении, т. е. когда она работает на простой изгиб. В целях облегчения сван в этих условиях от чрезмерных напряжений, заделывают в ствол сваи в определенных местах по ее длине особые крюки, за которые и зацепляют ее при переноске. На фиг. 1 видны горизонтальные формы, в которых производится заготовка свай восьмиугольн. сечения. Одна форма делается на несколько свай сразу. В таких формах сваи выдерживаются от 3 до 14 дней, после чего освобожденные от форм сваи вылеживаются от 1 до 2 месяцев. Пропорции бетона принимаются в среднем от 1 : 1½ : 3 до 1 : 2 : 4. Допускаемые напряжения в железобетонных сваях на простое сжатие сопоставлены в табл. 3.



Фиг. 1.

Фиг. 2.

Табл. 3.—Допускаемые напряжения в железобетонных сваях на простое сжатие (в *кг/см²*).

Нормы	Состав бетона	
	1 : 1½ : 3	1 : 2 : 4
НКПС 1926 г.	45	40
Госплана СССР 1926 г.	50	45
Французские	56	45

При забивке Ж. с. в грунт, во избежание разрушения головы сваи, на нее надевают различных конструкций наголовники, имеющие своим назначением поглощать силу удара и удлинять процесс действия его. Один из простейших типов наголовника показан на фиг. 2.

Лит.: Дмоховский В., О работе свай в основаниях в связи с явлением продольного изгиба, «Научные труды Моск. института инж. транспорта», М., 1927, вып. 4; Brennecke L. u. Lohmeyer E., Der Grundbau, 4 Aufl., B. 1, B., 1927. См. также *Бетонные и железные сваи*. **В. Дмоховский.**

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ СООРУЖЕНИЯ, сооружения, в к-рых применяется сочетание бетона с железной или стальной арматурой, обеспечивающее совместное участие как бетона, так и арматуры в воспринятии внешних сил и в работе внутреннего противодействия этим силам. Достоинства железобетона в сооружениях: 1) высокое сопротивление как сжимающим, так и растягивающим усилиям; 2) хорошее сопротивление динамической нагрузке; 3) большая жесткость; 4) легкость при монолитности конструкции; 5) способность принимать любую форму; 6) долговечность; 7) огнестойкость; 8) водонепроницаемость; 9) большие возможности для применения механизации работ; 10) преимущества в гигиенич. отношении: отсутствие грибка, гнили и насекомых в зданиях; 11) небольшие расходы при эксплоатации; 12) в большинстве случаев экономическая выгодность по сравнению с каменными, деревянными и особенно железными конструкциями. К отрицательным сторонам Ж. с. относятся: 1) возможность появления трещин, могущих вызвать ржавление арматуры; 2) трудность исправлений и изменений в готовом виде; 3) значительная звуко- и теплопроводность; 4) ограниченный в нашем климате срок производства работ без тепляков; 5) значительные расходы на подмости и формы; 6) необходимость выдерживать значительное время (месяц и более) на подмостях. Часть недостатков м. б. ослаблена применением специальных сортов цемента и рациональной организацией работ.

Характерной особенностью железобетонной конструкции является ее монолитность. Шарниры и расчленение сооружений применяются только как необходимость для ослабления температурных и усадочных напряжений. При сооружении оснований и фундаментов употребляются железобетонные шпунтовые ряды (см. *Шпунтовые стенки*); железобетонная подушка или плита под отдельными опорами или стенами часто целесообразнее, чем бутовые или бетонные массивы, вследствие экономии в земляных работах и в кубатуре кладки; сплошные же железобетонные плиты под здание равномернее распределяют на почву давление больших сосредоточенных нагрузок. *Железобетонные сваи* (см.) по сравнению с деревянными обладают следующими достоинствами: 1) не подвергаются гниению и действию червя, 2) обладают бо́льшим сцеплением с грунтом и 3) могут иметь почти какие угодно размеры. Недостатки: 1) бетон разрушается кислотами и другими соединениями, содержащимися в грунтовых водах, 2) чувствительность

к ударам, 3) необходимость выдерживать в формах 6—8 недель, 4) затруднения при необходимости укоротить забитую до отказа сваю. За последние годы часто употребляются сваи, бетонируемые в грунте. *Кессоны* (см.) из железобетона часто дешевле железных; их изготовление проще; в особенности в однородном грунте они имеют много преимуществ перед железными. Опускные железобетонные колодцы целесообразно применять главным образом в тех случаях, когда ожидается появление дополнительных усилий, возникающих от препятствий при опускании. Железобетонные *подпорные стенки* (см.) дают значительную экономию в материале. Наивыгоднейшая форма сечения подпорной стенки—угловой профиль. Фундаменты под машины, мощные двигатели, паровые молоты, турбины и т. д. из железобетона хорошо сопротивляются переменной и динамической нагрузке; они экономичнее, чем какой-либо другой тип фундаментов.

Железобетонные стены гражданских и промышленных сооружений делаются из плоских плит с арматурой из железной сетки цельнорешетчатого металла, а в массивных строениях—из прокатных профилей. Делают также светопроницаемые стены из стеклянных кирпичей со швами, армированными железом. Междуэтажные перекрытия жилых зданий из железобетона отличаются легкостью, несгораемостью и дешевизной; в виду их тонкости можно у многоэтажных зданий выгадать на высоте; недостатки — тепло- и звукопроводность. Снизу эти перекрытия обыкновенно подшиваются досками. Железокаменные перекрытия состоят из легких цельных камней или пустотелых изделий, воспринимающих сжимающие и скалывающие напряжения; они связываются цементным раствором; в продольных швах располагаются стержни арматуры. Стекло-железобетонные перекрытия состоят из перекрестных железобетонных ребер, между которыми расположены специальные стекла. Собственно железобетонные многоэтажные здания суть монолитные конструкции и состоят обыкновенно из жестко связанных между собой стоек, балок и плит. Наружные стены делаются из каменной кладки или из заполнения с железобетонным каркасом. Железобетонные *лестницы* (см.) по сравнению с железными огнестойки; кроме того железобетонным лестницам можно придать форму, недостижимую при конструкциях из других материалов. *Стропила* (см.) и *крыши* (см.) из железобетона обладают следующими преимуществами: 1) они огнестойки, 2) не нуждаются в окраске, 3) м. б. применяемы в самых сложных конструкциях (например куполы), 4) вызывают малые эксплоатационные расходы, 5) не имеют внутри зданий поверхностей, на которых отлагается пыль (последнее бывает важно например в текстильных ф-ках). Железобетонные рамные конструкции широко применяются при возведении разного рода фабрично-заводских сооружений, вокзалов, ангаров и т. п. Для куполов, сводов и пирамидальных покрытий железобетон применяется благодаря его большой сопротивляемости изгибающим и растягивающим усилиям и возможности придать покрытию любую форму.

Мосты и мосты-каналы из железобетона (см. *Железобетонные мосты*) получили особенно широкое распространение вследствие своей экономичности, ничтожности эксплоатационных расходов, долговечности, малочувствительности к позднейшему увеличению нагрузки против расчетной и стойкости против действия паровозных дымовых газов. Балочные мосты в виде ребристой плиты, отдельных ферм или рамных конструкций делаются обыкновенно вролетом не более 40 *м*, хотя в Париже напр. в 1928 г. построен двухпролетный неразрезной мост, у к-рого каждый пролет ~ 70 *м*, при ширине моста 20 *м*. В арочных мостах железобетон успешно конкурирует с железом даже при пролетах более 150 *м*; например Брестский мост во Франции (три пролета по 200 *м*, мост двухъярусный) оказался даже выгоднее металлич. висячего моста. Железобетонная одежда дорог применяется при плохом грунте и тяжелой нагрузке. Пустотелые *железобетонные плотины* (см.), с наклонным расположением напорной поверхности для придания устойчивости всему сооружению, имеют следующие преимущества перед другими типами: 1) экономия в материале, 2) быстрота сооружения, 3) лучшее использование материала, 4) устранение опасности от фильтрации, 5) большая устойчивость, 6) удобство надзора за стенками, 7) возможность использования внутреннего помещения плотины под машинное здание. Железобетонные *трубы* (см.) и лотки (см. *Желоба*) имеют следующие преимущества перед железными: 1) бо́льшая стойкость в отношении вредных влияний грунта, 2) бо́льшая долговечность труб малых сечений и 3) меньшая шероховатость внутренней поверхности старых труб. Такие трубы выдерживают рабочее давление до 15 *atm*. Железобетонные *резервуары* (см.) имеют перед металлическими преимущества меньшей теплопроводности и большей химич. стойкости, а перед бетонными—меньшей толщины стенок и меньшей площади, занимаемой при данном объеме. Железобетон употребляется также для устройства *газгольдеров* (см.). *Силосы* (см.) в настоящее время делаются почти исключительно из железобетона в виде больших помещений или разделяются на закромы квадратного, многоугольного или же круглого сечения. *Железобетонные дымовые трубы* (см.) имеют перед кирпичными следующие преимущества: 1) бо́льшая прочность, 2) малый вес и легкое основание, 3) монолитность. Отрицательные стороны: 1) быстрое охлаждение продуктов горения, 2) трудность сооружения. В судостроении быстрота постройки и экономия в металле во многих случаях дают железобетону преимущества перед железными судами, поромами и т. п. В железнодорожном строительстве применяются железобетонные шпалы, мачты для подвески проводов электрических дорог, семафоры и т. д. В сельско-хозяйственных постройках

(конюшни, сеновалы, ледники и т. д.), при сооружении гидравлич. установок в речных (напр. шлюзы) и морских сооружениях, в горном деле и в сооружении туннелей и штолен железобетон находит себе широкое применение. Необходимо отметить еще: смешанные конструкции, напр. железные мосты с железобетонной проезжей частью, деревянно-железобетонные кружала Фрейсине и т. д.; далее, восстановление и усиление чугунных и железных конструкций при помощи железобетона и сборные железобетонные конструкции. Железобетон применялся для антисейсмич. построек в Мессине и др. местах.

Лит.: см. *Железобетон, Железобетонные мосты, Железобетонные конструкции.* **Б. Дучинский.**

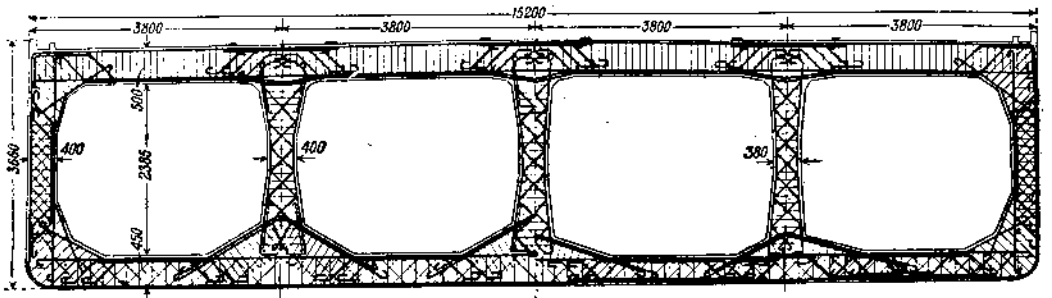
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ СУДА, суда, корпус к-рых сооружен из *железобетона* (см.).

Ж. с. до 1915 года были построены отдельными единицами почти во всех странах, включая Турцию и Китай. В 1915 году, вследствие огромной нужды в тоннаже, недостатка стали и возможности быстрой постройки Ж. с., все страны начали лихорадочно их строить и развивали это судостроение до начала 1919 года. Эти работы проводились в Америке, Англии, Италии, Германии, Франции, Норвегии, Швеции, Дании и Голландии. По неполным данным, общая грузоподъемность Ж. с., выстроенных за этот период, превышает 600 000 *т* при числе единиц более 1 000. Были построены следующие типы судов: моторные баркасы, рыболовные суда, самоходные паромы для перевозки поездов, баржи для угля, соли, нефти, морские буксиры, суда малого каботажа и океанские суда водоизмещением до 8 000 *т*. После окончания войны 1914—18 гг. усиленная постройка Ж. с. прекратилась; только Италия, проведшая в 1926 году закон о премировании заказчиков Ж. с. в размере от 8 до 10% стоимости этих судов, продолжает последовательно развивать это дело. Помимо депрессии промышленности и отпадения стимулов, вызвавших к жизни железобетонное судостроение, можно указать 4 основные причины затухания этого дела: 1) отсутствие специальных норм для постройки Ж. с., 2) отсутствие опытного личного состава, 3) предубеждение против железобетона вследствие новизны дела, 4) отсутствие производственного опыта.

В СССР первый серьезный опыт был проделан Ленинградским судотрестом; с 1925 года за три года им выстроено: самоходный паром на 20 вагонов, две баржи, понтон для больших паровых копров, грязеотвозная шаланда, четыре дебаркадера и две секции трехсекционного дока (общей грузоподъемностью в 6 000 *т*). Итоги трехлетней работы привели к заключению о целесообразности постройки железобетонных судов, возможности понизить вес железобетонных судов против заграничных.

Конструкция Ж. с. (см. фиг.) аналогична с конструкцией железного судна и состоит из продольных и поперечных балок (стрингеров, шпангоутов, карлингсов) и плит (обшивки). Толщина плит обычно колеблется в пределах от 25 до 70 *мм*; ширина балок—от 70 до 150 *мм*, высота—от 100 до 600 *мм*. Кубатура плит и балок зависит от общей кубатуры железобетона и варьирует для плит в пределах 40—50%, а для балок 50—60% последней; содержание железа на 1 $м^3$ железобетона составляет от 275 до 450 *кг*; обычно количество железа в плитах в 2—3 раза меньше, чем в балках. Диаметр железа—от 6 до 25 *мм*. Расстояние между шпангоутами берется в заграничной практике от 250 до 750 *мм*, в русской—от 700 до 1 000 *мм* (в последних конструкциях доходит до 5 *м*). Назначение отдельных частей арматуры то же, что и в гражданских сооружениях. Нужно только иметь в виду, что в Ж. с. армируются, вследствие знакопеременности нагрузки, обезоны напряжений; особенно развита арматура, воспринимающая главные растягивающие напряжения, в виду их большого значения. В отличие от железного судостроения, стесненного в выборе профилей, железобетонное судостроение располагает широкими возможностями в смысле форм и размеров.

Расчет Ж. с. в отношении определения действующих сил ничем не отличается от расчета железного судна; добиваются только большей точности при определении усилий, особенно в тех случаях, когда требуется максимальная экономия железа без уменьшения прочности. Подбор сечений ведется, как в гражданских сооружениях, но производится поверка работы бетона на растяжение, т. к. нельзя допустить образования трещин, особенно в частях, соприкасающихся с водой. Обычно все сочленения элементов корпуса рассматриваются как жесткие узлы. Учитывая большое количество железа и необходимость обеспечить протекание бетона между стержнями, при конструировании Ж. с. необходимо: 1) стремиться к укрупнению размера балок, 2) проверять все пересечения и стыки железной арматуры, 3) стремиться к возможно большему однообразию в размерах и формах, 4) избегать высадок и выгибов в арматуре балок и плит, 5) производить при выборе конструкций экономич. подсчет, учитывая производственные затруднения и стоимость опалубки.



Сечение по миделю

Сечение по машинному отсеку

Расход рабочей силы на 1 $м^2$ опалубки колеблется в пределах от 0,855 (для наружной части) до 3,3 (для бортовых стрингеров) чв-ч. Нормы допускаемых напряжений разных сортов бетона, принятые для проектирования Ж. с., указаны в табл. 1.

Допускаемые напряжения арматуры при расчете железобетонных судов берутся: для стали марки 1 ⊳1 000 *кг/см*², для стали марки 2 ⊳1 100 *кг/см*², для стали марки 3 ⊳ 1 200 *кг/см*², для стали марки 4 ⊳1 400 *кг/см*². Защитные слои арматуры должны быть не менее 5 *мм* для плит и 10 *мм* для ребер.

Табл. 1.—Допускаемые напряжения бетона в *кг/см²* для железобетонных судов.

Род напряжений	При временном сопротивлении бетона раздавливанию (в *кг/см²*)		
	200	275	350
Чистое сжатие	50	60	75
» растяжение	20	24	27
Сжатие при изгибе	60	70	80
Растяжение при изгибе	30	35	40
Скалывание	7	8	9

Бетон в Ж. с. применяется б. ч. литой; размер гравия д. б. не более 10—12 *мм*; плиты рекомендуется изготовлять способом торкретирования. Перед производством работ надлежит тщательно подобрать при помощи лабораторных испытаний состав бетона и жестко проводить его в жизнь, следя по контрольным кубикам за качеством бетона в процессе работ. Обычный состав бетона от 1 : 2 до 1 : 4. В местах, соприкасающихся с водой, водонепроницаемость д. б. достигнута обязательно составом бетона, а не штукатуркой. В случае значительных местных ударов полезно в защитный слой бетона вводить стальную сетку. Проектирование и производство Ж. с. требуют большого внимания, тщательности и обязательно хорошего знакомства с железобетонным судостроением. Целый ряд неудачных конструкций (в смысле веса и форм) и недостатков в производстве работ у нас и за границей объяснялся гл. обр. слабым знакомством с особенностями железобетонного судостроения.

Основные элементы стоимости Ж. с. За единицу стоимости Ж. с. обычно берется 1 $м^3$. Значение составных элементов стоимости 1 $м^3$ следующее: на арматурные работы приходится 30—35% общей стоимости, на работы по опалубке 25—28%, на работы по бетону 25—30%, на стапель 2—8%. От 40 до 50% всей суммы составляет материал, от 30 до 25%—рабочая сила, от 30 до 25%—накладные расходы. При серийных стандартных постройках цены м. б. резко снижены по всем категориям расходов; современная стоимость колеблется от 370 до 850 р. за 1 $м^3$; при стандартных постройках она м. б. доведена до 275—300 р. О стоимости 1 *т* грузоподъемности можно судить из следующих данных: на 1 $м^3$ бетона приходится 2,6—5,4—10,8 *т* грузоподъемности; низший и средний пределы относятся к малым и большим морским судам, высший—к речным наиболее легкого типа.

Преимущества и недостатки Ж. с. Преимуществами Ж. с. являются: 1) большое сокращение применяемого по сравнению с железными судами железа (от 3 до 4 раз); 2) быстрота постройки и ничтожные средства для производства работ (постройка большого дока может быть произведена в 6—8 месяцев); 3) доступность материалов, идущих в дело и б. ч. (песок, гравий) имеющихся на месте; 4) долговечность Ж. с. при минимальных затратах на уход и простоте самого ухода, что создает большую экономию в подсобных средствах, необходимых для обычного деревянного и железного флотов (доки, мастерские и т. д.); 5) дешевизна постройки и ремонта (ориентировочно стоимость Ж. с. на 30—40% ниже стоимости железных; ремонт Ж. с. в 4—5 раз дешевле, чем деревянных); 6) пожарная безопасность и отсутствие водотечности; 7) большая прочность Ж. с. в целом; 8) меньшая сопротивляемость Ж. с. движению в воде, если поверхность их зажелезнена, по сравнению с деревянными и железными судами. Основными недостатками Ж. с. являются их большой вес и сравнительно малая местная прочность, не имеющая однако значения при правильном конструировании.

Представление о собственных весах построенных морских Ж. с. дают след. данные:

Грузоподъемность	Собств. вес	Грузоподъемность	Собств. вес
100 *т*	100 *т*	3 000 *т*	1 820 *т*
300 »	250 »	4 000 »	2 200 »
500 »	500 »	5 000 »	2 540 »
1 000 »	850 »	6 000 »	2 880 »
2 000 »	1 720 »		

Веса эти получались при очень низких нормах допускаемых напряжений. Для речных судов соотношение это много выгоднее, и, по сообщению Минденской верфи Ж. с. в Германии, последнее Ж. с. имело вес корпуса 185 *т* против 155 *т* железного. Сравнить веса деревянных речных и наиболее легких железобетонных дунайских и рейнских судов можно по табл. 2.

Табл. 2.—Веса деревянных и железобетонных речных судов.

Типы судов	Отношение грузоподъемн. к *LBH**
Дунайская железобетонная палубная баржа: $L = 58$ *м*, $B = 8$ *м*, $H = 2{,}5$ *м*, осадка порожнем 0,4 *м*, грузоподъемность 674 *т*	0,58
Рейнская беспалубная железобетонная баржа: $L = 55$ *м*, $B = 7{,}74$ *м*, $H = 2{,}15$ *м*, грузоподъемн. 525 *т*	0,58
Деревянная баржа Мариинской системы: $L = 48{,}8$ *м*, $B = 9$ *м*, $H = 3$ *м*, грузоподъемность 662 *т*	0,56
Деревянная баржа Донского бассейна: $L = 53{,}58$ *м*, $B = 10{,}26$ *м*, $H = 2{,}3$ *м*, грузоподъемность 650 *т*	0,536

*L—длина между перпендикулярами, B—ширина по миделю, H—высота борта.

лит.: Handbuch für Eisenbetonbau, hrsg. v. F. Emperger, 3 Aufl., B. 3, p. 399, 402, 475, Berlin, 1922; Teubert, Der gegenwärtige Stand d. Eisenbetonschiffbaues, «Jahrbuch d. Schiffbautechnischen Gesellschaft», Berlin, 1922, *23*. **М. Обольянинов.**

ЖЕЛЕЗОДЕЛАТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО обнимает собой целый ряд последовательных производств, в к-рых сырой материал—*железная руда* (см.)—превращается в полупродукты (сварочное железо, чугун, сталь) и затем в торговые сорта железа, а также и простейшие изделия, изготовляемые на металлургич. з-дах: трубы, ж.-д. оси, бандажи, рельсы и их скрепления. Непосредственно из руды сварочное железо может получаться т. н. сыродутным процессом (см. *Железо*) в сыродутных *горнах* (см.) и *печах* (см)., но этот первобытный процесс при современных экономических условиях невыгоден вследствие

большого расхода руды (неполного из нее восстановления железа), топлива и рабочей силы. В промышленных странах в наст. время основным, или исходным, материалом Ж. п. является чугун, получаемый плавкой в доменных печах (см. *Доменное производство*) и переделываемый затем в сварочное железо и сталь (в последнем случае—с бо́льшим или меньшим количеством малоуглеродистого металла в виде концов, обрезков, брака прокатных мастерских и лома) в кирпичных горнах, пудлинговых печах, бессемеровских или томасовских конвертерах, мартеновских печах, тигельных горнах и наконец электрических печах.

1) При выплавке чугуна из железной руды кроме последней сырыми материалами служат: флюс (обыкновенно—известняк, реже—доломит) и горючие в виде *кокса* (см.) и *древесного угля* (см.), а иногда и антрацита или сырого каменного угля, не спекающегося при потере летучих веществ и при достаточной прочности сохраняющего форму своих кусков. Ок. 15% всего выплавляемого чугуна идет на производство литья (см. *Литейное производство*) как литейный чугун, характеризующийся высоким содержанием кремния (2—3,5%) и низким—марганца (<1%); остальные 85% составляет т. н. передельный чугун, идущий в передел на сварочное железо и сталь; он характеризуется низким содержанием кремния (обыкновенно <1,0%) и повышенным—марганца (1—1,5%, иногда больше).

2) Передел чугуна в кричных горнах на сварочное железо требует применения в качестве топлива древесного угля, дорогого и не везде доступного вида горючего, и в настоящее время практикуется лишь в Швеции, к-рая целиком удовлетворяет мировой спрос на кричное железо (экспорт его в последние годы сократился до 12 000 *т* в год). Что касается *пудлингования* (см.), то хотя оно еще ведется во всех промышленных странах (кроме СССР), но везде производство железа по этому способу ограничивается незначительными размерами, объясняемыми слабым спросом на сварочный металл специального назначения. Продукт передела чугуна—сварочное железо в виде кусков—служит материалом для производства сортового сварочного железа простых профилей (полосового, круглого и квадратного). Оборудование, применяемое для этого,—нагревательные печи и прокатные станы имеет сравнительно небольшие размеры и мощность в виду незначительных размеров кусков (150×150 *мм* сечением и весом около 50 *кг*).

3) Сталь, т. е. б. или м. углеродистое железо, получаемое в жидком состоянии, производится в настоящее время гл. обр. *мартеновским процессом* (см.), являющимся универсальным как в отношении состава металла, могущего поступать в передел, так и качества продукта производства. Но для Франции, Бельгии (а до войны и для Германии) исключительное значение имеет томасирование (продувка в основных конвертерах), так как самой дешевой рудой для этих стран была и остается фосфористая руда (минетт), дающая чугун с содержанием 1,7—2% фосфора. В названных странах соотношение между количествами стали, получаемой мартеновским и томасовским переделами, было таково (в %):

	Бельгия	Франция	Германия
Мартеновский . . .	6	25	43
Томасовский . . .	94	75	57

В СССР томасирование до войны имело слабое развитие (на двух приазовских з-дах), и в необходимости его возрождения теперь (в связи с возобновлением эксплоатации керченских месторождений дешевой фосфористой руды) можно сомневаться, т. к. и для фосфористого чугуна в настоящее время можно с выгодой применять мартеновский передел в его специальной форме (процесс Бертран-Тиля). В Англии и США томасовский передел теперь не применяется. Продувка в кислых конвертерах, т. е. *бессемерование* (см.) и настоящее время совсем утратило свое былое значение в Европе (в Англии напр. в бессемеровских конвертерах изготовляется в 14 раз меньше стали, чем в мартеновских печах). Но для СССР оно еще имеет практич. интерес в виду наличия богатых месторождений малофосфористой руды (Криной Рог и гора Магнитная), с одной стороны, и возможности развития большой производительности стали для прокатки рельсов при использовании старого оборудования или с меньшими расходами на новое, с другой стороны. Наконец старый *тигельный процесс* (см.) получения стали, требующий большого расхода высокоценного горючего и значительных издержек на рабочую силу, применяется теперь лишь для самых дорогих сортов специальной стали (см. *Инструментальная сталь*). Этот процесс свое значение постепенно утрачивает вследствие конкуренции электротермического процесса (см. *Электрометаллургия*). Непосредственным продуктом всех перечисленных выше процессов получения стали являются слитки стали, различных веса и формы, смотря по назначению,—от 100 *кг* до 8 *т*, квадратного или прямоугольного поперечного сечения. Последняя форма («плоские слитки») применяется лишь для раскатки в котельное железо; главная же масса стали, в виде квадратных слитков, идет на производство прокаткой всего сортового железа простых и сложных профилей (считая и рельсы).

4) Как листовое, так и сортовое железо катают из стальных слитков непосредственно или из промежуточного продукта—заготовки. В первом случае тяжелые слитки (2 *т* и более) проходят через нагревательные колодцы, неотапливаемые или отапливаемые, смотря по *t*°, с к-рой слитки приходят в прокатный цех, и раскатываются без дополнительного подогрева в станах блуминг, а затем в сортовых (ручьевых) валах, или же в плоских—на котельное железо. Легкие слитки, всегда холодные, предварительно подогревают в рекуперативных газовых или «полугазовых» печах и затем раскатывают на среднесортное и мелкосортное железо, а также на проволоку. Чтобы избежать получения большого количества мелких слитков из одной плавки (печей большой мощности), часто сортовое и тонкое листовое железо катают из полупродукта, который носит у нас

общее название заготовки, или болванки, хотя имеет различное поперечное сечение и вес в зависимости от своего назначения. Для сортового железа выдержанные в колодцах квадратные слитки раскатывают в квадратную болванку, часто называемую у нас «блум» (англ. bloom), если сечение ее больше 100×100 *мм*. Для легких сортов железа прокатывают полупродукт меньшего сечения (часто 50×50 *мм*), к к-рому собственно и относится старый русский термин «заготовка». Проволоку, несмотря на ее малое поперечное сечение (не более 10 *мм* в поперечнике), катают непосредственно из слитков в специальных проволочных станах, но иногда и из квадратной заготовки. Наименьшее поперечное сечение катанной проволоки—5 *мм*; более тонкую проволоку получают из катаной волочением на барабанах, и изготовление ее не входит в программу железоделательных (т. е. металлургических) з-дов. Для крупных тонких листов (тонкокотельное железо) делают тяжелую плоскую заготовку (англ. slab) раскаткой выдержанных в колодцах плоских слитков в станах слабинг (Америка) или в плоских ручьях станов блуминг. Для жести и кровельного железа у нас производят раскаткой сравнительно легких (½ *т*) квадратных слитков легкую плоскую заготовку—сутунку (англ. strips)—в специальных сутуночных станах (крупное производство) или на черновых валах крупносортных станов. Также изготовляют и плоскую заготовку для труб (англ. skelp), для обозначения которой у нас не хватает термина (на южных заводах ее неправильно называют «стрипсы»).

5) Чтобы дать готовый продукт прокатки, болванку и заготовку подогревают в рекуперативных газовых печах (меньшего поперечного сечения, чем для слитков), называвшихся прежде «сварочными», и раскатывают затем в подходящих валках прокатных станов, т. е. валках, диаметр и число оборотов которых соответствуют наибольшему поперечному сечению прокатываемых болванок или заготовок (см. *Прокатка*, *Прокатные станы*). **М. Павлов.**

ЖЕЛЕЗОСПЛАВЫ, ферросплавы (см. *Спр. ТЭ.*, том II), представляют собою сплавы железа и какого-либо второго металла из применяемых в сталеделательном и чугунолитейном производствах, как то: Mn, Si, Cr, W, Mo, V, Ti, U и др. Содержание их в Ж. часто сильно преобладает над железом, доходя до 80—90%, но не редки также Ж. с содержанием второго металла в 10—15%. Обычной составной частью Ж. является углерод, в присутствии которого почти всегда производится выплавка их из руд. Содержание C в сплаве бывает тем больше, чем больше у второго металла способность к образованию карбидов; это содержание C колеблется в пределах от 3 до 8%. В случае надобности оно м. б. понижено до 0,5—1% путем переплавки сплавов с соответственными окислителями. Обычные примеси Fe-C-сплавов—Mn, Si, S и P—также входят в состав Ж., причем содержание их зависит исключительно от чистоты применяемых при плавке материалов—руды, горючего, флюса и электродов, но чаще всего оно не превышает количеств, встречающихся в обыкновенных чугунах. Кроме того в Ж. находятся в небольших количествах (от 0,1 до 1%) необычные для Fe-C-сплавов примеси—Al, Ca, Mg; они входят в состав Ж. в виде карбидов, особенно легко образующихся при выплавке их электротермич. процессом.

Ж. применяются в металлургии исключительно и качестве прибавок к стали и чугуну для улучшения тех или иных свойств готового металла. Особенное значение Ж. имеют в производстве специальных сортов стали, в к-рые специальные примеси в определенном количестве удобнее всего вводить при помощи соответствующих Ж.

Ж. получаются путем прямого восстановления руд, содержащих кроме железа и второй металл, причем соотношение между ними может быть установлено произвольно, путем соответствующего обогащения руды или введения в нее железных окислов. Чаще всего указанное восстановление идет по простой схеме:

$$mRO+nFeO+(m+n)C=Fe_nR_m+(m+n)CO,$$

где R означает второй металл Ж., а m и n—коэф-ты, к-рые характеризуют соотношение железа и второго металла в шихте и в готовом Ж. Восстановление происходит при очень высоких $t°$ и следовательно с затратой больших количеств горючего или электрической энергии, в присутствии тугоплавких (основных) или легкоплавких (кислых) силикатов (шлаков). Наиболее простым и наиболее старым способом производства Ж. является тигельный способ, при котором шихту из RO, FeO, C (в виде чистого горючего) и флюса выдерживают в графитовых тиглях при высокой $t°$ до полного восстановления металлов; по получении жидкого Ж. его выливают в металлич. изложницы. Тигельный способ не требует сложного оборудования и м. б. осуществлен в любом масштабе; но он связан с очень большим расходом горючего, тиглей и рабочей силы и поэтому в настоящее время почти оставлен. Нек-рые Ж. выплавляются в обыкновенных доменных печах: это Ж. массового потребления, получающиеся из легко восстановимых руд и плавящиеся при сравнительно умеренных $t°$ (зеркальный и кремнистый чугуны, ферромарганец, ферросилиций, силикошпигель и др.). Выплавка этих Ж. также требует большого расхода горючего, тугоплавких шлаков и высокой $t°$ печи, что достигается соответствующим составом шихты и подогревом дутья до наивысшей возможной $t°$. Но такая работа печи ведет к быстрому разъеданию печной кладки, засорению газопроводов и воздухонагревателей улетучивающимися металлами (марганец) и солями с последующим расстройством хода печи; поэтому продолжительность кампании печей, работающих на Ж., измеряется не годами, как при выплавке обыкновенных чугунов, а только месяцами, что делает самый способ выплавки Ж. в доменных печах невыгодным. В наст. время преобладающее значение получает электротермический способ выплавки Ж., особенно в странах с дешевой электрич. энергией. При выплавке Ж. в электрических

печах можно широко варьировать масштаб производства и получать Ж. с любым содержанием второго металла, по сравнительно умеренной цене. Для выплавки Ж. применяются исключительно дуговые печи, чаще всего с подвижным верхним электродом и неподвижным нижним, заделанным в под печи. Шихта, состоящая из соответствующей руды ($RO+Fe_2O_3$), угля и флюса, загружается сверху вокруг верхнего вертикального электрода, проходит в печи через зону высоких t° вольтовой дуги и подвергается восстановлению, в результате к-рого на поду печи собирается жидкий Ж., к-рый вместе с образовавшимся шлаком от времени до времени выпускается из печи. Иногда готовые Ж. подвергаются в таких же электрич. печах вторичной (рафинировочной) переплавке с рудой для удаления большей части содержащегося в Ж. углерода; при этом получаются малоуглеродистые Ж., идущие для приготовления малоуглеродистых сортов специальной стали. Иногда безуглеродистые Ж. получают в заводском масштабе алюминотермическим путем (способ Гольдшмита), по к-рому восстановление производится металлич. алюминием по схеме:

$$2mRO+nFe_2O_3+\frac{(2m+3n)\cdot 2}{3}Al=$$
$$=2R_mFe_n+\frac{2m+3n}{3}Al_2O_3.$$

Способ Гольдшмита очень дорог и дает Ж. с б. или м. значительным содержанием Al; поэтому он применяется в тех случаях, когда стоимость Ж. имеет второстепенное значение, а присутствие Al не вредит применению сплава.

Все Ж. отличаются резко выраженной хрупкостью, что объясняется присутствием в них карбидов или других химич. соединений; легкой изменяемостью нек-рых из этих соединений объясняется присущая многим Ж. способность рассыпаться на воздухе. Цвет различных Ж. различен и меняется от темносерого и почти черного до серебряно-белого. Уд. вес их колеблется в очень широких пределах в зависимости от второго металла: наиболее легкими являются сплавы с Si (2,5), наиболее тяжелыми—сплавы с W и U (16,5). Почти все Ж. плавятся при более высоких t°, чем обыкновенный чугун (1 145°), а сплавы с тугоплавкими металлами (W, Mo) плавятся при t° значительно более высоких, чем $t^\circ_{пл.}$ Fe (1 530°); последнее обстоятельство создает затруднение при выплавке этих сплавов. Многие Ж. отличаются высокой кислотоупорностью и м. б. переведены в раствор только путем сплавления их с содой; это обстоятельство несколько затрудняет анализ этих сплавов.

Ферросилиций. Сплавы с содержанием Si до 20% принято называть кремнистым чугуном, свыше 20% Si—ферросилицием. Кремнистые сплавы находят себе самое широкое применение в сталеплавильном и чугунолитейном производствах: в первом они применяются для раскисления металла и для уничтожения пузыристости в получаемых из него слитках и отливках; кроме того введение в сталь нек-рого количества кремния (до 1%) заметно повышает ее механич. качества, что способствует широкому применению целого ряда сортов кремнистой стали. Введение Si в чугун улучшает литейные качества последнего и позволяет широко варьировать прочность и твердость чугунных отливок. Кремнистые чугуны (до 20% Si) получаются преимущественно в доменных печах; в шихту вводится большое количество SiO_2 (кварциты), а также избыток глинозема для образования тугоплавких глиноземистых шлаков; расход горючего (кокса) велик ($2^1/_2$ вес. ч. на 1 ч. сплава). Различные сорта ферросилиция (>20% Si) готовятся в электрич. печах при умеренном напряжении тока (60—70 V) и высокой плотности (6—7 A/*см*²). Шихта здесь составляется из кварцита и древесного угля. Для более полного отделения восстановленного Si от кислого шлака к шихте прибавляют железный лом, от количества которого часто и зависит конечный состав ферросилиция. В сводной табл. 1 приводятся данные о составе наиболее распространенных кремнистых Ж. с 12, 30, 50, 75 и 90% Si. Для всех этих сплавов характерно невысокое содержание C, что объясняется разлагающим действием Si на Fe_3C и полной неспособностью высококремнистых сплавов удерживать в себе C. Часть углерода повидимому находится здесь в форме карбидов Al и Ca, к-рые сами неустойчивы на воздухе и сообщают такую же неустойчивость и содержащим их сплавам, особенно при содержании Si от 30 до 65%; последние на воздухе рассыпаются с выделением легко воспламеняющихся и ядовитых газов. Это обстоятельство требует применения различных мер предосторожности при перевозке, хранении и употреблении сплавов, содержащих ок. 50% Si.

Ферромарганец—наиболее важный и наиболее широко применяемый Ж. Во всех сталеплавильных производствах он применяется для раскисления ($FeO+Mn=Fe+MnO$), для уничтожения вызываемой присутствием серы красноломкости ($FeS+Mn=Fe+MnS$) и для сообщения стали более высоких механич. свойств; кроме того в нек-рые сорта стали Mn вводится в качестве специальной примеси (например сталь Гадфильда). Этот Ж. выплавляется в настоящее время гл. обр. в доменных печах из пиролюзита(MnO_2) и обожженного марганцового шпата ($MnCO_3$ переходит в Mn_3O_4), при избытке горючего ($2^1/_2$ ч. на 1 ч. сплава) и сильно известковых шлаках. В последнее время, с удешевлением электрич. энергии, в производстве ферромангана с доменными печами начинают конкурировать электрич. печи, легко дающие из богатой руды (48—50% Mn) сплав с содержанием Mn ок. 80%. Теперь применяются два типа марганцовых Ж.: зеркальные чугуны с содержанием Mn ок. 20% и ферромарганцы—с 80% Mn; состав тех и других характеризуется цифрами, приведенными в табл. 1. В СССР зеркальные чугуны и ферромарганцы выплавляются в доменных печах, в Донецком бассейне; но это производство обслуживает только внутрен. рынок и по своему масштабу далеко не соответствует имеющимся у нас богатым залежам марганцовых руд (Чиатуры, Никополь).

Феррохром—Ж. с хромом, применяемый в качестве прибавки к стали для вве-

дения в нее хрома и получения специальных сортов стали: хромистых, хромоникелевых, хромовольфрамовых и др. В прежнее время (до 1899 г.) феррохром получался в тиглях, доменных печах и вагранках путем восстановления углем хромистого железняка ($FeO \cdot Cr_2O_3$). В настоящее время феррохром получается исключительно в дуговых электрич. печах из хорошо обогащенного (до 50% Cr) хромистого железняка; восстановление последнего ведется антрацитом при минимальном количестве хромисто-железистого шлака. Полученный феррохром содержит 60—70% Cr и очень большое количество C. Для обезуглероживания сплава, что теперь особенно требуется при приготовлении малоуглеродистой нержавеющей стали, его подвергают переплавке в электрич. печи с хромистым железняком до надлежащего содержания C. Состав углеродистого и безуглеродистого феррохрома приведен в табл. 1.

Ферромолибден—применяется только в качестве прибавки для введения в специальные стали (молибденовая, хромомолибденовая и др.) молибдена. Получается ферромолибден в электрич. печах из хорошо обогащенного, предварительно обожженного или необожженного молибденового блеска (MoS_2) в присутствии угля и извести. При содержании Mo в сплаве до 60% он может быть выпущен из печи в жидком состоянии; более богатые сплавы настолько трудноплавки и густы, что, так же как и ферровольфрам, выламываются из печи после ее охлаждения. Обезуглероживание сплава производится в той же печи дополнительной плавкой с известью. Состав двух образцов ферромолибдена приводится в табл. 1.

Феррованадий—Ж., применяемый для наиболее полного раскисления специальной стали и введения в нее небольших количеств ванадия, заметно улучшающих

Табл. 1.—Примерный состав различных железосплавов.

Названия железосплавов	Процентное содержание								
	Fe	Спец. металла	C	Si	Mn	S	P	Al	Ca
Кремнистый чугун	87—82	10—15 Si	2—1	—	1,2	0,02—0,05	0,05—0,1	—	—
Ферросилиций 90%-ный	75—67	25—32 »	0,3—0,5	—	0,3—0,8	0,02—0,04	0,03—0,1	0,1—0,2	0,2—0,3
» 50% »	50—47	48—52 »	0,1—0,3	—	0,1—0,3	0,01—0,03	0,03—0,06	0,1—0,6	0,2—0,4
» 75% »	24—19	74—78 »	0,3	—	0,1—0,3	0,01—0,02	0,03—0,04	0,1—1,4	1,0—1,2
» 90% » (силиколь)	11—3	88—94 »	0,2	—	0,1—0,2	0,01—0,02	0,01—0,02	0,1—1,5	0,6—1,2
Зеркальный чугун	80—74	6—20 Mn	4—5	0,5—1,0	—	0,02—0,05	0,03—0,08	—	—
Ферромарганц доменный	13—11	79—80 »	6,8—7,0	0,3—0,8	—	0,01—0,02	0,2—0,3	—	—
» электротермический	16—12	78—80 »	6—7	0,2—0,6	—	0,01—0,03	0,1—0,2	—	—
Ферромарганц электротермический рафинир.	20—18	79—80 »	0,5—1,0	0,2—0,6	—	0,01—0,02	0,1—0,2	—	—
Феррохром	31—16	63—72 Cr	5—9	0,5—2,0	0,1—0,5	0,01—0,07	0,01—0,03	0,1—0,8	0,1—0,2
» рафинир.	37—23	62—69 »	0,4—1,5	0,1—0,3	0,1—0,2	0,01—0,03	0,01—0,03	0,1—0,4	0,1—0,3
Ферровольфрам	25—20	72—73 W	2—3,5	0,3—0,4	0,5—0,8	0,01—0,05	0,01—0,03	0,1	0,1
» рафинир.	28—17	71—82 »	0,3—0,7	—	0,1—0,5	0,01—0,03	0,01—0,03	0,1	0,1
Ферромолибден	20—6	75—87 Mo	4—6	0,2	0,1	0,02—0,03	0,01—0,03	0,1	0,1
» рафинир.	24—15	75—83 »	0,3—0,1	0,1—0,5	0,1	0,01—0,02	0,01—0,03	0,1	0,1
Феррованадий	62—50	34—40 V	0,3—0,4	3—9	0,1—0,4	0,01—0,08	0,11—0,14	0,2—0,6	—
» рафинир.	65—44	34—55 »	0,3—0,4	0,1—0,3	—	0,01—0,03	0,02—0,04	0,1	—
Ферротитан электротермич.	74,8	15,70 Ti	7,46	1,41	0,11	0,03	0,05	0,8	—
» алюминотермический	74,0	19,37 »	0,13	2,74	0,47	0,027	0,107	3,18	—
Ферроуран	67—55	30—40 U	1,0	2,5—4	—	—	—	—	—
Ферроалюминий	78—77	20 Al	0,5—1,0	1—2	0,1—0,2	0,02—0,04	0,02—0,04	—	—
Феррофосфор	81—66	15—30 P	1,0—1,5	1—3	2—3	0,1—0,3	—	—	—
Силикошпигель	70—25	10—20 Si	1,0—3,0	—	20—50	0,02—0,05	0,01—0,2	—	—
Силикомарганец	25—5	20—30 »	0,5—1,0	—	50—70	0,02—0,05	0,05—0,1	—	—
AMS Крупна	75—70	10—12 »	1,4—1,5	—	8—10	—	—	5,5—6,5 Zr	—
Ферроцирконсилиций	50—7	40—52 »	0,2—0,5	—	—	—	—	9—40	—

Ферровольфрам—сплав с W, применяемый для приготовления специальных сталей, вольфрамовой и хромовольфрамовой—получается исключительно в дуговых электрич. печах путем восстановления вольфрамита ($FeWO_4$) или шеелита ($CaWO_4$) углем. Получающийся при этом Ж. вследствие его высокой $t°_{пл.}$ не выпускается в жидком виде, а после накопления в печи и обезуглероживания охлаждается вместе с печью и затем выламывается из нее в виде полусплавленной массы, легко разбивающейся на куски. Содержание вольфрама в сплаве обычно достигает 70—80% и зависит исключительно от степени обогащения руды, а содержание углерода—от продолжительности рафинирования. Состав наиболее обычных, углеродистого и малоуглеродистого, сплавов приводится в табл. 1.

механические свойства металла. Феррованадий получается главным образом из патронита (V_2S_3) после его обогащения и иногда после предварительного обжига. Восстановление его углем в электрич. печах идет очень трудно, поэтому в качестве восстановителя предпочтительно применяют 90—95%-ный ферросилиций (силиколь). Полученный сплав подвергают затем окислительной плавке для удаления Si. Феррованадий готовится также алюминотермич. путем в тиглях или в особых шахтных печах. Состав кремнистого и малокремнистого образцов феррованадия приводится в табл. 1.

Ферротитан—применяется при плавке обыкновенной и специальных сортов стали в качестве раскислителя и поглотителя азота, но роль его в этом отношении остается до сих пор спорной. Готовится ферротитан

из ильменита (титанистый железняк) и рутила (TiO_2) восстановлением углем в электрич. печи, а также алюминотермич. путем. В первом случае сплав необходимо рафинировать для удаления C, а во втором—для удаления Al; в обоих случаях содержание Ti чаще всего не превышает 15—20%. Состав электротермич. и алюминотермич. ферротитана приводится в табл. 1.

Кроме перечисленных Ж. известны еще другие б. или м. часто применяемые сплавы: ферроуран, ферроалюминий, феррофосфор, а также сложные Ж., с двумя или большим числом составляющих—силикошпигель, силикомарганец (сплавы Fe, Si, Mn), AMS (сплавы Fe, Al, Mn, Si), ферроцирконсилиций (Fe, Zr, Si). Для характеристики этих Ж. в табл. 1 приводится их состав.

Производство Ж. наиболее обширно в странах с высоко развитой железоделательной промышленностью и обладающих запасами необходимых для производства Ж. руд и дешевыми источниками электрич. энергии. Точных статистических данных о производстве многих Ж. не имеется; можно только грубо определить, что мировое производство ферромарганца и ферросилиция измеряется сотнями тысяч *m* в год, феррохрома—десятками тысяч, ферровольфрама—тысячами, ферромолибдена и ферроваиадия—сотнями *m*, а остальных Ж.—лишь десятками *m*.

Для характеристики рыночной стоимости отдельных Ж. приводится табл. 2, дающая средние цены их в 1927 г. на америк. рынке.

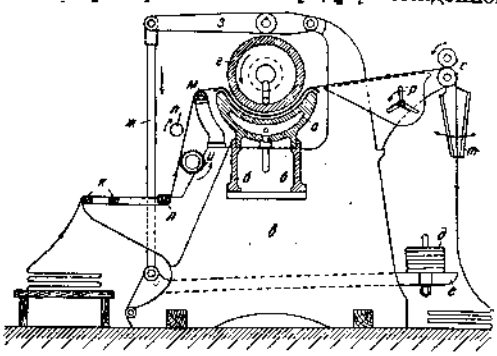
Табл. 2.—Средние цены на железосплавы в 1927 г. за 1 англ. *m* (1 016,048 *кг*).

Названия железосплавов		Цена в долл.
Зернальный чугун	19—21% Mn	33—34
Кремнистый »	10—12% Si	33—34
Ферромарганц	78—82% Mn	90
Феррохром	60—64% Cr, 1—2% C	515,2
Ферровольфрам	70—80% W	2 553,6
Ферроваиадий	30—40% V	78 400
Ферротитан	15—18% Ti	200
Ферроуран	35—40% U	110 500

В СССР выплавляются только зеркальные и кремнистые чугуны и ферромарганц, притом исключительно для внутреннего потребления. Другие железосплавы не изготовляются в СССР за отсутствием дешевой электрической энергии, а частью вследствие недостатка соответствующих руд.

Лит.: Федотьев П. П., Электрометаллургия, вып. 3, П., 1922; Липин В. Н., Металлургия чугуна, железа и стали, т. 1, Л., 1924, т. 3, ч. 1, Л., 1926; Venator W., Über Eisenlegierungen u. Metalle f. d. Stahlindustrie, «St. u. E.», 1908, p. 41, 82, 149, 255; Escard J., Les métaux spéciaux, Paris, 1909; Geiger C., Handbuch d. Eisen- u. Stahlgiesserei, 2 Aufl., B. 1, B., 1925; «The Mineral Industry during 1926», ed. by G. A. Roush, N. Y., 1927, v. 35. **М. Окнов.**

ЖЕЛОБЧАТЫЙ ПРЕСС, машина для прессования тканей (см. *Аппретура текстильных изделий*). Операция прессования имеет целью придать ткани плотность, блеск и упругость и сделать ее поверхность более гладкой. Ж. п. (см. фиг.) состоит из обогреваемого паром жолоба *а*, помещающегося на поперечине *б*, опирающейся на две боковые станины *в*. В углубление жолоба входит нагреваемый паром цилиндр *г*, прижимаемый к нему грузом *д* при помощи рычагов *е* и *з* и тяги *ж*. Материя проходит через планки *к*, *л* и *м*, служащие для ее натягивания и расправления. Перед прохождением



между валом и жолобом материя чистится щеткой *и* и валиком *п*; по выходе из пресса материя охлаждается током воздуха, создаваемым вентилятором *р*, проходит между валиками *с* и складывается самокладом *т*.

ЖЕЛТИННИК, парковое дерево, Cotinus Coggygria Scop., небольшой кустарник, достигающий 2—3,5 *м* высоты, из семейства Terebinthaceae; произрастает на юге СССР, в предгорьях Сев. Кавказа и Закавказья, поднимаясь здесь в горах до высоты 1 500 *м* над уровнем моря; встречается в Крыму, на С. Донце (Харьковского округа). Ж. может быть разводим искусственно даже в пределах Орловского и Воронежского округов и Тульской губ. Не будучи особенно требовательным к почве, Ж. все же предпочитает почвы с небольшим содержанием извести. Ж. разводится в садах и парках как декоративное растение, но больше всего имеет значение как растение дубильное и доставляющее красящие вещества. Древесина Ж. плотная и прочная, обладает красивым рисунком, хорошо полируется и доставляет материал для столярных и токарных изделий. Цвет древесины внутри желтовато-зеленый, снаружи заболонная часть белого цвета. Объемный вес древесины 0,67. В древесине Ж. встречаются три красящих начала—красное, бурое и желтое. Извлеченная из древесины Ж. краска употребляется для окраски шелка в оранжево-желтый цвет; шерсть и кожа окрашиваются экстрактом из древесины Ж. в желтый и коричневый цвета. Разводят Ж. также с целью получения прочных кольев для виноградников. Под пологом леса Ж. образует хороший почвозащитный подлесок. **Н. Кобранов.**

ЖЕЛТОЕ ДЕРЕВО, Morus tinctoria, сем. Urticaceae, красильное дерево, растущее в тропич. странах, гл. обр. в Ю. и Ср. Америке, в Ост-Индии, на Антильских о-вах и др. Ж. д. поступает в продажу либо в виде твердых светложелтых, лишенных коры поленьев, весом до 50 *кг*, либо в виде экстракта из дерева, получаемого обычным способом—экстрагированием и выпариванием водного раствора. Наилучшие сорта произрастают на острове Кубе, в республике Никарагуа и других средне- и южно-американ. странах. Красящее вещество Ж. д. состоит главным обр. из морина $C_{15}H_{10}O_7$ (см. *Красящие*

вещества естественные), выделенного еще в 1830 году Шеврёлем [1]; строение его было установлено Перкином [2], а синтетически он был получен Костанецким [3]. Привоз Ж. д. в Европу в конце прошлого столетия достигал 25—30 тыс. *т* [4]. В настоящее время искусственные желтые протравные красители в сильной степени вытеснили Ж. д. в красильной практике.

Ж. д. служит для крашения протравленной шерсти в желтый цвет и главное применение находит для подцветки черных окрасок, получаемых с помощью экстракта кампешевого дерева. Ж. д. дает светлооливковые хромовые лаки, желтые алюминиевые лаки, оливковые медные лаки, темнооливковые железные лаки и желтые оловянные лаки; последние являются наиболее прочными и яркими.

Лит.: [1]) «J. Ch. Ind.», 1830, B. 6, p. 158; [2]) Rupe H., Die Chemie d. natürl. Farbstoffe, T. 2, p. 75, Braunschweig, 1909; [3]) «B», B. 39, p. 625; [4]) Rupe H., Die Chemie d. natürlichen Farbstoffe, T. 1, p. 83, Braunschweig, 1900. **И. Иоффе.**

ЖЕМЧУГ, отложение органич. веществ—конхиолина и арагонита ($CaCO_3$) в раковинах различных моллюсков (гл. обр семейств Aviculidae, Mutilidae и Unionidae) вследствие раздражения, вызываемого посторонним телом, проникшим во внутренние ткани моллюска. Вещества эти нарастают в виде тончайших (0,0004—0,006 *мм*) концентрич. слоев вокруг этого тела. Тонкость слоев обусловливает своеобразный блеск Ж. благодаря интерференции света. Тв. 2,5—3,5; уд. вес 2,65—2,78. Форма: круглая, овальная, грушеобразная, выпуклая—boutonperle и сложная неправильная—«барокко». Цвет, в зависимости от вида моллюска и месторождения, бывает чаще белый с желтоватым (ценимый в Китае и Индии за прочность) или голубым оттенком; также желтый, серый, коричневатый, фиолетовый, розовый, красноватый и черный (самый твердый Ж., мексиканский), редко—зеленоватый и голубой. К-ты и жиры портят его блеск, к-рый теряется также и от пота при употреблении в течение 50—150 лет; Ж. разрушается от времени, когда органич. вещества начинают разлагаться. Существует несколько методов подцвечивания и восстановления блеска, часто за счет величины и долговечности Ж.

Первое место по добыче морских раковин (Meleagrina или Avicula) занимает Цейлон; в 1925 г. 2 000 пловцов выловили здесь 46 млн. раковин. Обычно на 30—40 штук раковин приходится одна с жемчужиной. После просвечивания рентгеновскими лучами, раковины, не имеющие Ж., бросают обратно в море. Промысел после добычи в данном месте оставляют на 6—7 лет. Следующее место по добыче раковин занимают: Персидский залив, Красное море, побережья Индии, Австралии, Центр. Америки и других стран. Гораздо меньшее значение имеет добыча во многих местах Европы, Азии и Америки пресноводных раковин Unio, Margaritana, или Alasmodonta margaritifera (на 100 шт. одна с жемчужиной).

Крупный промысел по искусственному взращиванию Ж. по способу Микимото существует в Японии, в бухтах Аго и Гокаско: в 3-летние раковины вводят перламутровый шарик (по принципу естественного засорения), помещают их для защиты в проволочные клетки, к-рые подвешивают к плотам, и оставляют в защищенной от бурь бухте на 7 лет. В связи с этим способом добычи Ж. рынок его испытал большие потрясения: жемчужины средних размеров пали в цене в несколько раз, тогда как цены на крупные жемчужины поднялись. Ежегодная мировая добыча Ж. оценивается в 10 000 000 р. Цена 1 к жемчужины исключительного качества—крупной 40 000 р., средней 5 200 р.; средней первосортной—4 000 р., обычного рыночного товара 100—10 р. Для расчета цены в общем приемлемо правило Тавернье (цена пропорциональна квадрату числа *к*). Лучшим Ж. считается сферический—«скатный». Центры обработки Ж.—Париж, Идар.

Существует несколько видов подделки Ж.: 1) Bourguignon perles (изобретены в 17 в. в Париже Жакеном)—дутое тонкое стекло Girasol, покрываемое составом из рыбьей чешуи (Alburnus lucidus из семейства Cyprinidae); 2) Perles au nacre—имитация из перламутра; 3) Ж. из резцов дюгоня. Все подделки (и даже искусственно взращенный Ж.) обнаруживают бинокулярным микроскопом фирмы Рейхерт (Вена), к-рым определяют характер и размер ядра.

Из историч. жемчужин следует отметить: 1) шаха персидского—35 *мм* длины и 25 *мм* толщины, грушеобразной формы, 2) Baresford Hope (Лондон)—455 *к*, 50 *мм* длины и 37,5 *мм* толщины, 3) жемчужина в австрийской короне—в 300 *к* и наконец 4) La Pellegrine—28 *к*—идеально круглая, из алмазного фонда СССР.

Лит.: Ферсман А. Е., «НИ», т. 1, стр. 379, 1926; Kraus E. a. Holden E., Gems a. Gem Materials, p. 183, N. Y., 1925; Michel H., Die künstlichen Edelsteine, p. 428, Lpz., 1926; Boutan L., La perle, p. 420, P., 1925. **Е. Цимерлинг.**

Ж. искусственный, стеклянные бусы, окрашенные жемчужной эссенцией. Бусы изготовляются полые и массивные.

1) Бусы полые окрашиваются с внутренней поверхности; дешевые сорта их вырабатываются из длинных трубок, выдуваемых в формах; получается цепь, состоящая из многих десятков шариков. Более дорогие сорта выдуваются индивидуально из специальных сортов бесцветного стекла, которому иногда сообщается радужная поверхность путем обработки ее фтористоводородной к-той. Окрашивание производят следующим образом. Жемчужную эссенцию смешивают с крепким раствором желатины или рыбьего клея, консервированного трикрезолом или гвоздичным маслом. В смесь добавляют эозин для придания ей телесного оттенка. В горячем виде ее впрыскивают тонкой пипеткой в бусу, вращаемую на оси. Застывание слоя желатины, покрывшего изнутри стекло, м. б. ускорено смачиванием поверхности бус эфиром, быстрое испарение к-рого вызывает охлаждение. Высохшие бусы заполняют смесью парафина и японского воска, с добавлением 20% сернокислого бария, для придания им тяжести и белизны.

2) Бусы массивные изготовляются из свинцового опалового стекла, выпускаемого з-дами в виде т. н. дротов (стеклянных прутьев), к-рые для получения из них

бус могут быть обработаны 2 способами. А) При плавке на голом огне, весьма распространенной среди кустарей, кончик дрота нагревают на пламени паяльной лампы; плавящееся стекло, в достаточном для получения одного шарика количестве, набирают на медную проволоку, диам. 0,3 *мм*, и вращением придают ему сферич. форму. Готовые бусы срезают и подвергают обработке крепкой серной или азотной к-той, для растворения содержащихся в них отрезков проволоки. Б) При плавке в электрич. печах горячим воздухом изменения цвета стекла и потери им в значительной степени опалового оттенка не происходит. Дроты в виде толстостенных трубок разрезают на куски, длина к-рых равняется их диаметру. Дальнейшая обработка м. б. двоякая. а) Отрезки дротов нанизывают на медную проволоку и помещают в электрич. печь. Происходит оплавление; вращением оплавленным кускам стекла придают сферич. форму. Готовые бусы освобождают от проволоки так же, как и при плавке на голом огне, обработкой к-тами. б) Отрезки дротов пересыпают тугоплавким порошком (напр. огнеупорной глиной или графитом), который заполняет отверстия в них. После этой операции куски стекла помещают в вращающийся железный барабан с насыпанным в нем порошкообразным тальком. Барабан нагревают до $t°$ размягчения стекла, но не до такой степени, чтобы бусы слипались и растекались. Тальк противодействует слипанию. Когда стекло получит требуемую форму, нагревание прекращают, а барабан вращают до полного остывания.

Массивные бусы имеют громадное преимущество перед полыми; они практически могут считаться небьющимися. Слой краски на «небьющихся» бусах должен противостоять влаге, выделениям человеч. кожи и механич. воздействию. Этим требованиям отвечает жемчужный пат, окраска которым происходит следующим образом: бусы чистые и сухие нанизывают на нитки или укрепляют на нержавеющих иголках и погружают несколько раз в ванночку с жемчужным патом, смешанным с легко испаряющимся растворителем, напр. эфиром, окрашенным в цвет crème или chair. Каждому слою краски перед повторным погружением дают вполне просохнуть. По высыхании последнего слоя Ж. срезают с его опоры, отбирают бракованный (имеющий на поверхности пузырьки, отеки и т. п.), сортируют по размерам и нанизывают на шелковые нитки. Наиболее употребительные сорта, в зависимости от диаметра жемчужины, следующие:

№ 3 — 4,7 *мм*	№ 7 — 6,5 *мм*
№ 4 — 5,3 »	№ 8 — 6,9 »
№ 5 — 5,5 »	№ 9 — 7,3 »
№ 6 — 6,3 »	№ 10 — 7,6 »

За границей получает в последнее время распространение искусственный Ж. еще бо́льших номеров. Нитки выпускаются самой разнообразной длины; основные размеры их: 42, 49 и 160 *см*. Бусы особой формы — грушевидные, грибовидные и т. п. — идут для изготовления серег, запонок, пуговиц и т. п. Наибольшего развития производство искусственного Ж. достигло в послевоенные годы во Франции, Америке и Германии. В последней под названием Künstliche Perlen подразумеваются всевозможные бусы: из искусственного Ж., искусственной слоновой кости, искусственного янтаря, искусственного коралла и даже простые стеклянные бусы, различно окрашенные. В Германии же существуют курсы, где преподается окрашивание искусственного Ж.

Несмотря на большой спрос на искусственный Ж. во всем мире, иностранные фабриканты, опасаясь выхода его из моды, не механизируют своих производств. Жемчужная эссенция изготовляется на ф-ках (напр. Nigg во Франции и Ruben u. Bielfeld в Германии), а иногда в лабораториях при самих предприятиях. Окраска производится ручным способом, нанизка же на фабрике часто вовсе не делается, а передается на сторону и за ничтожную плату выполняется инвалидами, женщинами и детьми.

В СССР производство искусственного Ж. начало развиваться. Обилие рыбьей чешуи, являющейся источником для жемчужной эссенции, все возрастающий спрос на искусственный Ж. и связанное с этим просачивание его из-за границы побудили наши государственные торговые организации наладить производство его в Союзе для реализации этого фабриката как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

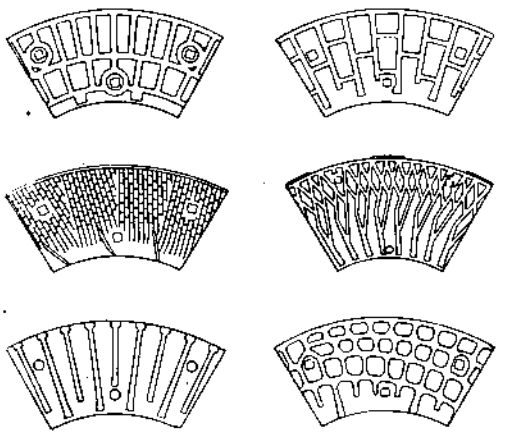
Лит.: Ф. П. 473662/14, добавления 19471, 19522, 20258; Taylor H. F., Pearl Essence, N. Y., 1923; Parkert O. W., Die Perle und ihre künstliche Erzeugung, Nauhof bei Lpz., 1925; «Die Perle», Lpz.; «La Perle», P., ab 1924. **В. Гетлинг.**

ЖЕРНОВА, жерновые камни, представляют собою рабочие органы в т. н. *жерновых поставах* (см.). Жерновые камни должны обладать твердостью, вязкостью, пористостью и однородностью, причем составляющие их частицы должны иметь острые кромки, при помощи к-рых размельчаемые в жернопах зерна подвергались бы разрезанию.

Горные породы и минералы, наиболее удовлетворяющие отмеченным требованиям, следующие: песчаник, порфир, базальт, трахит, гранит и кварц. Ж. изготовляют из целых кусков или из нескольких кусков, или наконец из мелких частиц. Жерновые камни, изготовленные по двум первым способам, называются естественными, а изготовленные по последнему способу носят название искусственных камней. Самыми лучшими жерновыми камнями являются кварцевые, добываемые во Франции (La Ferte sous Jouarre) и в Венгрии (в южной части Карпат); они одинаково хороши при размоле любых продуктов на мельнице (зерно, дранье, крупа, дунст и отруби). На русских с.-х. мельницах (простой помол) употребляются преимущественно песчаниковые жерновые камни, из к-рых особого внимания заслуживают подольские и путивльские. Жерновые камни из базальта и трахита добываются гл. обр. в Германии (Андернах на Рейне), Венгрии и Швейцарии. Худшими породами для жерновых камней следует считать гранит, к-рый в работе быстро полируется.

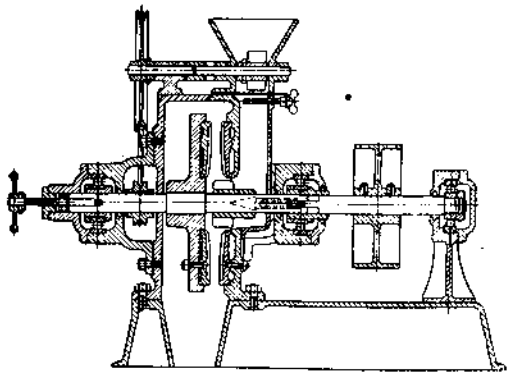
Искусственные жерновые камни имеют значительное преимущество перед естественными камнями в отношении своей однородности и возможности перерабатывать

различные виды зерна. Помимо наждака, кремня или кварца составными частями искусственных камней являются магнезит и хлористый магний. Процесс изготовления искусственных камней протекает так: в корыто засыпают наждак или кремень и добавляют магнезит; все это хорошо перемешивают в сухом состоянии, после чего вливают раствор хлористого магния и всю



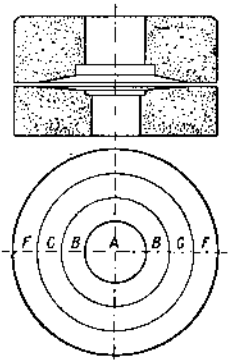
Фиг. 1.

смесь вновь перемешивают до равномерно влажного состояния. Обычно придерживаются следующей весовой пропорции: твердой породы (кварц, наждак и проч.) — 70%, магнезита (MgO)—16%, остальное—раствор хлористого магния, причем во всех случаях раствор хлористого магния должен иметь плотность в 34° Bé, а t° окружающего воздуха д. б. не ниже 15°. Рабочий слой делают высотой ок. $^1/_3$ высоты камня, а остальные $^2/_3$ состоят из естественного камня или бетона, что дает прочное основание для налива и удешевление камней. Искусственные Ж. в Западной Европе и Америке вытеснили Ж. из естественного камня. В СССР естественные Ж. остались



Фиг. 2.

лишь на крестьянских примитивных мельницах. Ж. из камня имеют максимальную скорость 8,8 *м/сек*, что обусловлено качеством материала. Поэтому производительность их ограничена. Американцы ввели металлические жернова (закаленный чугун), позволяющие развивать окружную скорость до 72 *м/сек*. Это позволяет значительно повысить производительность жернового постава. Форма и начертание режущих граней показаны на фиг. 1. Эти моловые диски (показаны их части) привинчиваются к чугунному основанию и при износе легко м. б. заменены. На фиг. 2 показан разрез жернового постава с ременным приводом (на шарикоподшипниках); имеются жерновые поставы с электромоторами на валу с двумя вращающимися дисками. Вращающийся Ж. с электромотором на валу делает до 3 500 об/м. Рабочая поверхность жернова (фиг. 3) делится на несколько концентрических поясов, из которых внешний *F*, называемый полозом, или мелющим (моловым) поясом, предназначен для окончательного размельчения продукта; пояс *C*, называемый двором, и пояс *B*, называемый сердцем, служат для предварительного измельчения продукта и подвода его к мелющему поясу (пояса *C* и *B* вместе называются глотком); отверстие *A*, через которое происходит поступление сверху продукта, называется глазом; в стенках отверстия укрепляется параллица, несущая на себе камень (бегун) и опирающаяся на вертикальный вал.



Фиг. 3.

В совместно работающей паре жерновых камней обыкновенно один камень находится в неподвижном состоянии, а другой в состоянии вращательного движения; подвижным камнем, называемым бегуном, обыкновенно бывает верхний камень и очень редко нижний. Давление верхнего бегуна на нижний камень, необходимое для создания силы трения, за счет к-рой происходит размельчение продукта, обусловливается весом бегуна. Диаметр глаза, в котором помещается параллица, берется в 300—350 *мм*. Ширина мелющего пояса, который д. б. горизонтальным, составляет примерно $^1/_5$ часть радиуса камня. Глоток должен иметь подъем в 1% от ⌀ бегуна; так напр., у камня с ⌀ в 1 000 *мм* глоток должен иметь подъем в 10 *мм*. Глоток лежняка берется с уклоном в два раза меньшим, чем подъем глотка в бегуне. В табл. 1 помещены основные данные по жерновым камням.

Табл. 1.—Основные данные по жерновым камням.

Диаметр камня в *мм*	Число об/м.	Окружн. скорость в *м/сек*	Диаметр глаза в *мм*	Ширина мелющего пояса в *мм*
1 000	170	8,89	250—300	110—120
1 200	140	8,80	300	120—140
1 300	130	8,84	300	1.0—150
1 400	120	8,80	300	140—160
1 500	110	8,68	350	150—170

Для установления веса (в *кг*) одной пары совместно работающих камней можно пользоваться данными, приведенными в табл. 2.

Табл. 2. — Вес жерновых камней (1 пары) в зависимости от диаметра (в *кг*).

Виды жерновов \ Диаметр в *мм*	1 000	1 050	1 100	1 150	1 200	1 250	1 300	1 350	1 400	1 450	1 500
Франц. камни из кварца пресной воды	900	1 150	1 200	1 350	1 450	1 575	1 700	1 850	1 950	2 100	2 300
Искусств. франц. камни	900	1 000	1 200	1 250	1 400	1 600	1 750	1 900	2 100	2 250	2 400
Немецкие песчаниковые камни	1 200	1 275	1 350	1 475	1 600	1 700	1 850	1 950	2 100	2 300	2 500
Наждачные камни	1 000	1 200	1 500	1 400	1 550	1 650	1 800	2 000	2 200	2 400	2 600
Искусств. камни из смеси	900	1 000	1 200	1 250	1 400	1 550	1 750	1 900	2 100	2 250	2 400

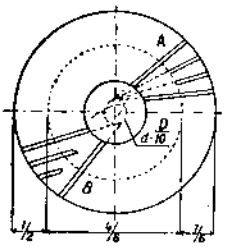
Ф-ка наждачных жерновов «Уральский алмаз» (в г. Свердловске) выпускает камни, данные о которых помещены в табл. 3.

Табл. 3.—Жерновые камни, выпускаемые фабрикой «Уральский алмаз».

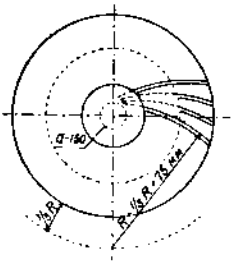
Данные \ Диаметр	В четвертях аршина:	5	6	7	8
	в *мм*:	890	1 068	1 244	1 422
Толщина бегуна	в *мм*	400	400	400	400
» лежняка	» »	300	300	300	300
» рабочего слоя у бегуна и лежняка	» »	125	125	125	125
Диаметр глаза бегуна	» »	300	300	350	400
» » лежняка	» »	275	275	275	275
Вес 1 пары камней	в *кг*	850	1 500	1 800	2 300

Чтобы усилить эффект размола жерновыми камнями продукта, на рабочих поверхностях камней насекают бороздки, одновременно служащие каналами, по к-рым продвигается к выходу продукт и подается холодный воздух к горячему от трения продукту.

Естественно, что последнюю роль выполняют бороздки, нанесенные на бегуне, а первую—главным образом бороздки лежняка. В разрывании же продукта участвуют бороздки как бегуна, так и лежняка, причем от угла наклона бороздок зависит—будут ли они только разрывать или одновременно и разрывать и разрезать. Разрезание наблюдается в том случае, когда угол наклона бороздок уменьшается от глаза к выходу продукта на внешней окружности камней,



Фиг. 4.



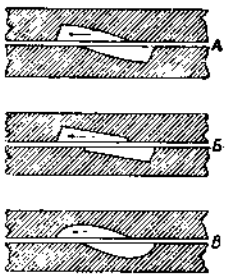
Фиг. 5.

иными словами, когда бороздки работают подобно ножницам. Что касается продвижения продуктов вдоль бороздок и выходу за счет трения, то оно возможно не при всяких условиях, а лишь в том случае, когда угол наклона бороздок по своей величине больше удвоенного угла трения продукта о камень. По исследованиям Виб: (Wiebe), угол трения тонкого *помола* (см.) и муки о камень находится в пределах от 31 до 37° 20′, а угол трения крупного помола и дранья о камень—от 29 до 35° 10′.

На фиг. 4 показано, как наносятся на камни прямолинейные бороздки; как по своей длине, так и по ширине бороздки неодинаковы. Бороздки, идущие от самого глаза и делящие всю поверхность камня на т. н. четверти, носят название главных бороздок. Короткие бороздки называются промежуточными. Число главных бороздок для камня ⌀ 1 000 *мм* в среднем можно брать 12, для камня ⌀ 1 200 *мм*—14 и для камня ⌀ 1 400 *мм*—16, промежуточных бороздок на каждую четверку берут обыкновенно 2. Ширина бороздок в среднем берется 30—35 *мм*, для малых камней—25 *мм*, а для больших—до 40 *мм*. Глубина бороздок обусловливается характером помола и зерна; в среднем можно считать 5 *мм* для бегуна и 3 *мм* для лежняка. На фиг. 4 в случае *А* промежуточные бороздки имеют тот же эксцентриситет, что и главные, а потому действие и тех и других совершенно однородно. В случае *В* промежуточные бороздки, имея иной эксцентриситет, чем главные, оказывают и иное действие на продукт. В случае *В* угол наклонения у всех бороздок каждой четверки равный, а именно: у главных он меньше, что хорошо для разрывания и разрезания, а у промежуточных он больше, что способствует выталкиванию продукта. Вследствие отмеченных достоинств, бороздки типа *В* очень распространены в практике. Следует упомянуть о т. н. новых круговых бороздках, расположение которых см. на фиг. 5. На промежутках между главными и промежуточными бороздками на мелющем поясе параллельно главным насекают мелкие бороздки, называемые штрихами или нитками. Число таких бороздочек берется от 15 до 25, глубина—от 0,5 до 1 *мм*.

Для установления числа бороздок в каждом отдельном случае можно исходить из того, для какого помола предназначаются жерновые камни. Так напр., для производства мягкой муки необходима большая мелющая поверхность, а для производства грубой муки — наоборот.

Действительно, при большей мелющей поверхности оболочка будет сильнее перетерта, а потому и муки выйдет больше, в то время как при меньшей мелющей поверхности муки будет выделяться меньше, но зато получится много дранья. В практике так и поступают: в случае низкого помола площадь бороздок берут равной площади мелющей поверхности, а в случае высокого помола — площадь бороздок и площадь мелющей поверхности берут соответственно в отношении 2 : 1.



Фиг. 6.

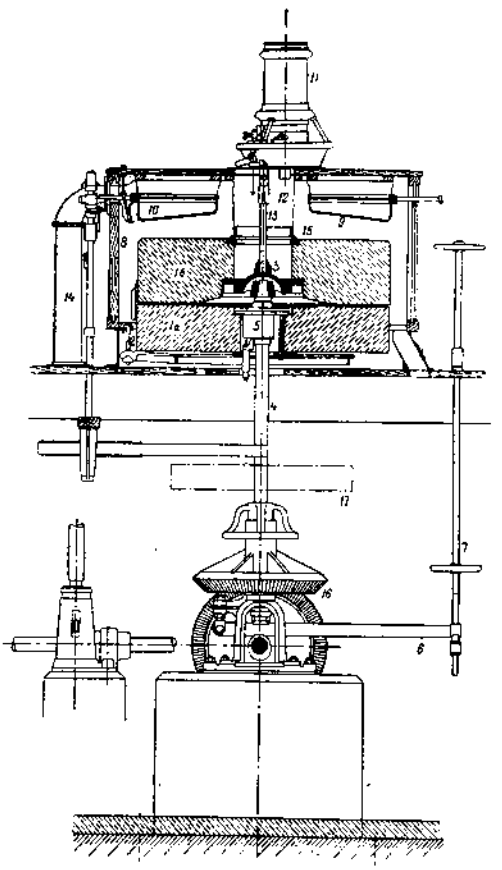
Форма поперечного сечения бороздок оказывает большое влияние на нормальную работу жерновов и зависит от характера помола и продукта. На фиг. 6 изображены формы поперечного сечения бороздок, насекаемых на жерновах и применяемых: *А*—при низком помоле, *Б*—при высоком помоле и *В*—при помоле крупы. **И. Хомутов.**

Лит.: см. *Жерновой постав.*

ЖЕРНОВОЙ ПОСТАВ, машина для переработки зерновых злаков на мельницах в муку. В настоящее время Ж. п. совершенно вытеснены с товарных и полутоварных мель-

ниц вальцовыми станками, но продолжают еще иметь широкое, почти исключительное применение на крестьянских мельницах.

Ж. п. строятся или с верхним бегуном или с нижним бегуном, или наконец с вертикально расположенными камнями (вертикальные жернова). Выбор той или иной конструкции непосредственно зависит от условий работы поставов, степени ухода и характера помола. Для крестьянских мельниц следует считать наиболее рациональной ту конструкцию Ж. п., когда бегуном является верхний камень, потому что Ж. п. этой конструкции требуют сравнительно простого ухода за собой. Ж. п.

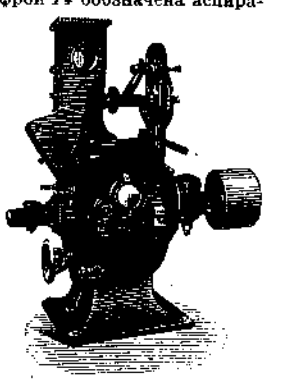


Фиг. 1.

с нижним бегуном превосходят по своей производительности Ж. п. с верхним бегуном, но для обслуживания их требуются более квалифицированные лица, и стоимость их выше первых. При выборе Ж. п. для вымола отрубей и обработки обоечных отходов следует остановиться на вертикальных жерновах, отличающихся своей компактностью и простотой ухода.

Из представленного на фиг. 1 разреза Ж. п. с верхним бегуном видно его устройство.

Лежняк *1а* покоится на чугунном кольце, имеющем три лапы, концы к-рых опираются на установительные болты *2* для выравнивания лежняка. Бегун *1б* опирается на двойную качающуюся параллелу *3*, более совершенную по своей конструкции в сравнении с глухими двух- и трехлапными параллелями или полусвободными параллелями, из к-рых особенно первые не могут обеспечить ровного хода камня. Параллела *3* насажена на верхний заточенный на конус конец веретена *4*, опирающегося внизу на подпятник, а вверху удерживаемого в вертикальном положении при помощи кружловины *5*, помещенной в отверстии лежняка. Подпятник веретена опирается на рычаг *6*, к-рый посредством винта *7* с маховичками может подниматься и опускаться и т. о. поднимать или опускать подпятник вместе с веретеном и установленным на нем бегуном. Описанное устройство носит название подлегчивательного прибора, или арнады, и необходимо для регулирования рабочего пространства между камнями при помоле. Верхняк и часть лежняка обнесены т. н. обечайкой *8*, на дне к-рой собирается готовый продукт, выводимый затем через отверстие в течку. Под верхней крышкой обечайки установлен матерчатый фильтр *9—10*, встряхивание к-рого осуществляется передачей от веретена; сверху крышки расположен питательный прибор *11*, подводящий зерно через кожаный рукав *12* и глаз бегуна в рабочее пространство между жерновыми камнями и получающий движение от вертикального валика *13*, связанного с параллелью. Цифрой *14* обозначена аспирационная труба, через которую отводится теплый воздух, освобожденный от мучной пыли в фильтре *10*. Цифрой *15* обозначены два чугунных притертых одно к другому кольца, причем верхнее кольцо прикреплено к кожаному рукаву *12*, а нижнее вделано в глаз бегуна, так что верхнее кольцо является неподвижным, а нижнее — вращающимся. Устройство притертых колец дает возможность прогнать холодный воздух, поступивший вместе с продуктом из питательного прибора, через рабочее пространство между жерновыми камнями и охладить т. о. горячий от трения продукт. Привод жерновов в движение осуществляется конич. зубчатками *16* или может быть выполнен ременной передачей, для чего на веретено насаживается шкив *17*.



Фиг. 2.

Для определения числа об/м. на практике можно пользоваться эмпирической формулой инж. Билитца (K. Bielitz), по к-рой число об/м. $n = \frac{140}{D} + 20$, где D — ⌀ камня в *м*. Так например, для камня ⌀ 1,2 *м* число об/м. $n = \frac{140}{1,2} + 20 = 117 + 20 = 137$. Производительность жерновых поставов зависит главным образом от характера зерна и тонкости помола. В табл. 1 и 2 указаны средние данные о производительности жерновых поставов и расходе мощности.

Табл. 1. — Производительность и расход мощности жерновых поставов с верхним бегуном.

Диам. жернова в *мм*	Число об/м.	Производительность в *кг/ч*	Расход мощности в $Hp_{эфф.}$
1 000	160—170	160—200	4—5
1 250	145—155	200—250	5—6
1 500	120—130	330—410	7—8

Табл. 2. — Производительность жерновых поставов с нижним бегуном на шарикоподшипниках.

Диам. жернова в *мм*	Число об/м.	Производительность в *кг/ч*	Расход мощности в $Hp_{эфф.}$
700	180—200	130—250	3—5
900	170—180	250—410	5—10
1 250	135—140	740—900	15—20
1 450	120—125	980—1 200	20—25

Устройство аспирации (см. *Аспирация мельничных машин*) у Ж. п. следует считать (там, где возможно) необходимым, так как производительность поставов с аспирацией на 25% больше производительности поставов без аспирации.

Данные для Ж. п. с вертикальными жерновами (фиг. 2), камни для к-рых берутся искусственные или из наждака или из франц. кварца, помещены в табл. 3 и 4.

Табл. 3.—Производительность вертикальных жерновов с искусственными наждачными камнями.

Диам. жернова в *мм*	Число об/м.	Производительность в *кг/ч*	Расход мощности в $И_{эфф.}$
250	1 000—1 200	110—200	2—4
400	900—1 000	300—600	6—10
600	850—800	900—1 300	15—20
700	700—750	1 200—1 900	20—25

Табл. 4.—Производительность вертикальных американских жерновов с металлическими дисками (закаленный чугун или сталь).

Диам. жернова в *мм*	Число об/м.	Производительность в *кг/ч*	Расход мощности в $И_{эфф.}$
400	2 000	360—460	10—12
600	1 700	1 600—2 700	25—30
750	1 350	3 100—4 000	35—45
900	1 200	3 600—4 500	45—60

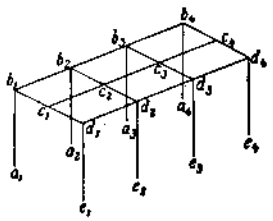
Эти таблицы дают производительность грубого и более тонкого помола зерна в муку, причем бо́льшая производительность и меньший расход энергии соответствуют грубому помолу, а меньшая производительность и бо́льший расход энергии—более тонкому помолу.

Лит.: Афанасьев И., Мукомольные мельницы, 2 изд., СПБ, 1883; Козьмин П., Мукомольно-крупяное производство, М., 1926; Пакуто М., Конспект лекций по муком. производству, М., 1924; Kettenbach Fr., Müllerei u. Mühlenbau, Lpz., 1924; Amos P. A., Processes of Flour Manufacture, London, 1925.

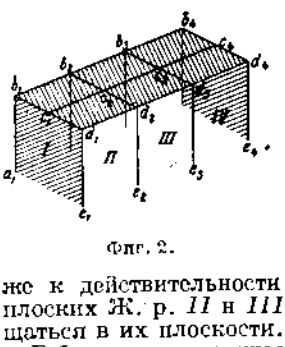
И. Хомутов.

ЖЕСТКАЯ РАМА, конструкция, состоящая из стержней, жестко соединенных друг с другом. Отдельные стержни, как исключение, могут присоединяться к другим при помощи шарниров. Ж. р. применяются в строительстве в качестве основных несущих частей для путепроводов и мостов, для перекрытий в зданиях, для фундаментов турбин и т. п.; они могут входить в сооружение и как элементы конструкции (напр. жесткие опорные рамы мостов с ездою по низу). Материалом для Ж. р. может служить сталь (железо), но наиболее широкое применение Ж. р. нашли в железобетоне, к-рому жесткое соединение между собой отдельн. элементов конструкций присуще по самой его природе.

Ж. р. состоят чаще всего из горизонтальных или слабо наклонных стержней (ригелей) и из вертикальных или почти вертикальных стержней (стоек). Если оси всех стержней, образующих раму, одна из главных осей инерции каждого сечения этих стержней и все действующие на Ж. р. силы лежат в одной плоскости, Ж. р. называется плоской; если же эти условия не соблюдены, то пространственной. Плоские Ж. р. на практике почти не встречаются, однако в целях упрощения пространственные Ж. р. при расчете чаще всего рассматриваются как плоские, работающие независимо друг от друга. Так, Ж. р. типа, изображенного на фиг. 1, часто расчленяют для расчета на плоские жесткие рамы: $a_1b_1c_1d_1e_1$, $a_2b_2c_2d_2e_2$ и т. д.; стержни b_1b_4, c_1c_4 и d_1d_4 рассчитывают при этом как неразрезные балки, шарнирно опирающиеся на рамы; иногда кроме рам $abcde$ рассчитывают еще рамы $a_1b_1a_2b_2a_3b_3a_4b_4$ и $e_1d_1c_2d_2e_3d_3c_4d_4$. Стойки ab и de входят при этом в состав двух рам, и потому усилия, полученные для них из обоих расчетов, суммируются. В действительности, благодаря жесткому присоединению стержней bb, cc и dd к стержням bcd последние подвергаются кручению. Жесткая связь стержней между собою обусловливает появление крутящих моментов и в других элементах Ж. р. Еще более важную роль может играть связь между отдельными жесткими рамами и другими частями конструкции, создаваемая алитами, монолитно соединенными со стержнями рам. Если напр. (фиг. 2) в плоскостях *I* и *IV* стоят массивные стены, а в плоскости $b_1c_1d_1b_4c_4d_4$ устроена сплошная плита, монолитно связанная со стержнями рам, то смещение ригелей рам параллельно стенам встречает препятствие со стороны плиты и стен, которые имеют в этом направлении большую жесткость. В таких случаях ближе к действительности считать, что узлы плоских Ж. р. *II* и *III* вовсе не могут смещаться в их плоскости.

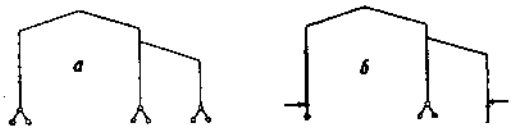


Фиг. 1.



Фиг. 2.

В большинстве случаев Ж. р.—статически неопределимые системы; иными словами, внутренние силы, а иногда и опорные реакции их не м. б. получены при помощи одних только уравнений статики. При расчете Ж. р. обычно пользуются т. н. основной системой; основная система представляет собой либо статически определимую систему



Фиг. 3.

либо такую статически неопределимую, расчет к-рой имеется уже в готовом виде или требует значительно меньшей затраты труда, чем непосредственный расчет заданной Ж. р. Основная система должна иметь те же очертания, размеры и жесткость стержней, как и заданная Ж. р., и м. б. получена из по-

следней либо уничтожением нек-рых связей (отбрасывание опорных закреплений, постановка шарниров, разрезы стержней), либо введением новых связей, либо наконец одновременным введением одних и уничтожением других связей. Напр. раму (фиг. 3, *а*) легко превратить в статически определимую систему (фиг. 3, *б*), превратив одну из ее опор в горизонтально подвижную и отбросив другую. Внутренние силы и перемещения такой системы определяются без затруднений. Раму (фиг. 4, *а*), несущую бункер, деформациями которого благодаря его большой жесткости можно пренебречь, легко превратить в систему балок, заделанных обоими концами. Для этого достаточно воспрепятствовать горизонтальному смещению бункера постановкой горизонтального стержня и повороту узла *A* присоединением к нему жесткой неповарачивающейся консоли. Концы стержней полученной т. о. системы (фиг. 4, *б*) не могут ни смещаться ни поворачиваться и м. б. рассчитаны как балки, заделанные

Фиг. 4.

обоими концами. Расчет таких балок на любую нагрузку и оценка влияний смещения и поворота их концов производятся легко и быстро по готовым ф-лам и таблицам. Системы (фиг. 3, *б* и 4, *б*) могут служить основными системами при расчете Ж. р. (фиг. 3, *а* и 4, *а*). Во многих случаях основная система получается проще всего комбинацией обоих описанных выше приемов.

Если в основной системе недостает некоторых связей, то взамен их прикладываются неизвестные внешние силы $X_1, X_2, \ldots, X_i, \ldots, X_k \ldots, X_n$; если в основной системе имеются добавочные связи, каждую из них представляют себе на время отброшенной, дают системе неизвестное по величине перемещение Δ по тому направлению, по которому отброшенная связь не позволяла перемещаться, и, вводя обратно связь, закрепляют систему в новом положении. Соответственным подбором сил $X_1, X_2, \ldots, X_n$ и перемещений $\Delta_{n+1}, \Delta_{n+2}, \ldots, \Delta_l, \ldots, \Delta_r, \ldots, \Delta_{n+m}$ можно заставить основную систему работать под влиянием заданной нагрузки, сил X и перемещений Δ точно так же, как работает заданная Ж. р. под одной только заданной нагрузкой. Перемещения основной системы, ее внутренние силы и опорные реакции при этом ничем не будут отличаться от тех же величин для заданной Ж. р. В частности все перемещения по направлению сил X и усилия в добавочных связях (усилия по направлению перемещений Δ) д. б. равны нулю. На основании принципа независимости действия сил условия эти можно написать в виде следующих канонических уравнений:

$$\left.\begin{array}{l}
X_1\delta_{11} + X_2\delta_{12} + \ldots + X_n\delta_{1n} + \Delta_{n+1}\delta_{1,n+1} + \Delta_{n+2}\delta_{1,n+2} + \ldots + \Delta_{n+m}\delta_{1,n+m} + \delta_{1,p} = 0 \\
X_1\delta_{21} + X_2\delta_{22} + \ldots + X_n\delta_{2n} + \Delta_{n+1}\delta_{2,n+1} + \Delta_{n+2}\delta_{2,n+2} + \ldots + \Delta_{n+m}\delta_{2,n+m} + \delta_{2,p} = 0 \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
X_1\delta_{n1} + X_2\delta_{n2} + \ldots + X_n\delta_{nn} + \Delta_{n+1}\delta_{n,n+1} + \Delta_{n+2}\delta_{n,n+2} + \ldots + \Delta_{n+m}\delta_{n,n+m} + \delta_{n,p} = 0
\end{array}\right\} n \text{ ур-ий}$$

$$\left.\begin{array}{l}
X_1x_{n+1,1} + X_2x_{n+1,2} + \ldots + X_nx_{n+1,n} + \Delta_{n+1}x_{n+1,n+1} + \Delta_{n+2}x_{n+1,n+2} + \ldots + \Delta_{n+m}x_{n+1,n+m} + x_{n+1,p} = 0 \\
X_1x_{n+2,1} + X_2x_{n+2,2} + \ldots + X_nx_{n+2,n} + \Delta_{n+1}x_{n+2,n+1} + \Delta_{n+2}x_{n+2,n+2} + \ldots + \Delta_{n+m}x_{n+2,n+m} + x_{n+2,p} = 0 \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
X_1x_{n+m,1} + X_2x_{n+m,2} + \ldots + X_nx_{n+m,n} + \Delta_{n+1}x_{n+m,n+1} + \Delta_{n+2}x_{n+m,n+2} + \ldots + \Delta_{n+m}x_{n+m,n+m} + x_{n+m,p} = 0
\end{array}\right\} m \text{ ур-ий}$$

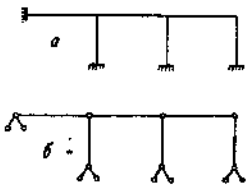
Здесь: δ_{ik}—перемещение по направлению X_i, вызываемое силой $X_k = 1$; δ_{ir}—перемещение по направлению X_i, вызываемое перемещением $\Delta_r = 1$, x_{lk}—усилие по направлению Δ_l, вызываемое силой $X_k = 1$; x_{lr}—усилие по направлению Δ_l, вызываемое перемещением $\Delta_r = 1$; δ_{ip}—перемещение по направлению X_i, вызываемое заданной нагрузкой; x_{lp}—усилие по направлению Δ_l, вызываемое заданной нагрузкой. Число канонич. ур-ий $(n+m)$ равно числу неизвестных сил и перемещений, а следовательно достаточно для их определения.

По вычислении всех неизвестных можно определить для любого сечения заданной системы величины поперечной или продольной силы, изгибающего момента, угла поворота или прогиба, суммируя влияния на основную систему вычисленных уже сил X, перемещений Δ и нагрузки, на к-рую требуется рассчитать заданную Ж. р. Изгибающий момент в сечении s, напр. равен

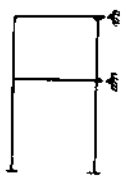
$$M_s = M_{s1}X_1 + M_{s2}X_2 + \ldots + M_{sn}X_n + M_{s,n+1}\Delta_{n+1} + M_{s,n+2}\Delta_{n+2} + \ldots + M_{s,n+m}\Delta_{n+m} + M_{sp},$$

где M_s—изгибающий момент в сечении s заданной системы, вызываемый нагрузкой; M_{si}—изгибающий момент в сечении s основной системы, вызываемый силой $X_i = 1$; M_{sr}—изгибающий момент в том же сечении основной системы, вызываемый перемещением $\Delta_r = 1$, и M_{sp}—изгибающий момент в том же сечении основной системы, вызываемый заданной нагрузкой. Расчет Ж. р. сводится т. о. к расчету основной системы. В качестве элементов основной системы можно пользоваться не только статически определимыми системами и балками, заделанными на обоих концах или на одном конце; для этой цели пригодна вообще любая такая система, к-рая при помощи простейших приемов или готовых таблиц и ф-л м. б. легко рассчитана на любую нагрузку и на каждое из смещений ее концов и опор, к-рым ее приходится подвергать в процессе расчета заданной Ж. р. Нек-рые Ж. р. добавлением одной дополнительной связи удается превратить в неразрезные балки на упруго поворачивающихся опорах (см. *Балки неразрезные*). Такой неразрезной балкой можно воспользоваться как основной системой, рассчитав ее кроме заданной нагрузки еще и на боковое смещение ее ригеля. Вообще же основная система д. б. выбрана т. о., чтобы число неизвестных было возможно меньше,

чтобы возможно большее число коэф-тов канонич. ур-ий обращалось в нуль и чтобы коэф-ты, не обращающиеся в нуль, определялись возможно проще. Чтобы с удобством пользоваться в качестве элементов основной системы статически неопределимыми однопролетными балками, необходимо озаботиться неподвижностью тех узлов основной системы, к к-рым эти балки примыкают. Поэтому приобретает особое значение вопрос о возможных упругих перемещениях узлов



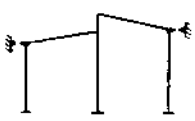
Фиг. 5.



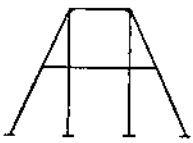
Фиг. 6.

рамных конструкций. Деформациями, зависящими от продольных сил, и тем более изменением расстояний между узлами вследствие искривления соединяющих эти узлы первоначально прямых стержней обычно пренебрегают, а расстояния между узлами рам, соединенными прямыми стержнями, принимают поэтому неизменными. Для определения возможных перемещений узлов рамы надо во всех узлах и во всех точках перелома стержней поместить шарниры и исследовать перемещения полученной т. о. шарнирно-стержневой системы. Шарнирная схема Ж. р. может оказаться изменяемой, статически определимой и неизменяемой наконец, статически неопределимой. В исключительных случаях может оказаться одновременная статическая неопределимость и изменяемость системы. Если шарнирная схема рамы статически неопределима, расчет рамы вообще не может быть доведен до конца без учета деформаций, вызываемых продольными силами.

Изменяемые системы разделяются по степени их изменяемости, т. е. по числу связей, к-рое необходимо добавить для превращения изменяемых систем в неизменяемые. Раму, шарнирная схема к-рой n-кратно изменяема, называют n-ярусной рамой. Шарнирная схема (фиг. 5, *б*) рамы, изображенной на фиг. 5, *а*,—неизменяема; узлы такой рамы неподвижны, ярусность ее равна нулю. На фиг. 6 и 7 изображены двухъярусные рамы; для превращения их шарнирных схем в неизменяемые достаточно добавить по два стержня, изображенных пунктиром. Рама на фиг. 8 одноярусная, но ее шарнирная схема



Фиг. 7.



Фиг. 8.

не только изменяема, но и статически неопределима, поэтому при расчете необходимо учесть деформации от продольных сил. Чем выше ярусность рамы, тем менее выгодно выбирать основную систему, состоящую из однопролетных статически неопределимых балок.

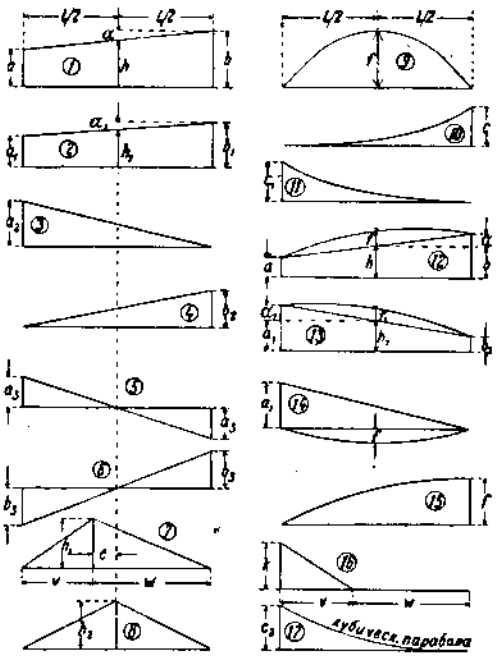
При определении коэф-тов канонических ур-ий следует иметь в виду, что они по абсолютной величине попарно равны друг другу. На основании теорем взаимности

$$\delta_{ik} = \delta_{ki};\ x_{ir} = x_{ri};\ \delta_{ir} = -x_{ri}.$$

Поэтому достаточно вычислить только половину побочных коэф-тов. Систему канонич. ур-ий (для облегчения решения) можно переписать т. о., чтобы коэф-ты ее были симметричны. Для этого достаточно изменить знаки во всех членах всех ур-ий, начиная с $(n+1)$-го. Коэф-ты и свободные члены δ, представляющие собой перемещения по направлению неизвестных сил, например X_i, и вызываемые тоже силами, вычисляются по теореме Мора:

$$\delta_{ik} = \int \frac{M_i M_k}{EI}\, ds,$$

где M_i—изгибающий момент в основной системе, вызываемый силой $X_i = 1$; M_k—изгибающий момент в той же системе, соответствующий той нагрузке, которая вызывает



Фиг. 9.

искомое перемещение; EI—жесткость стержней Ж. р. Интеграл берется по всем стержням системы. При вычислении интегралов можно воспользоваться табл. 1; схемы к таблице даны на фиг. 9. Цифры, помещенные в первых двух столбцах, означают номера схем, соответствующих очертанию эпюр M_i и M_k на том стержне, для которого вычисляется интеграл.

Коэфициенты x, представляющие собой усилия, возникающие по направлению неизвестных перемещений (напр. Δ_r) под влиянием перемещений опор основной системы, также м. б. определены по теореме Мора:

$$x_{ri} = \int \frac{M_r M_i}{EI}\, ds,$$

Табл. 1.—Вычисление интеграла Мора.

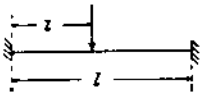
i	k	$\int M_i M_k\, ds$
1	1	$\frac{l}{3}(a^2+ab+b^2)=l\left(h^2+\frac{a^2}{3}\right)$
1	2	$\frac{l}{6}[a(2a_1+b_1)+b(2b_1+a_1)]=$ $=\frac{l}{6}[a_1(2a+b)+b_1(2b+a)]=$ $=l\left(hh_1+\frac{aa_1}{3}\right)=\frac{l}{6}(aa_1+4hh_1+bb_1)$
1	3	$\frac{la_2}{6}(2a+b)$
1	5	$\frac{la_3}{6}(a-b)$
1	6	$-\frac{lb_3}{6}(a-b)$
1	7	$\frac{h_1}{2}\left(lh-\frac{2ae}{3}\right)-\frac{h_1}{6}[a(l+w)+b(l+v)]$
1	8	$\frac{hh_2}{2}l$
1	9	$\frac{2fhl}{3}$
1	10	$\frac{cl}{12}(3b+a)$
1	11	$\frac{c_1l}{12}(3a+b)$
1	13	$l\left(hh_1+\frac{aa_1-f_1h}{3}\right)=\frac{l}{6}(aa_1+4hh_1+bb_1)$
1	14	$\frac{l}{6}[a_1(2a+b)+4f_1h]$
1	15	$\frac{fl}{6}(b+3h)=\frac{fl}{12}(3a+5b)$
1	16	$\frac{hv}{2}\left(a+\frac{2va}{3l}\right)$
1	17	$\frac{c_2l}{20}(4a+b)$
3	3	$\frac{la_2^2}{3}$
3	4	$\frac{la_2b_2}{6}$
3	5	$\frac{la_2a_3}{6}$
3	6	$-\frac{la_2b_3}{6}$
3	7	$\frac{h_1a_2}{6}(l+w)$
3	8	$\frac{h_2a_2l}{4}$
3	9	$\frac{fa_2l}{3}$
3	10	$\frac{cla_2}{12}$
3	11	$\frac{c_1la_2}{4}$
3	12	$\frac{la_2}{6}(a+2h)$
3	14	$\frac{a_2l}{3}(a_1+f)$
3	15	$\frac{a_2fl}{4}$
3	17	$\frac{a_2c_2l}{5}$
4	7	$\frac{h_1b_2}{6}(l+v)$
4	12	$\frac{lb_2}{6}(b+2h)$
4	14	$\frac{lb_2}{6}(a_1+2f)$
4	15	$\frac{5b_2fl}{12}$
4	16	$\frac{kb_2v^2}{6l}$
4	17	$\frac{b_2c_2l}{20}$
5	5	$\frac{a_3^2l}{3}$
5	6	$-\frac{a_3b_3l}{3}$
5	7	$\frac{a_3h_1l}{3}$
5	10	$-\frac{la_3c}{6}$
5	15	$-\frac{la_3f}{6}$
5	17	$\frac{3la_3c_2}{20}$
7	7	$\frac{h_1^2l}{3}$
7	8	$\frac{h_1h_2l}{2w}\left(\frac{l}{2}-\frac{2v^2}{3l}\right)$
7	9	$\frac{lfh_1}{3}\left(1+\frac{vw}{l^2}\right)$
7	10	$\frac{h_1c}{12}\left(3v+\frac{w^2}{l}\right)$
7	15	$\frac{h_1f}{12}\left(3l+3v-\frac{v^2}{l}\right)$
8	9	$\frac{5fh_2l}{12}$
9	9	$\frac{8f^2l}{15}$
9	10	$\frac{cfl}{5}$
10	10	$\frac{c^2l}{5}$
10	11	$\frac{cc_1l}{30}$
10	16	$\frac{ckv^3}{12l^2}$
11	16	$\frac{kvc_1}{12l^2}(6l^2-4lv+v^2)$
12	12	$l\left[h^2+\frac{a^2-2fl}{3}+\frac{f^2}{5}\right]$
12	13	$l\left[hh_1+\frac{aa_1-fh_1-f_1h}{3}+\frac{ff_1}{5}\right]$
12	17	$\frac{c_2l}{5}\left(a+\frac{b}{4}+\frac{2}{3}f\right)$
17	17	$\frac{c_2^2l}{7}$

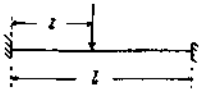
где M_r—изгибающий момент в основной системе, соответствующий перемещению $\Delta_r=1$; M_l—изгибающий момент в той же системе, соответствующий перемещению Δ_l, вызывающему усилие x_{lq}. Часто неличины x можно найти и проще—непосредственным определением усилий в дополнительных связях основной системы.

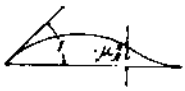
Усилия в связях, вызываемые силами X_i или заданной нагрузкой, и перемещения по направлению неизвестных сил, соответствующие перемещениям Δ_r, не м. б. определены по теореме Мора и вычисляются непосредственно—расчетом основной системы. Для балок, заделанных на одном или двух концах, применяемых в основных системах особенно часто, можно воспользоваться данными фиг. 10.

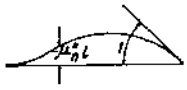
Для сосредоточенных грузов и других нагрузок можно воспользоваться линиями влияния опорных моментов. Вычисление ординат линий влияния опорных моментов балки, заделанной двумя концами, можно произвести, пользуясь данными табл. 2. При вычислении ординат линий влияния опорного момента балок, заделанных на одном и опертых на другом конце, можно пользоваться данными табл. 3.

Табл. 2.—Значения ξ, $\mu''_л$. и $\mu''_п$. для балок, заделанных двумя концами.









Линия влияния левого опорного момента

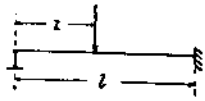
Линия влияния правого опорного момента

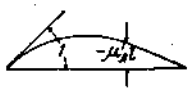
$$\mu''_л. = \frac{z}{l}\left(1-\frac{z}{l}\right)^2 = \xi(1-\xi)^2 \qquad \mu''_п. = \frac{z^2}{l^2}\left(1-\frac{z}{l}\right) = \xi^2(1-\xi)$$

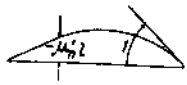
$\xi = \frac{z}{l}$	$\mu''_л$.	$\mu''_п$.	
0,00	0,0000	0,0000	1,00
0,01	0,0098	0,0001	0,99
0,02	0,0192	0,0004	0,98
0,03	0,0282	0,0009	0,97
0,04	0,0369	0,0015	0,96
0,05	0,0451	0,0024	0,95
0,06	0,0530	0,0034	0,94
0,07	0,0605	0,0046	0,93
0,08	0,0677	0,0059	0,92
0,09	0,0745	0,0074	0,91
0,10	0,0810	0,0090	0,90
0,11	0,0871	0,0108	0,89
0,12	0,0929	0,0127	0,88
0,13	0,0984	0,0147	0,87
0,14	0,1035	0,0169	0,86
0,15	0,1084	0,0191	0,85
0,16	0,1129	0,0215	0,84
0,17	0,1171	0,0240	0,83
0,18	0,1210	0,0266	0,82
0,19	0,1247	0,0292	0,81
0,20	0,1280	0,0320	0,80
0,21	0,1311	0,0348	0,79
0,22	0,1338	0,0378	0,78
0,23	0,1364	0,0407	0,77
0,24	0,1386	0,0438	0,76
0,25	0,1406	0,0469	0,75
0,26	0,1424	0,0500	0,74
0,27	0,1439	0,0532	0,73
0,28	0,1452	0,0564	0,72
0,29	0,1462	0,0597	0,71
0,30	0,1470	0,0630	0,70
0,31	0,1476	0,0663	0,69
0,32	0,1480	0,0696	0,68
0,33	0,1481	0,0729	0,67
0,34	0,1481	0,0763	0,66
0,35	0,1479	0,0796	0,65
0,36	0,1475	0,0829	0,64
0,37	0,1469	0,0862	0,63
0,38	0,1461	0,0895	0,62
0,39	0,1451	0,0928	0,61
0,40	0,1440	0,0960	0,60
0,41	0,1427	0,0992	0,59
0,42	0,1413	0,1023	0,58
0,43	0,1397	0,1054	0,57
0,44	0,1380	0,1084	0,56
0,45	0,1361	0,1114	0,55
0,46	0,1341	0,1143	0,54
0,47	0,1320	0,1171	0,53
0,48	0,1298	0,1198	0,52
0,49	0,1274	0,1225	0,51
0,50	0,1250	0,1250	0,50
	$\mu''_п$.	$\mu''_л$.	$\xi = \frac{z}{l}$

Симметричные Ж. р. допускают значительное упрощение решения. Всякую нагрузку, действующую на такую Ж. р., можно разложить на две части: симметричную и обратно симметричную. Пример такого разложения показан на фиг. 11. Из этого примера видно, что обе частные нагрузки в сумме дают заданную; кроме того от симме-

Табл. 3.—Значения ξ, $\mu'_л$. и $\mu'_п$. для балок, заделанных на одном и опертых на другом конце.







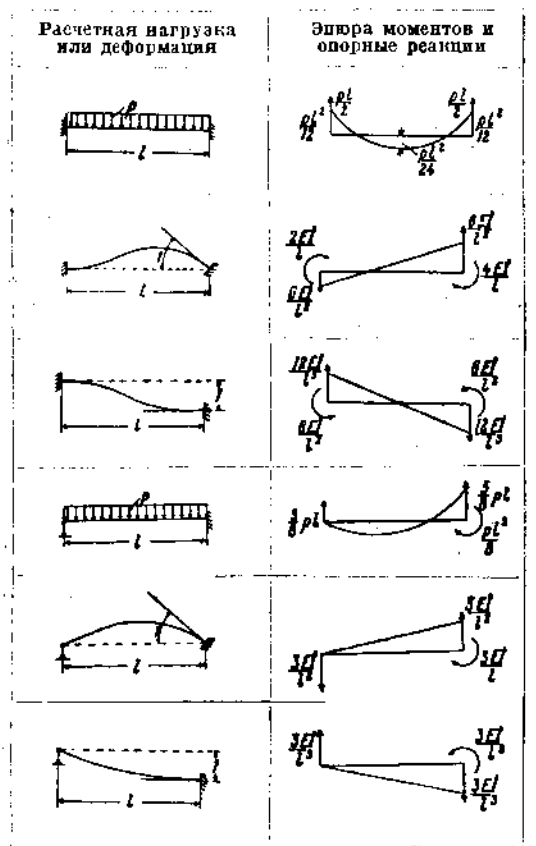
Линия влияния опорного момента при заделке на левом конце

Линия влияния опорного момента при заделке на правом конце

$$\mu'_л. = \frac{1}{2}\frac{z}{l}\left(1-\frac{z}{l}\right)\left(2-\frac{z}{l}\right) = \frac{1}{2}\xi(1-\xi)(2-\xi) \qquad \mu'_п. = \frac{1}{2}\frac{z}{l}\left(1-\frac{z^2}{l}\right) = \frac{2}{1}\xi(1-\xi^2)$$

$\xi = \frac{z}{l}$	$\mu'_л$.	$\mu'_п$.	
0,00	0,0000	0,0000	1,00
0,01	0,0099	0,0049	0,99
0,02	0,0194	0,0099	0,98
0,03	0,0287	0,0149	0,97
0,04	0,0376	0,0199	0,96
0,05	0,0463	0,0249	0,95
0,06	0,0547	0,0299	0,94
0,07	0,0628	0,0348	0,93
0,08	0,0707	0,0397	0,92
0,09	0,0782	0,0446	0,91
0,10	0,0855	0,0495	0,90
0,11	0,0925	0,0543	0,89
0,12	0,0993	0,0591	0,88
0,13	0,1057	0,0639	0,87
0,14	0,1119	0,0686	0,86
0,15	0,1179	0,0733	0,85
0,16	0,1236	0,0779	0,84
0,17	0,1291	0,0825	0,83
0,18	0,1343	0,0871	0,82
0,19	0,1393	0,0916	0,81
0,20	0,1440	0,0960	0,80
0,21	0,1485	0,1004	0,79
0,22	0,1527	0,1047	0,78
0,23	0,1567	0,1089	0,77
0,24	0,1605	0,1131	0,76
0,25	0,1640	0,1172	0,75
0,26	0,1674	0,1212	0,74
0,27	0,1705	0,1251	0,73
0,28	0,1734	0,1290	0,72
0,29	0,1760	0,1328	0,71
0,30	0,1785	0,1365	0,70
0,31	0,1807	0,1401	0,69
0,32	0,1828	0,1432	0,68
0,33	0,1846	0,1470	0,67
0,34	0,1863	0,1503	0,66
0,35	0,1877	0,1536	0,65
0,36	0,1889	0,1567	0,64
0,37	0,1900	0,1597	0,63
0,38	0,1908	0,1625	0,62
0,39	0,1915	0,1653	0,61
0,40	0,1920	0,1680	0,60
0,41	0,1923	0,1705	0,59
0,42	0,1924	0,1730	0,58
0,43	0,1924	0,1752	0,57
0,44	0,1922	0,1774	0,56
0,45	0,1918	0,1794	0,55
0,46	0,1913	0,1813	0,54
0,47	0,1905	0,1831	0,53
0,48	0,1897	0,1847	0,52
0,49	0,1887	0,1862	0,51
0,50	0,1875	0,1875	0,50
	$\mu'_п$.	$\mu'_л$.	$\xi = \frac{z}{l}$

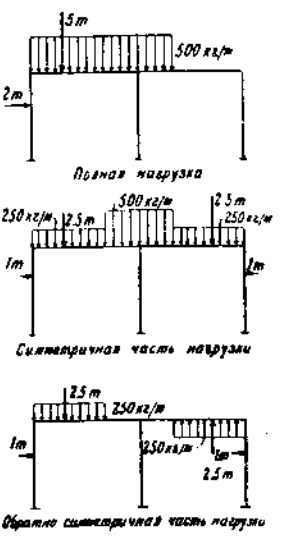
тричной нагрузки все явления в Ж. р. будут симметричные, т. е., если например в каком-нибудь сечении происходит растяжение, то и в симметрично расположенном сечении тоже будет растяжение; если какое-нибудь сечение перемещается при деформации по направлению к оси симметрии, то и симметричное сечение перемещается к оси симметрии. При обратно симметричной нагрузке, наоборот, растяжению какого-либо сечения соответствует сжатие в сечении, ему симметричном, перемещению точки к оси симметрии Ж. р.—перемещение от оси симметрии для симметрично расположенной точки. Поэтому для каждой из частичных нагрузок число неизвестных в системе будет значительно меньше, чем при произвольной нагрузке. Если при выбранной уже основной системе общее число неизвестных для решения рамы равно m, то при решении на симметричную нагрузку будет всего $p < m$ неизвестных, а при решении на обратно симметричную нагрузку $m - p$ неизвестных. Благодаря разложению нагрузок решение системы m совместных ур-ий заменяется решением двух



Фиг. 10.

независимых систем ур-ий общим числом m, что значительно проще. Пусть напр. требуется рассчитать Ж. р. (фиг. 12, а) на два сосредоточенных груза по 3 m. Размеры рамы и моменты инерции стержней приведены на чертеже. Для расчета абсолютные значения жесткостей стержней EI не играют роли, важно лишь соотношение $\frac{EI_1}{EI_2}$ жесткостей стержней. Поэтому жесткости заменены пропорциональными им числами, приведенными на фиг. 12, б. Основную систему удобно выбрать по фиг. 12, б, т. е. разрезать верхний этаж Ж. р. в коньке, ригель нижнего этажа закрепить от боковых смещений горизонтальными стержнями, а узлы A и A' закрепить от поворота. Верхняя часть основной системы статически определима, а нижняя состоит из балок, заделанных обоими концами. При произвольной нагрузке следовало бы в разрезе приложить три неизвестные силы (три компонента силы взаимодействия сечений, разделенных разрезом), ригелю рамы следовало бы дать боковое смещение и повернуть узлы A и A'. Всего было бы шесть неизвестных; из них—три силы и три перемещения. Благодаря симметрии нагрузки можно сказать заранее, что вертикальная составляющая силы взаимодействия в коньке и боковое смещение ригеля будут равны нулю, а узлы A и A' повернутся навстречу друг другу на одинаковый угол.

Так. обр. остаются всего три неизвестных. Выберем их так: добавим мысленно в месте разреза абсолютно жесткие стержни, опускающиеся до нижнего ригеля, и представим себе, что связь между разделенными разрезом сечениями осуществляется через нижние концы этих стержней. Связь обоих сечений была бы при этом не менее полной. Теперь можно неизвестные силы взаимодействия между частями верхнего этажа приложить к концам жестких стержней. Назовем горизонтальную составляющую силы X_1, а момент—X_2. Третьей неизвестной будет угол поворота узла A, к-рый обозначим через Δ_3 (угол поворота узла A' по симметрии имеет ту же величину). При действии на основную систему сил $X_1 = 1$ и моментов $X_2 = 1$ получаются эпюры моментов, изображенные на фиг. 12, в и 12, г. При повороте узлов A и A' навстречу друг другу на угол $\Delta_3 = 1$ рама получит деформацию, изображенную на фиг. 12, д. Вычислим изгибающие моменты, соответствующие этой деформации. Для ригеля (по таблице опорных моментов балки, заделанной двумя концами) находим момент на левой опоре: от поворота левого узла



Фиг. 11.

$$\frac{4EI}{l} = \frac{4 \cdot 50}{10} = 20,$$

от поворота правого узла

$$-\frac{2EI}{l} = -\frac{2 \cdot 50}{10} = -10,$$

от одновременного поворота узлов

$$M = +10.$$

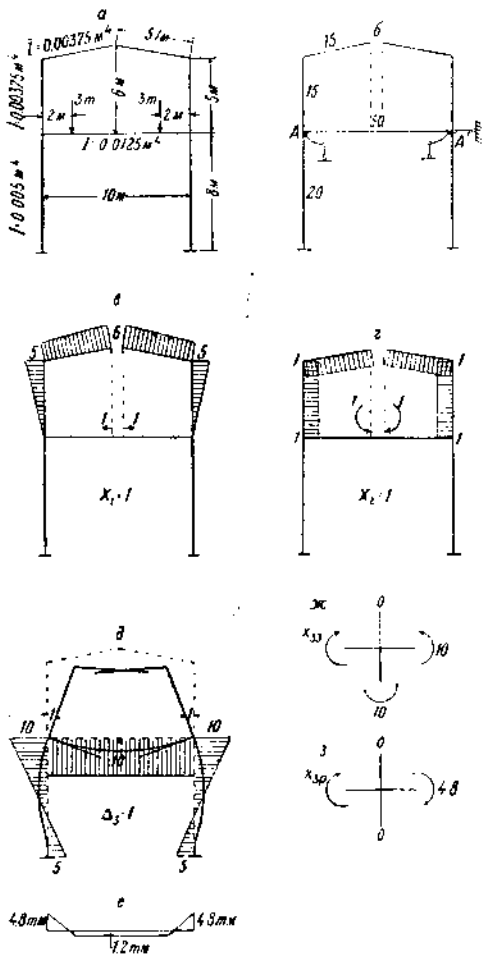
Для верха стойки под влиянием его поворота момент равен

$$\frac{4EI}{l} = \frac{4 \cdot 20}{8} = 10;$$

для нижнего конца стойки

$$\frac{2EI}{l} = \frac{2 \cdot 20}{8} = 5.$$

По этим значениям моментов построена эпюра фиг. 12, д, причем, как и во всех остальных случаях, ординаты эпюры отложены со



Фиг. 12.

стороны растянутого волокна. Построим наконец эпюру моментов в основной системе от заданной нагрузки. Благодаря закреплению узлов эпюра занимает только нагруженный стержень. По линиям влияния, для $\xi = 0{,}2$ и $\xi = 0{,}8$, находим опорный момент:

$$M = -3 \cdot 10\,(0{,}128 + 0{,}032) = -4{,}8 \text{ тм}.$$

Эпюра показана на фиг. 12, е.

Теперь можно перейти к вычислению коэфициентов и свободных членов ур-ий. Благодаря симметрии можно ограничиться рассмотрением половины Ж. р. Для вычисления перемещения δ_{11} интегрируем эпюру для $X_i = 1$; пользуясь таблицей для вычисления интегралов Мора (схемы 1-1 и 3-3), находим:

$$\delta_{11} = \frac{1}{15}\left[\frac{5{,}1}{3}(5^2 + 5 \cdot 6 + 6^2) + \frac{5 \cdot 5^2}{3}\right] = 13{,}1.$$

Для δ_{12} интегрируем эпюры $X_1 = 1$ и $X_2 = 1$; по схемам 1-2 и 1-3 находим:

$$\delta_{12} = -\frac{1}{15}\left[\frac{5{,}1}{2}(5 + 6) + \frac{5 \cdot 5}{2}\right] = -2{,}7.$$

Из эпюры для $X_2 = 1$ по схемам 1-1 и 1-1:

$$\delta_{22} = \frac{1}{15}(5 + 5{,}1) = 0{,}67.$$

Для определения момента x_{33}, развивающегося в закреплении узла A, при его повороте на угол $\Delta_3 = 1$, вырежем этот узел (фиг. 12, *ж*) и составим для него уравнение моментов:

$$x_{33} = 10 + 10 = 20.$$

Коэф-ты x_{31} и x_{32} находим аналогично, причем благодаря переносу сил X на концы жестких стержней получается:

$$x_{31} = -\delta_{13} = 0 \text{ и } x_{32} = -\delta_{23} = 1.$$

Подобным же образом определяются и свободные члены (фиг. 12, *з*):

$$\delta_{1p} = 0; \quad \delta_{2p} = 0 \text{ и } x_{3p} = +4{,}8.$$

В результате получим такие канонич. ур-ия:

$$13{,}1X_1 - 2{,}7X_2 = 0; \quad -2{,}7X_1 + 0{,}67X_2 - \Delta_3 = 0;$$
$$-X_2 - 20\Delta_3 - 4{,}8 = 0.$$

Решение системы канонических уравнений. Каждое из неизвестных, входящих в канонич. ур-ия, можно представить в виде линейных ф-ий свободных членов этих ур-ий. Если такое выражение найдено, вычисление значений неизвестных не представляет никаких затруднений. Поэтому основная задача при решении ур-ий состоит в определении значений коэф-тов ψ в ф-лах:

$$X_i = \psi_{1i}\delta_{1p} + \psi_{2i}\delta_{2p} + \ldots + \psi_{ii}\delta_{ip} + \ldots +$$
$$+ \psi_{ni}\delta_{np} - \psi_{n+1,i}x_{n+1,p} - \ldots - \psi_{ki}x_{kp} -$$
$$- \ldots - \psi_{n+m,i}\delta_{n+m,p};$$
$$\Delta_k = \psi_{1k}\delta_{1p} + \psi_{2k}\delta_{2p} + \ldots + \psi_{ik}\delta_{ip} + \ldots +$$
$$+ \psi_{nk}\delta_{np} - \psi_{n+1,k}x_{n+1,p} - \ldots - \psi_{kk}\delta_{kp} -$$
$$- \ldots - \psi_{n+m,k}\delta_{n+m,p}.$$

Коэф-ты $\psi_{1i}, \psi_{2i}, \ldots, \psi_{ii}, \ldots, \psi_{ni}$ представляют собою те силы, а коэф-ты $\psi_{n+1,i}, \ldots, \psi_{ki}, \ldots, \psi_{n+m,i}$—те перемещения, к-рые надо приложить к основной системе по направлениям неизвестных сил $X_1, X_2, \ldots, X_i, \ldots, X_n$ и неизвестных перемещений $\Delta_{n+1}, \ldots, \Delta_k, \ldots, \Delta_{n+m}$ для получения линии прогиба, в виде линии влияния неизвестной силы X_i. Аналогично этому коэф-ты $\psi_{1k}, \psi_{2k}, \ldots, \psi_{ik}, \ldots, \psi_{nk}, \psi_{n+1,k}, \ldots, \psi_{kk}, \ldots, \psi_{n+m,k}$ представляют собой значения тех сил и перемещений, которые надо приложить к основной системе по направлениям неизвестных сил и перемещений, чтобы линия прогиба представляла собою линию влияния перемещения Δ_k. На основании теорем взаимности между парами коэф-тов существует равенство $\psi_{ik} = \psi_{ki}$. Равенство это справедливо, когда обе неизвестные величины с индексами i, k—силы, когда эти неизвестные—перемещения, а также когда одна из неизвестных—сила, другая—перемещение. Для нахождения величин ψ рекомендуется следующий путь: переход от основной системы к заданной Ж. р. совершается постепенно путем изучения ря-

да промежуточных систем. Первая промежуточная система получается из основной введением первой неизвестной: если первая неизвестная—сила, то вводит первую связь, если же это—перемещение, то выбрасывают соответствующую связь. Аналогично этому, введением, кроме первой, еще и второй неизвестной получается вторая промежуточная система, затем третья и т. д. Если число неизвестных равно $n+m$, то последней промежуточной системой является $(n+m-1)$-я; с введением последней неизвестной получается заданная Ж. р. Так если при расчете Ж. р. (фиг. 13, *а*) принята основная система по фиг. 13, *б*, то промежуточных систем будет всего две (фиг. 13, *в* и 13, *г*).

Обозначим далее: через ζ_{ik}—усилие в последней из введенных связей (или перемещение по направлению последней из выброшенных связей) в i-й промежуточной системе, вызываемое силой $X_k=1$ (или перемещением $\Delta_k=1$, если k-я неизвестная — перемещение); через η_{ik}—усилие по направлению X_i (или перемещение по направлению Δ_i), вызываемое в $(k-1)$-й промежуточной системе силой $X_k=1$ (или перемещением $\Delta_k=1$); через $\delta_{i(i)}$—перемещение по направлению X_i (если i-я неизвестная — сила), вызываемое в $(i-1)$-й промежуточной системе силой $X_i=1$; через $x_{i(i)}$—усилие по направлению Δ_i (если i-я неизвестная—перемещение), возникающее в $(i-1)$-й промежуточной системе при $\Delta_i=1$. Ниже для простоты рассматривается случай, когда все неизвестные—силы. Если часть неизвестных—перемещения, то следует только заменить силы X перемещениями Δ, а перемещения по направлению сил X заменить усилиями по направлению перемещений Δ, взятыми со знаком минус, т. е. вместо δ писать $-x$. Дальнейшее изложение опирается на построение линий влияния неизвестных. Для построения линии влияния первой неизвестной в 1-й промежуточной системе следовало бы дать по направлению X_1 перемещение, равное (-1). Если по направлению X_1 приложить в основной системе силу, равную единице, получим линию прогиба, подобную линии влияния X_1 в 1-й промежуточной системе (модель линии влияния), причем перемещение по направлению X_1 равно δ_{11} (фиг. 14). Для получения самой линии влияния надо по направлению X_1 приложить силу φ_{11} равную $-\frac{1}{\delta_{11}}$. Ординаты линий влияния (фиг. 15, *а*) равны:

$$\zeta_{12}=\varphi_{11}\delta_{21};\quad \zeta_{13}=\varphi_{11}\delta_{31};$$

(в общем случае имеем: $\zeta_{14}=\varphi_{11}\delta_{41}, \ldots, \zeta_{1n}=\varphi_{11}\delta_{n1}$). Зная влияние всех сил X на усилие в 1-й связи 1-й промежуточной системы, можно перейти ко 2-й промежуточной системе. Сила $X_2=1$, приложенная к 1-й промежуточной системе, вызывает в 1-й связи этой системы усилие $\eta_{12}=\zeta_{12}$. Реакцию 1-го стержня можно заменить внешней силой η_{12} и рассматривать совокупность двух сил—силы, равной 1 и действующей по направлению X_2, и силы, равной η_{12} и действующей по направлению X_1—как группу сил или обобщенную силу $Y_2=1$, действующую на основную систему (фиг. 14). Тогда

$$\delta_{2(2)}=1\cdot\delta_{22}+\eta_{12}\delta_{21}.$$

Чтобы получить линию влияния X_2 во 2-й промежуточной системе, надо приложить вместо $Y_2=1$ группу Φ_2, состоящую из сил

$$\varphi_{22}=-\frac{1}{\delta_{2(2)}}\quad\text{и}\quad \varphi_{12}=-\eta_{12}\varphi_{22}.$$

Отсюда (фиг. 15, *б*)

$$\zeta_{23}=\varphi_{22}\delta_{32}+\varphi_{12}\delta_{31},$$

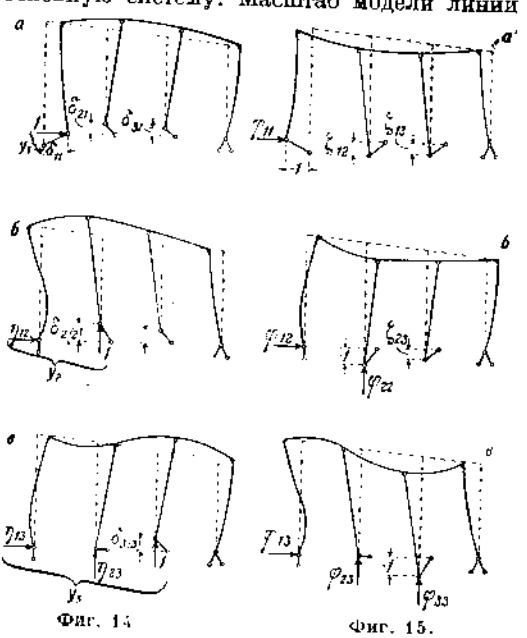
и в общем случае еще

$$\zeta_{24}=\varphi_{22}\delta_{42}+\varphi_{12}\delta_{41},$$
$$\cdots\cdots\cdots$$
$$\zeta_{2n}=\varphi_{22}\delta_{n2}+\varphi_{12}\delta_{n1}.$$

Под влиянием силы $X_3=1$, действующей на 2-ю промежуточную систему, в стержне 2-м возникает усилие $\eta_{23}=\zeta_{23}$, а в стержне 1-м—усилие

$$\eta_{13}=1\cdot\zeta_{13}+\eta_{23}\zeta_{12}.$$

Совокупность сил 1, η_{23} и η_{13} рассматривается как группа $Y_3=1$, действующая на основную систему. Масштаб модели линии



Фиг. 14 Фиг. 15.

влияния силы X_3 в 3-й промежуточной системе, т. е. перемещение $\delta_{3(3)}$ определяется по формуле:

$$\delta_{3(3)}=\delta_{33}+\eta_{23}\delta_{32}+\eta_{13}\delta_{31}.$$

В общем случае, переходя т. п. от одной промежуточной системы к другой, находят наконец силы ψ для последней неизвестной X_n уже в заданной Ж. р.:

$$\psi_{nn}=\varphi_{nn}=-\frac{1}{\delta_{n(n)}};$$
$$\psi_{n-1,n}=\varphi_{n-1,n}=-\eta_{n-1,n}\varphi_{nn};$$
$$\cdots\cdots\cdots$$
$$\psi_{2n}=\varphi_{2n}=-\eta_{2n}\varphi_{nn};$$
$$\psi_{1n}=\varphi_{1n}=-\eta_{1n}\varphi_{nn}.$$

Линии влияния для сил X и промежуточных системах представляют собой в то же время

линии влияния групп Y в основной системе. Между силами X, действующими на основную систему, и группами существует простая зависимость (фиг. 14):

$$X_n = Y_n;$$
$$X_{n-1} = Y_{n-1} + \eta_{n-1,n} Y_n;$$
$$X_{n-2} = Y_{n-2} + \eta_{n-2,n-1} Y_{n-1} + \eta_{n-2,n} Y_n;$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$X_2 = Y_2 + \eta_{23} Y_3 + \eta_{24} Y_4 + \ldots + \eta_{2,n-1} Y_{n-1} + \eta_{2n} Y_n;$$
$$X_1 = Y_1 + \eta_{12} Y_2 + \eta_{13} Y_3 + \ldots + \eta_{1,n-1} Y_{n-1} + \eta_{1n} Y_n.$$

Для случая фиг. 14 и 15 следует подставить $n = 3$.

На основании этих ф-л, для вычисления величин ψ, относящихся к $(n-1)$-й неизвестной, следует к величинам $\varphi_{n-1,i}$ прибавить величины $\varphi_{ni}\eta_{n-1,n}$:

$$\psi_{n-1,n-1} = \varphi_{n-1,n-1} + \eta_{n-1,n}\varphi_{n-1,n};$$
$$\psi_{n-2,n-1} = \varphi_{n-2,n-1} + \eta_{n-1,n}\varphi_{n-2,n};$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\psi_{2,n-1} = \varphi_{2,n-1} + \eta_{n-1,n}\varphi_{2n};$$
$$\psi_{1,n-1} = \varphi_{1,n-1} + \eta_{n-1,n}\varphi_{1n}.$$

Кроме того $\psi_{n,n-1} = \psi_{n-1,n}$.

Для $(n-2)$-й неизвестной:

$$\psi_{n-2,n-2} = \varphi_{n-2,n-2} + \eta_{n-2,n-1}\varphi_{n-2n-1} + \eta_{n-2,n}\varphi_{n-2,n};$$
$$\psi_{n-3,n-2} = \varphi_{n-3,n-2} + \eta_{n-2,n-1}\varphi_{n-3,n-1} + \eta_{n-2,n}\varphi_{n-3,n};$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\psi_{2,n-2} = \varphi_{2,n-2} + \eta_{n-2,n-1}\varphi_{2,n-1} + \eta_{n-2,n}\varphi_{2n};$$
$$\psi_{1,n-2} = \varphi_{1,n-2} + \eta_{n-2,n-1}\varphi_{1,n-1} + \eta_{n-2,n}\varphi_{1n}$$

и

$$\psi_{n-1,n-2} = \psi_{n-2,n-1};\ \psi_{n,n-2} = \psi_{n-2,n}.$$

Для первой неизвестной:

$$\psi_{11} = \varphi_{11} + \eta_{12}\varphi_{12} + \eta_{13}\varphi_{13} + \ldots + \eta_{1,n-1}\varphi_{1,n-1} + \eta_{1n}\varphi_{1n}.$$

Остальные неизвестные определяются из равенства $\psi_{i1} = \psi_{1i}$.

Для проверки вычислений применяются следующие контрольные равенства:

$$\delta_{i-1,i} = \delta_{i-1,i}\cdot 1 + \delta_{i-1,i-1}\eta_{i-1,i} + \delta_{i-1,i-2}\eta_{i-2,i} + \ldots + \delta_{i-1,2}\eta_{2i} + \delta_{i-1,1}\eta_{1i} = 0;$$
$$\eta_{ik} = \zeta_{ik} + \eta_{i,k-1}\zeta_{k-1,k} + \eta_{i,k-2}\zeta_{k-2,k} + \ldots + \eta_{i,i+2}\zeta_{i+2,k} + \eta_{i,i+1}\zeta_{i+1,k}.$$

Наконец все величины ψ для каждой данной неизвестной проверяются помощью системы равенств:

$$\psi_{1i}\delta_{11} + \psi_{2i}\delta_{12} + \ldots + \psi_{n-1,i}\delta_{1,n-1} + \psi_{ni}\delta_{1n} = 0;$$
$$\psi_{1i}\delta_{21} + \psi_{2i}\delta_{22} + \ldots + \psi_{n-1,i}\delta_{2,n-1} + \psi_{ni}\delta_{2n} = 0;$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\psi_{1i}\delta_{i1} + \psi_{2i}\delta_{i2} + \ldots + \psi_{n-1,i}\delta_{i,n-1} + \psi_{ni}\delta_{in} = 1;$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\psi_{1i}\delta_{n1} + \psi_{2i}\delta_{n2} + \ldots + \psi_{n-1,i}\delta_{n,n-1} + \psi_{ni}\delta_{nn} = 0.$$

Лит.: Стрелецкий Н. С., К расчету сложных статически неопределимых систем, Москва, 1922; Самойлов Л. А., Основы расчета рам, «Труды Моск. ин-та инж. транспорта», М., 1927, вып. 3; его же, Расчет рам по методу фокусов, там же; Гвоздев А. А., Расчет статически неопределимых систем, Москва, 1927; Жемочкин Б. Н., Расчет статически неопределимых систем. Способ угловых деформаций, М., 1927; Бейер К., Статика железобетон. сооружений, пер. с нем., М., 1928; Mohr O., Abhandlungen aus d. Gebiete d. techn. Mechanik, p. 480, 2 Auflage, Berlin, 1914; Pirlet J., Kompendium d. Statik d. Baukonstruktionen, B. 2, T. 1, Berlin, 1921; Suter E., Die Methode d. Festpunkte, Berlin, 1923; Gehler W., Der Rahmen, Berlin, 1926; Ostenfeld A., Die Deformationsmethode, B., 1926; Pasternak P., Berechnung vielfach statisch-unbestimmter biegefester Stab- u. Flächentragwerke, B. 1, Zürich, 1927; Mann L., Theorie d. Rahmenwerke, auf neuer Grundlage, B., 1927. **А. Гвоздев.**

ЖЕСТКОСТЬ, сопротивляемость сооружений и механизмов, в отдельных частях их и в целом виде, деформациям, возникающим в них под действием внешних сил и нагрузок. Степень Ж. брусьев характеризуется величинами: при растяжении и сжатии $\frac{1}{E\cdot\omega}$, при изгибе — $\frac{1}{E\cdot I}$, при кручении $\frac{1}{G\cdot I_\varrho}$; в них E и G — модули упругости материала, ω и I — соответственно площадь и момент инерции сечения. Вообще Ж. понижается с увеличением свободной длины и уменьшением поперечных размеров сечений. **И. Прокофьев.**

ЖЕСТЬ. Белая Ж. представляет собою листовое железо, покрытое оловом — белым, блестящим металлом, к-рый сообщает листу красивый наружный вид. Олово хорошо противостоит атмосферным влияниям и является для железа исключительно ценным защитным покрытием.

Слой олова сохраняет свой блеск и хорошо защищает железо от разъедания только до тех пор, пока слой остается непрерывным; если же непрерывность слоя нарушена и железо обнажено, то разъедание последнего идет быстрее, чем без олова; явление это объясняется тем, что в электролитич. паре железо—олово последнее является катодом. В присутствии воды или влаги, содержащей в растворе хотя бы малейшие следы примеси, эти два металла образуют электролитич. пару; т. к. железо образует анод этой пары, то на него будут действовать отрицательные ионы, в результате чего оно переходит в раствор, в то время как олово, соприкасающееся только с положительными ионами, остается нетронутым. Из этого следует, что даже тончайшего покрытия оловом, если оно произведено совершенно, достаточно для предохранения железа; с другой стороны, для оголенных мест нет никакой защиты от разъедания, какой бы толщины слой олова ни лежал на листе. Для нек-рых целей однако предпочтительнее более толстое покрытие. Это в частности относится к Ж., из к-рой изготовляется посуда, подвергающаяся значительному изнашиванию от чистки. Толстое покрытие придает Ж. также и лучший внешний вид; нек-рое количество олова требуется кроме того чтобы закрыть неизбежные поверхностные неровности листа. В настоящее время изготовляется примерно около 10 разных сортов жести, которые различаются по толщине оловянного слоя. Примерно $^2/_3$ выпуска идет на производство жестяных банок и посуды.

Метод покрытия оловом заключается в следующем: железный лист с предварительно очищенной от окислов, грязи, жира и влаги поверхностью пропускается через расплавленную оловянную ванну. Железо при этом нагревается, сплавляется с оловом, и к нему пристает достаточное количество металла, образующего на поверхности быстро затвер-

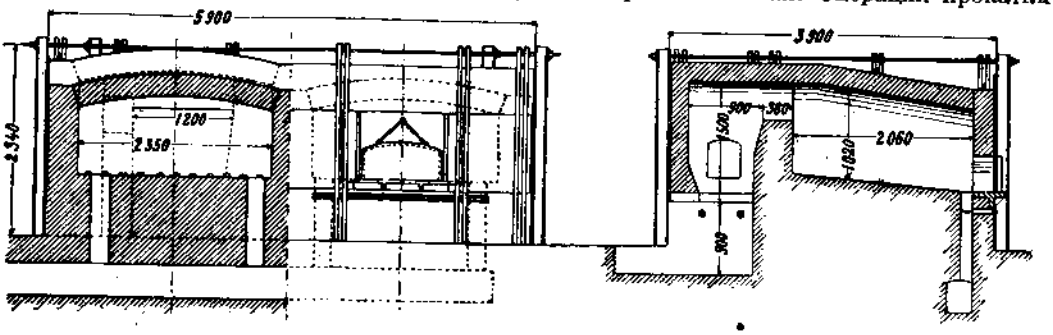
девающий слой чистого олова. Слой этот, если только все требуемые условия соблюдены, пристает настолько прочно, что лист можно штамповать, гнуть и прессовать, причем слой олова не отстает.

Процесс производства Ж. состоит из следующих операций: 1) прокатка черной Ж., к которой относятся: резка заготовки на куски нужной длины, нагрев заготовки, операция прокатки, заканчивающаяся получением пакета из нескольких листов, резка пакета и его раздирание; 2) подготовка черной Ж. к лужению: травление черной Ж., первый отжиг, холодная прокатка, второй отжиг и второе травление; 3) лужение Ж.: сушка, покрытие оловом, чистка и полировка Ж.; 4) сортировка и упаковка Ж.

1. Прокатка черн й Ж. почти ничем не отличается от прокатки тонкого листового железа (см. *Прокатка*). Ж. готовят из особенно доброкачественного металла—мягкого и вязкого. Ответственные сорта Ж. изготовляют из железа состава: 0,08—0,10% C, 0,4—0,5% Mn, 0,03—0,04% P, 0,03—0,04% S. Для тонких листов, толщиной 0,16—0,25 *мм*, выбирают металл с несколько бо́льшим содержанием марганца, чтобы избегнуть сваривания листов. Для сортов менее ответственных можно брать материал с более высоким содержанием Mn, P и S (до 0,6% Mn, 0,05% P и 0,06% S). Примесь кремния препятствует слипанию листов, но вводить его нужно с большой осторожностью, так как он уменьшает вязкость металла и может вызывать образование трещин при штамповке. Обычно содержание кремния не превышает 0,03—0,04%. На Ж. идет почти исключительно мартеновский металл, выплавляемый в печах средних размеров (до 40—50 *т*); увеличение тоннажа печей часто ведет к значительному повышению процента брака, гл. обр. из-за образования пузырей.

На континенте Европы листы для Ж. прокатывают след. обр. Заготовку, длиной, равной ширине листа +10÷15 *мм*, подвергают н а г р е в у и расквтывают, пропуская через валки поодиночке; потом нажимные винты ослабляют, и вытяжка продолжается попарно, пока листы не получат длину приблизительно в 1 200 *мм*. После этого листы складывают вдвое, подогревают, прокатывают во второй раз, снова сдваивают, нагревают в третий раз и окончательно выкатывают. Т. о. прокатка ведется с трех нагревов. В Англии предпочитают работу в пять нагревов. Это уменьшает производительность и обходится дороже, но поверхность листа делается чистой и гладкой; излишние расходы по прокатке окупаются экономией олова. Производительность стана, т. е. двух пар валков, при таком способе работы составляет около 3 000 *кг* за 8 час. При трех нагревах производительность такого же стана на 30% выше.

Сдваивание листов при прокатке зависит от их толщины и производится при толщине листов в 0,08—0,16 *мм* четыре раза; при 0,16—0,35 *мм*—три раза; при 0,35—0,65 *мм*—два раза; при 0,65—1 *мм*—один раз. При этом приходится опасаться сваривания листов, чему можно до некоторой степени противодействовать, как уже говорилось, повышением содержания в металле Mn и Si. Практикуется опускание пакета в бак с H_2SO_4, которая образует изолирующий слой $FeSO_4$. Лучшие же результаты достигаются умелым регулированием t° нагрева материала в печах. Операция прокатки ведется по преимуществу на горячих валках, т. е. не охлаждаемых водой; этот способ работы выгоднее в смысле производительности, и поверхность листов при этом получается чище (см. *Прокатка*).



Фиг. 1.

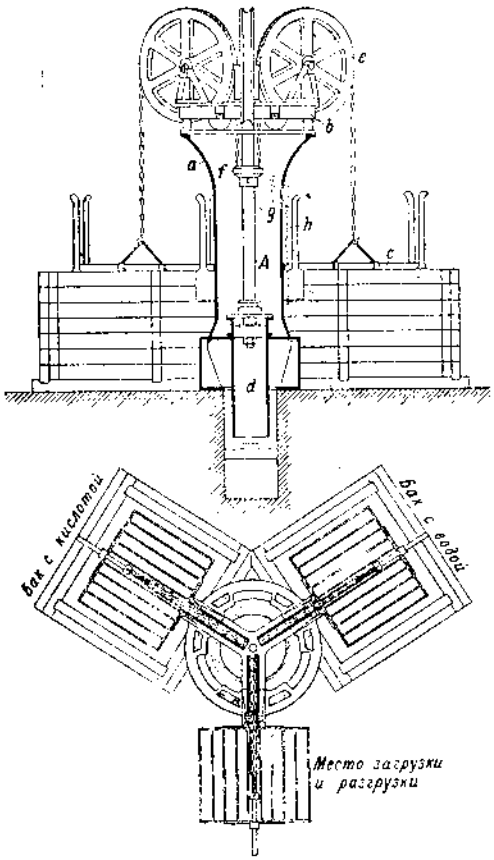
Особенности производства Ж., направленные главн. обр. к тому, чтобы получить безупречную по чистоте поверхность листов, заставляют иногда отдавать предпочтение печам с большим расходом топлива, но обеспечивающим хорошую поверхность листов.

На этом основании нередко еще применяют печь, которая изображена на фиг. 1. Печь этого типа одинаково применима для нагрева заготовок и пакетов. Для нагрева заготовок входят в употребление м е т о д и ч е с к и е п е ч и с регенераторами или рекуператорами. Полугазовые и колосниковые топки, типичные для старых установок, в новых часто заменяются газовыми, нефтяными и пылеугольными. Однако в Америке за последнее время снова начали находить применение автоматические топки. Наиболее распространенным видом топлива является каменный уголь. Так как особенно высокая темп-ра здесь не требуется, а нужно только ровное нагревание в восстановительном пламени, то уголь оказался наиболее подходящим топливом для этих печей.

Пакеты Ж. после прокатки охлаждают до атмосферной t°, после чего их передают к ножницам для резки на нужные размеры. Ножницы применяются обычно рычажного типа. Размеры листов жести установлены стандартом в 508×711 *мм* и 508×356 *мм*.

Обрезанные пакеты Ж. поступают на **раздирку**. Работу производят вручную, пользуясь особым инструментом, к-рым предварительно отгибают углы; сваренные места разъединяют ножом. Во время резки и раздирания, а также всех следующих процессов, листы Ж. должны быть тщательно защищены от грязи и жира. Хорошие листы в дальнейшем отправляются в травилку, где они сначала подвергаются так называемому черновому травлению.

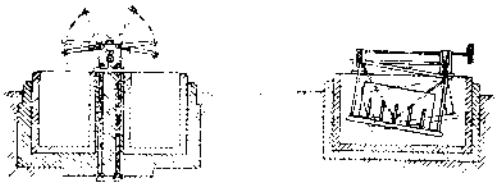
2. Черновое травление—первый шаг подготовки листов Ж. к лужению и имеет целью удаление окалины с поверхности листа. Травление производится на машинах различных типов, причем во всех случаях применяют одинаковый способ травления: опускание подвешенных на люльке листов в к-ту и подъем их обратно. Практика показала, что Ж. с успехом можно травить только посредством серной или соляной к-т. Электролитическое и электрохимическое травление не привело к удовлетворительным результатам по сравнению с кислотным травлением. Движение Ж. вверх и вниз имеет целью ускорение операции травления; при этом листы



Фиг. 2.

передвигаются один относительно другого, и таким образом жидкость действует одинаково хорошо по всей поверхности их.

Травильная установка состоит из подъемного устройства и чанов с травильной жидкостью и водой для споласкивания. Иногда дополнительно ставится чан с известковым молоком для нейтрализации остатков к-ты; листы Ж. укладываются вертикально в особые люльки, ок. 500 *кг* в каждой. Существуют устройства, в к-рых подвесные рельсовые пути, в виде замкнутого контура, соединяют



Фиг. 3.

склад черных листов для Ж., травильную установку и отжигательные печи. В этом случае часть рельсового пути над чанами отделена от остального пути и подвешена к двум длинным цилиндрам, приводимым в действие паром или сжатым воздухом и производящим погружение листов Ж. в чаны и подъем их. В других устройствах листы доставляются к травильной установке на тележках и здесь помещаются в люльки. На фиг. 2 представлена травильная машина Millbrook Engineering Co Машина эта состоит из чугунной станины *a*, которая на верхней части несет платформу *b* с укрепленными на ней 3—4 блоками *e*. Машина приводится в действие от парового цилиндра *d*, с поршнем которого соединен шток *A*. Цепи, перекинутые через блоки, одним концом соединены со штоком, а другим—с люльками *c*. При работе поршня люльки получают движение вверх и вниз. Впуск и выпуск пара производится автоматически золотником, приводимым в движение штоком *A* посредством диска *f*, рычага *g* и тяги *h*. На нижнем конце штока закрепляется контргруз для уравновешивания люлек. Платформа *b* вращается на роликах вокруг вертикальной оси; это движение дает возможность подвешенным люлькам описывать круг. Поворот платформы производится вручную при посредстве системы валов и конич. шестерен. Машина для чернового травления имеет обыкновенно три бака, для белового достаточно двух. Примерная длина баков 1 800 *мм*, ширина 1 800 *мм* и высота 1 300 *мм*. Баки располагаются так, чтобы оставить свободное место на площади, обслуживаемой машиной. Место это используется для загрузки и разгрузки люлек. Этой работе в значительной степени помогает устраиваемая на некоторых з-дах вращающаяся на роликах круглая платформа диам. около 5 *м*, движения которой дают возможность легко убирать травленую Ж. и подавать свежую к травильным чанам. На фиг. 3 представлена приводимая в движение от электромотора травильная машина, в которой люлька совершает колебательные движения, что содействует лучшему омыванию листов травильной жидкостью.

При выборе травильного устройства важным фактором является скорость движения листов: она оказывает существенное влияние на продолжительность травления. Установлено напр., что при одной и той же высоте подъема, при 30 ходах в мин., число про-

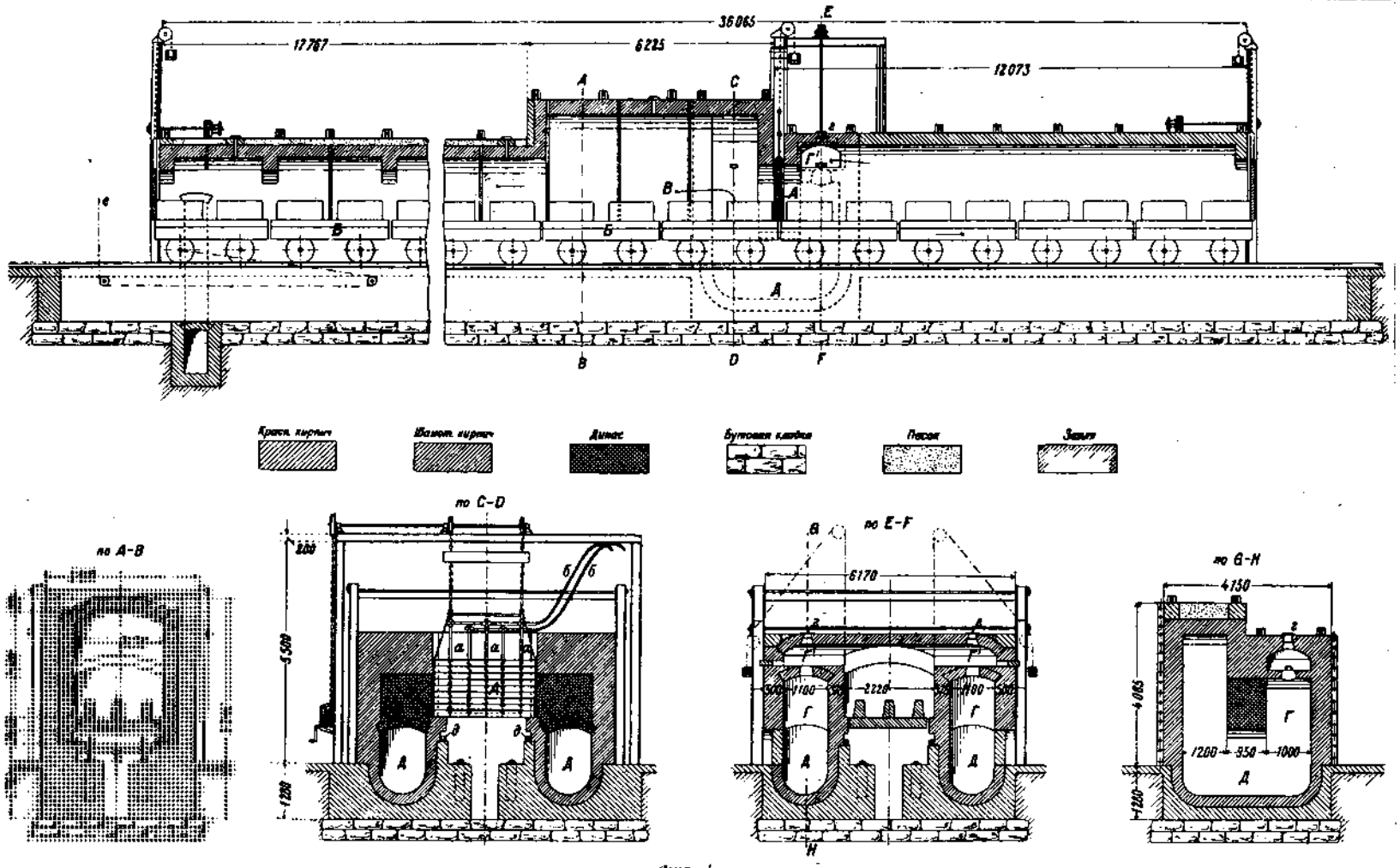
травленных листов приблизительно вдвое больше, чем при 17 ходах; однако при очень быстрых движениях тонкие листы мнутся и выбрасываются из люльки, а большой подъем усложняет передачу. Произведение из числа ходов в мин. на высоту равняется в немецких машинах 10,5—14 *м/мин.*

Чаны, употребляемые при травлении, делают из дерева или кислотоупорных кирпичей со специальной поливой. При этом лучше всего чан делать цельным или, в крайнем случае, из кусков, соединенных горизонтально, что дает бо́льшую прочность и позволяет лучше цементировать места соединений. Деревянный чан, скрепленный кислотоупорными бронзовыми болтами и покрытый листовым свинцом, держится также очень долго. Для люлек берется специальная кислотоупорная бронза. Вредные пары удаляют из травильного помещения высокими трубами; хорошее удаление паров получается посредством соединения деревянных колпаков над чанами с дымовыми трубами от печей. Трубу в этом случае футеруют кислотоупорным кирпичом. В сернокислой ванне поддерживают t° в 60—80°, при которой действие травления максимальное. Для вновь приготовленной ванны t° следует держать ниже и увеличивать ее по мере ослабления действия ванны. Время травления при одном чане—8÷10 мин.; при двух травильных чанах люлька переносится в следующий чан через 4—5 мин. Концентрация серной кислоты—ок. 4%. Потеря железа при травлении 2—3% от веса травимой Ж. Прибавление конц. к-ты в ванну вместо израсходованной производится несколько раз, пока плотность ванны не достигнет 30° Bé; после этого приготовляется новая ванна. Пар, употребляемый для нагрева чанов, подводится по свинцовым трубам. Чтобы вводимый в чан пар не слишком разбавлял ванну конденсатом, употребляют по возможности перегретый пар. С травленых листов смывается черная грязь и железный купорос; на некоторых заводах листы затем сушатся, что препятствует образованию водяных пятен.

Первый отжиг. После чернового травления листы подвергаются сортировке для удаления листов недостаточно протравленных; годные листы направляются в отжиг. Черная Ж. тверда, хрупка и содержит значительное количество водорода, поглощенного при травлении; цель отжига—сделать листы более мягкими, пригодными для механич. обработки. Отжиг производится в отжигательных ящиках из мягкой стали, помещаемых в специальные печи; ящики имеют толщину стенок 35—40 *мм* и устраиваются обыкновенно по типу опрокинутых ящиков, дающих более плотное замыкание и не так быстро коробящихся, как ящики с крышками. Размеры ящиков: высота 1 *м*, длина равна двойной длине листа, увеличенной на 50 *мм*. При таких размерах в горизонтальном сечении ящика укладываются 4 листа, по два в ряд. Размеры эти не являются неизменными: в действительности встречаются ящики и бо́льших и меньших размеров, но последние все более выходят из употребления вследствие непропорционально большого расхода материала для их отливки; большие же размеры ящиков затрудняют проникновение нагрева до середины пачки, что влечет за собой неудовлетворительный отжиг. Конструкции отжигательных печей отличаются большим разнообразием, но в последнее время преимущественное распространение начинают приобретать методические печи, с продвижением ящиков через всю длину печи. Встречается много печей с генераторными топками; сильно развивается применение газового отопления; в СССР часть печей работает на нефти. Печь последнего типа изображена на фиг. 4; она имеет еще и ту особенность, что ее рабочее пространство разделено на две части поднимающейся заслонкой *A*. Заслонка набирается из фасонного шамотного кирпича в каркас из труб *a*, *a*. В целях предохранения труб от прогибания и быстрого выгорания по ним циркулирует вода; для подвода и отвода воды служат гибкие шланги *б*, *б*. Ящики, медленно продвигаясь на особых тележках *Б* вдоль длины печи, постепенно подогреваются отходящими газами. Темп-ра их по пути следования до топки настолько поднимается, что в пространстве самой топки *В* бывает достаточно выдержать их 1½—2 часа. По другую сторону заслонки ящики попадают в поток движущегося навстречу служащего для горения воздуха, который нагревается от соприкосновения с горячими ящиками. Подогрев воздуха дает значительную экономию в расходовании топлива и позволяет быстро устанавливать в печи желаемую t°. Топки *Г* расположены посредине печи с обеих сторон ее. По каналам *Г'* подогретый воздух поступает в топочное пространство *Г*, куда вбрызгивается нефть из двух установленных в вертикальном направлении нефтяных форсунок *г*, *г*. Горячие газы проходят по каналам *Д*, *Д*, обходя заслонку, и выходят затем в топку *В*. По длине печи устанавливаются 12 ящиков, из к-рых 8 нагреваются и 4 остывают; они устанавливаются на тележки, борты к-рых соединяются с печью и между собой песчаным затвором *д*, *д*. Передвижение тележек производится краном, натягивающим цепь *е*, перекинутую через блок и прикрепленную к тележке. Нормально ящик проходит всю длину этой печи в 18 часов и затем остается закрытым еще в течение 15—20 час. для охлаждения до атмосферной температуры. Встречаются печи, в которых ящики катятся по чугунным шарам, помещенным в направляющих желобах на поду печи.

Продолжительность отжига зависит от конструкции печи. Для получения хороших результатов отжига требуется сравнительно высокая t°. Однако, если листы нагреты чрезмерно, они свариваются вместе, образуя твердую массу, которую невозможно разделить. Внутри ящика предпочитают иметь t° ок. 760°. При этой t° листы в стопе могут также спекаться, но от ударов молотка с закругленной головкой они обыкновенно разделяются. После нормального отжига листы имеют светлосерую матовую поверхность.

Холодная прокатка. Операции травления и отжига придают поверхности листов грубый, разъеденный и пористый характер. Такие листы поглощают при


36065
17767
6225
12073
Красн. кирпич
Шамот. кирпич
Динас
Бутовая кладка
Песок
Земля
по A-B
по C-D
по E-F
по G-H
6170
4150
5500
1200
2220
4085
1200
950
1000

Фиг. 4.

лужении большое количество олова; получение зеркальной поверхности, характеризующей высокосортную белую Ж., невозможно. Кроме того листы деформированы вследствие раздирки после отжига. Чтобы устранить эти недостатки и выправить листы, их подвергают холодной прокатке в валках, подобных тем, которые применяются при горячей прокатке. Валки должны иметь закаленную поверхность. В Англии требуют, чтобы глубина закалки была на 1—12 *мм* больше, нежели у валков для горячей прокатки; для придания листам красивого блеска валки д. б. тщательно отполированы. Для полировки их может служить наждак, разведенный на масле. Главная цель холодной прокатки—получить возможно точные размеры по толщине и сделать поверхность листов как можно более гладкой, т. к. от последнего обстоятельства зависит толщина слоя олова, необходимого для придания Ж. блестящей поверхности, а следовательно и значительной степени и стоимость Ж.

Устройство стана для холодной прокатки аналогично подобному устройству для прокатки заготовки. Число оборотов валков в минуту—около 50. Стан составляется из трех клетей, располагаемых в одну линию: одной подготовительной и двух отделочных. Обыкновенно листам дают 2 пропуска в черновых правильных валках и от 1 до 4—в отделочных. Расположение клетей в одну линию имеет то преимущество, что лист перед пропуском в каждую пару валков можно тщательно осмотреть. В случае порчи каким-либо листом одного из валков такой лист выбрасывается, и остальные валки благодаря этому сохраняют свою поверхность гладкой. Последовательное расположение валков не имеет этого преимущества; при этом способе каждый последующий стан вращается несколько быстрее, чем предыдущий. Обычные скорости: 38—42 об/м. для чернового стана, 40—44—для промежуточного и 42—44—для чистового. Во время холодной прокатки листы удлиняются, поэтому их режут с таким расчетом, чтобы после прокатки они получили надлежащие размеры.

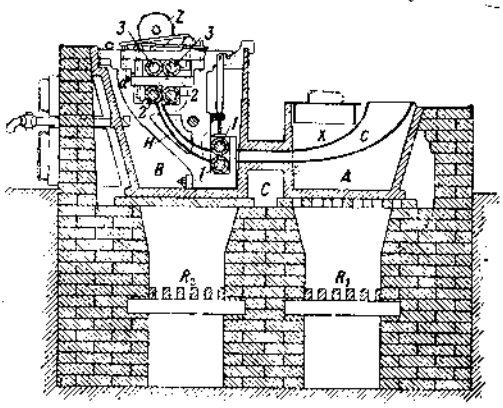
Второй (светлый) отжиг. За холодной прокаткой следует второй отжиг листов, с целью устранить в них хрупкость, вызванную холодной прокаткой; если материал мягок, то иногда можно обойтись и без него. При этом отжиге стараются не доводить металл до прежней мягкости, т. к. она будет способствовать легкому изгибанию листов при лужении и чистке их. Характер изделий из Ж. также требует известной упругости материала. Высокая t° теперь не является необходимой. Для устранения напряжений от прокатки достаточно 600—650°. Опасность спекания при листах с полированной поверхностью возрастает, и поэтому регулировка t° при втором отжиге д. б. особенно тщательной. В случае методич. печей достаточно пребывание ящиков в зоне максимальной t° в течение $1^1/_2$ часов; t° топочного пространства при этом д. б. ниже, чем при первом отжиге. Ж. в этой стадии производства называется черной и идет в значительном количестве—частью без дальнейшей обработки, а частью с дополнительной обработкой, напр. в виде воронения или полировки,—на производство разного рода изделий: пуговиц, чайных подносов, эмалированной посуды, игрушек и т. д.

Второе (белое) травление. После второго отжига листы Ж. тщательно сортируют и те из них, которые предназначаются для получения белой Ж., травят вторично, или, как говорят, набело. В продолжение операций отжига и холодной прокатки на поверхности листов образуется легкая пленка окислов, от светложелтого цвета в центре до темносинего у краев листа. Травлением пленка эта удаляется. Травление ведется примерно тем же способом, как и в первый раз, но раствор кислоты берется слабее (2%), и t° травильной ванны держится несколько ниже. Травление продолжается от 3 до 5 мин.; в течение этого процесса строго наблюдают за тем, чтобы удалялась только окись и поверхность листа отнюдь не затрагивалась больше, чем это необходимо; излишнее травление влечет за собой бо́льший расход олова при лужении и затрудняет получение блестящей поверхности в белой Ж. Применяется обыкновенно серная к-та, хотя для белого травления более пригодна соляная. Когда листы получат равномерную светлосерую окраску, травление окончено. Для белого травления применяют те же устройства, что и для травления начерно. Хорошо промытые после травления листы кладут в чугунные ящики с водой и направляют в лудильную мастерскую. Вода в ящиках должна постоянно возобновляться, причем рекомендуется прибавлять к ней несколько соды.

3. Лужение. Лудильная мастерская оборудована некоторым количеством лудильных аппаратов, располагаемых часто вдоль стен здания. Обычно один лудильный аппарат требуется, чтобы вылудить выпуск одного горячего стана, хотя аппараты с хорошо механизированной подачей дают и бо́льшую производительность. Лудильный аппарат состоит из лудильной ванны с расплавленным оловом, печи для подогрева ванны, лудильной машины для продвижения листа через ванну и охлаждающего стола для приема листа после ванны. Лудильные аппараты бывают различных типов в зависимости от методов лужения и рода употребляемых лудильных машин; так как машина стоит в ванне, то ванна и все оборудование по форме и размерам должны соответствовать лудильной машине.

Значительное распространение имеет аппарат Томаса и Уайта (фиг. 5). Он состоит из двух длинных узких, разделенных перегородками C, лудильных ванн A и B, в которых помещается расплавленное олово. В перегородке имеется щель, служащая для прохода листа из одного котла в другой. Первая, входная, ванна бывает редко глубже 600 *мм*, другая же, чистовая, приблизительно вдвое глубже и выступает над первой. Котлы устанавливаются над топочными камерами R_1 и R_2 и наполняются расплавленным оловом, уровень к-рого д. б. приблизительно на 75 *мм* ниже верха входной камеры c и приблизительно на 150 *мм* выше верхней поверхности щели, соединяющей оба котла. Т. о. связь между первой и второй ваннами возможна

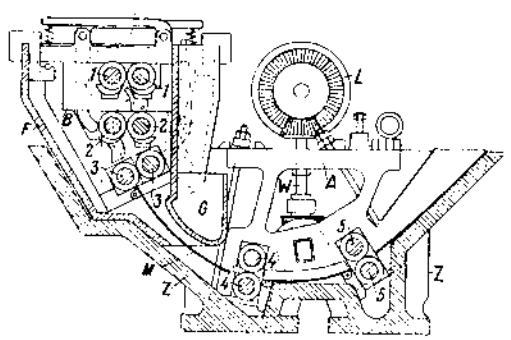
только через щель, заполненную оловом. Верхняя часть второго, более глубокого, котла наполняется пальмовым маслом или салом. В этом котле помещается лудильная



Фиг. 5.

машина, состоящая из трех пар валиков: 1-я пара *1-1* вращается в олове, а 2-я *2-2* и 3-я *3-3*—в сале или пальмовом масле. Валики поддерживаются на месте прочной станиной *d*, и каждая пара снабжена сильными пружинами. Аппарат приводится в движение зубчатыми колесами *Z*, по желанию, с различной скоростью. Обыкновенно число об/м.—18, если лужение слабое, и 35—для сильно блестящей жести. Диаметр валиков—90 *мм*, длина рабочей части 1—2 *м*. Делают валики из высокоуглеродистой стали и весьма тщательно обрабатывают по поверхности. Перед входным концом ванны, т. е. в верхней части более низкой ванны *A* прикреплен длинный узкий ящик для флюса такой же длины, как тело валиков. Ящик открыт сверху и со дна; нижний его конец погружен в олово на 75—100 *мм*, а верхний поднимается над уровнем котла приблизительно на 30 *мм*. Т. о. создается возможность иметь в этом ящике слой флюса высотой около 75 *мм*. Флюсом при всех способах лужения служит хлористый цинк, причем для получения хорошей полуды необходимо, чтобы он не имел кислой реакции, к-рую обычно имеет продажный хлористый цинк. Ящик для флюса в нижней части переходит в направляющие для листов жести *X*. Нижнее сечение этого направляющего канала меньше верхнего и лежит прямо перед щелью, соединяющей один котел с другим. Подобным же образом и во втором котле имеется направляющий канал *H* между первой и второй парой валиков.

Протравленные листы Ж. из водяных чанов в известном порядке переносятся к небольшому ящику с водой, расположенному около лудильщика. Последний клещами берет эти листы один за другим и при помощи лудильной вилки пропускает их для сушки в флюсовый ящик и для покрытия оловом—в ванну с расплавленным оловом *A*, а затем, через щель в перегородке, во вторую ванну, где они подхватываются парой валиков *1-1*. Наименьший размер листов обусловливает наибольшее расстояние пар валиков *1-1* и *2-2*, к-рое в среднем равняется 470 *мм*. Дальше лист протягивают вверх через горячее пальмовое масло валиками *2-2* и *3-3*, причем излишек олова снимают валики, а остаток ровно распределяется по поверхности листа. Толщина покрытия зависит: 1) от t° олова и масла, 2) скорости прохождения листа через ванну и 3) просвета между валиками. Для однообразного покрытия все эти три условия д. б. тщательно определены и поддерживаться постоянными. Темп-ра обычно определяется термометром. Т. к. назначение олова в первой ванне заключается в разогреве листа до надлежащей для лужения t°, то это олово держат перегретым при t° около 300°. Одно из назначений масла—охладить лист почти до $t^\circ_{пл.}$ олова, удерживая олово в расплавленном состоянии так, чтобы валики могли отжимать излишки и распределять остающееся олово возможно ровно. Поэтому t° второй ванны держат градусов на 55 ниже первой, иначе олову на листах будет недоставать блеска и глянца, а кроме того могут образоваться и пятна. Масло, приставая к поверхности листа, защищает горячее олово от воздуха в период охлаждения, чем предотвращается возможность потускнения готовых листов; необходимо иметь всегда масло возможно свежим. Что касается флюса, то кроме необходимости периодич. возобновления он требует малого внимания. Самая главная его функция—высушить жесть без доступа воздуха. Аппарат Томаса и Уайта лудит вполне удовлетворительно, особенно листы толщ. менее 0,4 *мм*. Листы значительной толщины искривляются, сильно надавливают на внутренние валики и с этой стороны получают меньший слой олова. Сообщение котлов, хотя бы и посредством щели, ограничивает до нек-рой степени возможность удержать в той и другой



Фиг. 6.

ванне желательную t°. Полное разобщение котлов достигнуто в лудильных аппаратах системы Аберкарна, отличающихся от описанной системы тем, что в них установлено 2 отдельных котла, не сообщающихся друг с другом, и Ж. переводится из первого во второй через особые направляющие.

Для лужения листов большей толщины (от 0,17 до 2 *мм*), при длине 500 *мм* и больше, применяется лудильный аппарат, изображенный на фиг. 6. Он состоит из двух отдельных частей, *A* и *B*; часть *A* поставлена в котле *Z* с оловом, а *B*—в жировом котле *F*. Среднюю часть *B*, служащую на-

правляющей для листов, можно легко обслуживать. Валики *1-1*, *2-2* и *3-3* близки друг к другу, благодаря чему лист легко может быть выведен из аппарата. Для того чтобы всегда иметь под рукою чистый металл, устроены маленькие отделения *G*, где плавится чистое олово. Большое расстояние между флюсом и жиром предохраняет последний от загрязнения. Верхние валики *4* и *5* приводятся в движение зубчат. колесом *L* через вал *W*. Обе части аппарата соединены особым направляющим листом *M*. Для лужения больших и толстых листов часть *B* целесообразно снабжать холодильником.

Неточная пригонка валиков часто является причиной того, что листы завязают в аппарате, и малейшая неправильность в ходе тотчас сказывается на поверхности Ж. Более совершенная пригонка валиков лучше всего достигается обработкой их наждачным кругом. Находящиеся в работе аппараты должны еженедельно выниматься, и валики с котлами подвергаться чистке. Олово в ваннах загрязняется различными примесями, в результате чего поверхность Ж. портится и на ней появляются матовые пятна, цветы и лучи. Загрязненную оловянную ванну можно до некоторой степени рафинировать; для этого механизмы вынимают, масло или жир спускают, а в ванну погружают куски дерева. Углерод дерева и газов, образующихся при его нагревании, действует на окислы и восстанавливает их. Сало или пальмовое масло также со временем делаются гуще от действия попадающего в них хлористого цинка; находившуюся в таком масле Ж. трудно очистить и на ней получаются пятна. Поэтому масляная ванна должна от времени до времени обновляться, причем часть старого масла оставляют, потому что одно свежее сильно пенится.

При плохой обработке листов перед лужением, особенно если при отжиге имел доступ воздух, на Ж. образуются пятна. Для устранения этого недостатка черновым валикам дают более сильный нажим. Если после травления листы не сразу м. б. вылужены, то к воде, в к-рой они стоят, прибавляют немного кислоты; перед лужением такие листы д. б. вымыты в чистой воде. Если кислота останется, хлористый цинк пристанет к листам, что вызывает почернение валиков аппарата; то же явление происходит, если хлористый цинк содержит к-ту. Пятна валиков передаются на Ж.; для исправления листов пятна эти приходится соскабливать и листы пускать в лужение второй раз. С валиков такие пятна нужно также удалять выскабливанием.

Загрязняющие олово примеси постепенно оседают на дно котла; нужно следить за тем, чтобы эти твердые части не взбалтывались при работе; при недостаточном же нагреве олово местами застывает,—тогда лист вязнет в металле и увлекает за собой хлористый цинк, к-рый портит пальмовое масло. Расход олова в сильной степени зависит от характера производства. В английской Ж. на 100 *кг* листов толщиной 0,3 *мм* олова приходится 1,75 *кг*, в немецкой Ж. той же толщины—от 2,5 до 3,4 *кг*; это составляет на $м^2$ (на обеих сторонах) в английской Ж. около 42 *г* и в немецкой от 60 до 82 *г* олова.

После лужения листы Ж. поступают в чистку для удаления с их поверхности приставшего масла или жира. Обычно чистка производится при помощи машин; от лудильных аппаратов к чистильным машинам остывшие листы подаются посредством конвейера. Для удаления жиров необходимо применять материал, к-рый, поглощая их, в то же время не царапал бы Ж. Лучше всего удовлетворяют этим требованиям пшеничные и ржаные отруби. Существует много типов чистильных машин, но качество жести, получаемой при машинной чистке, часто уступает качеству Ж. ручной чистки. В Америке распространены машины следующего устройства. Две станины несут несколько пар валиков для чистки; эти валики, диаметром ок. 100 *мм*, изготовлены из дисков фланели, нанизанных на железный стержень квадратного сечения и спрессованных при помощи небольшого гидравлич. пресса так, что образуется компактный цилиндрический валик, закрепленный на концах шайбами и гайками. Валики устанавливаются в 2 группы: одна для чистки, другая для окончательной отделки. Процесс чистки требует, чтобы по мере движения листов на валики падал непрерывный поток тонко размолотой очистительной смеси. Эта смесь попадает в пространство между валиками, когда лист проходит через них. Под валиками устраивается воронка для собирания и направления этой смеси на дно небольшого элеватора ковшевого типа. Смесь поднимается элеватором и по трубе снова поступает на валики; употребляется она многократно, пока не потеряет способности к поглощению жира.

4. Сортировка и упаковка Ж. После лужения Ж. подвергается окончательной сортировке. Листы, содержащие такие пороки в отношении полуды, к-рые м. б. исправлены повторным луженнем, возвращаются в лудильную мастерскую. Остальные сортируются на три сорта и брак.

Жесть должна удовлетворять определенным нормам в отношении вязкости, которая определяется на приборе Эрихсена (см. *Испытание материалов*).

Упаковывается в ящики жесть размером 508×355 *мм* по 112 листов и 508×711 *мм* по 56 листов. Данные о Ж. см. табл.

Кроме белой Ж. существует еще т е м н а я, или м а т о в а я Ж. От белой она отличается тем, что покрытием в ней является не чистое олово, а сплав олова и свинца. Поверхность ее не имеет светлоблестящего вида белой Ж. Первоначально темная Ж. употреблялась только как кровельный материал, но в последнее время в Америке ок. 40% общей ее выработки идет для других целей. Она с успехом применяется для штамповки, так как верхний слой покрытия действует как смазка при волочении, а также для всякого рода упаковки, как например: автомобильных газолиновых баков, резервуаров для масла и т. п. Для некоторых из этих предметов необходимы листы весьма значительных размеров. Для пищевой посуды темная Ж. не годится вследствие содержания свинца в покрытии. Первые операции по производству темной Ж. аналогичны операциям по производству белой Ж., лишь

Сорта, размеры и вес торговой белой жести.

Название жести	№	Толщина в *мм*	Ширина в *мм*	Длина в *мм*	Теоретич. вес листа в *кг* *	Число листов в ящике	Средн. теоретич. вес ящика жести (нетто) в *кг*
Палочная	2/3	0,23	508	356	0,327	112	39,75
	2/4	0,24	508	356	0,341		
	2/5	0,25	508	356	0,355		
	2/6	0,26	508	356	0,369		
	2/7	0,27	508	356	0,383		
Палочная	2/3	0,23	508	711	0,653	56	39,75
	2/4	0,24	508	711	0,681		
	2/5	0,25	508	711	0,710		
	2/6	0,26	508	711	0,738		
	2/7	0,27	508	711	0,767		
Крестовая	3/2	0,32	508	356	0,454	112	54,06
	3/3	0,33	508	356	0,469		
	3/4	0,34	508	356	0,483		
	3/5	0,35	508	356	0,497		
	3/6	0,36	508	356	0,511		
Крестовая	3/2	0,32	508	711	0,909	56	54,06
	3/3	0,33	508	711	0,937		
	3/4	0,34	508	711	0,965		
	3/5	0,35	508	711	0,994		
	3/6	0,36	508	711	1,022		

* Теоретич. вес листа определяется по средней показанной в табл. толщине листа и по уд. весу 7,85.
Допуски: 1) в весе листа ±10% от теоретич. веса; 2) в весе ящика (нетто) ±2%.

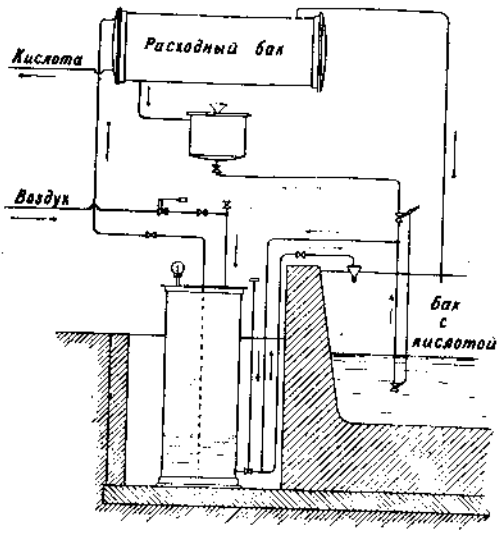
несколько сильнее производится травление. Кроме того при отжиге листы нагревают до более высокой $t°$ и дольше выдерживают, чтобы сделать их возможно более мягкими. Полировка и наведение глянца в данном случае не так важны, как при белой Ж., поэтому через холодные валики темная Ж. пропускается только один раз. Состав сплава для покрытия на практике колеблется в пределах от 12% олова и 88% свинца до 50% олова и 50% свинца, сообразно назначению. Так как свинец не дает сплава с железом, то большое содержание олова в покрытии способствует более прочной связи последнего с железом; чрезмерно высокое содержание олова сильно увеличивает стоимость Ж. и уничтожает т. о. смысл самого покрытия. Испытания показали, что минимальное содержание олова в покрытии д. б. не ниже 15%. В отношении ржавления железа, с точки зрения электролитич. теории, свинец играет роль, аналогичную олову. Чтобы обеспечить продолжительный срок службы Ж., покрытие д. б. непрерывным, а это легче достигается в том случае, когда слой его достаточно толст. Вес слоя покрытия при размерах листов 508×711 *мм* практически имеет пределы от 3,5 до 18 *кг* на ящик из 112 листов. Ж. с более легким покрытием употребляется для штампования и для изделий домашнего обихода, для кровельных же целей употребляется Ж. с покрытием весом от 9 до 18 *кг* на ящик, причем первые сорта употребляются для водостоков, вторые для желобов, канавок и пр. Так как $t°_{пл.}$ свинцово-оловянных сплавов выше $t°_{пл.}$ олова, то лужение темной Ж. ведется при более высоких $t°$ по сравнению с $t°$ лужения белой Ж. Слой покрытия при темном лужении тяжелее, чем при обычном. Поверхность листов с покрытием 5,5 *кг* и выше при охлаждении покрывается сеткой тонких линий, которые разделяют ее на небольшие площадки, почти однородные по размерам и форме. С увеличением веса покрытия линии становятся более рельефными и до некоторой степени могут служить показателем веса покрытия.

Лит.: Толтов Н. Л., Выделка листового кровельного железа по уральскому способу, «ЖРМО», 1910, ч. 1, стр. 251—318, 1911, ч. 1, стр. 30; Camp J. M. a. Franzis C. B., The Making, Shaping a. Treating of Steel, Pittsburg, 1925; Clement B. V., Über Weissblecherzeugung, «St. u. E.», 1910, Jg. 30, p. 1152—1168; Krämer W., Das Walzen v. Fein u. Weissblechen, ibid., p. 1145—1152; Krämer W., Die Fabrikation d. Weissbleche, ibid., p. 1993—1996 u. 2122—2129; Krämer W., Das Verziehen d. Blechglühkasten, ibid., p. 498; Krämer W., Feinblechwalzwerk, ibid., 1927, Jg. 47, p. 209—219, 352—358 u. 399—406; Krämer W., Feinblech-Beizmaschinen, ibid., 1928, Jg. 48, 1570—1577. **И. Субботин.**

Техника безопасности. Техника безопасности при прокатке и термич. обработке Ж. описана в статьях *Прокатка* и *Печи*.

Из остальных операций особенного внимания заслуживают травление и покрытие Ж. оловом. При травлении листов Ж. рабочий подвергается: а) действию крайне вредных паров серной к-ты, б) ожогам к-той при наливании ее в чан и опоражнивании чана, в) ожогам брызгами к-ты в процессе самой работы и г) ожогам при соприкосновении с паропроводными трубами. Часты также случаи порезов кромкой листа. Для разлива серной к-ты следует устраивать специальные приспособления, действующие по принципу сообщающихся сосудов или пневматически. Пневматич. устройство для разливания к-ты изображено на фиг. 7. Выпуск отработанной кислоты должен быть также механизирован. Борьба с вредными газами в травильной мастерской должна вестись тремя способами: а) путем устройства над кислотной ванной целесообразной системы вентиляции (обычно приточно-вытяжной), к-рая должна иметь целью не только удаление вредных газов, но и обестуманение, б) применение камерной серной кислоты и в) путем добавления в кислотную ванну присадков «Dr. Vogel's», «Adacid», «Picklene» и др., к-рые значительно уменьшают выделение водорода при процессе травления (что кроме обезвреженія процесса значительно улучшает продукт). Т. к. травильщик работает во влажном, сы-

ром помещении и подвержен действию брызг серной кислоты, то ему д. б. выдана спецодежда, не разрушающаяся от действия кислоты. При покрытии черной Ж. оловом рабочие подвергаются действию вредных газов, ожогам от брызг расплавленного олова, а также



Фиг. 7.

порезам о кромки листа. С целью предохранения от вредных газов над ванной д. б. устроена вытяжная вентиляция. Топку следует устраивать вне помещения. Лужение листов Ж. без механического приспособления опасно, т. к. сорвавшийся лист может вызвать расплескивание и ожоги расплавленным металлом. Гораздо безопаснее для этого применять специальные лудильные машины. При добавлении металла в ванну следует его подогревать во избежание разбрызгивания. Опоражнивание ванны следует производить особенно осторожно, так как в процессе этой работы легко возможны несчастные случаи. Полировочное отделение должно иметь вентиляцию.

Ф. Дроздов.

ЖЕСТЯНЫЕ ИЗДЕЛИЯ, жестяная тара для упаковки разных товаров, различные предметы домашнего обихода. В зависимости от назначения изделия материалом для изготовления Ж. и. служит черная, луженая оловом, свинцованная или покрытая краской листовая жесть. В иных случаях пользуются ленточной (полосовой) жестью или листовым железом. Тара под пищевые продукты, аптекарские мази, нек-рые масляные краски и химич. препараты изготовляется гл. обр. из луженой оловом жести. Для бидонов под керосин, смазочные масла и т. д., а также для некоторых сухих красок употребляется преимущественно свинцованная жесть (покрытая свинцовой композицией, т. е. сплавом свинца с оловом с большим содержанием свинца). Наконец рекламные плакаты, значки, номера для извозчиков, тара для сухой краски, коробки для канцелярских принадлежностей изготовляются обыкновенно из черной жести.

Для лужения употребляется чистое олово с содержанием свинца не более 0,07%, а для свинцевания—композиция (сплав) с различным содержанием олова и свинца (85% Pb + 15% Sn; 75% Pb + 25% Sn; 60% Pb + 40% Sn и т. д.), в зависимости от требований, предъявляемых к изделию. Луженую оловом жесть, идущую на изготовление консервных банок, очень часто покрывают консервным лаком и подвергают сушке при высокой t° (160—200°). Консервный лак закрывает все случайно непролуженные места (точки), не допуская т. о. образования в этих местах гальванич. пары и предохраняя тем от ржавления. (О лужении жести подробно см. *Жесть*.) Черную жесть, непосредственно предназначенную для изготовления изделий, для предохранения от ржавчины покрывают масляным лаком, пропуская ее через печатные или лакировочные машины. В тех случаях, когда черная жесть подвергается штамповке или предварительному нанесению на нее краски (печатание), с нее удаляют окалину травлением, чем в первом случае предохраняют штампы от быстрого изнашивания, а во втором достигают того, что краска держится значительно прочнее.

При изготовлении Ж. и. необходимо обращать особое внимание на выбор материала, использование его (раскрой) и способ обработки. Анализ технологич. процесса в каждом отдельном случае дает возможность произвести правильный подбор оборудования и установить кратчайший производственный поток. В результате такого подхода можно получить наиболее дешевое и лучшее по качеству изделие. Стандартный размер жести в СССР принят в 20×28 дм., или 508×711 *мм*, и 14×20 дм., или 355×508 *мм* (ОСТ, 24). Толщина и вес жести, идущей для изготовления различных изделий, приведены в табл. 1.

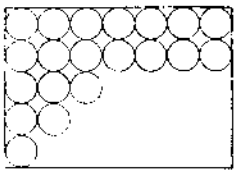
Табл. 1.—Толщина и вес жести размерами 508×711 *мм*.

Толщина в *мм*		Вес 1 *м*² в *кг*			Вес 1000 листов в *кг*		Примечание
от	до	от	до	норм.	от	до	
0,14	0,16	1,10	1,29	1,20	397	467	Практически жесть делят на 3 сорта (по толщине): жесть легкая, до 0,22 *мм*; жесть палочная, от 0,23 до 0,32 *мм*; жесть крестовая, 0,33 *мм* и толще
0,17	0,18	1,30	1,44	1,40	468	521	
0,19	0,22	1,45	1,77	1,70	522	640	
0,23	0,24	1,78	1,92	1,85	641	694	
0,25	0,26	1,93	2,04	2,00	695	738	
0,27	0,28	2,05	2,20	2,10	739	796	
0,29	0,30	2,21	2,39	2,30	797	864	
0,31	0,33	2,40	2,54	2,50	865	918	
0,34	0,36	2,55	2,89	2,80	919	1 045	
0,37	0,39	2,90	3,05	3,00	1 046	1 103	
0,40	0,41	3,06	3,20	3,10	1 104	1 157	
0,42	0,44	3,21	3,44	3,30	1 158	1 244	
0,45	0,48	3,45	3,80	3,60	1 245	1 374	
0,49	0,54	3,81	4,20	4,00	1 375	1 517	

Установление толщины (или № жести) зависит от величины и назначения жестяного изделия, глубины штамповки и условий транспорта.

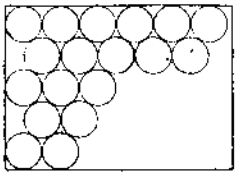
От искусства раскроя листа (раскладки) зависит наибольший % использования материала. Наиболее сложные раскладки встречаются в тех случаях, когда шаблон детали представляет собою круг или когда две или несколько деталей одного и того же изделия

надо поместить на одном листе в равных количествах. Последнее применяется в том случае, если толщина жести всех деталей одинакова и изделие д. б. печатным. Таким образом достигается наиболее одинаковый оттенок краски на всех деталях. При раскладке шаблонов круговой формы имеем три основных случая: нормальный ряд (фиг 1), шахматный порядок (фиг. 2) и сдвинутый ряд (фиг. 3). Для расчета раскроя шаблонов этой формы ниже приведены основные ф-лы раскладки.

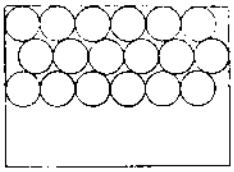


Фиг. 1.

1) Сдвинутые ряды. Обозначения (фиг. 4): D—диаметр штампа; a—остаток по горизонтам до края листа по укладке первого ряда ($F_2K_2 = F_1K_1 = L_2O_3$); H—расстояние по высоте между центрами соседних кругов ($AB = BE = B_1E_1$); h—расстояние по высоте между окружностями двух соседних кругов, центры которых лежат на одной вертикали ($PR = P_1R_1$); S—расстояние по высоте,



Фиг. 2.



Фиг. 3.

выгадываемое при шахматной раскладке или сдвинутом ряде (высота дуги сегмента). Эти величины связаны между собой следующими формулами:

$$a = l - nD,$$

где n—целое число, а l—использованная длина листа,

$$H = \sqrt{D^2 - a^2};$$

$$h = 2H - D = 2\sqrt{D^2 - a^2} - D;$$

$$S = D - H = D - \sqrt{D^2 - a^2}.$$

Кроме того имеем следующие зависимости:

$$D = H + S;\quad D = h + 2S;\quad H - h = S.$$

Малая (x) и большая (y) диагонали ромба AA_1CC_2:

$$x = \sqrt{2D(D - a)};\quad y = \sqrt{2D(D + a)}.$$

Кроме того по свойствам диагоналей ромба имеем:

$$x^2 + y^2 = 4D^2.$$

Зная x и y, легко найти размеры получающихся вырезок $x-D$ и $y-D$.

Итак, при $\frac{D}{2} > a > 0$ имеем сдвинутые ряды, при $a = \frac{D}{2}$—шахматные ряды, при $a = 0$—нормальные ряды.

2) Шахматные ряды (фиг. 5):

$$a = \frac{D}{2};\quad H = \frac{D}{2}\sqrt{3} = 0{,}866\,D;$$

$$h = D(\sqrt{3} - 1) = 0{,}732\,D;$$

$$S = \frac{D}{2}(2 - \sqrt{3}) = 0{,}134\,D;$$

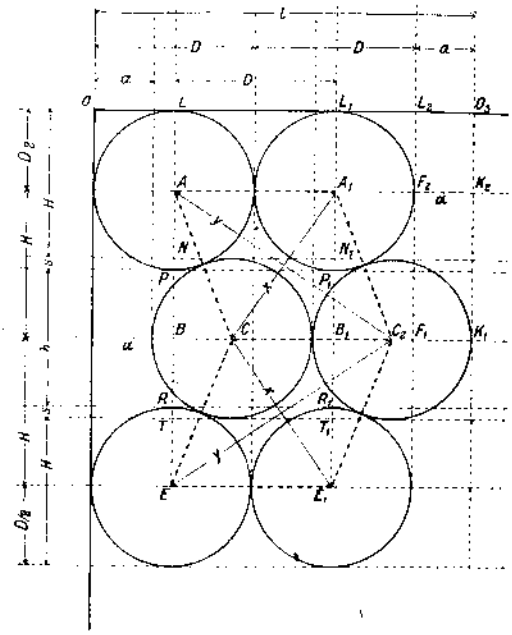
$$x = D;\quad y = D\sqrt{3} = 1{,}732\,D.$$

3) Нормальные ряды (фиг. 6):

$$a = 0;\quad H = D;\quad h = D;\quad S = 0;$$

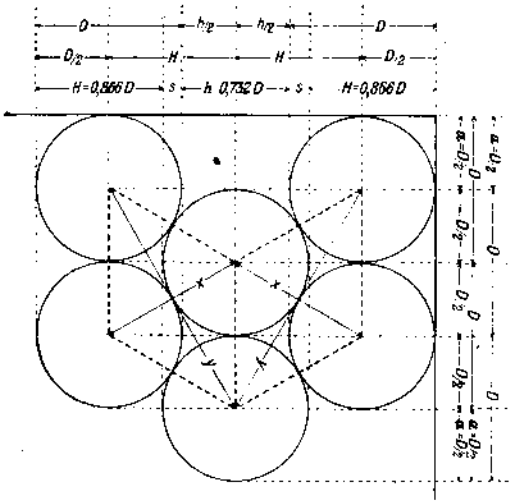
$$x = y = D\sqrt{2} = 1{,}414D.$$

Т. о. зная диаметр шаблона и исходя из вышеприведенных ф-л, по тому или иному



Фиг. 4.

способу раскладки или комбинации из них получим наиболее выгодное использование материала. Ниже приводится ориентировочная таблица раскроя шаблонов круговой



Фиг. 5.

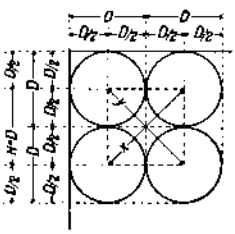
формы (табл. 2), причем в графе «способ раскладки» соответствующие различным способам цифры соединяются знаком (+) в

Табл. 2.—Предельные раскладки на листе 508×711 мм.

Диаметр шаблона (резки) в мм	Способ раскладки (№ фиг.)	Число изделий на 1 листе	% использования площади листа	№ фиг. сложных раскладок	Диаметр шаблона (резки) в мм	Способ раскладки (№ фиг.)	Число изделий на 1 листе	% использования площади листа	№ фиг. сложных раскладок
20,0	5	1 015	88,2	—	110,4	6	30	79,5	—
24,9	5	644	86,8	—	113,8	5	28	78,8	—
30,2	5	437	86,8	—	118,5	4	24	73,3	—
35,1	5+5	322	86,2	7	119,7	4+6	24	74,8	11
40,4	5+5	240	85,5	7	120,5	6+6	24	78,5	12
44,4	5	202	86,5	—	124,0	4+5	23	76,9	10
45,0	—	186	81,9	—	124,2	5+6	23	77,1	13
45,1	4; 5+5	184	81,4	8	127,0	5+5	22	77,0	7
45,8	5	180	82,0	—	129,2	5	20	72,5	—
46,5	4; 5	176	82,7	9	133,0	6	20	76,9	—
47,4	4; 5	175	85,4	9	136,1	4; 5	19	76,5	9
50,3	5+5	152	83,6	7	136,7	6+5	19	77,2	13
56,8	5	120	84,1	—	141,1	5	18	78,0	—
57,7	5	115	83,2	—	142,2	4	15	65,9	—
59,2	4+5	106	80,8	10	142,7	5+спец.	16	70,8	14
61,8	5	99	82,2	—	145,1	4; 5	15	68,7	9
64,0	5	95	84,5	—	149,5	6+6	15	72,8	12
65,7	4; 5+5	84	79,0	8	150,2	4+5	14	68,6	10
66,3	4; 5+5	83	79,3	8	152,1	5+6	14	70,4	13
67,7	4; 5+5	81	80,7	8	154,6	5+5	13	67,5	7
67,7	5	80	79,7	—	158,0	5	12	65,1	—
68,0	4+5	78	78,7	10	169,3	4	12	74,7	—
70,5	+5	77	83,2	10	170,8	6	12	76,1	—
71,1	5	76	83,5	—	177,7	5	11	75,5	—
72,5	4+5	69	78,6	10	176,2	Спец. раскл.	11	75,9	15
75,4	4+5	62	76,6	10	181,5	» »	10	71,6	16
76,2	6	63	79,5	—	185,9	5	9	67,6	—
78,5	4+5	61	81,7	10	190,1	Спец. раскл.	9	71,1	17
79,0	5	60	81,3	—	200,0	» »	8	69,5	18
82,0	5	56	81,8	—	209,2	» »	7	66,4	19
84,0	4+5	52	79,7	10	237,0	4	6	73,3	—
84,0	4	48	74,7	—	238,4	6	6	74,1	—
86,4	6	48	77,9	—	254,0	Спец. раскл.	5	70,1	20
88,6	4+5	47	80,2	10	272,2	5	4	64,4	—
94,8	5	42	82,0	—	274,8	Спец. раскл.	4	65,7	21
95,3	5	39	77,0	—	296,3	» »	3	57,2	22
101,5	4	35	78,4	—	369,1	6	2	60,0	—
103,5	4; 5	33	76,8	9	508,0	—	1	56,1	—
109,3	5	30	79,5	—					

том случае, если лист режется на две части, раскраиваемые отдельно (фиг. 8, 11 и т. д.), и знаком (;)—если круги одной раскладки входят между кругов другой (фиг. 9, левая часть фиг. 8).

Основное оборудование для изготовления Ж. и. можно разделить на два класса: станки, обрабатывающие деталь посредством давления и удара, и—путем вращательного движения. К первым относятся все виды ножниц и прессов, ко вторым — вальцовки, гнульные машины, закатки и пр. Изделия, в свою очередь, также разбиваются на резко отличающиеся друг от друга группы: 1) изделия цельноштампованные, где каждая деталь сделана из целого куска, без шва (корпус, крышка); 2) изделия с деталями, соединенными посредством шва (соединение концов корпусов между собой, корпуса с дном, и т. д.). Разбивка на подгруппы м. б. произведена в связи с процессом изготовления изделий, необходимым для этого оборудованием, формой и видом изделия на следующие 8 технологич. подгрупп.

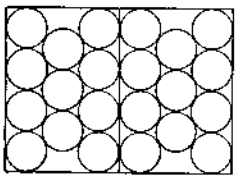


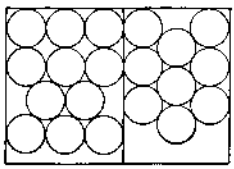
Фиг. 6.

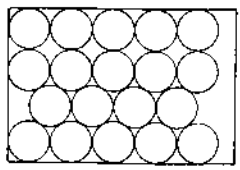
1) Изделия цельноштампованные (коробки для аптекарских и парфюмерных изделий, гуталина и т. д.), с наиболее коротким циклом операций: а) детали штампуются в одну (фиг. 23, а) или несколько (б, в) операций на коленчатом прессе; б) край корпуса коробки обрезается (от заусенцев) и прокатывается рантик (выступ) под крышку (г) на прокатнообрезной машине; операция обрезки края производится лишь в том случае, если одновременно со штамповкой не была произведена обсечка края.

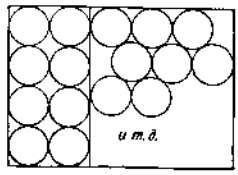
2) Изделия круглые клепаные, мелкие (типа коробок под перец, синьку, мыльный порошок и т. д.).

3) Изделия круглые клепаные, крупные (коробки под кофе, какао, икру, чайники и т. д.). В обеих этих подгруппах изделий у отдельных видов насчитывается до 40 операций (вместе с мелкими деталями). К основным операциям относятся следующие. Производство корпуса: а) на углорубках (ножницах) обрубаются углы пластины (фиг. 24, а); б) на эксцентриковом прессе загибаются концы для замка (б); в) корпусу придается круглая форма на вальцовке (в); г) замок (шов) закрепляется склепом на эксцентриковом прессе (г). Автоматы, т. н. самосклепы, производят одновременно операции б), в) и г). В нек-рых изделиях корпус скрепляется не в замок, а в накладку (фиг. 25); тогда операции б) и г) отпадают, и шов спаивается вручную или на автомате; в последнем случае деталь насаживается на рог паяльного станка, и между концами корпуса автоматически прокладывается лента припоя, которая пламенем газового рожка или специальным утюгом пла-

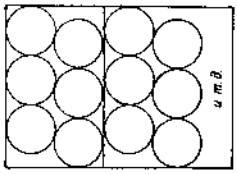

Фиг. 7.


Фиг. 8.

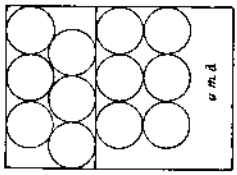

Фиг. 9.



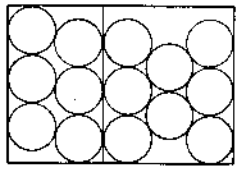
Фиг. 10.

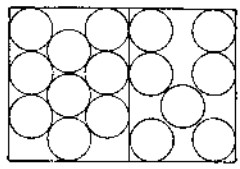


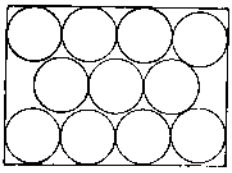
Фиг. 11.

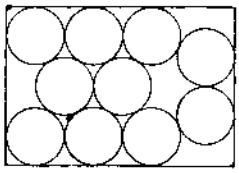


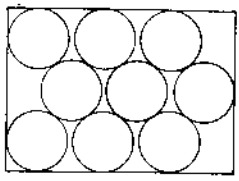
Фиг. 12.

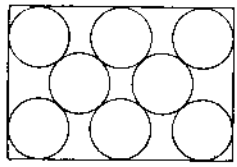

Фиг. 13.

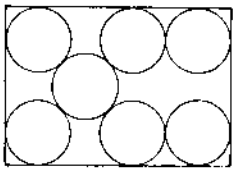

Фиг. 14.

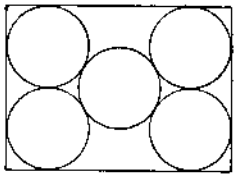

Фиг. 15.

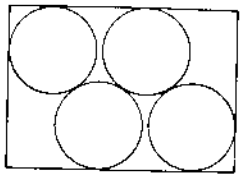

Фиг. 16.

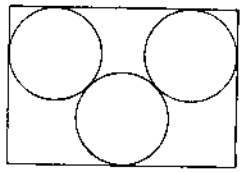

Фиг. 17.


Фиг. 18.

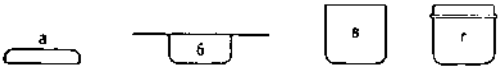

Фиг. 19.


Фиг. 20.


Фиг. 21.

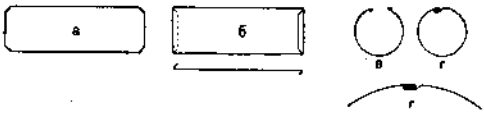

Фиг. 22.

вится; д) после этих операций корпус поступает на фланцеотгибочный станок (отлаточный), к-рый загибает концы корпуса с одной



Фиг. 23.

или с двух сторон (фиг. 26, д), в зависимости от изделия, под прямым или тупым углом, подготовляя его для соединения с дном или рамкой; в том случае, если изделие имеет крышку (вместо рамки), этот станок одновременно прокатывает рантик под крышку (фиг. 26, $д_1$). Верхняя и нижняя детали коробки (к р ы ш к а или р а м к а) штампуются на коленчатых прессах в одну или несколько операций (фиг. 27). На фальцовочном станке (закатке) дно или рамка соединяется с корпусом двойным (фиг. 28, $ж_1$)

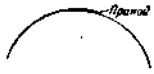


Фиг. 24.

или ординарным ($ж_2$) замком. В некоторых изделиях донышко впаивается, тогда операция д) и фальцевание отпадают, а дно штампуется иной формы (фиг. 28, $ж_3$).

Почти полная автоматичность станков достигнута в применении их для обработки изделий 3-й подгруппы, в особенности коробок для консервов. Здесь интересно отметить следующие автоматы: пресс для изготовления донышек и корпусов коробок и фланцеотгибочную закаточную машину.

Как на пример можно указать на автоматич. коленчатый пресс Zig-Zag герм. фирмы Флеcдермаус (фиг. 29). Автомат этот работает

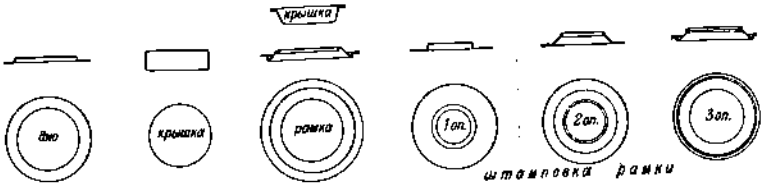


Фиг. 25.

Фиг. 26.

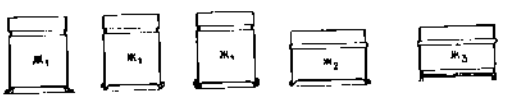
как на листовом, так и на ленточном материале. Лист жести закрепляется на линейке и кладется в подвижную каретку пресса, которая специальным механизмом приводится в движение в продольном и поперечном направлении таким образом, что после каждого удара пуансона лист передвигается в поперечном направлении на расстояние немного больше (2—3 *мм*) диам. вырубаемого изделия. По окончании вырубки первого ряда лист подвигается автоматически в продоль-

ном направлении на необходимую (в зависимости от раскладки) величину и двигается дальше в обратном первом ряду направлении и т. д., до последней вырубки включительно; после этого пресс автоматически останавливается, и каретка возвращается в первоначальное положение для смены линейки ее следующим листом. Пресс этот дает до 8 500 вырубок в час. В настоящее время фирма Фледермаус заменяет ручную смену листов жести автоматической, что даст возможность довести выработку до 30 000 изделий в час при штамповке одновременно несколькими пуансонами.



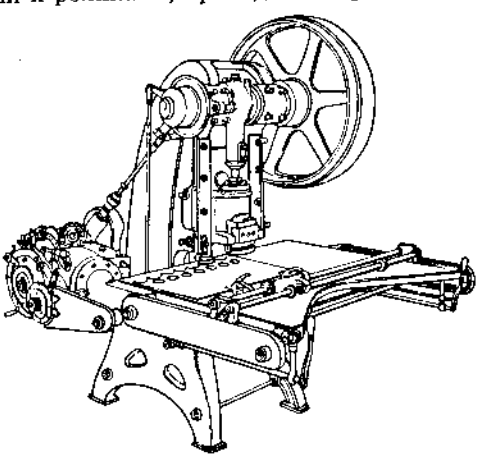
Фиг. 27.

Станок для изготовления корпусов работает следующим образом. Полоски жести, точно нарезанные по форме и размерам развернутого корпуса коробки, закладываются в магазин. Снизу под магазин автоматически подходит механизм, состоящий из трубки с резиновым наконечником, который присасывает нижнюю полоску жести и оттягивает ее вниз. Специальные крюки с двух сторон подхватывают пластинку и подают ее горизонтально вдоль стола станка под углорубку. Ножи последней работают в вертикальном направлении. Дальше пластинка попадает под штампы, к-рые загибают концы ее для замка, и наконец на рог склепа; два сегмента одновременно охватывают пластинку, придавая ей форму цилиндра, застегивают концы, и действующий снизу склеп, прижимая шов цилиндра к рогу, закрепляет замок. Затем цилиндр проталкивается на рог паяльного стола, по к-рому его ведет бесконечная цепь. Паяльное приспособление состоит из корыта с расплавленным оловом, в к-ром вращается ролик, опущенный до половины своего диаметра в олово. Корпус коробки, обращенный швом к паяльному валу, двигаясь вдоль рога паяльного стола, касается предварительно ролика, смазывающего шов паяльной жидкостью (раствором $ZnCl_2$), и прикасается затем к олову паяльного вала. По окончании процесса пайки вращающаяся круглая щетка (состоящая из круглых пластин бумажной или шерстяной материи) снимает лишнее олово, а находящаяся подрогом паяльного стола труба охлаждает струей сжатого воздуха корпус коробки. Производство станка—110—130 коробок в мин.



Фиг. 28.

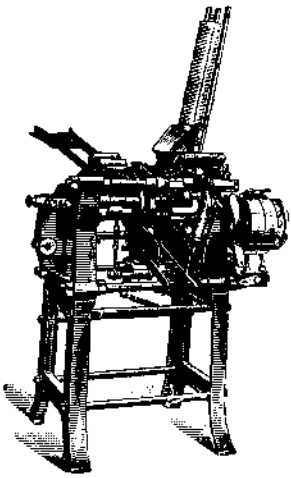
Автоматич. фланцеотгибочная и закаточная машина Karges-Hammer (Германия), назначение которой—прикрепить донышко к корпусу коробки, работает следующ. образом (фиг. 30). Донышки кладутся стопкой в магазин, образуемый двумя несколько наклоненными железными прутками. Низ стопки опирается на два вращающихся полукруга, освобождающих за рабочий ход по одному донышку, падающему на место закатки его. Корпуса в горизонтальном положении кладутся на наклонный жолоб, откуда попадают на звездочку (диск с гнездами) машины. Звездочка подводит корпус к паре вращающихся шайб. В это же время пара роликов двигается сверху вниз, заходя за край шайб. Корпус, захваченный шайбами и роликами, приходит во вращение, а ролики отгибают край. Затем звездочка подает корпус к закатному шпинделю машины; два патрона захватывают корпус; крышка, упавшая ранее на рабочий патрон, надевается на банку, и два ролика производят закатку так же, как на обыкновенных вертикальных закатках (фиг. 31).



Фиг. 29.

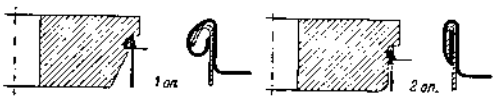
4) Изделия прямоугольные клепаные (типа коробок под зубной порошок, монпансье и т. д.). Операции те же, что и в изделиях цилиндрич. формы (3-я подгруппа). Исключение составляют те коробки, у к-рых крышка прикреплена к корпусу посредством шарниров. В данном случае в пластинке корпуса в месте закрепления крышки просекаются отверстия для шарниров (фиг. 32, 1). Крышка вырубается с соответствующими выступами, в которые вставляется проволока для шарниров (фиг. 32, 2). На укрепленную в крышке проволоку надевают шарниры (фиг. 32, 3). Концы их пропускают в отверстие корпуса и разгибают вручную. Оборудование для этих изделий несколько иное, чем указанное в 3-й подгруппе, но принцип действия его тот же, за исключением гнульной машины, дающей прямоугольную форму корпусу коробки и одинаковой по характеру выполняемой работы с вальцовкой и фланцеотгибочной машиной в 3-й подгруппе. В данном случае пластинка, зацепляясь загнутым

концом за щель в гнульном патроне (четырехугольной формы), обкатывается по патрону роликом, и т. о. корпусу придается четырехугольная форма и одновременно накатывается бортик под крышку и отгибается край для закрепления донышка.



Фиг. 30.

5) Бидоны. Существен. разница в изготовлении этого вида изделий (по сравнению с 3-й и 4-й подгруппами) встречается при изготовлении корпусов бидонов большой емкости (от 8 л и выше). Корпуса таких бидонов делаются из двух половинок и имеют два шва. По окончании операции рубки углов пластина полукорпуса пропускается через вальцы, к-рые отгибают концы ее под прямым углом (отлапка). После загиба двух остальных концов пластины для замка на эксцентриковом прессе придают форму углу бидона и перегибают пластину под углом в 90° (фиг. 33,1). После соединения двух половин корпуса между собой и скрепления швов на эксцентриковом прессе корпус поступает на



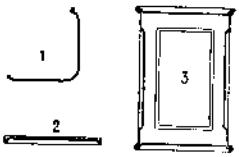
Фиг. 31.

одно- или двустороннюю закатку, для прикрепления донышка и рамки (см. 3-ю подгруппу). В некоторых случаях дно и рамка прикрепляются к корпусу не в закатку, а в так называемую «прикленку»; в этом случае отштампованное, с загнутыми краями донышко соединяется с корпусом на обжимочном станке (фиг. 33, 2 и 3).

6) Прямоугольные цельноштампованные Ж. и. с разрезным рантом и прямоугольные Ж. и. с дном в прижим (типа коробки под штемпельные подушки, бисквиты и т. д.). По характеру эти изделия резко отличаются друг от друга: первые—с цельноштампованными деталями, вторые—с деталями, соединенными швом. Но т. к. группа оборудования, требующаяся для их изготовления,

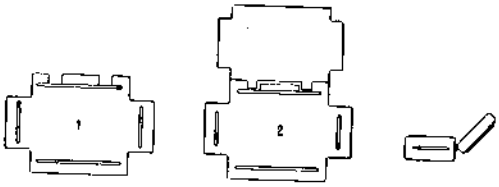
Фиг. 32.

одна и та же, то они и отнесены к одной технологич. подгруппе. Корпус и крышку Ж. и. типа коробок под штемпельные подушки рубят в виде пластины на коленчатом прессе, причем одновременно вырубают углы и выштамповывают на корпусе бортик (фиг 34,1). Обе пластины соединяются между собой проволокой (фиг. 34, 2), после чего на эксцентриковом прессе каждой детали придается форма коробки. Изделия типа бисквитных коробок изготовляют при помощи следующих основн. операций. В пластине (корпусе) с концов и в местах перегиба (углах коробки) вырубаются



Фиг. 33.

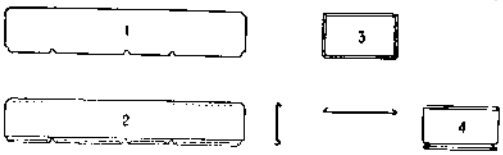
уголки на углорубке и на эксцентриковом прессе (фиг. 35, 1). Такой же пресс загибает оба края по длине (фиг. 35,2): один—для соединения с дном, другой—для того чтобы избежать порезов рук при обращении с коробкой. Концы для замка загибаются на ручном или эксцентриковом прессе. На гнульной машине (см. 4-ю подгруппу) корпусу придают четырехугольную форму, после чего закрепляют замок (склеп) корпуса. Дно коробки рубят в виде пластины на коленчатом



Фиг. 34.

прессе (или вырезают из листа на ножницах). На эксцентриковом прессе загибают все 4 края (фиг. 35, 3), и такого же типа пресс скрепляет дно с корпусом (фиг. 35 4). Крышка, как и дно, вырубается (коленчатым прессом) или вырезывается (ножницами) в виде пластины, эксцентриковый пресс вырубает углы, и такого же типа пресс придает крышке и дну соответствующую форму.

7) Плоские изделия (плакаты, циферблаты для часов, зонты для ламп и пр.). После разрезки на ножницах или рубки на прессе и обрубки углов все 4 стороны плаката загибаются и прижимаются (чтобы избежать порезов рук при обращении с ним).



Фиг. 35.

На углах вырубаются дырочки для гвоздей. Оборудование—ножницы и эксцентриковые прессы. В тех случаях, когда на плакатах д. б. выштампованы рисунок или буквы, они штампуются на фрикционных или коленчатых прессах. Последние одновременно и вырубают изделие из листа.

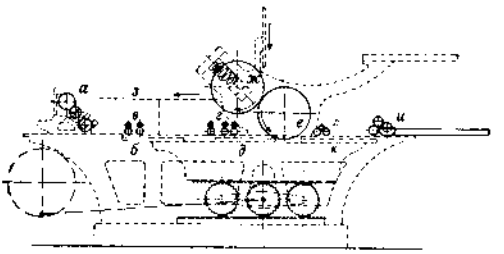
8) Четырехугольные цельноштампованные изделия (типа коробки для папирос). Основные операции те же, что в 1-й технологич. подгруппе, только крышка соединяется с корпусом посредством проволоки, но без шарниров (в отличие от 4-й подгруппы). В корпусе коробки просе-

каются два отверстия и выштамповывается капавка для проволоки; последняя закрепляется в специально выштампованном крае крышки, концы ее заправляются в отверстие корпуса и обжимаются на ручном или эксцентриковом прессе.

Примечания. 1) Операция резки на ножницах в каждом отдельном случае не упоминалась как обязательная для всех Ж. и., в виде 1-й операции. 2) Выше не перечислены все мелкие операции, как то: пайка швов, изготовление арматуры, горл, ручек и т. д., но указаны только основные операции, которые характеризуют данную группу изделий. 3) Вопрос о раскрое круглых форм разработан автором совместно с инж. С. В. Немцевым. 4) Разбивка Ж. и. на 8 технологических подгрупп проработана инж. В. Ф. Груздевым.

Печатание по жести — нанесение рисунка в красках или текста—производится на печатных машинах литографским или офсетным способом. Печатные машины мало чем отличаются от скоропечатных, т. н. офсетных, машин для бумаги и строятся двух видов: машины с кареткой, перемещающей талер по двум горизонтальным параллельным плоскостям, и ротационные машины, у которых каретка с плоским талером заменена цилиндром.

Пропускная способность первой—до 15 листов, второй—до 35 листов в мин. Материалом для печатания служат литографские краски и олифы разных сортов. Краска (сухая) смешивается с литографской олифой и пропускается несколько раз через краскотерку (стирается). Перед печатанием в одну или несколько красок устанавливается нужный цвет и оттенок и добавляется нек-рое количество сикатива для более быстрого высыхания. Процесс печатания сводится к

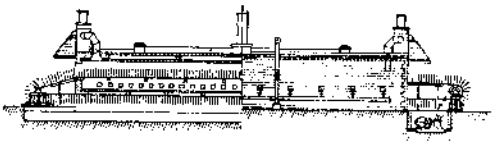


Фиг. 36.

следующему: на раме машины с одной стороны ее установлен (фиг. 36) кипсеечный аппарат (ящик с краской) *а*, краска из к-рого попадает на обтянутый кожей валик и посредством него на чугунную красочную плиту *б*. Две пары других валиков *в* (железных и обтянутых кожей) равномерно раскатывают ее на плите. Талер, двигаясь на параллелях вдоль машины, переносит краску на кожаные валики *г* (3—4 пары), к-рые передают ее рисунку, нанесенному на цинковом листе *д* (переводе), помещенном на талере и установленном на одной каретке с красочной плитой. С перевода рисунок передается на резиновое полотно, натянутое на нижний цилиндр машины *е*. Лист жести ставится одной стороной в зажимы (клапаны) верхнего цилиндра *ж*, помещенного над нижним. При вращении цилиндров лист жести, удерживаемый клапанами, прокатывается между верхним цилиндром и резиновым полотном нижнего и т. о. получает рисунок. При дальнейшем вращении цилиндров зажимы (клапаны) открываются, и лист падает на стол *з*, с к-рого принимается рабочим и устанавливается на транспортерную цепь печи. На другом конце машины, противоположном кипсеечному аппарату, имеется увлажняющий (мочевой) аппарат *и*, состоящий из ящика с водой, в к-ром вращается при помощи храповичка медный валик. Вода с медного валика попадает на обтянутые бумажной фланелью пару валиков и последними наносится на увлажняющую подушку *к*, установленную на одной каретке с печатным талером и красочной плитой. Эта подушка в свою очередь увлажняет 2 валика *л*, также обтянутые фланелью, а последние, прокатываясь по цинковому листу (переводу), увлажняют его. Т. о. при движении каретки от кипсеечного аппарата к увлажняющему аппарату одновременно совершается следующая работа: первая серия валиков *а* наносит краску на красочную плиту *б*, вторая серия *г* наносит ее на перевод *д*, цилиндры *е* и *ж* начинают вращаться, рисунок передается посредством резинового полотна на жесть, и валики *л* смачиваются увлажняющей подушкой *к*. При дальнейшем движении каретки краска с рисунка цинкового листа (перевода) наносится на резиновое полотно, валики *л* увлажняют перевод, красочная плита наносит краску на вторую серию валиков *г*, и валики увлажняющего аппарата *и* смачивают увлажняющую подушку. При движении каретки в обратном направлении увлажняющий аппарат *и* вторично смачивает увлажняющую подушку, валики *л* увлажняют цинковый лист, красочные валики *г* снимают с плиты краску, и приемный валик *а* смазывается краской от кипсеечного аппарата. При дальнейшем движении увлажняющая подушка смачивает водой смачивающие валики *л*, красочные валики *г* наносят краску на цинк, и первая серия валиков *в* растирает краску на красочной плите. При обратном движении каретки цилиндры машины не вращаются; поэтому для прохода талеров под нижним цилиндром часть последнего срезана. Отпечатанный лист жести проходит через печь и сушится при $t°$ 80—100° в течение 25—30 мин. За один раз (проход) наносится лишь один оттенок краски; так. обр. операция печатания одного и того же листа повторяется столько раз, сколько основных цветов в рисунке. В виду того, что краска наносится очень тонким слоем (во избежание отлетания ее при штамповке), некоторые цвета (белый, светлосерый и др.) при большой площади печати получаются чистыми только при неоднократном (2—3 раза) печатании. Среднее количество красочных проходов в различных изделиях можно считать не более 8, при общей толщине красочного слоя ок. 0,06 *мм*.

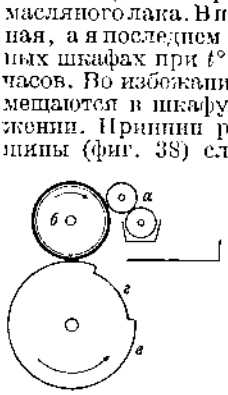
Сушильная печь для жести встречается чаще всего двух видов: печь с жаровыми трубами для угольного или нефтяного топлива и с газовыми форсунками для нагревания газом. Устройство печей с жаровыми трубами (фиг. 37) следующее: печь имеет форму вытянутого прямоугольника; по поду ее в длину проложены 2 сообщающихся на одном конце чугунных жолоба, открытой

своей стороной обращенных к поду. Пламя и отходящие газы проходят внутри желобов, совершая 2 оборота. Вдоль печи по рельсам движется на роликах бесконечная цепь, на звеньях к-рой установлены иголки, между к-рыми станятся листы жести. По окончании печатания листы жести покрываются



Фиг. 37.

либо тонким (на печатных машинах) либо толстым (на лакировочных машинах) слоем масляного лака. В первом случае сушка обычная, а в последнем листы сушатся в сушильных шкафах при $t°$ 35—40° в течение 12—16 часов. Во избежание потеков лака листы помещаются в шкафу в горизонтальном положении. Принцип работы лакировочной машины (фиг. 38) следующий: лак посредством металлических валиков *а* наносится на резиновый вал *б*; жесть проходит между резиновым валом и цилиндром *в*, причем лак с вала ровным слоем накладывается на лист. В нижнем цилиндре сделан срез *г*; подача листов производится автоматически аппаратом с таким расчетом, что, когда нет листа жести между цилиндрами, срезанная часть нижнего цилиндра находится под верхним, и т. о. лак не может попасть на нижний цилиндр и пачкать другую сторону листа.



Фиг. 38.

Лит.: «Sheet Metal Worker», New York; «Fachzeitung für Blechbearbeitung u. Installation», Langen; «Illustrierte Zeitung für Blechindustrie und Installation», Leipzig. **Д. Кацепов.**

ЖИВАЯ ИЗГОРОДЬ, густая посадка древесных и кустарниковых пород по периферии культурных площадей, предназначенная для предохранения этих площадей от проникновения гл. обр. скота; в нек-рых случаях Ж. и. разводят и с декоративными целями. Для Ж. и. выбирают древесные породы, обладающие плотной кроной, быстро растущие, имеющие на ветвях шипы или колючки и хорошо переносящие стрижку, после к-рой растения сильно разрастаются в сучья, а крона остается долгое время плотной, нередеющей. Деревья и кустарники, пригодные для Ж. и., должны быть устойчивыми при росте на свободе и не давать корневых отпрысков. Наилучшие растения для Ж. и. (по Шредеру): для всей европ. части СССР— желтая акация, боярышник (пунцовый, железистый, крупноколючий), вяз, ирга овальная, татарский клен; для северного и среднего районов европейской части СССР—сибирский боярышник, желтоплодный боярышник, сибирская яблоня, сибирская пихта, обыкновенная ель, туя западная; для средней (и отчасти северной) полосы европейской части СССР—крыжовники, роза бедренцволистная; для южной (и отчасти средней) полосы европейской части СССР—акация белая, боярышник (остроколючий, односеменный, черноплодный), бирючина обыкновенная, берест, вяз, граб, дикая груша, кизил, липа, полевой клен, дикая слива; на юге европ. части СССР, в Крыму, на Кавказе и в Закавказье: боярышник (черноплодный, полуперистый, пушистый, огненный, Гельденрейха), гранатник, гледичия, кошенилевый дуб, маклюра, дикая слива, держи-дерево, лох, шелковица. Для Ж. и. применяются и другие древесные и кустарниковые породы, отличающиеся вышеуказанными свойствами.

Посадку Ж. и. обычно производят двухлетними сеянцами лиственных пород, а ели, пихты и боярышника—трех- четырехлетними саженцами. Лиственные породы сажаются рядами—по одному, два или три ряда (ряд от ряда на расстоянии 0,5 *м*); в рядах же, для более быстрого смыкания, саженцы высаживаются на расстоянии от 18 до 36 *см*, в шахматном порядке. Ель и пихта обычно высаживаются лишь двумя параллельными рядами. Стрижка Ж. и. начинается лишь после того, когда высаженные растения достаточно окрепнут. Стрижку обычно производят дважды в год: осенью, в период опадения листвы, или весной, до развития новых почек, и в конце июня, по окончании развития летних побегов. Наилучшее время для стрижки—осень. Повторение стрижки Ж. и. производится через 2—3 г. в садах и через 6—7 лет на полевых участках. При одряхлении Ж. и. ее подрезают до $^1/_4$—$^1/_2$ высоты, и если почва не истощена, то получается усиленное развитие стволовой поросли, ведущей к обновлению Ж. и. Высота Ж. и. обычно от 1 до 2 *м*.

Лит. Шредер Р. И., Живые изгороди и лесные опушки, 4 изд., СПБ, 1898. **Н. Кобранов.**

ЖИВАЯ СИЛА, кинетическая энергия тела, находящегося в движении. Если m— масса какой-либо движущейся материальной точки, v—скорость ее в какой-либо момент времени t, то Ж. с. точки в рассматриваемый момент называется половина произведения массы точки на квадрат ее линейной скорости: $\frac{mv^2}{2}$. Пусть $\boldsymbol{F}$—действующая на точку в этот же момент сила (или равнодействующая всех сил, приложенных к точке), $\boldsymbol{r}$—радиус-вектор, определяющий рассматриваемое положение точки; тогда *элементарная работа* (см.) dT силы $\boldsymbol{F}$ будет равна скалярному произведению $\boldsymbol{F}\,d\boldsymbol{r}$:

$$dT = \boldsymbol{F}\,d\boldsymbol{r} = \boldsymbol{F}\boldsymbol{v}\,dt = m\frac{dv}{dt}\boldsymbol{v}\,dt =$$

$$= d\left\{\frac{1}{2}m\boldsymbol{v}^2\right\} = d\left\{\frac{1}{2}mv^2\right\}, \qquad (1)$$

т. е. элементарная работа силы $\boldsymbol{F}$ в какой-либо момент t равна диференциалу Ж. с. в этот же момент. Приращение Ж. с. материальной точки за какой-либо промежуток времени равно полной работе приложенной к ней силы (или приложенных сил) за тот же промежуток времени. Если тело с массой M движется поступательно, т. е. если все точки тела имеют одну и ту же скорость v, то живая сила всего тела

$$E = \int\frac{dmv^2}{2} = \frac{v^2}{2}\int dm = \frac{Mv^2}{2}, \qquad (2)$$

где dm—масса элемента объема тела; ин-

тегрирование произведено по всему объему тела. Если же тело находится во вращательном движении (см. фиг.), то, обозначая через ω вектор угловой скорости вращения тела, v—линейную скорость какого-либо элемента тела, ϱ—расстояние от данного элемента объема до оси вращения тела, имеем следующую зависимость:

$$v = [\omega r]; \quad v = \omega\varrho,$$

$$E = \frac{1}{2}\int dm \cdot [\omega r]^2 = \frac{1}{2}\omega^2 \int \varrho^2 \cdot dm = \frac{1}{2}\omega^2 I, \quad (3)$$

так как ω—величина в данный момент постоянная для всех точек тела; $I = \int p^2\, dm$ есть *момент инерции* (см.) тела относительно оси вращения. В общем случае движение тела состоит из нек-рого поступательного движения и некоторого мгновенного вращательного движения (см. *Движение*); в соответствии с этим Ж. с. тела:

$$E = M\frac{v^2}{2} + I\frac{\omega^2}{2}, \quad (4)$$

Лит.: Hamel G., Elementare Mechanik, 2 Aufl., Lpz., 1922; Föppl A., Vorlesungen über technische Mechanik, B. 4—Dynamik, 7 Aufl., Lpz.—B., 1923; v. Laue M., Die Relativitätstheorie, 4 Aufl., B. 1. Brschw., 1921; Kopff A., Grundzüge d. Einsteinschen Relativitätstheorie, 2 Auflage, Leipzig, 1923; Mach E., Die Mechanik in ihrer Entwicklung, 8 Aufl., Leipzig, 1921.

М. Серебренников.

ЖИВИЦА, терпентин, смолистый продукт, выделяющийся при ранении живой древесины хвойных. Процесс добывания живицы путем систематического ранения древесины, основанный на происходящих при этом в растении физиологических явлениях, носит название *подсочки* (см.). Живица, только что вытекшая каплями из пореза,—бесцветная, прозрачная, ароматически пахнущая, липкая, достаточно подвижная жидкость; но уже через короткий срок она начинает густеть и мутнеть вследствие выделения мелких кристаллов твердой смолы, которые остаются взвешенными в жидкости. При долгом нахождении Ж. на открытом воздухе летучая ее часть постепенно испаряется, и остается почти твердая желтая масса, т. н. баррас, или сера. Ж. и сера при перегонке на голом огне или с паром выделяют летучую часть, терпентинное масло [название, специально принятое в отличие от менее ценного *скипидара* (см.), который получается из мертвой хвойной древесины отгонкой паром или сухой перегонкой (см. *Смолокурение*)] и хрупкий б. или м. окрашенный остаток—канифоль, или гарпнус. Кроме того в Ж. всегда содержатся в большем или меньшем количестве вода и твердый сор—стружки, хвоя, кора и т. п.

Промышленная ценность Ж. определяется относительным содержанием в ней терпентинного масла, получающейся из нее канифоли, воды и сора. Если приняты меры предохранения Ж. от испарения в воздух, все виды промышленно-подсачиваем. хвойных, судя по целому ряду данных, дают при подсочке 30—33% терпентинного масла (по отношению к незасоренной Ж.), что повидимому и является предельной величиной; практически выходы терпентинного масла значительно ниже, как видно из дальнейшего, и эта разница д. б. приписана как методу подсочки, так и условиям сбора и хранения Ж.; оказывает влияние также и погода: в случае сухого жаркого лета выход терпентинного масла (вследствие испарения) всегда ниже, чем в дождливое лето. Помимо потерь терпентинного масла, Ж., долго пробывшая на воздухе и поэтому подвергавшаяся окислению, теряет и в своем качестве: терпентинное масло получается тяжелее, а каннфоль—темнее. Качество Ж. зависит и от времени сбора: весенняя Ж. дает более светлую каннфоль, чем осенняя; засоренность Ж. не только образует излишний балласт, но и заметно влияет на цвет канифоли, т. к. вода извлекает из коры дубильные и красящие вещества, к-рые переходят при переработке Ж. в канифоль и сообщают ей темный цвет.

Наибольшее промышленное значение имеет Ж. различных видов сосны, являясь основным исходным материалом для выработки *канифоли* (см.) и *терпентинного масла* (см.), причем первое место по подсочке сосны принадлежит США, где за последнее время добывается ежегодно около 480 000 *m* Ж., примерно 65% всей мировой выработки. Подсочное хозяйство сконцентрировано исключительно в штатах около Мексиканского залива—Флориде, Луизиане, Алабаме, Георгии и Каролине. Подсачивается преимущественно длиннохвойная сосна (Pinus palustris, P. australis), в значительно меньшей степени—кубанская сосна (P. heterophylla) и сосна доблолли (P. taeda). При подсочке получается примерно $^2/_3$ Ж. и около $^1/_3$ барраса. Средний состав америк. Ж.: терпентинного масла 18—24%, канифоли 68—75%, воды и сора 5—10%; средний состав барраса: терпентинного масла 8—12%, канифоли 42—55%, воды и сора 35—52%. Вследствие хищнической системы лесного хозяйства и нерационального метода подсочки добыча Ж. за последние 20 лет сократилась примерно на 25%, но за последние годы принимаются меры к развитию подсочки в более рациональных формах.

Во Франции подсочка развита на Ю.-З. страны, преимущественно в департаментах Ланд и Жиронды, к-рые 150 лет тому назад представляли собой болота и пески, а теперь искусственно засажены морской сосной (P. maritima) и служат основой рационально поставленной терпентинной промышленности. Средний состав франц. Ж.: терпентинного масла 18—22%, канифоли 66—78%, воды 8—10%, сора 2—5%. Средняя годовая добыча Ж. во Франции за последние годы составляла ок. 140 000 *m*, т. е. примерно 20% мировой выработки. Сравнительно мелкими производителями Ж. являются: Испания, Италия, Португалия, Греция, Брит. Индия и Австрия; из них Испания добывает до 30 000 *m* Ж. из морской сосны, остальные же страны—значительно меньше.

В дореволюционной России подсочка в промышленном масштабе существовала ок. 100 лет лишь в Вельском и Шенкурском уездах (Вологодской и Архангельской губ.), где она имела основной целью не столько получение Ж., сколько просмаливание

древесины обыкновенной сосны (P. silvestris) для дальнейшей перекурки ее на смолу, т. наз. «смолье-подсочка». В соответствии с этим Ж. оставалась на стволе в течение всего лета, теряла частично терпентинное масло и превращалась в «серу». Средний состав такой серы: терпентинного масла 6—9%, канифоли 42—60%, воды и сора 32—48%. Годовая добыча серы не превышала 2 000 *т*. Резкое несоответствие такой выработки канифоли с потребностью (в 1913 г. она составляла ок. 35 000 *т*) и с нашими лесными богатствами дало толчок к попыткам развития у нас достаточно крупной и рационально поставленной терпентинной промышленности; поэтому с конца 19 в. почти до самого последнего времени не прекращались б. или м. крупные опыты в этом направлении в целом ряде районов, и в настоящее время нашу терпентинную промышленность можно считать прочно установившейся. Средний состав нашей промышленной Ж. таков: терпентинного масла 12—20%, канифоли 65—73%, воды 6—13%, сора 4—8%. В 1928 г. общая выработка Ж. и серы по СССР составляла ок. 10 000 *т*, причем на 1931/32 г. намечается добыча живицы до 60 000 *т*. Мировую добычу всей сосновой живицы для текущего десятилетия можно исчислять в среднем до 760 000 *т* в год, из которых вырабатывается около 480 000 *т* канифоли и около 140 000 *т* терпентинного масла.

Ж. других хвойных—ели, лиственницы и пихты—добывается в сравнительно ничтожных количествах и потребляется промышленностью преимущественно в непереработанном, хотя и очищенном виде. Ель вообще хуже переносит подсочку, чем сосна; кроме того в промышленности еловая Ж. легко м. б. заменена сосновой. В 19 в. в Германии, Австрии, Швейцарии и России добывалось в общей сложности ок. 1 000 *т* еловой серы под названием бургундского, или пивного, вара, т. к. благодаря липкости и своеобразному аромату эта сера шла на осмолку пивных бочек; в настоящее время промысел этот значительно упал. Примерный состав бургундского вара: терпентинного масла 5—8%, канифоли 80—90%, остальное—вода и загрязнения. Подсочка европейской лиственницы (Larix europea), произрастающей на Альпах и на Карпатах, дает вязкую, тягучую Ж., называемую *венецианским терпентином* (см.), следующего состава: терпентинного масла 16—22%, канифели 78—84%, воды и примесей 2—6%. Добыча этого терпентина составляет в настоящее время лишь около 200 *т*. Промышленная ценность этого терпентина (он обладает способностью придавать эластичность лаковым пленкам и сохранять прозрачность при высыхании) и высокая его цена (в 3—4 раза дороже сосновой Ж.) являются значительным стимулом к развитию добычи терпентина в пределах СССР из сибирской и даурской лиственниц (L. sibirica, L. dahurica), произрастающих в значительных количествах в Сибири, так как сходство нашего терпентина с венецианским доказано рядом исследований. Промышленная подсочка пихты производится преимущественно в северной части США из бальзамической или канадской пихты (Abies balsamea, A. canadensis), дающей Ж. особого рода — т. н. канадский бальзам, и отчасти в Европе, в Вогезах, из гребенчатой пихты (A. pectinata), дающей страсбургский терпентин. Состав канадского бальзама: терпентинного масла 23—24%, канифоли 74—76%, примесей 1—3%. Общая мировая выработка канадского бальзама не превышает 30 *т* в год, при цене в 10—12 раз выше сосновой Ж. Промышленное применение канадский бальзам имеет преимущественно в оптич. технике для склеивания стекол благодаря его высокому показателю рефракции и способности сохранять прозрачность при высыхании. По указаниям проф. Ф. И. Флавицкого, канадский бальзам мог бы с успехом вырабатываться и у нас из сибирской пихты (Abies sibirica), растущей в Сибири и на Урале.

Венецианский и страсбургский терпентины, а также канадский бальзам известны в з.-европейской торговле под названием «благородных» терпентинов, в отличие от «обыкновенной» сосновой Ж. Неспособность благородных терпентинов выделять кристаллы является основным их отличием от обыкновенной Ж., выделяющей легко обнаруживаемые кристаллы после прибавления спирта или при рассматривании в поляризационный микроскоп. Обычные аналитич. характеристики мало показательны для Ж., т. к. зависят от содержания в Ж. терпентинного масла; однако для нормальной сосновой Ж. можно указать кислотное число 110—125 и число омыления 115—130; эти же константы для благородных терпентинов—значительно меньше.

Из физич. свойств Ж. необходимо отметить ее оптич. активность. Ж. сосны и ели обыкновенно обладают левым удельным вращением; тогда как Ж. лиственницы—правым; величина удельного вращения Ж. сосны очень различна, изменяясь не только с разновидностью породы, но и с индивидуальными особенностями дерева. Вообще же, чем свежее Ж., тем более ее уд. вращение, доходящее до −70°; оно сильно понижается, когда Ж. переходит в серу. При нагревании Ж. ее вращательная способность падает еще сильнее и даже меняет знак. Так, левовращающая Ж. из P. silvestris или P. palustris после перегонки дает правовращающее терпентинное масло и левую или даже слабо вращающую правую канифоль, тогда как из P. maritima как терпентинное масло, так и канифоль получаются левовращающими.

В классификации естественных смол, по существующему теперь взгляду, Ж. относится к бальзамам, т. е. представляет собою раствор твердых смол в терпентинном масле. В связи с этим необходимо отметить гипотезу проф. Дюпона (1924 г.) об определенной генетич. связи между этими составными частями Ж. путем их образования из «первоначального вещества» (substance mère), существующего в живой древесине и представляющего собой альдегид терпенового ряда, отвечающий составу $C_9H_{15}\cdot COH$. Тот факт, что этот альдегид, выделенный из дерева, даже при отсутствии воздуха быстро закристаллизовывается, давая Ж., привел проф

Дюпона к мысли, что здесь имеет место диастатич. процесс, совершающийся по ур-ию:

$$3C_9H_{15}\cdot COH = \underset{\text{терпен}}{C_{10}H_{16}} + \underset{\text{смоляная кислота}}{C_{20}H_{30}O_2} + H_2O,$$

что близко отвечает составу свежей живицы.

Изучение химич. состава компонентов Ж. послужило предметом многочисленных работ, но в настоящее время нек-рая ясность в этом отношении достигнута только для терпентинного масла. Последнее представляет смесь изомеров терпеновых углеводородов общего состава $C_{10}H_{16}$ (см. *Терпены*), гл. обр. пинена и нопинена и, в зависимости от породы дерева, сильвестрена, лимонена, фелландрена и некоторых других. Эти углеводороды всегда сопровождаются незначительной примесью их эфиров, спиртов и альдегидов, придающих терпентинному маслу тот или другой специфический аромат. Твердая часть сосновой Ж., образующая при сплавлении канифоль, в главной своей части (90—97%) состоит из т. н. смоляных к-т, остальную же часть составляют резены, представляющие собою преимущественно индиферентные, достаточно постоянные окислы углеводородов, характеризующиеся своею нерастворимостью в щелочах. Сюда следует еще причислить незначительную примесь дубильных и красящих веществ, всегда находящихся в Ж.

Что касается химич. природы смоляных к-т, то полной ясности в изучении их строения еще не достигнуто. В настоящее время можно считать твердо установленным лишь то, что смоляные к-ты сосновой Ж. являются смесью изомеров, иногда полимеров, одноосновных к-т терпенового ряда общего элемент. состава $C_{20}H_{30}O_2$, причем Ж. различных видов сосны содержит преимущественно свойственные ей изомеры. Все эти многочисленные изомеры отличаются друг от друга направлением и величиной удельного вращения, а также $t°_{пл.}$, причем эти свойства обнаруживают крайнее непостоянство, изменяясь при действии воздуха, $t°$ и даже в зависимости от природы растворителей. Из целого ряда имеющихся в настоящее время классификаций изомеров смоляных к-т можно указать на предложен. Асканом. Он различает: натуральные смоляные к-ты—пимаровые и сапиновые, содержащиеся в натуральной, необработанной Ж.; канифольные—изопимаровые и абиетиновые, образующиеся при нагревании сапиновых к-т и содержащиеся в канифоли; сильвиновые, к к-рым относятся изомеры, получающиеся вообще при химич. обработке смоляных к-т (см. *Смоляные кислоты*).

Строение смоляных, главным образом абиетиновых, к-т с достаточной вероятностью определено только за последние годы. Большинство авторов приходит к выводу, что строение ядра этих к-т близко к фенантрену или ретену. С этой стороны представляет интерес гипотеза Грюна (1921 г.), предложенная им на основании изучения условий образования смол в природе. Согласно этой гипотезе, абиетиновая к-та образуется путем конденсации пинена и нопинена с соответствующим окислением метильной группы в карбоксил при одновременном удалении водорода. Подобное преобразование м. б. достигнуто различными путями, что и обусловливает наличие изомеров. Эта гипотеза, как видно, стоит в близкой связи с упомянутой выше гипотезой проф. Дюпона.

Лит.: Тищенко В., Канифоль и скипидар, СПБ, 1895; Любавин Н. Н., Технич. химия, т. 6, ч. 2, М., 1914; Vèzes M. et Dupont G., Résines et térébenthines, P., 1924; Wolff H., Die natürlichen Harze, Stg., 1928; Barry T. H., Drummond A. A., Morell R. S., The Chemistry of Natural a. Synthetic Resins, L., 1926; Tschirch A., Die Harze u. Harzbehälter, 2 Aufl., Lpz., 1906; Bottler M., Harze und Harzindustrie, 2 Auflage, Leipzig, 1924.

А. Деревягин.

ЖИВОТНЫЙ УГОЛЬ, углистый остаток от сухой перегонки продуктов животного происхождения, содержащих белки (костей, крови, обрезков рога, мяса, губок), применяемый в качестве адсорбера (сподий, костяная крупка, костяной уголь, кость простая жженая, кость черная) и в качестве пигментной краски (костяная черная, жженая кость, животная чернь, сажа костяная). Качественно и количественно наибольшее значение имеет костяной уголь.

Свойства. Костяная крупка состоит из пористых минеральных пластинок кости, в к-рых стенки внутренних полостей и каналов покрыты тонким слоем активного угля. Ж. у. поступает в продажу кусочками, преимущественно величиной с орех или с горошину. Ж. у. хорошего качества тверд, крепок, имеет глубокий черный цвет, матово-жирный вид поверхности, присасывается к языку и держится на нем; под микроскопом должен ясно показывать строение кости; блестящий или стекловидный Ж. у. указывает на недостаточное обезжирение исходного материала, бурый оттенок—на неполноту обжига, серый (или белые выдающиеся углы зерен)—на чрезмерное прокаливание. Необходимо, чтобы зерна были одинакового размера, т. к. в противном случае одни зерна при работе оказываются насыщенными, тогда как другие еще обладают поглотительною способностью. Поэтому необходимо рассортировывать Ж. у. просеиванием через решета по калибрам (табл. 1).

Табл. 1.—Калибры костяной крупки.

Число отверстий на *п. см*		Калибр крупки
нижний предел	верхний предел	
4	—	0
4	8	28
8	12	32
12	16	27
16	20	11
—	20	2

Кажущийся уд. в. свежего Ж. у. 0,75—0,80, старого—ок. 1; истинный уд. в. свежего Ж. у. был найден при нек-рых испытаниях равным 2,822, а старого—2,857. Т. о. свежий Ж. у. имеет пористость около 77% по объему, но от продолжительного употребления и повторных прокаливаний он становится менее пористым. Свежий Ж. у., как показали опыты, поглощает 80—100% воды, а старый—только 30—45%.

Химический состав хорошего Ж. у. характеризуется примерно следующими

данными: 7,5—10,8% углерода, 75—80% фосфорнокислого кальция, 6—8% углекисл. кальция, 0,15—0,25% сернокислого кальция, 0,5—1,4% сернистых и азотистых веществ, 0,80—1,40% фосфорнокислого магния, 0,2—0,5% хлористых солей щелочных металлов, 0,5—0,8% силикатов, 0,7—1,5% окиси железа и окиси алюминия, 0,5—1,5% глины и песка, 4—8% влаги. Углеродистое вещество, входящее в Ж. у., всегда содержит азот, до 10% от своего веса, и нек-рое количество водорода; по мере использования Ж. у. содержание азота в нем понижается. Ж. у. не горит, но при прокаливании оставляет золу белого или кремового цвета; наличие серых или красноватых частиц указывает на подмесь старого Ж. у.

Главный технич. эффект Ж. у. обусловлен способностью этого материала адсорбировать из растворов пахучие и органич. красящие вещества, а также большинство минеральных веществ (известь, сернокислые соли меди, цинка, хрома, железа, азотнокислые соли никеля, кобальта, серебра, ртути, свинца, уксуснокислый свинец, рвотный камень и пр.) и в значительной мере поглощать из растворов соли щелочных металлов. В отношении последних Боденбендером установлено, что калиевые соли поглощаются в меньшем количестве, чем натриевые, и что возрастающий порядок поглощения в зависимости от аниона представляется таким рядом: хлориды, нитраты, оксалаты, цитраты, ацетаты, сульфаты, карбонаты и фосфаты. Поглощение извести, углекислых, щавелевокислых и нек-рых других солей кальция считается отчасти следствием присутствия в Ж. у. минеральных составных частей. Абсолютное количество поглощенных Ж. у. солей возрастает с повышением концентрации раствора, но относительное количество удержанных солей с повышением концентрации убывает. Будучи насыщен одною солью, Ж. у. сохраняет до известной степени поглотительные свойства в отношении к друг. соли. Количество поглощенной соли возрастает с течением процесса поглощения, но скорость поглощения при этом постепенно убывает и через несколько часов доходит практически до нуля. Присутствие сахара в растворе мало изменяет степень поглощения солей. Кроме того поглощение пропорционально количеству Ж. у. Красящие вещества поглощаются весьма полно; так, при применении Ж. у. в количестве 25% от веса сахарного песка поглощается 75—50% красящих веществ. По исследованию Сегриста, поглощение красящих веществ выражается ф-лой $C_1 = \beta \cdot C_2^n$, где C_1—концентрация поглощенной краски в поглотителе, C_2—концентрация краски, бывшей в растворе, а β и n—константы поглощения, возрастающие с температурой; значение их дано в табл. 2. Поглощенные животным углем красящие вещества могут быть выделены из него обратно (например после очистки патоки—посредством аммиачного раствора).

Ж. у., насыщенный поглощаемым веществом, утрачивает поглотительную способность и нуждается в регенерации, т. н. оживлении, для чего предложены разл. чные приемы: прокаливание без доступа воздуха; обработка перегретым паром при 600—700° (Пампе), причем зерна угля д. б. величиной с горошину; пропускание влажного Ж. у. между трубками углеобжигательных печей и т. д. Активность угля, по П. Дегенеру и Ж. Лаку, м. б. повышена действием света и воздуха на свежепрокаленный напитанный водой Ж. у.; при этом образуется перекись водорода. Очистка Ж. у. от углекислого кальция производится слабой соляной к-той (для быстрого вычисления количества требуемой к-ты служат таблицы Шейблера), или к-тами, образующимися при брожении сахара, оставшегося от Ж. у., или же раствором суперфосфата (Кросфильд, Барроу и Кук, 1874 г.); применяется также раствор хлористого аммония и последующая прокалка Ж. у. или пропускание паров нашатыря

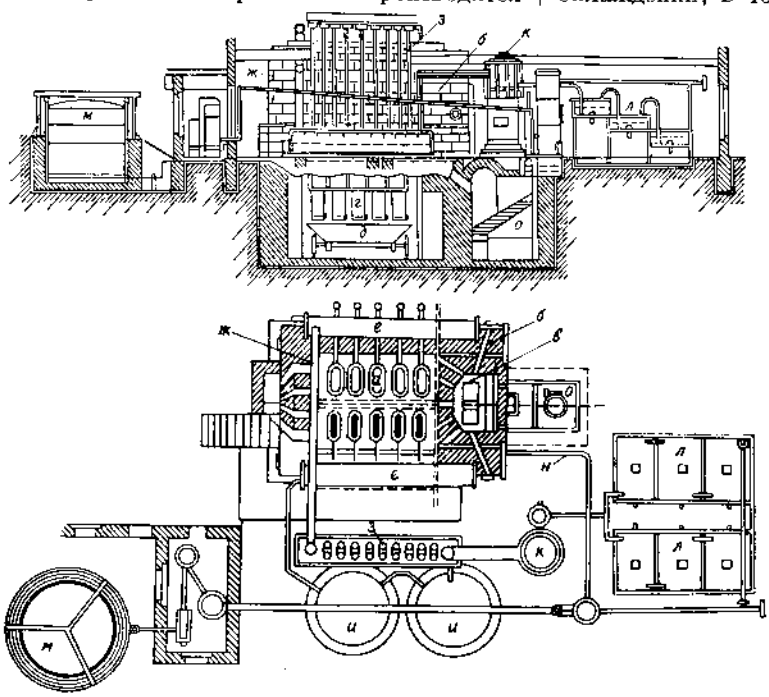
Табл. 2.—Константы поглощения красящих веществ животным углем (по Сегристу).

Обработка угля	$t°$ опыта, °C	Метиленовая синь: Костяной уголь β	Метиленовая синь: Костяной уголь n	Пунцовая кристаллическая: Костяной уголь β	Пунцовая кристаллическая: Костяной уголь n	Пунцовая кристаллическая: Кровяной уголь β	Пунцовая кристаллическая: Кровяной уголь n
Очищенный	15	0,853	0,112	0,593	0,150	—	—
»	50	1,09	0,112	1,16	0,100	—	—
»	70	1,26	0,123	1,42	0,216	—	—
Обраб. Na_2CO_3	15	—	—	0,327	0,095	2,67	0,048
» »	50	—	—	0,528	0,159	2,90	0,052
» »	70	—	—	0,886	0,203	3,93	0,084
Обраб. H_2SO_4	15	0,684	0,083	0,771	0,167	2,58	0,029
» »	50	0,902	0,093	1,03	0,180	2,81	0,030
» »	70	1,22	0,100	1,32	0,172	3,27	0,040

через накаленный докрасна Ж. у., причем выделяется углекисл. аммоний (Кук, 1872 г.). Образующиеся при всех этих процессах растворимые соли кальция тщательно отмывают затем горячей водой. В качестве растворителей были предложены также разведенная азотная к-та (Дункан и Стенгауз) и углекислота в присутствии воды (Эд. Бинс, Патрик и др.). Эд. Бинс (Beanes, 1864 г.), с целью сохранить от растворения фосфорнокислый кальций, предлагал пользоваться сухим хлористым водородом. Наконец для удаления красящих веществ было предложено (Филипс, 1870 г.) применение спирта с аммиаком или другими щелочами, с последующей регенерацией спирта и аммиака, но этот способ не дал удовлетворительных результатов. Освобождение Ж. у. от чрезвычайно вредной примеси гипса достигается кипячением Ж. у. в избыточном количестве раствора соды.

Испытания Ж. у. Свежий Ж. у. подвергается испытаниям на содержание влаги (к-рой д. б. не более 7—8%), углерода, нерастворимых в к-тах составных частей—песка и глины, к-рые допустимы только в минимальных количествах. Затем определяется содержание углекислого, сернокислого и сернистого кальция и органическ. веществ. Ж. у., находящийся в работе, кроме того испытывают на поглощенный сахар. Наконец угольную мелочь, идущую на суперфосфат, испытывают только на содержание фосфор-

ной к-ты. Влажность определяется просушкой до постоянного веса при 125°, уголь, песок и глина—взвешиванием остатка после обработки соляной к-той, а уголь в отдельности—последующ. прокаливанием осадка. Углекислый кальций в заводских лабораториях определяется почти исключительно по углекислоте. Нормальное содержание углекислого кальция в Ж. у. 6—7%. Определение сернокислого кальция ведется кипячением в соляной к-те и определением серной к-ты по хлористому барию. Сернистый кальций определяется по серной к-те, образующейся при окислении действием бертолетовой соли. Органич. вещества определяют кипячением с разбавлен. щелочью; содержание сахара—поляризационным способом, по водной вытяжке; фосфорную к-ту—молибденовой реакцией. Кроме того производится



испытание Ж. у. на обесцвечивающую силу. Ж. у., применяемый при анализе вина на тростниковый сахар, должен удовлетворять ряду специальных требований [1].

Производство Ж. у. Кости, подвергаемые обжигу на Ж. у., должны быть крепкие, чистые, не слишком старые. Наилучший Ж. у. получается из костей крупных животных; кости мелких животных, хрящ, а также кости лошадей, рыб и кита дают Ж. у. мягкий, хрупкий, рыхлый и мало пористый. Качество Ж. у. расценивают по относительному содержанию твердого угля и хрящей; продажный Ж. у. обычно содержит: плотных костей 51—78%, хряща 26—12%, смеси 19—10%. После сортировки кости обезжиривают или кипячением с водой, извлекающим 4—5% жиров, или бензиновой экстракцией, дающей 6—8% жиров. Т. к. присутствие воды затрудняет доступ бензина, то Ф. Зельтзам предложил пользоваться растворителями с $t°_{кип.}$ более высокой, чем $t°_{кип.}$ воды. Отрицательные стороны экстракции бензином—дурной запах извлеченного жира и меньшее содержание углерода в Ж. у.

Аппарат для костеобжигания устраивается либо по типу аппаратов на газовых заводах, с полукруглыми железными ретортами (по 5 в одной печи), загружаемыми каждая по 120 *кг* кости на 6—8 час., либо непрерывным процессом в ретортных печах. Установка для получения Ж. у. непрерывным процессом (см. фиг.) состоит из вертикальных реторт *а* из чугуна и огнеупорной глины, наполняемых обжигаемым материалом без доступа внешнего воздуха. Реторты заделаны в кладку *б* с каналами *в* для обогрева горячими газами. Обожжен. материал спускают в гасители *г*—железные ящики, служащие для охлаждения его, а оттуда, по охлаждении, в тележки *д*. Выделяющиеся при обжиге газы собираются в боровах *е* и по трубе *ж* проходят через холодильники *з*, причем конденсат собирается в приемниках *и*, после чего газы проводятся через башни *к* с известковым молоком и через свинцовые камеры *л* с серной кислотой для поглощения аммиака. Оставшиеся горючие газы собираются в газгольдере *м*, откуда часть их идет на обогрев установки по газопроводу *н*. Костеобжигательн. печь снабжена полугенераторной топкой *о*. При обжиге получается от 3 до 5% костяного масла, аммиак (из которого поглощением серной к-той образуется 9,5—10% сернокислого аммония), цианистые соединения, поглощаемые водным раствором железного купороса, и ок. 65% Ж. у., из к-рого 20—30% мелочи. Прокалку и в особенности охлаждение необходимо вести при тщательном ограждении от доступа воздуха. В отношении охраны труда необходимо иметь в виду, что при прокалке кости выделяются цианистые соединения. Помол угля ведется на специальных мельницах, после чего отделение угля производится при помощи электромагнитов. Животная чернь получается из твердых костей, пережигаемых в глиняных или чугунных горшках, плотно закрываемых крышкой и замазываемых глиной. Их ставят на под нагретой печи, все рабочие отверстия которой по удалении газов и паров закрывают и замазывают.

Производство специальных видов Ж. у. Высокая активность Ж. у. достигается при следующих специальных способах производства: 1) разваривают морскую и пресноводную рыбу; после промывки на холоду полученной массы ее просушивают, а затем обжигают обычным способом;

черно-бурый негигроскопич. порошок, получаемый после обжига, содержит 90—95% углерода и отвечает высшим требованиям чистоты и адсорбционной способности [2]; 2) свежей бычьей кровью пропитывают под давлением кусочки пемзы; после просушки и обжига без доступа воздуха продукт освобождают от растворимых солей промывкой в воде [2]; 3) подобным же образом пропитывают белками (кровью с 15%-ной щелочью) и другие пористые породы; иногда осаждают в порах также гидроокиси металлов и полученный уголь освобождают от углекислого кальция; эти пористые угольные фильтры особенно пригодны для растительных соков и углеводов, когда требуется их очистка от высокомолекулярных органич. веществ и солей [4]; 4) опилки от обточки рога смешивают с раствором углекислого калия (1 ч. на 3 ч. воды) и держат в теплом месте до высыхания, после чего обугливают [5].

Весьма чистый Ж. у. производится следующими способами: 1) особым процессом, разработанным И. Парделлером [6], обогащают малоценные отбросы сподия, причем в качестве побочного продукта получается кальциевомагниевый ортофосфат для медицинских целей; 2) Ж. у. обрабатывают под давлением и в присутствии воды газообразной сернистой к-той, переводящей углекислый и фосфорнокислый кальций в растворимые легко удаляемые кальцевые соли; затем уголь отфильтровывают от раствора бисульфита и фосфата кальция и промывают слабым водным раствором сернистой кислоты и окончательно водой.

Фильтры из Ж. у. изготовляются: 1) формовкой порошкообразной смеси из 60 ч. кокса, 10 ч. древесного угля и 10 ч. чубучной глины (или 10 ч. кокса, 20—30 ч. костяного угля, 20 ч. древесного угля и 40 ч. асбеста) с патокой; после этого отформованные изделия обжигают в муфелях без доступа воздуха, извлекают из них соляной к-той и затем водой минеральные вещества, вторично обжигают при темнокрасном калении и обтачивают на станках; для склейки отдельных частей применяют тесто из отбросов получаемых при обточке, смешан. с сахарным сиропом [7]; 2) угольные фильтры можно также получать, подвергая сухой перегонке просушенную смесь из золы уже истощенных угольных фильтров с тонко распределенными в ней веществами, богатыми углеродом; этот способ регенерации фильтров м. б. повторяем до тех пор, пока зола, все более обогащаясь фосфатами, не станет пригодной в качестве удобрения [8].

Применение. Главное применение Ж. у. имеет в сахарной промышленности для обесцвечивания и очистки сиропов. В прежнее время посредством Ж. у. велась очистка и соков, но с 1890 г. в производстве сахарного песка она была заменена более дешевой и менее сложной очисткой сернистым газом, а также применением механич. фильтров из тканей или песка. Фильтрация свеклович. сока через Ж. у. дает очень хорошее очищение и обесцвечение, задерживая муть и пигменты, разлагая растворимый сахарат кальция и переводя известь и задерживаемый карбонат, поглощая органич. соли кальция и соли щелочных металлов. Но Ж. у.— материал довольно дорогой, притом постепенно разрушающийся при каждом «оживлении» (растворяется в соляной к-те, раздробляется, выгорает, рассыпается при прокалке); кроме того фильтрация сока через Ж. у. усложняет и замедляет производство, требует больших расходов (соляная к-та, топливо для прокаливания, рабочая сила и др.); к тому же весьма негигиеничный процесс оживления сильно заражает воздух и сточные воды. Фильтрация через Ж. у. сахарного сиропа составляет одну из важных операций в сахарорафинадном производстве. Ею достигается обесцвечивание сиропа и удаление из него щелочей. Ж. у. применяется здесь наилучшего качества, в виде небольших кусочков, которыми загружаются аппараты емкостью в 3—5 *m*. Угля берется ок. 50% по весу сахара, подвергающегося рафинировке. В рафинадном производстве соперником Ж. у. выступил активированный растительный уголь, но повышение активности Ж. у. в последнее время позволило мелкоизмельченной крупке Ж. у. конкурировать с нек-рыми активированными углями (норит, дарко), хотя и уступая другим (карборафин). Ж. у. применяется также для очищения глюкозы в крахмально-паточном производстве, воды, масла, парафина, сапонификационного глицерина (см. *Мыловарение*).

Применение Ж. у. в качестве краски. При высокой степени измельчения Ж. у. обладает очень хорошей кроющей способностью и интенсивным черным цветом; но само измельчение затруднительно, и потому применение Ж. у. в качестве краски, весьма распространенное прежде, теперь сократилось и удерживается гл. обр. в живописи. Наилучшие сорта этой черни получаются из слоновой кости и имеют матово-черный цвет; более дешевым сортам из простой жженой кости свойственен оттенок красноватый. На дешевые малярные краски пускают обычно мелочь, мало пригодную в качестве адсорбера. Животная чернь идет также на производство ваксы. Идущий в краску Ж. у. испытывают на интенсивность черноты и на кроющую силу.

Лит.: [1]) Lunge—Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, B. 4, p. 298, B., 1924; [2]) Г. П. 297945; [3]) «Dingl.», 1874, B. 214, p. 258; [4]) Г. П. 286428; [5]) «Polytechnisches Notizblatt», Mainz, 1850, 2; [6]) «Seifensieder-Ztg», Augsburg, 1911, B. 38, p. 353; Wiechowski W., Tierkohle, «Österreich. Chemiker-Ztg», Wien, 1915, B. 18, p. 74; [7]) «Polytechnisches Ztrbl.», Lpz., 1867, p. 200; [8]) Г. П. 235149.

Чефранов П., Костяной уголь, Полная энциклопедия русского сельского хозяйства, т. 4, стр. 765, Петербург, 1904; Головин Н. В., Руководство по сахарному производству, стр. 88—95, Москва, 1928; Огнев И. Ф., Курс нормальной гистологии, ч. 2, стр. 184—222, Москва, 1913; Новиков М., Исследование о хрящевой и костной ткани, Москва, 1909; Дубинин М. М., К вопросу об угле как адсорбенте, «Ж», часть химич., 1928, т. 60, *6*, стр. 859—869; Cordel O., «Ch.-Ztg», 1880, B. 4, p. 169; «B», 1880, p. 1346; Friedberg W., Die Fabrikation d. Knochenkohle u. d. Tierölen, 2 Auflage, W., 1906; Segrist H., «Bull. de la Société vaudoise des sciences naturelles», Lausanne, t. 46, *170*, p. 1239; Arendt O., «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1915, (Kolloidchemische Beihefte, B. 7, p. 212); Hönig P., ibid., 1926, B. 22, p. 373 u. ff.; Laybl J., «Ztschr. f. Zuckerindustrie in Böhmen», Prag, 1918, B. 43, p. 348, 406, 455; Knecht E., «Chemisches Ztrbl.», B., 1920, B. 4, p. 468; Halem J., «Kunststoffe», Mch., B. 9, p. 23; Illert G., «Chem. Apparatur», Lpz., 1922, p. 85, 102.

П. Флоренский.

ЖИДКИЕ ГАЗЫ, неправильный, заключающий в себе противоречие термин, применяемый однако иногда в технике для обозначения жидкостей, сохраняющих свое жидкое *агрегатное состояние* (см.) только при определенных условиях $t°$ и давления, отличных от тех условий, к-рые наблюдаются обыкновенно на земной поверхности (см. *Жидкости*, *Сжижение газов*).

ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ, особая форма агрегатного состояния вещества, отличающаяся как от типичного твердого (кристаллического) так и от типичного жидкого (аморфного) состояния. Жидкокристаллическое, или мезоморфное, состояние характерно для многих органич. соединений, у к-рых оно встречается ивряду с другими состояниями. Подобно обыкновенным жидкостям Ж. к. обладают текучестью и способностью к образованию капель; подобно твердым кристаллам Ж. к. обладают *анизотропией* (см.) внутреннего строения, обнаруживающейся гл. обр. в сильном двойном преломлении света, иногда сопровождающемся дихроизмом. Различают два типа Ж. к.: 1) нематическвй тип (от греч. νημα—нить), названный так вследствие особенностей его молекулярной структуры; этот тип называется также капельножидким; 2) смектический тип (от греч. σμηγμα—мыло), т. к. различные виды мыла образуют Ж. к. этого типа; смектич. Ж. к. образуют капли не шарообразной, а удлиненной формы, сохраняющие тем не менее свою текучесть. Разновидностью нематич. тива является тип холестерический, наблюдающийся в сложных эфирах холестерина и обладающий аномальным вращением плоскости поляризации. Ж. к. всех типов обладают в большей или меньшей степени способностью ориентироваться в магнитн. поле.

Образование Ж. к. можно наблюдать при охлаждении нек-рых веществ в жидком состоянии до определенной $t°$; превращение обыкновенной жидкости в Ж. к. вполне аналогично обычной кристаллизации. Обратно, при нагревании до той же $t°$ Ж. к. «плавится», т. е. превращаются в обыкновенную жидкость; это превращение сопровождается поглощением скрытой теплоты. При охлаждении Ж. к. до другой определенной $t°$ можно наблюдать превращение их в твердое состояние. Обратный переход при нагревании твердых кристаллов в Ж. к. также сопровождается поглощением скрытой теплоты. В нек-рых веществах однако Ж. к. появляются только при охлаждении жидкости; из твердого же состояния они получиться не могут, так как всегда оказываются неустойчивыми по отношению к твердому состоянию. Есть вещества, существующие в нескольких жидкокристаллич. состояниях и переходящие из одного состояния в другое при определенных $t°$—явление, аналогичное *полиморфизму* (см.) у твердых кристаллов. Нек-рые из этих состояний могут обнаруживать постоянную неустойчивость по отношению к другим состояниям. Существуют химич. соединения, к-рые могут существовать только в форме Ж. к. в определенном темп-рном промежутке; вне этого промежутка соединение распадается на составные части твердого или жидкого состояний. Исследование Ж. к. рентгеновскими лучами показало у Ж. к. нематич. типа полное отсутствие кристаллич. решетки; если их ориентировать в магнитном поле, то рентгеновские лучи обнаруживают в них существование молекулярных рядов, параллельных силовым линиям поля. В смектич. Ж. к. обнаруживается структура в форме одной системы равноотстоящих параллельн. плоскостей. Свойства Ж. к. объясняются взаимной ориентировкой их молекул, которые у всех веществ, образующих Ж. к., обладают удлиненной формой. Является ли основной единицей структуры Ж. к. одна молекула или агрегат молекул, в настоящее время нельзя считать выясненным. Ж. к. смектического типа обладают способностью впитывать в себя посторонние жидкости, образуя т. н. миелиновые формы, имеющие червеобразную, а иногда и довольно сложную внешнюю структуру. Вследствие изменения поверхностного натяжения в зависимости от температуры миелиновые формы обладают иногда как бы самопроизвольным движением («живые кристаллы»).

Изучение Ж. к. имеет значение в нек-рых биологич. вопросах, т. к. липоиды, входящие в состав тканей живых организмов, представляют собой вещества, образующие Ж. к. В настоящее время изучение Ж. к. имеет большое значение в области патологич. анатомии. Таблица веществ, образующих Ж. к., с соответствующими константами, приведена в *Спр. ТЭ*, т. I, стр. 401.

Лит.: Млодзеевский А. Б., Диссоциация жидких кристаллов, «Ж», ч. физич., 1927, т. 69, стр. 469; Реньева А. Н. и Фредерикс В. К., К вопросу о природе анизотропно-жидкого состояния вещества, там же, стр. 183; Lehmann O., Die Lehre v. flüssigen Kristallen, Wiesbaden, 1918; Lehmann O., Flüssige Kristalle u. ihr scheinbares Leben, Lpz., 1921; Schenck R., Kristallinische Flüssigkeiten u. flüssige Kristalle, Lpz., 1905; Vorländer D., Chemische Kristallographie d. Flüssigkeiten, Leipzig, 1924; Born M., Anisotrope Flüssigkeiten, «Sitzungsberichte d. Preuss. Akad. d. Wiss.», B., 1916, B. 30, p. 614; Oseen C. W., Die anisotropen Flüssigkeiten—Tatsachen u. Theorien, «Fortschritte d. Chemie, Physik und physikal. Chemie», B., 1929, Serie B, B. 20, H. 2; Friedel G., «A. Ch.», 1922, série 9, t. 18, p. 273; Kast W., «Ann. d. Phys.», Lpz., 1927, Folge 4, B. 83, p. 391.

А. Млодзеевский.

ЖИДКИЙ ВОЗДУХ см. *Сжижение газов*.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ К VII ТОМУ ТЭ.

Авиональ 307.
Автодромы 102.
Автоструги 113.
Альдрей 307.
Альнеон 307.
Альфериум 307.
Алюзиль 307.
Алюминотермический способ (производства железа) 843.
Алюфон 307.
Ангидрид наджелезный 732.
Арка (железобетонная) 778.
Аркада (в жерновом поставе) 858.
Арматура 776.
Арматура рабочая 781.
Арматура распределительная 781.
Асиераль 307.
Аэрозоли 345.

Багажная квитанция 506.
Балансы 167.
Балки Визинтини 798.
Балки Виренделя 804.
Балки железобетонные 775.
Балки консольные 800.
Балластировка 529, 545.
Балластный слой 667.
Баррас 909.
Бациллы цементные 761.
Башмак (в железобетонных конструкциях) 777.
Бегун 854.
Белые муравьи 172.
Бетономешалки дорожные 118.
Бидоны 903.
Бикарбонат 731.
Блекбенд 723.
Боек 822.
Боров 344.
Бородок 363.
Борона шведская 159.
Бороны дорожные дисковые 111.
Брусья поворотные 618.
Буво и Блана реакция 323.
Бурый железняк 719.
Бусы массивные 850.
Бусы полые 850.

Вагона пробег 489.
Вагонные сараи 486.
Вагоны пассажирские узкой колеи 705.
Вагоны товарные узкой колеи 705.
Валки дробильные 242.
Валки прокатные 885.
Вар бургундский 911.
Вар пивной 911.
Велодром 102.
Вентиляция 522.
Веретено (жернового постава) 858.
Верхнее строение 698.
Вискозиметры 431.
Водопровод 522.
Водоснабжение 483.
Волокуша 120.
Воронка Парри 23.
Ворота габаритные 619.
Временные дороги 539.
Вуты 772.
Выдувка печи 35.
Выправка пути 529.

Гарпиус 909.
Гать 94.
Гематит 716.
Гематоген 733.
Гематоксилин 160.
Гемицеллюлоза 166.
Гемол 733.
Генератор паульсеновский 299.
Гермалит 198.
Гидрат окиси натрия 375.
Гидрозоли 346.
Глаз (жернова) 854.
Глоток (жернова) 854.
Глютин 426.
Горка (железнодорожная) 596.
Горло крестовины 629.
Горн (в доменных печах) 18.
Горные дороги 441.
Горные железные дороги 672.
Гражданские сооружения 484.
Грант 89.
Графики движения 492.
Гриньяра реакция 324.
Грузовое движение 508.
Грузовой поток 488.
Гудронаторы 117.

Двор (жернова) 854.
Депо железнодорожное 519.
Депо коренные 519.
Депо оборотные 519.
Деповские участки 484.
Депсиды 275.
Дерево-кино 155—156.
Дистанции 528.
Диффузоры 281.
Доломент 198.
Дома жилые 625.
Доменная печь 13.
Доменный процесс 35.
Домкраты гидравлические 60.
Дороги подвесные 685.
Драга 145.
Драги стакерные 151.
Драги щипцовые 152.
Драгирование 145.
Дражирование 143.
Дракоалбан 154.
Драконовое дерево 155—156.
Дракорезен 154.
Дракорезинотаннол 154.
Древесная мука 198.
Древесница въедливая 211.
Древогрызы 171.
Дрены головные 218.
Дрены ловчие 218.
Дрены нагорные 218.
Дробление селективное 248.
Дробь башенная 249.
Дрожжи пекарские 259.
Дроты 850.
Дубление жировое 285.
Дубление карбонильное 285.
Дубление квасцовое 288.
Дубление красное 289.
Дубление минеральное 286.
Дубление растительное 289.
Дубление хромовое 286.
Дубликат накладной 506.
Дурамент 198.
Дутье магнитное 299.
Дутье холодное (драже) 144.

Дымовые трубы железные 339.
Дымовые трубы железобетонные 341.
Дымы маскирующие 356.
Дымы отравляющие 357.
Дымы сигнальные 358.
Дюраль 306.

Езда обезличенная, или американская 495.
Езда парная 494.
Езда подсменная 495.
Езда турная 495.
Езда хозяйская, или личная 494.
Емкость антенны статическая 394.

Жадеит 399.
Жаккардова каретка 399.
Жвир 89.
Жезл 422.
Жезловые аппараты 424.
Железная кислота 732.
Железные дороги военно-полевые 659.
Железные дороги воздуховозные 443.
Железные дороги двупутные 441.
Железные дороги зубчатые 441, 676.
Железные дороги канатные или цепные 443.
Железные дороги конные или ручные 443.
Железные дороги курортные 445.
Железные дороги местные 445.
Железные дороги многопутн. 441.
Железные дороги надземные 443.
Железные дороги одноцутные 441.
Железные дороги окружные 445.
Железные дороги паровозные 443.
Железные дороги переносные 441.
Железные дороги пионерные (колонизационные) 445.
Железные дороги подвесные или висячие 443.
Железные дороги подземные 443.
Железные дороги портовые 445.
Железные дороги пригородные 445.
Железные дороги промышленные 445.
Железные дороги с канатной тягой 680.
Железные дороги стратегические 445.
Железные дороги тепловозн. 443.
Железные дороги трехрельсовые 675.
Железные дороги трехрельсовые и четырехрельсовые 441.
Железные дороги узкоколейные 441.
Железные дороги ширококолейные 441.
Железные дороги электрические 443.
Железные квасцы 731.
Железный купорос 730.
Железо азотистое 732.
Железо волнистое 745.
Железо гофрированное 745.
Железо иодистое 730.

Железо листовое 744, 876.
Железо пирофорическое 729.
Железо сварочное 737.
Железо сортовое 745.
Железо углекислое 731.
Железо фосфорнокислое 731.
Железо хлористое 730.
Железо хлорное 730.
Железо шинное 745.
Железобетонные здания 833.
Железобетонные стены 833.
Жемчужный пат 851.
Жесть белая 876.
Жесть матовая 890.
Жесть черная 745.
Жнеи 413.
Жнеи-молотилки 407.
Жнеи-лобогрейка 413.
Жнея-самосброска 414.
Жук-часовщик 171.

Заготовка (в железоделательном производстве) 840.
Загрузка Полига 26.
Завор 66.
Закаточная машина 901.
Заличка 290.
Замки стрелочные 646.
Замшев ние 285.
Заплечики (в доменных печах) 21.
Заслонка 343.
Засыпной аппарат Макки 26.
Защитные насаждения 481.
Заячьи лапы (стрелочные переводы) 629.
Звенья 659.
Здания водоемные 624.
Здания пассажирские 620.
Здания постовые 624.
Земляное полотно 480, 697.
Земляные работы 540.
Золоуловительные карманы 343.

Y-сплав 307.
Измельчение 247.
Измерители работы 489.
Изыскания 667.
Изыскания железнодорожн. 556.
Искусственные сооружения 481, 531.
Искусственный железный сурик 728.
Истиратели 244.

Казарма 584.
Камера огневая 300.
Камни цветные 139.
Канавокопатели дорожные 114.
Канадский бальзам 912.
Канализация станций 483.
Канифоль 909.
Канифольные кислоты 913.
Канницаро реакция 323.
Капельножидкий тип кристалла 921.
Капитальный ремонт 479.
Карвакрол 325.
Карниферрин 733.
Катки дорожные 116.
Кинетическая энергия 908.
Кирпич лекальный 332.
Клайзена реакция 323.
Клапаны жалюзийные 401.
Клепаные изделия 898.
Кнебелит 724.
Кокон-двойник 306.
Коловратные механизмы 645.
Колодцы железобетонные опускные 833.
Колодцы перепадные 228.
Колокол Лангена 23.
Колонны гидравлические 615.
Колонны (железобетонные) 777.
Колосоуборки 419.
Колошник 13.
Колошниковые мосты 27.
Колошниковый газ 30.
Кольчугалюминий 307.
Коммерческий акт 509.
Конвейеры 121.
Конструталь 307.
Конструкция локомотивов 679.
Контррельсы 644.
Конторы товарные 623.
Контроль движения поездов 505.
Конус Парра 23.
Копытник 207.
Корпус 143.
Коррозия 317.
Косилки 407.
Костеобжигание 918.
Костровый способ 207.
Кость черная 914.
Костяная крупка (уголь) 914.
Костяной уголь 914.
Коттреля способ 360.
Краны пожарно-водоразборные 617.
Краны промывные 617.
Кремальера 677.
Крестовины 626, 632, 642.
Крюммер 159.

Лактофенин 402.
Лампа магнетитовая 296.
Летка 13.
Летка шлаковая 33.
Летний путь 85.
Лещадь 18.
Лигнин 165.
Лигнолит 198.
Лимонен 913.
Лимонит 719.
Линол 198.
Линолит 198.
Линотол 198.
Литейный двор 33.
Локомотив 132.
Лудильная мастерская 886.
Лудильная машина 887.
Лудильный аппарат 886.
Лужение (жести) 886, 893.

Магистрали облегчен. типа 441.
Магнетит 713.
Магнитный железняк 713.
Макадам русский 95.
Марка крестовины 630.
Мартит 714.
Мастерские железнодорожные 570.
Математический центр 629.
Матрица 363.
Машина картонная 183.
Машина норообдирная 176.
Машина папочная 183.
Машины зернильные 329.
Медведка 364.
Мезоморфное состояние кристалла 921.
Мелана система (железобетонных мостов) 806.
Меллера способ 360.
Мельницы 244.
Мейтенеры дорожные 115.
Метод приточный 263.
Механика движения поездов 487.
Миелиновые формы кристаллов 922.
Минералит 198.
Мирамент 198.
Модуль дренажного стока 222.
Моловой пояс (жорнов) 854.
Монтажное железо 776.
Морин 848.
Мостовая асфальтовая 98.
Мостовая булыжная 94.
Мостовая деревянная 99.
Мостовая клинкерная 99.
Мосты арочные 806.
Мосты балочные 796.
Мосты рамные 802.
Мотодром 102.
Мрамор искусственный 54.

Нажор 284.
Накладная 506.
Натяг 66.
Нематический тип кристалла 921.
Неоналиум 307.
Нерадоли 277.
Нефрит 399.
Нефтекачки 625.
Нефтехранилища 617.
Нитропруссид натрия 732.
Нопинен 913.
Нулевая линия 69.
Нуч-аппарат 376.

Обечайка 858.
Обой 88.
Оболочки (железобетонные) 779.
Обочина 85.
Однорельсовые жел. дор. 683.
Одубина 283.
Олизация 286.
Оолитовый железняк 720.
Опрокидыватели 125.
Ордовали 277.
Осмоген 322.
Осмофорные группы 322.
Осмоцепторы 322.
Остряки 628.
Отжиг жести 881.
Откатка 123.
Откатка в надшахтном здании 139.
Откатка по бремсбергам 134.
Откатка по гезенкам 137.
Откатка по уклонам 137.

Пайка дуралюмина 316.
Папиролит 198.
Параплица 854.
Париковое дерево 848.
Паровозные здания 485.
Паровозы узкой колеи 705.
Пассажирское движение 509.
Патья 208.
Пемза искусственная 54.
Пенетрометр 432.
Пенистость 433.
Пень (в доменных печах) 16.
Переводные механизмы 645.
Перегрузочные устройства 702.
Переезды 481.
Перкина реакция 323.
Перекрытия безбалочные (железобетонные) 779.
Перешивка пути 476.
Печатание по жести 905.
Печи методические 878.
Печи отжигательные 882.
Печи углевыжигательные 210.
Печь Шварца 210.
Пинен 913.
Пирогаллолтанниды 274.
Пирокатехинтанниды 275.
Планирование перевозок 511.
Платформа 587.
Платформы пассажирские 621.
Платформы перегрузочные 623.
Платформы сортировочные 623.
Пленер дорожный 115.
Плиты балочные 772.
Плиты заделанные 772, 773.
Плиты консольные 772, 773.
Плиты неразрезные 772, 773.
Плиты свободно лежащие 772, 773.
Плиты (железобетонные) 772.
Плиты четырехсторонние 772.
Плуг дренажный 235.
Плуг кротовый 235.
Плуги дорожные 110.
Подвижной состав 671.
Подлегчивательный прибор 858.
Подмости (для железобетонных конструкций) 791.
Подсочка 910.
Подъездные дороги 481.
Подъездные пути и ветви 441.
Подъемка пути 529.
Покрытия сводчатые 778.
Полоа (жорнова) 854.
Полуказарма 584.
Помещения товарные 621.
Посадка 66.
Постройки путевые 547.
Постройки станционные железнодорожные 547, 619.
Посты 587.
Правила технической эксплоатации 501.
Пресс коленчатый 900.
Прессы дорновые 84.
Пригонка 66.
Принадлежности путевые 547.
Принадлежности станций 615.
Провозная способность 490.
Проволока цветочная 740.
Прокатка жести 877.
Прокатка холодная жести 882.
Промывка паровозов 485.
Промывной аппарат 429.
Пропускная способность 490.
Простои 580.
Проявляемость 434.
Пруд дражный 146.
Пуансон 363.
Пудлингование 741.

Пульверизаторы 246.
Путевые зданин ж.-д. 584.
Путь переходный 626.
Пучина 478.
Пушбайндеры 419.
Пушки (аппараты) 204.

Разгонка зазоров 476.
Разрыхлители дорожные 110.
Разъезды 587.
Рама черпаковая 149.
Рамы (железобетонные) 779.
Раскрой жести 894.
Распар 13.
Рафинер 182.
Реактор 267.
Регулирование перевозок 511.
Ревены 913.
Рекогносцировка 667.
Рельсы для ж. д. узкой колеи 699.
Рельсы коленчатые 629.
Ремонт вагонов 486.
Ремонт паровозов 486.
Ригель (в жесткой раме) 859.
Рипперы дорожные 111.
Рихтовка пути 476.
Рольбок 704.
Ротанг 155—156.
Рудничные дворы 138.
Руды болотные 723.
Руды глинистые 713.
Руды дерновые 723.
Руды известковые 713.
Руды кварцеватые 713.
Руды кислотные 713.
Руды луговые 723.
Руды озерные 723.
Руды основные 713.
Руды самоплавкие 713.
Руды тальковатые 713.
Рутер дорожный 110.
Рыжий домовый усач 171.

Салицирин 402.
Салол 402.
Самосклепы 898.
Самоцветы 139.
Санки механические 120.
Сборы дополнительные 654.
Сваи железобетон. забивные 829.
Сваи железобетон. набивные 829.
Сварка дуралюмина 316.
Связь конденсаторная 389.
Связь электрическая 389.
Седиментация 348.
Семафоры 457.
Сенсибилизатор 434.
Сепараторы дрожжевые 262.
Сердце (жорнова) 854.
Сигнализация ж.-д. 455.
Сигналы звуковые 457.
Сигналы оповестительные 464.
Сигналы поездные 462.
Сигналы распорядительные 463.
Сидерит 723.
Сильвестрен 913.
Сильвиновые кислоты 913.
Синяк 88.
Скины 25.
Скреперная доставка 123.
Смектический тип кристалла 921.
Смоляные кислоты 913.
Сода каустическая 375.
Специализация поездов 499.
Сподий 914.
Способ абсорбционный 359.
Способ соковой 290.
Способы движения поездов 501.
Сталагмометр 432.
Сталь строительная 746.
Сталюмин 307.
Стан прокатный 885.
Станции железнодорожные 586.
Станции пограничные 598.
Станции портовые 598.
Статистика железнодорожная 468.
Статистика ж.-д. техническая 470.
Статистика ж.-д. финансовая 473.
Статистика ж.-д. эксплоатационная 471.
Стефенсон ская колея 688.
Стойла ж.-д. 523.
Столбики предельные 618.
Столбы (железобетонные) 777.
Сторожевой дом 584.
Стрелка 626, 639.
Стрелка американская 627.
Стрелочные переводы 701.
Стрелочные перья 628.
Стрелочные указатели 460.
Стрелочные улицы 589.
Стрипперы 407, 420.
Струги-грейдеры 111.
Сульфит-целлюлозные экстракты 279.
Сульфоза 279.
Сусло основное 261.
Сушильная печь для жести 906.
Сферосидерит 723.
Сыпин на-плаву 290.
Сыпин насухо 290.

Танниды 274, 276.
Таннин 274.
Тара жестяная 893.
Тараканы 200.
Тариф грузовой 652.
Тариф пассажирский 654.
Тарифы железнодорожные 650.
Тарифы льготные 653.
Тармакадам 97.
Текущий ремонт ж. д. 475.
Телеталь 307.
Температурные швы (железобетонных конструкций) 782.
Тензиометр 432.
Тепловозы узк. колеи 705.
Тепловой баланс 47.
Термиты 172.
Терпентин 909.
Терпентин страсбургский 912.
Терпентинное масло 909.
Терралит 198.
Тигельный способ (производства железа) 842.
Товарные станции 508.
Толкачи 559.
Толчки 475.
Торгамент 198.
Тормозные устройства 680.
Точила 170.
Точильщики 170.
Травильная машина 880.
Травильное устройство 879.
Травление белое 886.
Травление черновое 879.
Транзит 488.
Трансбордеры 704.
Тригемин 402.
Тростник испанский 155—156.
Трубы дренажные гончарные 237.
Трубы фабричные 834.
Тунговое масло 197.
Турбидиметр 432.
Тяга 671.
Тяга конная 670.
Тяга паровая 670.
Тяга тепловозная 570.
Тяга электрическая 569.
Тяговая территория 484.

Углистый железняк 723.
Удобрение искусственное 54.
Узкой колеи ж. д. 688.
Узлы большие ж.-д. 598.
Ультралюмин 307.
Упоры путевые 618.
Усовики 629.
Устои (железобетон. мостов) 799.
Утюги дорожные 114.
Уширение на железных дорогах узкой колеи 700.

Фашины 214.
Фелландрен 913.
Ферратин 733.
Ферратоген 733.
Ферратоза 733.
Ферри-соли 730.
Феррованадий 846.
Ферровольфрам 845.
Ферроманган 844.
Ферромолибден 846.
Ферросилиций 843.
Ферро-соли 730.
Ферро-сплавы 841.
Ферротитан 846.
Феррохром 844.
Фильтры из животного угля 919.
Финишер 119.
Фланцеотгибочная машина 901.
Флобафены 157, 275.
Флокуляция 350.
Формирование посадов 502.
Формы (для железобетона) 791.
Франклинит 724.
Фриделя и Крафтса реакция 323.
Фундаменты под машины 833.
Фуникулер 680.

Характеристика падающая 297.
Хеддеры 407, 419.
Хомуты (железобетонных конструкций) 776.
Хондроген 426.

Целлюлоза 166.
Цельноштампован. изделия 897.
Цех деревообделочный 579.
Цех колесный 577.
Цех котельный 576.
Цех кузнечный 579.
Цех малярный 577.
Цех механический 576.
Цех тендерный 577.
Цехи вагоносборные 573.
Цехи паровозосборные 572.
Цитрованиль 402.

Чепец 208.
Черный домовый усач 171.
Черпаки 149.
Чубушник 402.
Чугун предельный 741.
Чура 89.

Шамуазит 724.
Шахта (в доменных печах) 22.
Шибер 343.
Шихта 31.
Шлак спелый 738, 741.
Шлюзы 151.
Шоссе 95.
Шоссе силикатированное 96.
Шпалы 660.
Шпатовый железняк 723.
Штемпель 353.

Щелок красный 375.

Эвклаз 371.
Эксплоатация железнодорожная 474.
Эксплоатация коммерческая 505.
Электровозы узкой колеи 705.
Электротермический способ (производства железа) 842.
Эллаготанниды 275.

Ямный способ 206.
Ямы кочегарные 618.
Ящики обжигательные 881.