6
9T. 38
v 15



ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

Проверено 1934

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

2013

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Л. К. МАРТЕНС

ПРОВЕРЕНО
1936 г. № 6/945

ТОМ ПЯТНАДЦАТЫЙ

ОЛИВКОВОЕ ДЕРЕВО—ПАТЕНТНОЕ ПРАВО

ПРОВЕРКА
ИЮЛЬ 1949

Р.С.Ф.С.Р. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»
МОСКВА ✧ ОГИЗ РСФСР ✧ 1931

© ГПНТБ СО РАН

6
9Т-38

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

Редакционная работа по XV тому закончена 20 августа 1931 г.

В XV томе ТЭ помещены 861 иллюстрация в тексте, 1 вкладка к статье «Панамский канал» и 14 вкладок к статье «Паровоз» (из них 6 автотипий, 1 цветная литография и 7 штриховых).

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

16-я типография УПП ОГИЗ, Москва, Трехпрудный пер., 9.
Уполномоченный Главлита Б 2 461. Гиз 38. Тираж 36 000 экз.

© ГПНТБ

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

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

Зам. Гл. Редактора—проф. **М. Б. Вольфсон.** | Зам. Пред. Правл.—**А. П. Большеменников.**
Пом. Гл. Редактора—инж. **Б. Э. Шпринк.** | Ученый Секретарь—**Н. П. Ракицкий.**

НАУЧНЫЕ СОТРУДНИКИ

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

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР

Зав. Производственно-Издательским Сектором: **Большеменников А. П.;** Зав. Производственным Отд.: **Крейндель А. Д.;** Зав. Планово-Учетным Отделом: **Маркус В. А.;** Технический Редактор по иллюстрациям: **Тавастшерна В. Я.;** Зав. Технической Редакцией при типографии: **Татиев Д. П.;** Технический Редактор: **Малкин А. Д.;** Зав. Корректорской: **Кулешов Н. З.**

СОКРАЩЕНИЯ И СИМВОЛИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Метрические меры.

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

II. Математич. обозначения.

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

III. Международные символы.

а) Единицы.

A	ампер.
Ah	ампер-час.
W	ватт.
Wh	ватт-час.
kW	киловатт.
kWh	киловатт-час.
V	вольт.
mV	милливольт.
VA	вольт-ампер.
kVA	киловольт-ампер.
mA	миллиампер.
Ω	ом.
MΩ	мегом.
μΩ	микроом.
C	кулон.
VC	вольт-кулон.
H	генри.
J	джоуль.
F	фарада.
μF	микрофарада.
Å	ангстрем.
D	дина.
Cal	калория большая.
cal	» 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.
$t°_{отв.}$	температура отвердевания.
$t°_{крит.}$	» критическая.
atm	атмосфера техническая.
Atm	» барометрич.
I	сила тока.
Q	электрич. заряд, количество электричества.
E	электродвижущая сила.
V,U	напряжение, потенциал.
A	работа.
W	энергия.
N	мощность.
T	период колебания.
f, ν	частота.
ω	угловая скорость, угловая частота.
Ω	боковая частота.
λ	длина волны.
φ	сдвиг фазы.
L	самоиндукция.
C	емкость.
R	сопротивление активное (ваттное).
e	диэлектрич. постоянная.
μ	магнитн. проницаемость.
ϱ	удельное сопротивление.
σ	удельная проводимость.
δ	декремент затухания.
Φ	магнитный поток.
H_{Br}	твердость по Бринелю.
$A_{c_1}, A_{c_2}, A_{c_3}$	критич. точки.
$A_{r_1}, A_{r_2}, A_{r_3}$	железн. сплавов.
g	ускорение силы тяжести.
l	длина.
m	масса.
$D^{t_1}_{t_2}$	уд. вес при $t_1°$ по отношению к воде при $t_2°$.
[α]; [α]D	угол вращения плоскости поляризации.
C_H·; [H·]	концентрация водородных ионов.
pH; P_H	водородный показатель.
$^1/_1N$	нормальный раствор.

IV. Основные сокращения.

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

млн.—миллионы.
млрд.—миллиарды.
ч.—часы.
м., мин.—минуты.
ск.—секунды.
°Bé—градусы Боме.
°Э.—градусы Энглера.
Градусы температ. шкал:
°К—Кельвина.
°С, °Ц.—Цельсия (100°-й).
°Р.—Реомюра.
°Ф.—Фаренгейта.
t°—темп-ра по 100°-ной шкале (С).
t° Р.—температура по Реомюру.
t° Ф.—температура по Фаренгейту.
абс. ед.—абсолютная единица.
ат. в.—атомный вес.
Aufl.—Auflage.
B.—Band, Bände.
v.—volume, volumes.
вкл.—включительно.
гг.—годы, города.
д.—деревня, долгота.
д. б.—должно быть.
ж. д., ж.-д.—железная дорога, железнодорожный.
з.-европ.—западноевропейский.
з-д—завод.
изд.—издание.
ин-т—институт.
Jg.—Jahrgang.
кпд—коэф-т 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.
пек-рый—некоторый.
о—орто (хим.).
об-во—общество.
о-в—остров.
п—пара (хим.).
р.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).
пром-сть—промышленность.
проф.—профессор.
SK—зегеровские конуса.
С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.
с.-з., ю.-в.—северо-западный.
юго-восточный.
стр.—страницы.
т.—том, томы.
t.—tome, tomes.
Т.—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.
Zig—Zeitung.
Ztrbl.—Zentralblatt.
Ztschr.—Zeitschrift.
ш.—широта.
эдс—электродвижущая сила.
эфф.—эффективный.
Ан. П.—английский патент.
Ам. П.—американский »
Г. П.—германский »
Р. П.—русский »
Сов. П.—советский »
Ф. П.—французский »
B.—Berlin.
Brschw.—Braunschweig.
L.—London.
Lpz.—Leipzig.
Mch.—München.
N. Y.—New York.
P.—Paris.
Stg.—Stuttgart.
W.—Wien.
Wsh.—Washington.
Л.—Ленинград.
М.—Москва.
П.—Петроград.
СПБ—Петербург.

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

«АзНХ»—Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.
«ВВФ»—Вестник воздушного флота, Москва.
«ВИ»—Вестник инженеров, Москва.
«ВС»—Вестник стандартизации, Москва.
«ВТ»—Вопросы труда, Москва.
«ГЖ»—Горный журнал, Москва.
«ГТ»—Гигиена труда, Москва.
«Ж»—Журнал Русского физико-химического об-ва, Ленинград.
«ЖРМО»—Журнал Русского металлургического об-ва, Ленинград.
«ЖХП»—Журнал химической промышленности, Москва.
«ИТИ»—Известия Теплотехнического института им. Ф. Дзержинского, Москва.
«МС»—Минеральное сырье, Москва.
«МХ»—Мировое хозяйство и мировая политика, Москва.
«НИ»—Нерудные ископаемые, Ленинград.
«НХ»—Нефтяное хозяйство, Москва.
ОСТ—Общесоюзные стандарты, Москва.
«ПТ»—Промышленность и техника, СПБ.
«ПХ»—Плановое хозяйство, Москва.
«СГ»—Социальная гигиена, Москва.
«СП»—Строительная пром-сть, Москва.
«СТ»—Санитарная техника, Москва.
«СХ»—Социалистическое хозяйство, Москва.
«ТиТбП»—Телеграфия и телефония без проводов, Н.-Новгород.
«Труды ГЭЭИ»—Труды Гос. экспериментального электротехнического института, Москва.
«Труды НАМИ»—Труды Научного автомоторного ин-та, Москва.
«Труды НИУ»—Труды Научного института по удобрениям, Москва.
«Труды ЦАГИ»—Труды Центрального аэрогидродинамич. ин-та, Москва.
«УФН»—Успехи физических наук, Москва.
«AAZ»—Allgemeine Automobil-Zeitung, Wien.
«A. Ch.»—Annales de Chimie et de Physique, Paris.
AEG—Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.
AGFA—Aktien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation, Berlin.
«Am. Soc.»—Journal of the American Chemical Society, Easton, Pa.
«Ann. d. Phys.»—Annalen der Physik, Leipzig.
«Ann. Min.»—Annales des Mines, Paris.
«B»—Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin.
BAMAG—Berlin-Anhaltische Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, Dessau.
BASF—Badische Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen a/R.
BEAMA—The British Electrical and Allied Manufacturers Association, London.
«B. u. E.»—Beton und Eisen, Berlin.
Bayer—Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co., Köln a/R.
«Ch.-Ztg»—Chemiker-Zeitung, Cöthen.
«Ch. Ztrbl.»—Chemisches Zentralblatt, Berlin.
DIN—Deutsche Industrie-Normen.
«EChZ»—Elektrochemische Zeitschrift, Berlin.
«EMA»—Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Berlin.
«EuM»—Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien.
«ETZ»—Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.
«GC»—Génie Civil, Paris.
«I. Eng. Chem.»—Industrial and Engineering Chemistry, Easton, Pa.
I. G. Farben—Interessengemeinschaft Farben-Industrie A.-G., Leverkusen b. Köln a/R.
«JAIEE»—Journal of the American Institute of Electrical Engineers, New York.
«J. Ch. I.»—Journal of the Society of Chemical Industry, London.
«Mitt. Forsch.»—Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin.
NDI—Normenausschuss der deutschen Industrie.
«PcKa»—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.
«WcTeZ»—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.

О

ОЛИВКОВОЕ ДЕРЕВО, олива, маслина (Olea europaea L.), невысокое дерево (до 8—12 *м* высоты), с малочисленными ветвями и серой корой, из семейства Oleaceae, произрастает в средиземноморской области Европы, где оно культивируется как масличное растение с давних пор. Родина О. д.—Сирия и песчаное анатолийское побережье. Культура О. д. распространена в Италии, ю. Франции, Испании, Греции, кроме того О. д. культивируется в Ю. Америке (Перу, Чили) и в С. Америке (Калифорния). Различают до 40—43 разновидностей О. д., к-рые отличаются не только по внешнему виду, форме листьев и цветов, но и по величине и химич. характеру плодов. Плод О. д.—маслина—продолговатая костянка, длиною 2,5—4,0 *см*, окруженная мясистым черного цвета околоплодником, заключающая продолговатую, ланцетовидную, с боков сдавленную, остроконечную твердую косточку. Околоплодник и сама косточка содержат значительное количество *оливкового масла* (см.), получаемого из плодов О. д. выдавливанием. Качество масла зависит от разницы в климате и почве мест, где культивируется О. д., от сорта его, от степени зрелости плодов и обращения с ними при их сборе. Плоды О. д. употребляются по созревании в пищу. Созревают они в ноябре месяце. Древесина О. д. бурая с темнозеленоватыми жилками, уд. вес 0,98, твердая, прочная, хорошо поддается полировке; она употребляется для столярных и токарных изделий. Во всех частях дерева содержится до 50% масла (Пеньковский). У нас О. д. культивируется в небольшой степени на Черноморском побережье Кавказа, в Закавказье и частично в Крыму. Порода эта заслуживает большого внимания, она нетребовательна к почве, произрастает даже на каменистых местах, но не на сырых почвах, легко разводится семенами, отводками, отпрысками и черенками; будучи разведена, растет очень долго (200—300 лет), при срубке возобновляется порослью.

Лит.: Пеньковский В. М., Деревья и кустарники как разводимые, так и дико растущие в Европ. России, на Кавказе и в Сибири, ч. 3, Херсон, 1901; Медведев Я. С., Деревья и кустарники Кавказа, 3 изд., Тифлис, 1919; Wiesner J., Die Rohstoffe d. Pflanzenreiches, B. 1, 4 Aufl., Lpz., 1927; Leunis J., Synopsis d. drei Naturreiche, T. 2, Botanik, B. 2, Spezielle Botanik, 3 Aufl., Hannover, 1885. **Н. Кобранов.**

ОЛИВКОВОЕ МАСЛО добывается из плодов *оливкового дерева* (см.). О. м. как пищевое занимает одно из первых мест на мировом рынке. Масло стойкое в хранении, не окисляющееся. Мякоть маслины содержит до 56%, семена (косточки) до 12% масла (сорта «бутко», «отур», «тифлис» из-под Батума—45,3—46,2% масла). Масло не вполне зрелых плодов маслины более стойко в хранении, чем масло вполне зрелых или перезрелых плодов. Это обстоятельство благоприятно для культуры оливкового дерева в Мугани (Закавказье) и на Черноморском побережье, где по климатическим условиям плоды оливкового дерева могут не вполне вызреть. Характеристики оливкового масла—см. *Спр. ТЭ*, т. III (Животные и растительные масла, жиры и воски). В состав оливкового масла входят глицериды следующих кислот: пальмитиновой кислоты 7—10%, стеариновой 2—4%, арахидной 0,1—0,2% и следы миристиновой; олеиновой к-ты 70—87%, линолевой 4—12%. Выделены смешанные триглицериды — олеино-пальмито-стеарин с $t°_{пл.}$ 30°; олеино-пальмито-олеин—жидкий при комнатной *t*°. О. м. южного происхождения в общем богаче насыщенными жирными к-тами: в масле из Туниса 25% насыщенных кислот, в итальянском 9—18%. При стоянии масла в спокойном состоянии высокомолекулярные глицериды оседают, так что верхний и нижний слои масла слегка различаются по составу. Горячее—второе прессование дает масло окрашенное и более низкого качества и вкуса. Третье прессование дает непищевое, технич. масло. О сортах О. м. см. приведенную ниже табл. В несвежих, загнивших плодах в масле образуются уксусная, энантовая, азелаиновая и пробковая кислоты. Прогоркание масла наступает очень медленно; высыхание в тонком слое на стекле через 4—9 месяцев неполное; на свинцовой пластинке (с катализатором) масло через 6 недель остается жидким; под влиянием ультрафиолетовых лучей через 2 недели дает в тонком слое твердую пленку. Применяется О. м. как пищевое и в медицине; экспортируют его Португалия, Испания, Италия и Франция. Фальсификация оливкового масла широко распространена. Северная Америка фальсифицирует оливковое масло кунжутным, арахидным и хлопковым.

© ИНИОН РАН

Сорта оливкового масла.

Торговое название О. м.	Род обработки	Материал
Столовое масло (I сорт), Huile vierge	Легкое прессование (холодное)	Мякоть оливы
Салатное масло (II сорт), Huile d'olive	Прессование с большой нагрузкой (холодное прессование)	Мякоть оливы
Кухонное масло (III сорт)	Прессование холодное	Измельченная мякоть вместе с зернами
Деревянное (лампадное) масло, Brennöl	Прессование горячее	Выжимки, оставшиеся после получения I и II сорта масла
Серное масло (Sulfuröl)	Экстрагирование сероуглеродом	Выжимки
Цистерное масло (адское, турнантовое, Huile d'enfer, бродильное)	Брожение в цистернах	Выжимки, обработанные горячей водой

Фальсификация оливкового масла хлопковым контролируется реакцией Хальфена: равные части масла, пиридина или амилового спирта и раствора 1% серы в сероуглероде нагревают на водяной бане 10—15 мин.; хлопковое масло дает малиново-красное окрашивание.

Лит.: Tschirch A., Handb. d. Pharmakognosie, B. 2, Abt. 1, Leipzig, 1912; Elsdon C., Chemistry and Examination of Edible Oils and Fats, London, 1926.

С. Иванов.

ОЛИФА, высыхающее масло (главн. обр. льняное и конопляное), препарированное каким-либо способом с целью ускорения его высыхания. Чаще всего для этой цели применяют т.н. *сикативы* (см.); иногда высыхающее масло (или смесь масел) подвергают действию высокой $t°$—до 300° и выше (типографская и литографская О.), или продуванию воздуха (лаковая О.), или обрабатывают каким-либо другим способом; такого рода бессикативные О. можно отнести к специальным О. Обыкновенная, или малярная, О.—б. или м. вязкая жидкость, которая, будучи нанесена тонким слоем на какую-либо поверхность (железо, дерево и др.), в короткий срок «высыхает», т. е. дает твердую, прозрачную и эластичную пленку. В то время как сырое льняное масло, намазанное тонким ровным слоем на поверхность (1 *мг* на 1 $см^2$), высыхает при комнатной $t°$ в течение 3—6 суток, приготовленная из него О. при тех же условиях высыхает обыкновенно в 12—16 час., а иногда и значительно скорее (3—4 ч.). Способность О. высыхать в короткое время имеет важное практич. значение при ее технич. применении. Напр. масляные краски и грунты должны высыхать достаточно скоро, т. к. они обыкновенно наносятся на предмет не один, а несколько раз, причем каждый следующий слой м. б. наложен только после того, как высох предыдущий слой. При употреблении вместо олифы сырых масел эта работа естественно требовала бы очень много времени. При наружных окрасках быстрота высыхания часто особенно необходима, так как работа нередко ведется при неблагоприятных условиях (пыль, ветер, дождь). Однако скорость высыхания О. не д. б. слишком велика, т. к. в этом случае получается менее прочная пленка. Другое важное свойство О., отличающее ее от масла,—густота, которая м. б. различной в зависимости от способа получения и технического назначения олифы; например при малярных работах О. не должна стекать с кисти; для печатных красок, в производстве клеенки и лаков требуется еще более густая олифа. Удельный вес олифы колеблется в широких пределах: у обыкновенной льняной О. при 15° от 0,934 до 0,952, у густых (полимеризованных и оксидированных О.) до 0,980 и выше, соответственно различным техническим требованиям. Область применения О. довольно обширна. О. употребляется: 1) для приготовления малярных красок (О. малярная) и масляных лаков (О. лаковая); 2) для типографских, литографских и других масляных красок; 3) для получения масляных грунтов в производстве клеенки, линоксина, в производстве линолеума и линкрусты, различного рода замазок и других составов; 4) как связывающий материал для красок, смол, наполнителей и т. д.; 5) для защиты различных материалов от действия воды, атмосферных влияний, химических веществ, гниения (дерева) и ржавчины (металлов) и 6) для получения водонепроницаемых пропиток (парусов, одежды, резервуаров и др. изделий). Исходными материалами для приготовления О. служат *высыхающие масла* (см.) и *сикативы* (см.).

Высыхающие масла, наиболее часто применяемые для приготовления О.,—льняное, конопляное и древесное; для особо высоких сортов олифы, применяемых в живописи,—маковое, ореховое и др.; для более низких сортов О.—смесь льняного масла с подсолнечным, соевым или с другими полувысыхающими маслами. О. получает название в зависимости от масла, из к-рого она изготовлена; различают льняную О., конопляную О. и другие. Чем лучше сохнет масло и чем оно светлее, тем более оно пригодно для получения О. Способность масел к высыханию зависит от содержания в них непредельных к-т: линоленовой и элеостеариновой (с тремя двойными связями) и линолевой (с двумя двойными связями). Льняное масло содержит по Eibner'у 22,8% линоленовой и 58,9% линолевой к-т. Приготовленная из него О. дает быстро высыхающую, эластичную, прочную, не плавящуюся при нагревании и трудно растворимую пленку. Поэтому льняное масло нашло самое широкое применение для получения как малярной, так равно и лаковой О. В общежитии льняную О. часто называют просто О. Конопляное масло (12% линоленовой и 68% линолевой к-т) употребляется в СССР также в большом количестве для получения темной и более дешевой О., идущей гл. обр. для грубых работ: окраски фасадов, крыш и т. п. Конопляное масло, подвергнутое отбеливанию, становится совершенно бесцветным и в таком виде может служить для получения более высоких сортов О. Конопляная О. сохнет немного медленнее льняной, дает при высыхании глянцевую и эластичную пленку, мало отличающуюся от пленки льняного масла, но размягчается и плавится при нагревании. Древесное, или тунговое, масло (содержит 75—80% элеостеариновой к-ты) чаще всего применяется в смеси с льняным. О., полученная из него, обладает многими ценными качествами, т. к. дает быстро высыхающую, блестящую и твердую пленку, превосходящую по твердости и прочности пленку льняного масла. Употребляется она гл. образом для изготовления масляных лаков. Одно сырое древесное масло дает матовую пленку с «ледяными» узорами, а при нагревании выше 200° легко желатинируется. Очень близко к льняному маслу по физич. и химич. свойствам перилловое масло, добываемое из семян растения Perilla ocymoides, распространенного в Манчжурии, Японии и других восточных странах. Оно сохнет много скорее льняного и дает более прочную и твердую пленку; применяется для получения лаковой олифы и с успехом может заменить льняное масло, однако употребление его до настоящего времени очень ограничено. Подсолнечное и соевое масла нередко употребляются в смеси с льняным для изготовления малярной О., но в отдельности не применяются, так как дают плохо сохнущую пленку. Маковая и ореховая О. в технике не употребляются вследствие высокой цены, хотя и обладают ценными свойствами: не меняют оттенков красок и быстро сохнут.

Сикативы (сушки)—вещества, к-рые, будучи растворены в масле, ускоряют его высыхание. В производстве О. употребляются главн. обр. марганцевые, свинцовые и кобальтовые сикативы и их комбинации. Часто применяют комбинированные или смешанные сикативы, состоящие из двух или более металлов, напр. Pb и Mn, Co и Mn и т. д., потому что совместное действие их сильнее, чем каждого отдельно взятого сикатива в том же количестве. Свинцовые сикативы отличаются хорошей сушкой, но имеют ряд недостатков: 1) при большом содержании их вполне прозрачная О. через некоторое время часто становится мутной, выделяя объемистый осадок свинцовых соединений оксикислот, трудно растворимый в масле, в связи с чем скорость высыхания О. значительно уменьшается; 2) при наружных окрасках пленка с избытком свинцовых сикативов менее прочна—скорее растрескивается; 3) свинцовые сикативы не применяются для О., к-рую смешивают с белыми красками, т. к. от действия H_2S, находящегося в воздухе, они со временем темнеют; по тем же причинам свинцовую О. нельзя смешивать с красками, содержащими сернистые соединения, напр. кадмиевой желтой, киноварью, ультрамарином и др. Марганцевые сикативы не имеют перечисленных выше недостатков, но зато плохо сохнут во влажном воздухе. Одни из них (перекись марганца, гидрат окиси Mn) дают более темную олифу, чем свинцовые сикативы, другие (борнокислый марганец, уксуснокислый марганец) дают олифу светлую, но медленно сохнущую. В последнее время часто употребляют кобальтовые сикативы (резинат, уксуснокислый кобальт и др.), дающие светлую, хорошо сохнущую и прозрачную О. Окиси и соли Pb и Mn употреблялись главн. обр. в прежнее время, когда О. готовилась на голом огне. Они не растворяются в масле полностью даже при продолжительном нагревании до 220—250°, из-за чего полученную О. приходится отстаивать или фильтровать. Поэтому в настоящее время, при нагревании масла паром, почти исключительно применяют резинаты и линолеаты, к-рые благодаря хорошей растворимости в масле при 120—150° в короткое время дают быстро высыхающую и светлую О. Резинаты Co, Pb и Mn дают быстро высыхающую и совершенно прозрачную О., не требующую отстоя. Линолеаты сохнут медленнее, дают более прочную пленку, чем резинаты, но приготовленная с их помощью О. долго остается мутной. Свинцовые и марганцевые резинаты после высыхания О. во влажном воздухе дают «отлип», чего не наблюдается при употреблении линолеатов.

Оборудование производства О. состоит: 1) из приемников с насосами для хранения и отстаивания масла, 2) фильтрпрессов, 3) котлов или аппаратов для приготовления О., 4) котлов и других приспособлений для приготовления сикативов, 5) приемников для отстаивания и хранения олифы, 6) компрессоров (если применяется продувание воздуха). В виду того, что производство олифы является огнеопасным и вредным (выделение акролеина), к постройкам и оборудованию мастерских предъявляются требования как полной безопасности их в пожарном отношении, так и по отношению к охране труда. В качестве материалов для устройства мастерских употребляются только негорючие: кирпич, камень, железо и т. п. (дерево исключается). Масло, поступающее на завод, хранится в приемниках иногда очень большой емкости—10—80 *м* и больше, к-рые располагаются на нек-ром расстоянии от мастерских.

Производство О. состоит из следующих основных операций: 1) подготовка масла, 2) получение О., 3) отстаивание или фильтрование О. и 4) укупорка.

Масло, употребляемое для олифы, должно удовлетворять следующим требованиям: 1) быть совершенно прозрачным, без всякой мути и отстоя, 2) не содержать примеси других масел, в особенности содержащих серу, как например рапсового, горчичного, так как последние дают со свинцовыми сикативами черные осадки PbS, 3) иметь кислотное число не более 8. Для очистки масла на з-дах применяют гл. обр. два способа: 1) отстаивание и 2) фильтрацию. При первом способе из масла, налитого в большие отстойники, при продолжительном хранении выделяются механич. примеси и белковые вещества; при доступе света и воздуха разрушаются также и красящие вещества, отчего масло становится не только прозрачным, но и более светлым. Так как этот способ требует очень много времени и места, на з-дах ограничиваются или непродолжительным отстаиванием масла или применяют фильтрацию его через ткань на рамочных фильтрпрессах или центрифугирование. Масло, очищенное т. о., даже вполне прозрачное, содержит часто слизистые и белковые вещества, которые несмотря на очень незначительное количество их (~ 0,3%) оказывают вредное влияние на качество О., задерживая ее высыхание (в ла-

ковых О.). Слизистые вещества кроме того при нагревании масла образуют много пены и задерживают работу, а при высокой $t°$, разлагаясь вместе с белковыми веществами, могут вызвать желатинирование масла. Присутствие этих примесей в масле определяется посредством быстрого нагревания пробы до 300°, при котором они выделяются в виде мути или в виде хлопьевидного объемистого осадка. Масло, не дающее при таком испытании мути, так назыв. л а к о в о е, употребляется для приготовления лаковой и других О. Для удаления слизистых и белковых веществ применяют различные способы: 1) очистку масла при помощи так наз. отбельных земель, 2) быстрое нагревание до 280—300° и удаление выпавшего осадка отстаиванием, фильтрованием или же центрифугированием, 3) продувание через подогретое масло теплого воздуха, 4) обработку при помощи извести и т. д. (см. *Беление масел* и *Рафинация масел*). Отбелка масел, т. е. полное или частичное обесцвечивание их, в производстве олифы не требуется, за исключением особых случаев, когда готовятся очень светлые и высокие сорта олифы. Масло, полученное прессованием, предпочитается экстрагированному при помощи растворителей, так как оно содержит меньше примесей.

Приготовление О. в зависимости от технического назначения производят различными способами: 1) так наз. холодным способом, при котором масло или а) на холоду смешивается с жидким сикативом или б) предварительно обрабатывается хлористой серой (О.-н о в о л ь); 2) горячим способом—нагреванием масла а) с окисями и др. соединениями металлов до 220—250° и выше, обычно на голом огне (старый «голландский» способ), б) с резинатами, линолеатами и другими т. н. растворимыми сикативами до 130—150°, гл. обр. при помощи пара (новый способ); 3) сгущением масла а) путем полимеризации, т. е. нагревания при $t°$ 300—320°, б) путем оксидации, т.е. окисления масла при помощи продувания воздуха при $t°$ 100—120°. Кроме этих существуют и другие способы получения О., напр. путем нагревания масла при уменьшенном давлении в вакуум-аппаратах, путем пропускания озона через подогретое масло, при помощи ультрафиолетовых лучей и т. д., однако все эти способы не имеют пока широкого технического применения.

Приготовление О. х о л о д н ы м с п о с о б о м наиболее просто. Жидкий сикатив в количестве 5—8%, растворенный в отношении 1 : 1 или 2 : 3, прибавляется к холодному чистому маслу и хорошо размешивается, иногда с продуванием воздуха. После этого О. дают некоторое время стоять. Полученная таким образом олифа сохнет медленнее нагретой, дает менее прочную и менее эластичную пленку и имеет жидкую консистенцию, вследствие чего она не находит широкого применения. Тем не менее этот способ нередко применяется в том случае, когда приходится иметь дело с плохо сохнущей олифой и требуется ускорить ее высыхание,—в этом случае к ней прибавляют необходимое количество жидкого сикатива.

Приготовление малярной О. г о р я ч и м с п о с о б о м обычно производится нагреванием масла с сикативами, и такая О. называется иногда *вареным маслом* (см.). Котлы для О. употребляются гл. обр. железные, цилиндрической формы со слабо выгнутым дном, емкостью при огневой варке 0,5—3 m, а при паровой, когда работа ведется с растворимыми сикативами,—до 8 m и более. За границей котлы внутри часто обкладывают алюминием или делают их целиком из алюминия с медным дном (железо отчасти растворяется в масле и делает цвет олифы более темным). Над котлами устраивают подвижные шлемы с отводными трубами для газов, выделяющихся при нагревании, с крышками для наблюдения за ходом работы, измерения темп-ры, засыпки сикатива и ручного перемешивания. Обычно котлы для О. снабжают механич. мешалками, так как хорошее перемешивание 1) способствует более равномерному нагреванию масла—оно не пригорает ко дну и дает более светлую О., 2) способствует растворению сикативов, 3) уменьшает количество образующейся пены. Масло в котлы поступает из отстойников чаще всего самотеком по трубам; оно должно заполнить не более $^2/_3$—$^3/_4$ емкости котла, т. к. при нагревании масло поднимается вследствие образования пены. Готовую О. часто спускают из котла в ниже расположенные отстойники. При нагревании голым огнем котлы тщательно вмазываются в каменную кладку, которая скрепляется анкерными связями. Топки располагаются под котлами т. о., чтобы дверцы их выходили в другое помещение, отделенное от котлов для О. каменной стеной. В топках нередко устраивают опрокидывающиеся колосники для быстрого тушения огня в воде, налитой в ванну под колосниками. Во избежание попадания масла в топку вокруг котлов устраивается желоб, по которому вытекшее через край масло отводится в особый запасный бак. Самый процесс приготовления О. (по старому способу) состоит в следующем: после того как в котел налито масло до определенной высоты, в топке разводят огонь. При $t°$ ~ 100° масло начинает покрываться пеной от пузырьков выделяющейся воды; нагревание в это время следует вести осторожно, т. к. пена может быстро подняться и перелиться через край котла. Для облегчения выделения воды и равномерного нагрева масла пускают в ход мешалку и медленно продолжают нагревание масла. При $t°$ ~ 160—170°, когда пена начинает исчезать, к маслу прибавляют небольшими порциями сикатив при непрерывном перемешивании. Сикатив д. б. совершенно сухим, т. к. иначе вследствие быстрого испарения воды может произойти разбрызгивание масла и взрыв. Целесообразно сикатив предварительно растереть с небольшим количеством масла. После прибавления сикатива температуру поднимают до 220—250° (или выше) и держат в течение нескольких часов (от 4 до 6) до получения определенной вязкости. Готовую олифу охлаждают и спускают в отстойник. Описанный выше способ имеет следующие недостатки: 1) огнеопасность, 2) олифа требует отстаивания, так как сикативы не растворяются нацело в

масле даже при высокой температуре (отстой идет обычно для приготовления замазки), 3) б. или м. темный цвет О., 4) требуется внимательное наблюдение за топкой. К положительным сторонам этого способа следует отнести возможность варьировать температуру варки и получать олифу любой консистенции; по мнению нек-рых такая олифа дает наиболее прочную пленку. Характеристики нормальных олиф и масел приведены в табл. 1.

С г у щ е н н ы е м а с л а (олифы) в зависимости от способа приготовления делятся на 1) п о л и м е р и з о в а н н ы е (типографская и литографская олифа, штандоль, диколь и др.), получаемые путем нагревания при темп-ре 300—320°, иногда без доступа воздуха или в струе индиферентного газа, например CO_2, и 2) о к с и д и р о в а н н ы е (продутые, окисленные масла), получаемые при помощи продувания воздуха или озона. В зависимости от условий работы ($t°$, продолжительности нагревания или продувания воздуха) получаются сгущенные масла, различные по вязкости, цвету, скорости высыхания и качеству пленки. При прибавлении к готовым сгущенным маслам жидких сикативов получают настоящие скоро высыхающие лаковые О. Пленка их отличается от пленки обычной О. большей твердостью, блеском, прочностью покрытия и большей стойкостью к различным атмосферным влияниям; поэтому эти пленки находят все большее применение в лаковой технике и составляют основу так называемых бескопаловых лаков.

Т и п о г р а ф с к и е и л и т о г р а ф с к и е О. готовят из хорошо очищенного льняного масла, не дающего никакого осадка при нагревании до 300°, так как они (не говоря о возможности желатинирования в присутствии примесей) должны высыхать в строго определенное время (без применения сикатива во избежание засыхания на шрифте), не давать отлипа, хорошо связываться с красками и не протекать через бумагу; продукт д. б. вполне однороден и тягуч. Типографские О. жиже литографских; те и другие делятся по вязкости на несколько сортов: жидкую, среднюю, густую О. и т. д. Для быстрого печатания (газеты, афиши и т. п.) употребляется жидкая О., для книжной печати более густая, а для художественной идут наиболее густые сорта. О. готовится большей частью на голом огне в железных или медных котлах. Масло нагревается медленно до температуры 130°, пока не испарится вся вода, затем температуру поднимают до 270—320° или выше и держат при ней масло 8—15 часов, в зависимости от сорта олифы. Раньше практиковалось даже зажигание масла на нек-рое время—способ,

Табл. 1.—Характеристики нормальных олиф и масел.

Вид олифы или масла	$t°$ нагревания	Удельный вес при 15°	Вязкость по Э. 20°	Рефракция при $t°$=20°	Иодное число	Кислотное число	Число омыления	Продолжит. высыхания при 20°
Льняное масло		0,930—0,936	6,8—7,4	84—90°	170—195 и выше	1—3 и выше (не более 8)	187—195	3—6 дней
Конопляное масло		0,925—0,928 *3	8,3	76—78° (22°)	145—166	1—10	190—195	4½—8 дней
О. малярная с растворимыми сикативами *1				при 25° *2				
а) из льняного масла	~150°	0,938—0,945	7—9	83—92°	∢ 150	⩾ 8	∢∢ 185	не более 24 ч.
б) из конопляного масла	~150°	0,930—0,940	7—9	83—92°	∢ 130	⩾ 12	∢ 185	
О. малярная с нерастворимыми сикативами (старый способ)	~225—250°	0,945—0,952	11—13	—	∢ 130	⩾ 12	∢ 185	

*1 ОСТ—О. малярная № 46. *2 Изменение рефракции на ±1° прибл. ∓0,6°. *3 И выше.

В последнее время этот способ все более вытесняется новым способом приготовления О.—с растворимыми сикативами при помощи обогрева паром. Паровой котел устанавливают в особом помещении рядом с мастерской, отделенном капитальной стеной. Котлы для О. устраивают с паровой рубашкой или (при больших размерах) со змеевиком. Пар, в зависимости от $t°$, до которой нагревается масло, употребляется обыкновенный (давлением 7—8 atm) или перегретый. Для получения более вязкой О. применяют продувание воздуха, для чего на дне котла помещают змеевик с мелкими отверстиями, через который проходит воздух, нагнетаемый компрессором. К нагретому до 120—130° маслу после прекращения выделения пены прибавляют при помешивании резинат или линолеат. Затем $t°$ поднимают до 150° и поддерживают ее до полного растворения сикатива. Иногда сикатив предварительно растворяют в небольшом котелке в отношении 1 : 1 к маслу и затем вливают в котел. При продувании воздуха $t°$ поднимают до 150° и держат ее около 5 час., после этого прибавляют сикатив, продолжают перемешивание около 1 часа и затем охлаждают О., пуская в змеевик вместо пара воду. Готовую О. спускают в отстойник, если нужно, фильтруют до полной прозрачности и разливают в совершенно сухие деревянные бочки, эмалированные внутри костяным клеем. Для получения более высоких температур на больших заводах применяют для нагревания перегретую воду, которая насосом подается из перегревателя в змеевик, находящийся в дне котла. Таким способом может быть получена температура до 350° при небольшом расходе топлива и при полной безопасности в пожарном отношении.

который теперь более не применяется. Вязкость О. практически определяют по длине нити, которая получается между смоченными олифой двумя пальцами. Низкие сорта типографской олифы готовят из смеси льняного масла, канифоли, смоляного масла, мыла и других веществ. Характеристики литографской олифы (по Левковичу) приведены в табл. 2.

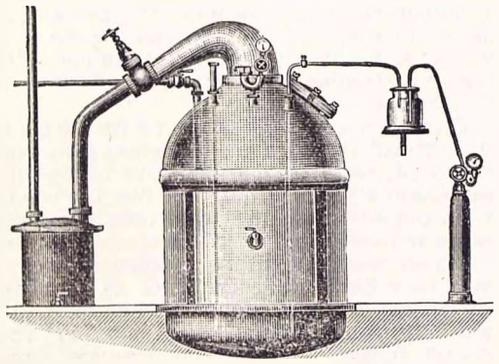
Табл. 2.—Анализы литографской О., приготовленной варкой на голом огне (по Левковичу).

Вид олифы	Уд. вес при 15°	Свободных жирных к-т *1 в %	Число омыл.	Неомыл. в %	Оксидированных к-т в %	Иодное число
Сырое льняное масло	0,9321	0,85	194,8	—	0,30	169,0
Жидкая олифа	0,9584	1,46	197,5	—	1,50	113,2
» »	0,9661	1,76	196,9	0,62	2,50	100,0
Средняя »	0,9721	1,71	197,5	0,85	4,20	91,6
Густая »	0,9741	2,16	190,9	0,79	6,50	86,7
Экстра-густая .	0,978	2,51	188,9	0,91	7,50	83,5

Вязкость в аппарате Валента при 20° (вода = 1; касторовое масло = 33). Литогр. О. жидкая = 70, средняя = 340, густая = 2000.

*1 В пересчете на олеиновую к-ту.

Полимеризованные масла для лаков и светлых красок готовят из хорошо очищенного льняного масла или смеси льняного и древесного в отношении 2:1 или 9:1 и др. Для получения их раньше употребляли открытые котлы, вследствие чего масло получалось более темного цвета, т. к. при нагревании оно отчасти окислялось. В настоящее время для получения светлого масла применяются аппараты, в которых нагревание производится без доступа воздуха, в атмосфере углекислого газа (см. фиг.). Котлы в



этих аппаратах делаются обыкновенно из алюминия с слабо выгнутым медным дном. Верхняя крышка котла соединена с конденсатором (изображенным на левой стороне чертежа); углекислота подается в котел из бомбы (изображенной справа) через сосуд, служащий для наблюдения за ее проходом. Нагревание производится до тех пор, пока не получится необходимая вязкость. При употреблении древесного масла продолжительность нагревания уменьшают и понижают температуру нагревания, так как древесное масло при температуре выше 200° свертывается. Смесь 1:1 можно без опасения нагревать до 300°. Способность к высыханию у штандоля менее, чем у малярной О.; вообще, чем больше вязкость полимеризованного масла, тем оно медленнее сохнет. Присутствие древесного масла ускоряет высыхание и сообщает пленке другие ценные качества: большую прочность, твердость и т. д. Явление отлипа после высыхания у пленки штандоля наблюдается редко, у диколя (9:1) совершенно отсутствует; необходимо обращать внимание на возможность загустения масла с красками; последнее зависит или от высокого содержания в нем свободных кислот или от способа изготовления. Полимеризованное масло применяется в настоящее время в значительных количествах: 1) как составная часть масляных лаков, 2) для приготовления эмалевых красок, 3) как добавка к тертым малярн. краскам, в особенности для наружных покрасок дерева и металлов, 4) для пропитывания материи. Характеристики полимеризованных масел (льняного, древесного и конопляного) даны в табл. 3.

Оксидированные масла (олифы) получаются путем продувания подогретого масла воздухом или озоном. Последний способ в виду более дорогой установки применяется редко. Для оксидации употребляют вертикальные или горизонтальные котлы с рубашками для нагревания или для охлаждения масла. Воздух подается в котел при помощи компрессора через змеевик с мелкими отверстиями, расположенный на дне котла. Для лучшего перемешивания воздуха с маслом котлы снабжаются механич. мешалками. При соприкосновении воздуха с маслом, нагретым до 70° или выше, происходит его окисление с образованием оксикислот и летучих продуктов; последние удаляются из котла вместе с отработанным воздухом наружу, проходя предварительно через маслоуловитель. Так как при окислении выделяется много тепла и масло нагревается до 100° и выше, приходится его охлаждать, для чего пускают в рубашку вместо пара холодную воду или же на нек-рое время приостанавливают продувку воздуха. Оксидацию масла производят при различной $t°$ (80° и выше); при низких $t°$ получается очень светлое, лимонно-желтого цвета масло; при более высоких $t°$—более темное. Продувание воздуха применяют до получения требуемой густоты; продолжительность процесса зависит от $t°$; обычно для получения густой лаковой олифы при $t°$=100° продувание продолжается 3—4 дня. Химич. изменения, происходящие при продувании масел воздухом, очень сложны, так как при этом помимо оксидации происходит также и полимеризация их. Окисленные масла не обладают свойством тянуться в длинные нити, чем отличаются полимеризованные масла, но способны давать прочные эмульсии с водой. Окисленное льняное и другие масла употребляются часто в лаковом производстве для получения светлой О. Окончательным продуктом окисления является т. наз. линоксин, который употребляется в производстве *линолеума* (см.) и линкрусты в качестве главной составной части цементной массы. Характеристики оксидированных масел приведены в табл. 4. В последнее время находит применение для малярных и других работ т. наз. О.-новоль, получаемая при перемешивании холодного льняного масла с хлористой серой. При этом хлористая сера присоединяется к ненасыщенным кислотам масла по месту двойных связей, причем выделяются пары S_2Cl_2, HCl и значительное количество тепла, к-рое нагревает смесь до 90° и выше. Работа производится в закрытых железных котлах, снабженных снаружи рубашкой для охлаждения водой, а внутри мешалкой и змеевиком для продувания воздуха; котел соединен с трубой для отвода и улавливания газов. Хлористая сера в количестве 15—18% разбрызгивается воздухом из змеевика прямо в охлажденное масло при вращении мешалки, после чего в течение двух часов продувается воздух, затем прибавляют жидкий сикатив и масса разжижается уайт-спиритом (рыночное название погона нефти, среднего между бензином и керосином; иногда его называют лаковым бензином) до необходимой консистенции. О.-новоль сохнет хорошо, но с некоторыми красками дает загустение и в виду большого содержания летучего растворителя не м. б. отнесена к настоящим олифам.

Табл. 3.—Характеристики полимеризованных масел.

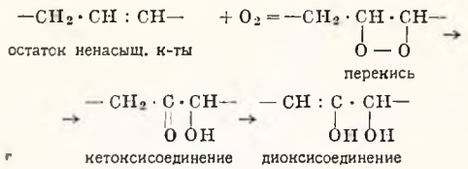
$t°$ нагрев.	Продолж. нагрев. в часах	Кислотное число	Вязкость *1	Иодное число	Показатель преломления	Удельный вес
Льняное масло [1]						
—	0	1,1	1,00	175,0	1,479	0,924
200	20	2,6	1,13	168,7	1,480	0,926
200	40	3,1	1,35	160,1	1,482	0,929
260	15	5,8	2,35	145,6	1,486	0,933
260	30	7,1	7,96	108,0	1,489	0,946
300	10	17,8	115,0	120,4	1,492	0,961
300	20	40,0	—	76,3	1,496	0,970
Древесное масло [1]						
—	0	2,0	2,5	160,3	1,515	0,942
200	2	1,9	4,0	149,7	1,468	0,949
200	4	1,9	80,5	134,5	1,446	0,954
260	10′	1,9	4,5	156,8	1,511	0,946
260	20′	1,9	112,0	145,2	1,504	0,957
300	5′	Желатинируется				
Конопляное масло холодного прессования [2]						
			(Э. 50°)	по Гюблю	(40°)	
—	0	0,93	2,8	162,3	1,4720	0,9217 (15°)
300	4	5,08	10,5	123,3	1,4767	0,8929 (100°)
300	8	7,35	36,3	98,8	1,4801	0,9023 (100°)

*1 Вязкость ненагретого льняного масла по Энглеру принята за 1.

Табл. 4.—Характеристики оксидированных масел.

Вид масла	$t°$ нагрев.	Продолжит. продув. воздуха (в час.)	Уд. вес	Кислотное число	Иодное число (по Гюблю)	Число омыления	Вязкость по Э. 50°	Рефракция при 40°	Окисляемость в %	Цвет
Конопляное холодного прессования	—	0	(15°) 0,9247 (100°)	0,93	162,3	193,7	2,8	1,472		Светлозеленый
Оксидированное конопляное .	75°	35	0,9311	8,86	87,4	225,6	72,3	1,4795		Светложелтый
	150°	5	0,9293	3,49	94,3	215,3	76,6	1,4791		Золотистожелтый
Льняное отбел.	—	0	(15°) 0,9349 (100°)	2,33	188,3	195,1	2,92	1,4761		То же
Оксидированное льняное. . .	75°	22	0,9422	8,48	108,2	219,2	80,2	1,4824		Светлозеленый
	150°	9	0,9344	2,76	121,5	210,0	41,9	1,4822		Красноватый
Льняное сырое	—	0	—	2,9	181,0	188,2	—	—	0,2	
Оксидированное льняное сырое	155—160	~35	—	4,7	115,5	203,2	—	—	23,2	
Льняное оксидированное по способу Вальтона в производстве линолеума	~ 80°	16—18	0,990	5,4	по Маргошесу 78,4	218,4	18,6	—	29,3	

Высыхание О. представляет сложный физико-химич. процесс, который до настоящего времени еще мало изучен. По мнению одних высыхание начинается с физического процесса, состоящего в том, что частицы сикатива или частицы оксидированного и полимеризованного масла, находясь на поверхности жидкого слоя, абсорбируют кислород из воздуха, при помощи которого и происходит окисление масла, которое образует в результате этого процесса твердую пленку. По мнению других за начало высыхания надлежит считать химический процесс, т. е. реакцию окисления посредством кислорода воздуха, причем продукты окисления образуют в масле дисперсную фазу, которая по мере обогащения приводит наконец к образованию геля—твердой пленки. Во всяком случае несомненно, что при высыхании О. или масла происходит процесс окисления, так как они поглощают из воздуха кислород и увеличиваются в весе. У льняного масла увеличение в весе по отношению к взятому количеству масла составляет 16—18% (т. н. кислородное число). У нормальной О., по Линперту, кислородное число равно 12—16. На самом же деле количество поглощаемого кислорода значительно более (истинное кислородное число льняного масла 39), т. к. при окислении образуется много летучих продуктов: CO_2, CO, H_2O, летучие к-ты, альдегиды и др. Окисление О. значительно ускоряется благодаря присутствию сикативов, растворенных в масле, к-рые играют роль переносчиков кислорода. Последний присоединяется к ненасыщенным глицеридам и образует неустойчивые соединения — «перекиси», легко разлагающиеся с выделением части кислорода и образованием оксикислот:



При этом помимо окисления молекул возможна также и полимеризация их. Окончательный продукт окисления—л и н о к с и н образует твердую пленку и состоит из смеси триглицеридов гексаоксилиноленовой и тетраоксилинолевой к-т. На высыхание О. кроме природы и качества масла, количества и природы сикативов, способа приготовления и т. д. большое влияние оказывают и другие факторы: свет, $t°$, влажность и т. д.; напр. О. на свету высыхает приблизительно в 2 раза скорее, чем в темноте; О. со свинцово-марганцевым резинатом, высыхающая при комнатной температуре в 10 часов, при 95° высыхает в 45 минут, а при 120° в 15—20 минут. Влажность замедляет процесс высыхания в различной степени, в зависимости от природы сикатива.

Т р е б о в а н и я, п р е д ъ я в л я е м ы е к п о р м а л ь н о й (м а л я р н о й) О., следующие: 1) О. должна быть прозрачна, без мути; отстой не должен превышать 2% по объему в течение 24 час. при 20°; 2) цвет льняной О.—от желтого до темнокоричневого; цвет конопляной О.—бурый с оттенками от светлого до темного; 3) олифа, намазанная тонким ровным слоем на стеклянную пластинку, должна высыхать при 20° не более чем в 24 часа; при надавливании на сухую пленку пальцем не должно получаться отпечатка; 4) пленка д. б. прочной, прозрачной, блестящей и эластичной; после высыхания не должна давать отлипа и не должна размягчаться; 5) олифа должна быть приготовлена из чистого льняного или конопляного масла, должна содержать не более 2% нерастворимых сикативов, считая на окись металла, и не более 5% растворимых сикативов, свободного гарпиуса—следы [3]. Характеристики О. приведены в табл. 1.

И с п ы т а н и е О. Для определения качества олифа подвергается испытаниям на 1) скорость высыхания, 2) качество пленки, 3) цвет, прозрачность, 4) уд. вес, 5) вязкость, 6) рефракцию, 7) поляризацию, 8) кислотное число, 9) число омыления, 10) иодное число, 11) содержание сикатива. В особых случаях определяют: ацетильное число, кислородное число, содержание оксикислот, содержание неомыляемых веществ, специальные испытания на смолу, животные, минеральные, высыхающие и невысыхающие масла.

С у р р о г а т ы О. В виду высокой цены высыхающих масел сделано много попыток заменить их более дешевыми материалами и получить т. о. искусственную О., по качествам близкую к настоящей О. В настоящее время известно довольно много таких суррогатов О., но все они по сравнению с обыкновенной О. имеют те или иные недостатки. Все эти суррогаты м. б. разбиты на две группы: к 1-й относятся такие, у к-рых заменена только часть растительных высыхающих масел, а ко 2-й—те, у к-рых последние совершенно отсутствуют. К суррогатам первого рода принадлежат напр. следующие. 1) Смесь 50%-ной льняной О. и 50%-ного веретенного масла, продутого в присутствии сикативов (2% свинцово-марганцевого резината) при $t°$ 160° в течение нескольких часов, после чего в нем растворяют еще 8% того же сикатива, приготовленного в виде экстракта. Этот суррогат обладает хорошей высыхающей способностью, прочно фиксируется на железе, на дереве—гораздо хуже, прочность пленки ниже, чем у льняной О. 2) Смесь льняной О. со смоляным маслом в разных соотношениях сохнет хорошо, но дает хрупкую пленку. 3) Смеси льняной О. с полувысыхающими маслами—хлопковым и др., а также с мылами (олеатами), животными жирами (ворванью и др.), казеином и т. д. Суррогаты 2-го рода состоят из различных комбинаций животных жиров (главным образом отбросов), смол (канифоли и др.), минеральных масел, растворителей их и других веществ. Суррогат, который заменил бы О. во всех отношениях, до сих пор не найден.

Лит.: [1] К r u m b h a a r, «Chemiker Ztg», Coethen, 1916, p. 937; [2] К и с е л е в В. и Ш а р о в М., Конопляное масло в производстве лаков и олифы, «Маслоб.-жировое дело», М., 1929, *11*, стр. 24; [3] ОСТ 46 (Олифа малярная), 656 (О. льняная), 984 (О. конопляная).—Б о т т л е р М., Производство лаков и олифы, 2 изд., пер. с нем., М., 1926; В о л ь ф Г., Бальзамы, смолы, искусственные смолы, олифа и лаки, Л., 1923; И в а н о в С., Учение о растительных маслах, М., 1925; К и с е л е в В., Приготовление олифы и сикативов, М., 1922; е г о ж е, Олифа и лаки, М., 1926; К о з л о в И., Варка олиф, лаков, политуры и типографской краски, Одесса, 1918; Л я л и н Л., Жиры и масла, Л., 1925; Т а л а н ц е в З., Олифоварение и приготовление сикативов, М., 1924; е г о ж е, Технология жиров и масел, ч. 1, М., 1925; Р у д а к о в В., Производство олифы, Чита, 1928; Ф а р и о н В., Химия высыхающих масел, пер. с нем., П., 1913; «Труды Всесоюзной конференции маслобойной промышленности», М., 1925, вып. 3; А р х а н г е л ь с к и й Б., Олифа и лаки из периллового масла, «Журнал прикладной химии», М.—Л., 1929, т. 2, ч. 2, стр. 445; Ч е л и н ц е в В., Полувысыхающие масла и их окисление в присутствии различных катализаторов, «Маслобойно-жировое дело», 1929, *5*; З и н о в ь е в А., О некоторых свойствах линолеатных и резинатных сикативов в связи с применением их в производстве олифы, там же, 1928, *1*; Т ю т ю н н и к о в Б., Об анализе олифы, там же, 1927, *1*; Б е л и е в Н., Олифа из масла сои, там же, 1929, *6*; Ф р и м ш т е й н М., там же, 1930, *1*, стр. 25; A n d é s L., Die Surrogate in d. Lack- Firnis- u. Farbenfabrikation, W.—Lpz., 1908; B a u e r K., Die trockenden Öle, Stg., 1928; B a u e r K., Chemische Technologie der Fette u. Öle, Berlin, 1928; E i b n e r A., Über Fette, Öle, Leinölersatzmittel u. Ölfarben, Mch., 1922; F a h r i o n W., Die Chemie der trockenden Öle, B., 1911; L o h m a n n P., Die Fabrikation d. Lacke u. Firnisse, B., 1890; L ö f f l K., Technologie d. Fette u. Öle, Brschw., 1926; L u n g e - B e r l, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, B. 3, 7 Aufl., B., 1923; L e w k o w i t s c h J., Chemische Technologie u. Analyse d. Öle. Fette u. Wachsearten, Brschw., 1905; S c h e i b e r J., Lacke u. ihre Rohstoffe, Lpz., 1926; L e w k o w i t s c h J., Laboratoriumsbuch f. d. Fett- u. Ölindustrie, Brschw., 1902; H o l d e D., Kohlenwasserstofföle u. Fette, 6 Aufl., B., 1924; H e f t e r G., Technologie d. Fette u. Öle, 7 Aufl., B. 1—3, B., 1921; U b b e l o h d e's Handbuch d. Öle u. Fette, B. 4, Lpz., 1926; Ullm. Enz., B. 5, p. 544; S t o c k E., Die Fabrikation d. Öllacke u. Sikkative, W.—Lpz., 1915; Waren- u. Materialienkunde d. Lack- u. Farbenfaches, hrsg. v. E. Stock u. W. Antony, B., 1927; S e e l i g m a n n F. u. Z i e c k e E., Handbuch d. Lack- u. Firnisindustrie, 4 Aufl., B., 1930; V a l e n t a E., Die Rohstoffe d. graphischen Druckgewerben, Fette, Harze, Firnisse u. s. w., 2 Aufl., Halle a/S., 1925; W o l f f H., Die Harze, Kunstharze, Firnisse u. Lacke, B., 1921; Taschenbuch f. d. Farben- u. Lackindustrie, hrsg. v. H. Wolff, W. Schlick u. H. Wagner, 7 Jg, Stg., 1930; «Chemische Umschau auf d. Gebiete d. Fette, Öle, Wachse u. Harze», Stg.; «Farben-Z.», B.; «Z. ang. Ch.»; «Chemiker-Zeitung»; «Revue de Chimie Industrielle», Paris; «Journal of the Society of Chemical Industry», London.

П. Черенин.

ОЛОВА СОЕДИНЕНИЯ. В своих соединениях олово бывает двувалентным и четырехвалентным. Обе степени валентности олова могут обнаруживать в одних случаях металлические, а в других—металлоидные

свойства, однако двувалентное олово б. ч. образует ион $Sn^{\cdot\cdot}$ со слабоосновными свойствами, а четырехвалентное олово чаще участвует в образовании кислотных ионов. Благодаря этому соли $Sn^{\cdot\cdot}$ довольно устойчивы, хотя при действии воды и подвергаются гидролизу с образованием непрочных соединений типа Me_2SnO_2 (Me—одновалентный металл), соли четырехвалентного олова очень непрочны и нацело гидролизуются водой, между тем как вещества типа Me_2SnO_3 довольно устойчивы. О. обладает значительной способностью образовывать комплексные кислоты и соли, напр.

H_2SnCl_6; $(NH_4)_2SnCl_6$; H_2SnJ_6; K_2SnF_6.

Соли такого состава могут вместе с тем обнаруживать и ионизацию, соответствующую формулам двойных солей, т. е. могут образовывать ионы Sn^{IV}.

Окислы олова и их гидраты. Типичными окислами для олова являются SnO и SnO_2. Оба они амфотерны, однако для первого более характерны основные свойства, а для второго — кислотные. Кроме того описаны вещества с ф-лами Sn_2O_3, Sn_2O_4, $SnO{\cdot}3SnO_2$, которые однако представляют собою повидимому смеси SnO и SnO_2 в различных соотношениях. Наконец получены также гидраты окислов SnO_3 и Sn_2O_7.

З а к и с ь о л о в а, SnO (иногда ее называют окисью олова), получается путем нагревания на паровой бане в течение нескольких дней смеси, приготовляемой действием избытка водного аммиака на раствор $SnCl_2$; полученный продукт промывается, высушивается при 100° и нагревается до 400° в токе CO_2 до полного удаления аммиака и воды. Приготовленная таким способом SnO содержит некоторое количество SnO_2 и следы NH_3 и H_2O. Закись олова м. б. получена также путем нагревания до кипения водной суспензии гидрата закиси олова с последующим прибавлением кристаллика $SnCl_2$. Роль последнего состоит в образовании основной хлористой соли, Sn(OH)Cl, которая легко разлагается на SnO и HCl, причем HCl в дальнейшем образует с $Sn(OH)_2$ новые молекулы Sn(OH)Cl:

$$SnCl_2 + Sn(OH)_2 \rightarrow 2\,Sn(OH)Cl,$$
$$Sn(OH)Cl \rightarrow SnO + HCl,$$
$$Sn(OH)_2 + HCl \rightarrow Sn(OH)Cl + H_2O.$$

Закись олова часто приготовляется также нагреванием щавелевокислой соли $Sn^{\cdot\cdot}$ без доступа воздуха:

$$SnC_2O_4 \rightarrow SnO + CO_2 + CO.$$

Недавно предложен следующий способ получения SnO: растворяют $SnCl_2$ в возможно малом количестве горячей конц. соляной к-ты и к раствору постепенно прибавляют раствор NaOH до щелочной реакции на фенолфталеин; полученная жидкость молочного цвета кипятится на бане из насыщенного раствора NaCl; получаемый через несколько часов порошок промывают и высушивают. В зависимости от способа приготовления закись олова — зеленоватый либо буровато-черный порошок или кристаллы кубич. системы, уд. веса $D^{20} = 6{,}95$. При нагревании на воздухе выше 240° SnO воспламеняется и переходит в SnO_2; при 390° в отсутствии воздуха превращается в SnO_2 с выделением металлического олова:

$$2\,SnO \rightarrow SnO_2 + Sn.$$

При обыкновенной $t°$ SnO устойчива на воздухе, хотя есть указания на способность ее самовозгораться при хранении. В воде и в щелочах SnO нерастворима, но растворяется в к-тах с образованием солей $Sn^{\cdot\cdot}$. Обладает сильными восстановительными свойствами. Применяется в ситцепечатании в качестве протравы; может служить катализатором при получении формальдегида из муравьиной кислоты.

Г и д р а т з а к и с и о л о в а. $Sn(OH)_2 \cdot SnO$ (или $2\,SnO \cdot H_2O$), а также $SnO \cdot 2\,H_2O$; $3\,SnO \cdot 2\,H_2O$; $Sn(OH)_2 \cdot nH_2O$. Получается осаждением растворов солей $Sn^{\cdot\cdot}$ (большею частью $SnCl_2$) аммиаком, едкими щелочами или углекислыми солями K, Na и NH_4:

$$SnCl_2 + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow Sn(OH)_2 + 2\,NaCl + CO_2.$$

Белый аморфный осадок; при высушивании в вакууме превращается в аморфный желто-бурый порошок. Почти нерастворим в воде, NH_4OH и растворах углекислых солей щелочных металлов; под действием избытка щелочей переходит в растворимые в воде с т а н н и т ы, напр.:

$$Sn(OH)_2 + 2\,NaOH \rightarrow Sn(ONa)_2 + 2\,H_2O.$$

станнит натрия

При кипячении раствора станнита выделяется свободное Sn и образуется соль метаоловянной к-ты, Na_2SnO_3. Под действием кислорода воздуха влажный гидрат закиси олова легко переходит в гидраты двуокиси олова. К-ты образуют при взаимодействии с гидратом закиси олова соли $Sn^{\cdot\cdot}$.

Д в у о к и с ь (о к и с ь) о л о в а, оловянный ангидрид, оловянная зола, цинаш, SnO_2. В природе встречается в трех видоизменениях, которые образуют кристаллы квадратной, гексагональной и ромбич. систем. Практич. значение имеет только о л о в я н н ы й к а м е н ь, или к а с с и т е р и т. В чистом виде он образует кристаллы квадратной системы, прозрачен и обладает алмазным блеском, но б. ч. бывает окрашен в желто-бурый, зеленоватый или черный цвет. Удельн. вес $D^{20} = 7$; тв. по Мосу 6—7. Искусственно SnO_2 получают сжиганием олова в атмосфере кислорода или прокаливанием на воздухе SnO, гидратов окислов, сернистых соединений или оксалата олова. Значительный практич. интерес представляет получение SnO_2 из $SnCl_4$ путем пропускания смеси паров $SnCl_4$ с воздухом через накаленные трубки:

$$SnCl_4 + O_2 \rightarrow SnO_2 + 2\,Cl_2.$$

Выделяющийся при этом процессе хлор м. б. использован для хлорирования отбросов жести. в результате чего снова получается $SnCl_4$, в свою очередь подвергаемое разложению, и т. д. SnO_2—аморфный белый или желтовато-белый (в нагретом состоянии—желтый) порошок; $t°_{пл.}$ ок. 1 127°; нерастворима в воде. SnO_2, полученная при высокой температуре, очень плохо и медленно реагирует с к-тами и щелочами. SnO_2—амфотерный окисел с преобладанием кислотных свойств. Соединения, образующиеся при действии на него кислот, непрочны, а при сплавлении со щелочами он образует значительно более стойкие соли оловянной кисло-

ты. При нагревании в токе водорода или с магнием, а также при прокаливании с углем SnO_2 восстанавливается в металлич. Sn. При прокаливании в токе Cl_2 образуется $SnCl_4$, при сплавлении с серой—SnS_2. Природная SnO_2 применяется при изготовлении молочных и матовых (мусселиновых) стекол, эмалей и глазурей, белых эмалевых, муфельных и подглазурных красок, кассиева пурпура, т. е. смеси SnO_2 с осажденным металлич. золотом, при фабрикации часовых циферблатов, печных кафелей и т. п., для полировки стекла, мрамора, стали и т. д.

Оловянные кислоты, гидраты окиси (двуокиси) олова, $SnO_2 \cdot nH_2O$. Существует несколько веществ, представляющих по своему составу гидраты окиси олова. Все они обладают б. или м. выраженными кислотными свойствами и только в некоторых случаях проявляют слабо основной характер. Состав и номенклатуру этих соединений, носящих общее название оловянных кислот, нельзя считать окончательно установленными. Обыкновенная оловянная кислота, α-оловянная кислота (ортооловянная, α-метаоловянная к-та). Получается при действии NH_4OH или растворов углекислых солей K и Na на свежеприготовленный раствор $SnCl_4$ или при действии HCl на раствор Na_2SnO_3, а равно и при гидролизе растворов $SnCl_4$. При высушивании осадка получается стеклообразная масса, во влажном состоянии имеющая кислую реакцию на лакмус. В зависимости от условий высушивания состав вещества приближается к ф-ле ортооловянной к-ты, $Sn(OH)_4$, или метаоловянной (α-оловянной) к-ты, H_2SnO_3. В воде и разбавленных к-тах оловянная к-та образует коллоидный раствор, не обнаруживающий изменений при кипячении. В щелочах она также растворяется. Соли оловянной кислоты, станнаты. Станнат калия, $K_2SnO_3 \cdot 3H_2O$, получается при сплавлении SnO_2 с KOH или K_2CO_3. При медленном испарении растворов выделяется в виде прозрачных ромбич. призм. При нагревании до красного каления теряет воду; в 100 ч. воды растворяется 106,6 ч. при 10° и 110,5 ч. при 20°. Растворы обнаруживают щелочную реакцию; в спирте соль нерастворима. Применяется в нек-рых случаях при крашении и ситцепечатании. Станнат меди, $CuSnO_3$, приготовляется путем осаждения раствора Na_2SnO_3 раствором $CuSO_4$ или путем действия на раствор олова в царской водке раствора $CuSO_4$ и последующего прибавления избытка NaOH. Употребляется в качестве зеленой краски. Станнат натрия (препаратная соль), $Na_2SnO_3 \cdot 3H_2O$, получается при сплавлении SnO_2 или оловянной кислоты с NaOH или Na_2CO_3. М. б. также получена при сплавлении олова с содой и $NaNO_3$ или при кипячении олова со свинцовым глетом и NaOH. Технич. препаратная соль, при получении к-рой применяют оловянный камень, представляет собою зернистую массу и содержит много примесей, благодаря чему при расчете на SnO_2 в ней оказывается 40—44% двуокиси олова вместо теоретич. 56,4%. Чистая $Na_2SnO_3 \cdot 3H_2O$—бесцветные таблички гексагональной системы, растворяющиеся при низкой $t°$ лучше, чем при высокой: при 0° в 100 ч. воды растворяется 67,4 ч., а при 20°—61,3 ч. соли. Растворы легко разлагаются к-тами и CO_2 с выделением оловянной к-ты. Препаратная соль применяется при крашении в качестве протравы и аппретуры. Кроме того этой солью пользуются для придания огнестойкости хл.-бум. тканям. В этом случае сперва пропитывают ткань раствором Na_2SnO_3, потом высушивают и обрабатывают раствором $(NH_4)_2SO_4$. При этом происходит следующая реакция:

$$Na_2SnO_3 + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2NH_3 + H_2SnO_3.$$

После промывания ткани для удаления Na_2SO_4 ее высушивают, в результате чего на ткани остается SnO_2, присутствие которой и обусловливает ее огнеупорность. Иногда вместо препаратной соли применяется кристаллизующееся в блестящих иголочках соединение состава $Na_2O \cdot 6SnO_2 \cdot 2As_2O_5 \cdot 5H_2O$, дающее более светлые цвета. Его приготовляют путем прибавления HNO_3 к кипящей смеси растворов Na_2SnO_3 и Na_3AsO_4 и обработки получаемого осадка, имеющего состав $2SnO_2 \cdot As_2O_5 \cdot 10H_2O$, избытком раствора соды. Кроме того описано соединение состава $Na_2SnO_3 \cdot 5Na_3AsO_4 \cdot 60H_2O$. Станнат хрома см. *Хрома соединения*. Метаоловянная кислота, β-оловянная к-та. В чистом виде получается при действии HNO_3 уд. в. 1,3—1,4 на металлич. олово; полученный продукт подвергают гидролизу при помощи длительного промывания водой; осадок растворяют в небольшом количестве NaOH и осаждают раствор избытком едкого натра; новый осадок отфильтровывают и обрабатывают HNO_3. Высушенный на воздухе осадок β-оловянной к-ты представляет собою белые аморфные куски, легко растираемые в порошок. В зависимости от степени и условий высушивания он по своему составу б. или м. приближается к ф-ле $(H_2SnO_3)_5$ или $(H_2SnO_3)n$, которой он соответствует в виде белого аморфного порошка, получающегося после высушивания в вакууме. β-Оловянная кислота выделяется также из раствора α-кислоты в HCl, особенно при кипячении. В кислотах она нерастворима. При кипячении с HCl она переходит в метахлорное олово (см. ниже). В свежеосажденном состоянии растворяется в NH_4OH. В щелочах не растворяется, но вступает с ними во взаимодействие, образуя соли состава $Me_2H_8Sn_5O_{15}$ или $Me_2O \cdot 5SnO_2 \cdot 4H_2O$, а также и $Me_2Sn_5O_{11} \cdot 4H_2O$—метастаннаты, трудно растворимые в воде и нерастворимые в щелочах. При продолжительном кипячении или при сплавлении со щелочами они переходят в соединения α-оловянной к-ты — станнаты. Метаоловянная к-та способна образовать сложные комплексные соединения. В аналитич. химии большое значение имеет ее комплексное соединение с фосфорной к-той — фосфорнооловянная к-та, применяемая для осаждения и отделения фосфорной кислоты при действии олова и HNO_3. Все оловянные к-ты при сильном нагревании теряют воду и превращаются в SnO_2. α-Оловянная к-та применяется в качестве протравы в ситцепечатании, гл. обр. при изготовлении кумачовых тканей.

Соединения двувалентного олова получаются при действии к-т на металлич. олово или на гидрат закиси олова. Довольно прочны, однако легко окисляются, переходя в соединения четырехвалентного олова. Благодаря последнему обстоятельству они являются сильными восстановителями.

Ацетат олова, станноацетат, $Sn(C_2H_3O_2)_2$, уксуснокислая соль закиси олова, получается при действии уксусной кислоты на закись олова или на гидрат закиси олова, а также при обработке раствора $SnCl_2$ раствором уксуснокислого натрия или калия. Приготовляется также путем обработки раствора $SnCl_2$ в горячей уксусной кислоте уксуснокислым раствором свинцового сахара. При осаждении водных растворов спиртом образует маленькие бесцветные кристаллы, $t°_{пл.}$ 182°. Применяется обычно в качестве протравы при крашении и ситцепечатании.

Оксалат олова, станнооксалат, щавелевокислая соль закиси олова, SnC_2O_4. Получается при действии растворов щавелевокислых солей щелочных металлов на раствор $SnCl_2$ или при растворении свежеосажденного гидрата закиси олова в щавелевой к-те. Уд. вес D^{20}=3,56. Применяется в качестве протравы в ситцепечатании и крашении тканей.

Сульфат олова, $SnSO_4$, получается при взаимодействии свежеосажденной SnO с разбавленной H_2SO_4 при нагревании. Бесцветные кристаллы в виде игол или листочков с жемчужным блеском. В 100 ч. воды при 19° растворяется 18,8 ч. $SnSO_4$, при 100°—18,1 ч. При стоянии водных растворов из них выделяется основная сернокислая соль.

Сульфид олова, сернистое олово, SnS. Безводное соединение приготовляется путем сплавления олова с серой и возгонки получаемого продукта в токе водорода в нагреваемой до яркокрасного каления фарфоровой трубке. Водный SnS получается при продолжительном пропускании H_2S в слабо подкислен. растворы солей $Sn^{••}$. Возогнанный SnS—ромбоэдрич. синевато-серые кристаллы с металлич. блеском, $t°_{пл.}$ 880°, уд. вес D^{20}=5,08. Осажденный водный SnS — аморфный порошок темнобурого или черного цвета. В конц. HCl сульфид олова растворяется; под действием содержащих свободную серу растворов сернистых щелочных металлов и сернистого аммония образуются растворимые соли тиооловянной к-ты, напр.:

$$SnS + S + (NH_4)_2S = (NH_4)_2SnS_3.$$

Хлористое олово, полухлористое, однохлористое олово, $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ получается при действии на металлич. олово хлористого водорода или теплой конц. соляной к-ты. Процесс идет быстрее, если олово содержит примеси, а также в присутствии металлической платины. Продукт подвергают перегонке после прибавления к нему новой порции олова и оставляют кристаллизоваться. Из растворов $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ выделяется в виде бесцветных столбчатых кристаллов моноклинной системы, уд. в. $D^{15,5}$ = 2,71. На воздухе они не расплываются, но хорошо растворяются в воде (при 15° 1 ч. на 0,37 ч. воды) и в спирте. При нагревании до 100° или в вакууме они легко отдают воду. При действии на $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ газообразного HCl получается жидкость, которая имеет состав $SnCl_2 \cdot HCl \cdot 3H_2O$ удельн. веса 2,2 и затвердевает при −27°. Безводное $SnCl_2$ получается при медленном нагревании $SnCl_2 \cdot 2H_2O$. Сперва дигидрат становится жидким, растворяясь в кристаллизационной воде, потом тестообразным, затем он твердеет и наконец плавится. После охлаждения его перегоняют в особых ретортах; получающийся при этом продукт представляет собою просвечивающую кристаллич. массу с раковистым изломом и плавится при $t°$ 246,8°, образуя маслянистую жидкость; $t°_{кип.}$ 606°. Растворяется кроме воды в спирте, эфире, ацетоне, уксусноэтиловом эфире и пиридине. В твердом состоянии $SnCl_2$ устойчиво на воздухе. Разбавленный водный раствор $SnCl_2$ подвергается частичному гидролизу, причем выделяется белый порошкообразный осадок основной хлористой соли $Sn^{••}$:

$$SnCl_2 + H_2O \rightarrow Sn(OH)Cl + HCl.$$

Наряду с этим процессом под влиянием кислорода воздуха происходит частичное окисление $SnCl_2$ в $SnCl_4$:

$$6SnCl_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 2SnCl_4 + 4Sn(OH)Cl.$$

В сильно подкисленном растворе происходит только образование $SnCl_4$:

$$2SnCl_2 + 4HCl + O_2 \rightarrow 2SnCl_4 + 2H_2O.$$

Окисление м. б. предотвращено прибавлением к раствору $SnCl_2$ металлического олова.

Комплексные соединения $SnCl_2$ представляют собою б. ч. соли к-ты состава H_2SnCl_4, напр.: $K_2SnCl_4 \cdot H_2O$ или $SnCl_2 \cdot 2KCl \cdot H_2O$; $(NH_4)_2SnCl_4 \cdot H_2O$ или $SnCl_2 \cdot 2NH_4Cl$; и т. д. Большая восстановительн. способность $SnCl_2$ обусловливает его широкое применение в лабораторной и производственной практике. При помощи $SnCl_2$ производится восстановление HNO_3 в окислы азота, в гидроксиламин и аммиак, соединений $Fe^{•••}$ в соединения $Fe^{••}$, хроматов в соединения окиси хрома, манганатов в соли $Mn^{••}$, нитросоединений в амины, солей диазония в гидразины и т. д. Этими реакциями часто пользуются для количественного определения соответствующих соединений. Во многих случаях $SnCl_2$ применяется для протравливания и закрепления красок в ситцепечатании и при крашении хлопка, шелка и шерсти и служит для приготовления оловянных композиций (оловянных растворов), употребляемых для оживки при крашении ализарином, кошенилью и т. п. Им часто пользуются также в качестве катализатора при хлорировании и конденсирующего средства. Кроме того $SnCl_2$ служит во многих случаях исходным веществом для получения других соединений Sn, напр. ацетата, окисн, хлорного олова и т. д. Употребляется также при лужении, бронзировании, при получении сплавов олова с цинком, в качестве усилителя фотографич. снимков и т. д. При действии $SnCl_2$ на хлорное золото, $AuCl_3$, получается красный осадок, называемый кассиевым пурпуром и употребляемый для окрашивания фарфора и стекла в красный цвет. В качественном химич. анализе $SnCl_2$ служит для определения железа. Раствор $SnCl_2$ в HCl, называемый беттендорфовым реактивом (Solutio stanni chlorati), употребляется для определения присутствия мышьяковой и мышьяковистой кислот путем их восстановления в металлич.

мышьяк. Для приготовления этого раствора или растирают 5 ч. $SnCl_2$ с 1 ч. соляной к-ты уд. в. 1,124—1,126 в кашицу, которую затем насыщают сухим HCl, или обрабатывают соляной к-той (20 *см*³, уд. в. 1,124) смесь 25 ч. $SnCl_2$ с 150 *см*³ эфира. Испытываемая на мышьяк жидкость обрабатывается 5 *см* соляной кислоты, потом 5 *см*³ описанного раствора встряхивается и на несколько минут погружается в пробирке в воду, имеющую $t°$ 40°.

Цитрат олова, лимоннокислое олово, $(C_6H_5O_7)_2Sn_3$, представляет собою хорошо действующую протраву при крашении желтыми красителями.

Тартрат олова, виннокислое олово, $C_4H_4O_6Sn$, получается при действии на раствор $SnCl_2$ виннокислых солей K или Na, а также при обработке винной к-той свежеосажденного гидрата закиси олова. Применяется в качестве протравы при крашении тканей и ситцепечатании.

Соединения четырехвалентного Sn. Вследствие того, что металлоидные свойства четырехвалентного Sn выражены более ярко, чем металлические, соединения четырехвалентного Sn б. ч. представляют собой непрочные вещества, в к-рых Sn входит в состав анионов. Растворы этих веществ легко подвергаются гидролизу, образуя оловянные кислоты. Дисульфид олова, двусернистое олово, SnS_2. Аморфный SnS_2 получается при действии H_2S на слабо кислый раствор $SnCl_4$; осадок последовательно промывается водой, спиртом и эфиром и быстро высушивается в вакууме. Аморфный SnS_2—желтая масса, нерастворимая в слабых к-тах и растворяющаяся в NH_4OH, в растворах соды и едкого натра. Конц. HNO_3 окисляет его в β-оловянную к-ту. При окислении SnS_2 на воздухе получается SnO_2. Под действием растворов сернистых щелочных металлов и сернистого аммония образуются растворимые соли тиооловянной (сульфооловянной) к-ты, напр. сульфооловяннонатриевая соль, $Na_2SnS_3 \cdot 2H_2O$, кристаллизующаяся в бесцветных октаэдрах. Кристаллич. SnS_2—блестящие желтые чешуйки или листочки, к-рые наощупь кажутся мягкими и жирными, уд. в. D^{20}= 4,5; при нагревании они становятся темно-красными или почти черными и вновь приобретают желтую окраску по охлаждении. При сильном нагревании происходит разложение на SnS и S. Азотная к-та при кипячении, а также растворы сернистых щелочных металлов не действуют на кристаллич. SnS_2. Под действием царской водки оно превращается в $SnCl_4$, причем выделяется сера. Удобнее всего кристаллич. SnS_2 переводится в раствор путем сплавления с содой и серой. В виде сусального золота (см. *Оловянные краски*) SnS_2 применяется для золочения.

Сульфат четырехвалентного олова, сернокислая соль окисного олова, $Sn(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$, получается путем растворения свежеосажденной α-оловянной к-ты в кипящей разбавленной H_2SO_4. Раствор выпаривают и получают $Sn(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$ в виде бесцветных кристаллов; они легко растворяются в разбавленной H_2SO_4. Под влиянием прибавления значительных количеств воды происходит разложение сульфата, причем выделяется студнеобразный осадок.

Хлорное олово, четыреххлористое олово, «Spiritus fumans Libavii», оксигенная соль, $SnCl_4$. Получается путем пропускания тока сухого хлора над расплавленным оловом и перегонки полученного продукта. В технике значительные количества $SnCl_4$ получают путем действия сухого хлора на обрезки белой жести. Предложен также способ приготовления $SnCl_4$ путем пропускания смеси одинаковых объемов CO и Cl_2 при высокой $t°$ над смесью равных количеств SnO_2 и древесного угля (R. Steiger, Г. П. 222838). В случае содержания примесей железа продукт перегоняется с концентр. H_2SO_4. Хлорное олово—бесцветная, дымящая на воздухе жидкость, уд. вес $D^{20} = 2{,}226$; $t°_{кип.}$ 114,1°, $t°_{пл.}$ −30,2° или −33°. При действии влажного воздуха или небольших количеств воды на $SnCl_4$ получается кристаллич. (моноклинич. системы) масса состава $SnCl_4 \cdot 3H_2O$, плавящаяся при 80°. При соединении 22 ч. $SnCl_4$ с 7 ч. воды или при выпаривании раствора $SnCl_4$ в соляной к-те, а также при насыщении водного раствора $SnCl_2$ хлором и осторожном выпаривании полученной жидкости выделяются белые непрозрачн. остроконечные расплывающиеся на воздухе кристаллы состава $SnCl_4 \cdot 5\,H_2O$. Этот гидрат $SnCl_4$ плавится ок. 60° и очень легко растворяется в воде. Известны также гидраты $SnCl_4$ с 4, 8 и 9 молекулами воды. Свежеприготовленный раствор $SnCl_4$ очень плохо проводит электрич. ток, но с течением времени, благодаря гидролизу, его электропроводность возрастает. Гидролиз совершается по ур-ию:

$$SnCl_4 + 4H_2O \rightleftarrows 4HCl + Sn(OH)_4.$$

Оловянная к-та однако не выделяется в осадке, образуя коллоидный раствор. При нагревании процесс идет быстрее. Хлорное олово хорошо смешивается с CS_2 и служит растворителем для многих веществ, напр. в нем хорошо растворяются P, S, J, As, SbJ_3 и т. д. Известны многочисленные и разнообразные комплексные соединения и двойные соли $SnCl_4$, напр. известны вещества состава $SnCl_4 \cdot PCl_4$; $SnCl_4 \cdot POCl_3$; $3SnCl_4 \cdot PH_3$; $SnOCl_2 \cdot N_2O_5$; $3SnCl_4 \cdot 2NOCl$; $2SnCl_4 \cdot SnS_2$; и т. д. Практич. значение имеет хлорооловянная к-та, $H_2SnCl_6 \cdot 6H_2O$, и нек-рые из ее солей. Хлорооловянная к-та получается при действии сухого хлористого водорода на смесь $SnCl_4$ с соляной к-той уд. веса 1,166 (33%); реакция сопровождается сильным разогреванием. По ее окончании и после охлаждения хлорооловянная к-та кристаллизуется в виде бесцветных листочков, к-рые плавятся при $t°$ ок. 20°. При стоянии на воздухе соль теряет HCl и легко расплывается. Образование труднорастворимого кристаллич. осадка цезиевой соли хлорооловянной к-ты состава Cs_2SnCl_6 при прибавлении $SnCl_4$ к раствору $CsCl_2$, смешанному с равным объемом соляной к-ты, служит в микроанализе реакцией на соединения цезия. Натриевая соль хлорооловянной к-ты, $Na_2SnCl_6 \cdot 5\,H_2O$, называемая кристаллич. хлорным оловом, получается при нагревании раствора $SnCl_4$ с NaCl и применяется в крашении в качестве протравы. Наибольшее значение имеет $(NH_4)_2SnCl_6$, розовая соль, пинкзальц, роза-пинкзальц, получаемая при действии избытка насыщенного раствора на-

шатыря на конц. водный раствор $SnCl_4$. Она представляет собою белый кристаллич. порошок или октаэдрич. кристаллы уд. в. 2,387. При нагревании кристаллы растрескиваются и выделяют $SnCl_4$. В воде они растворяются в отношении 1:3. При кипячении конц. растворы не изменяются, а разбавленные разлагаются, причем все олово выделяется в виде оловянной к-ты. Пинкзальц применяют во многих случаях вместо хлорного олова, гл. образом в качестве протравы при крашении. Хлорное олово, по б. ч. в виде $SnCl_4 \cdot 5H_2O$, применяется гл. обр. в качестве аппретуры (для отяжеления шелковых тканей), а также протравы при ситцепечатании; в синтезе красителей—в качестве катализатора при хлорировании и окислительного конденсационного средства. В военном деле хлорное олово служит для образования маскирующих дымовых завес, а в смеси с некоторыми отравляющими веществами—для снаряжения химич. артиллерийских снарядов. При получении кассиева пурпура (см. выше при описании $SnCl_2$) хлорное олово применяется наряду с хлористым оловом. Метахлорное олово $(SnCl_4)_n$ получается при кипячении β-оловянной к-ты с соляной к-той. В конц. к-тах нерастворимо, но растворимо в воде. По количественному составу одинаково с обыкновенным хлорным оловом и отличается от него по своему свойству окрашивать растворы хлористого олова в желтый цвет. Такой же результат получается при действии на растворы $SnCl_2$ долго хранившихся растворов обыкновенного $SnCl_4$, что заставляет считать, что метахлорное олово является полимером $SnCl_4$.

Гидриды олова мало изучены. Они образуются в незначительных количествах при действии разбавленных к-т на олово или на сплав олова с магнием (Mg_2-Sn), а также при действии 5%-ного раствора уксусной к-ты и 1%-ного раствора щавелевой к-ты на старую жесть или на обыкновенное олово, приведенное в соприкосновение с металлич. железом. Достоверно известен только гидрид состава SnH_4,—газ с $t°_{кип.}$ −52° и $t°_{пл.}$ −150°, горящий голубоватым пламенем и отличающийся большой ядовитостью. Его образованию приписывают отравления при употреблении в пищу консервированных продуктов, хранившихся в испорченных жестяниках.

Фосфиды и арсениды олова. Описан ряд фосфидов олова, к-рые имеют значение при приготовлении фосфористой бронзы. Из этих соединений наибольшее значение имеет Sn_4P_3, кристаллич. вещество серебристо-белого цвета, уд. в. 5,18 при 20°, начинающее разлагаться при 480°. Фосфид с ф-лой SnP также представляет собою кристаллич. вещество металлич. вида; уд. в. 4,1. Его разложение начинается при 415°. Он легко подвергается действию дымящей HNO_3. С мышьяком Sn образует гл. обр. соединение состава Sn_2As_3 уд. в. 6,56 при 20°.

Аналитическое определение Sn в О. с. Перевод О. с. в растворимое состояние м. б. достигнут следующими способами: а) сплавление испытуемого вещества в никелевом или серебряном тигле с NaOH или KOH (получаются легко растворимые в слабых к-тах Na_2SnO_3 или K_2SnO_3); б) сплавление в фарфоровом тигле с серой и кальцинированной содой (Sn переходит в растворимую в воде сульфосоль Na_2SnS_3); в) сплавление в фарфоровом тигле с KCN (выделяется металлич. Sn, растворимое затем в соляной кислоте); г) восстановление до металлического олова в струе водорода при темно-красном калении.

Качественные реакции. А. Общие реакции на Sn: а) Испытуемое вещество нагревают в восстановительном пламени на шарике фосфорной соли в присутствии следов меди; шарик окрашивается в рубиново-красный цвет. б) Прокаливают исследуемое вещество на обугленной содовой палочке; получается ковкий королек Sn, покрывающийся при охлаждении белым налетом окиси Sn; королек не растворяется в HNO_3 и растворим в концентр. HCl. в) К испытуемому раствору прибавляют в пробирке $^1/_2$ *см*³ 5%-ного раствора KJ и после этого пипеткой по стенкам приливают $^1/_2$ *см*³ конц. H_2SO_4: в месте соприкосновения раствора с H_2SO_4 появляется ярко-желтое кольцо, исчезающее при осторожном приливании концентр. HCl; присутствие Sb и As мешает этой реакции. Б. Реакции на $Sn^{\cdot\cdot}$. а) При действии H_2S—образование бурого осадка SnS, растворимого в многосернистом аммонии и в конц. кислотах. б) Под действием NaOH белый осадок $Sn(OH)_2$, растворимый в избытке щелочи и кислотах. в) $HgCl_2$ восстанавливается ионом $Sn^{\cdot\cdot}$ в HgCl (белый осадок, при избытке О. с. легко чернеющий). г) Образование черного осадка металлического Bi при действии испытуемого раствора на смесь растворов азотнокислого висмута и NaOH. д) Образование темно-красного коллоидного раствора золота (кассиева пурпура) при действии испытуемого раствора на $AuCl_3$. е) Выделение металлич. Sn из солянокислых растворов при помощи металлич. Zn. ж) Образование синего осадка турнбулевой сини $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ при действии на смесь $FeCl_3$ и $K_3Fe(CN)_6$. з) Реакция Фейгля: появление синего окрашивания при действии капли испытуемого раствора на фильтровальную бумагу, пропитанную фосфорномолибденовой кислотой и затем подвергнутую непродолжительному действию паров аммиака (чувствительность = 1 : 1 670 000), и) Синий 0,01%-ный раствор азокраски диазингрюн, при подкислении HCl и переслаивании с раствором, содержащим соединения $Sn^{\cdot\cdot}$, принимает через некоторое время разные оттенки от фиолетового до красного. В. Реакции четырехвалентного Sn. а) При действии H_2S образование желтого осадка SnS_2, растворимого в сернистом аммонии и в концентрированной HCl; б) образование под действием NaOH белого осадка, растворимого в избытке реактива и в к-тах; в) выделение металлич. Sn из солянокислых растворов под действием Zn.

Количественное определение Sn производится б. ч. путем титрования иодом. Соединения Sn^{IV} восстанавливаются цинка в соли $Sn^{\cdot\cdot}$. Соли $Sn^{\cdot\cdot}$ растворяют в соляной к-те, из сосуда вытесняют воздух углекислым газом, к раствору прибавляют винной к-ты и $NaHCO_3$ и титруют $^1/_{10}N$ раствором иода. Кроме того соли $Sn^{\cdot\cdot}$ м. б. титруемы $KMnO_4$. Для этого соль $Sn^{\cdot\cdot}$ или ее раствор прибавляют к кипящему кислому раствору $Fe_2(SO_4)_3$, после чего кипячение продолжают еще некоторое время (проба на KCNS должна после кипячения обнаружить присутствие избытка $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$); затем раствор разбавляют и титруют раствором $KMnO_4$. Е. Руппом предложен следующий метод объемного определения $Sn^{\cdot\cdot}$: раствор 1 *г* $NaHCO_3$ в 50 *см*³ воды медленно подкисляется 10—15%-ной HCl (5 *см*³), после этого к жидкости прибавляют раствор соединения $Sn^{\cdot\cdot}$, содержащий около 0,1 *г* Sn, кристаллик KJ и раствор крахмала. После этого производится титрование $^1/_{10}N$ раствором хлорамина Т (*n*-толуолсульфохлорамида натрия). Титр хлорамина устанавливается по $Na_2S_2O_3$ или по As_2O_3.

Колориметрич. определение Sn по Гапсену: к 10 *см*³ испытуемого раствора прибавляют несколько капель Br_2 и 5 *см*³ свежеприготовленной сероводородной воды; Sn^{IV} образует осадок, полностью выделяющийся через несколько часов. Полученная смесь для определения общего количества Sn сравнивается со стандартными смесями, приготовляемыми действием H_2S на растворы солей Sn^{IV} определенной крепости. Другие 5 *см*³ испытуемого раствора обрабатывают 5 *см*³ сероводородной воды и по истечении некоторого промежутка времени—5 *см*³ конц. H_2SO_4. Происходит быстрое растворение SnS, а SnS_2 остается в осадке и затем также определяется колориметрически. По разности двух этих определений судят о количестве $Sn^{\cdot\cdot}$.

Лит.: Менделеев Д., Основы химии, 9 изд., т. 2, М.—Л., 1928; Меншуткин Б., Курс общей (неорганической) химии, М., 1929; Смит А., Введение в неорганическую химию, вып. 2, пер. с англ., М.—Л., 1929; Голлеман А., Учебник неорганич. химии, пер. с нем., СПБ—Киев, 1912; Ост Г., Химич. технология, вып. 2, пер. с нем., Л., 1930; Тредвел Ф., Курс аналитич. химии, 4 изд., т. 1, пер. с нем., М.—Л., 1927; Ризенфельд Е., Качественный анализ и неорганический практикум, пер. с нем., М.—Л., 1930; Федотьев П., Технич. анализ мине-

ральных веществ, СПБ, 1906; Ворожцов Н., Основы синтеза красителей, М.—Л., 1925; Шикк О., Химик-текстильщик, пер. с нем., П., 1922; Лидов А., Беление, крашение и ситцепечатание, химич. технология волокнистых веществ, СПБ, 1900; Рутгли П., Практикум по крашению и анализу красителей, пер. с нем., Л., 1929; «ЖХП», 1930, т. 7, *5—6*, *14—15*; Ephraim F., Anorganische Chemie, 4 Aufl., Dresden—Lpz., 1929; Ullm. Enz., B. 12 u. a.; Handbuch d. anorganischen Chemie, hrsg. v. R. Abegg u. F. Auerbach, B. 3, Abt. 2, Leipzig, 1909; Vanino L., Handbuch der präparativen Chemie, 3 Aufl., B. 1, Stuttgart, 1925. **В. Горшешников.**

ОЛОВО, Sn, элемент 4-й группы периодич. системы, порядковый номер 50, ат. вес 118,7, ат. объем 16,3. Изотопы: 120, 118, 116, 124, 119, 117, 122, 121, 112, 114 и 115; $t°_{пл.}$ 231, 85°, $t°_{кип.}$ 2 275°; коэф-т сжимаемости при 20° $1{,}85 \cdot 10^{-6}$ *см²/кг*; модуль упругости $(0{,}4 \div 0{,}55) \cdot 10^6$ *кг/см²*; врем. сопротивление на разрыв 1,7—2,5 *кг/мм²*; уд. теплоемкость (при 100°) 0,0564 cal; коэф. лин. расширения (18—100°) 0,00002703; теплопроводность (при 18°) = 0,153 cal *см/см²* ск. °C; электропроводность при 0° = $7{,}66 \cdot 10^{-4}$ мо-*см*; температурный коэфициент сопротивления $465 \cdot 10^{-5}$; магнитная восприимчивость = $8{,}025 \cdot 10^6$ в единицах *CGSM*. Существует несколько видоизменений О.

а) Обыкновенное белое О.—ковкий металл серебристо-белого цвета, блестящий, кристаллич. строения (тетрагональной системы). Уд. вес 7,31 (при 20°), тв. (по Мосу) 1,8. При сгибании О. издает особый треск («крик» О.), происходящий от разрыва кристаллов по плоскостям спайности. Легко раскатывается в очень тонкие (до 0,0025 *мм*) листочки — оловянную фольгу, или станиоль. Обладает также значительной способностью вытягиваться в проволоку (эта способность достигает наибольшего значения при $t°$ 100—150°). Такая проволока однако очень непрочна и при диам. в 1 *мм²* разрывается уже при нагрузке в 4 *кг*. Белое О. может быть получено медленным охлаждением расплавленного О. При понижении $t°$ белое О. медленно превращается (при $t°$ ниже 18° оно находится уже в состоянии метастабильного равновесия) в б) серое О., уд. вес 5,75. О. при этом увеличивается в объеме и распадается в порошок. Этот процесс, известный уже давно, носит название «оловянной чумы». Соприкосновение обыкновенного О. с серым или с раствором какой-нибудь соли О., особенно с раствором двойной соли состава $SnCl_4 \cdot 2NH_4Cl$ (см. *Олова соединения*), способствует ускорению процесса. При $t°$ выше 20° серое О. вновь превращается в белое. в) При нагревании обыкновенного О. выше 195° или при быстром охлаждении расплавленного О. образуется хрупкое О. ромбической системы. Три названные видоизменения олова представляют его энантиотропные формы (см. *Полиморфизм*), так как О. переходит из каждой из этих форм в другие в зависимости от температурных условий. г) Особым видоизменением О. должна быть признана и его форма в виде тонких листочков (станиоль) или очень тонких покровов на поверхности других металлов (слой О. на белой жести). Эта форма очень легко переходит в обыкновенное олово (выше 19°) или в серое олово (ниже 19°). Нагревание способствует ускорению этого процесса.

В соединениях О. бывает двувалентным и четырехвалентным. При обыкновенной $t°$ О. не подвергается заметному действию воздуха и воды как в отдельности, так и при совместном их присутствии. При 100° О. окисляется кислородом воздуха очень медленно, при более высокой $t°$ окисление идет быстрее. При сильном нагревании О., расплавившись, сгорает, образуя двуокись О., SnO_2. Пары О. горят ярким белым пламенем. Раскаленное О. разлагает воду, выделяя из нее водород и образуя окись О., SnO. Сильные минеральные к-ты действуют на О. довольно энергично. Соляная к-та выделяет водород (а также повидимому незначительные количества SnH_4) и переводит О. в раствор в виде $SnCl_2$. Повышение концентрации к-ты и $t°$ способствует сильному ускорению реакции. При избытке HCl и хорошем доступе кислорода воздуха $SnCl_2$ переходит в $SnCl_4$ по уравнению:

$$SnCl_2 + 2HCl + O = SnCl_4 + H_2O.$$

Разведенная серная кислота слабо действует на О., также выделяя H и образуя соль двувалентного О. Конц. H_2SO_4 при кипячении реагирует по ур-ию:

$$Sn + 2H_2SO_4 = SnSO_4 + SO_2 + 2H_2O,$$

причем выделяется также и нек-рое количество H_2S. По отношению к олеуму на холоду О. очень устойчиво. При действии на О. значительно разбавленной HNO_3 реакция идет по ур-ию:

$$4Sn + 10\,HNO_3 = 4Sn(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3.$$

При этом образуется также гидроксиламин. Под действием HNO_3 (уд. в. 1,25) происходит образование NO_2, воды и нерастворимой метаоловянной к-ты повидимому в виде азотнокислого соединения β-метаоловянной кислоты H_2SnO_3. В упрощенном виде реакция м. б. изображена ур-ием:

$$Sn + 4HNO_3 = H_2SnO_3 + 4NO_2 + H_2O.$$

В присутствии других металлов образующиеся под действием HNO_3 соли этих металлов абсорбируются метаоловянной к-той, причем простым промыванием их удалить не удается. Безводная HNO_3 на О. не действует. Действие минеральных кислот на О. усиливается в присутствии свободного кислорода или других окислителей, а также при прибавлении небольших количеств солей металлов, к-рые вытесняются О. из их соединений (Cu, Ag, Pt), или при соприкосновении с самими этими металлами. Присутствие сильных окислителей, напр. бихроматов K и Na, ослабляет действие к-т на О., т. к. при этом на поверхности О. образуется сплошной слой нерастворимых окислов, препятствующий его дальнейшему разъеданию. Слабые минеральные к-ты б. ч. не действуют на О. Относительно HCN существуют данные, свидетельствующие о том, что эта к-та не реагирует с чистым Sn, но разлагается при соприкосновении с продажными сортами О. С хлором О. легко вступает в реакцию. Органич. к-ты действуют на О. слабо. Уксусная к-та с концентрацией ниже 60% на холоду не вступает с О. в реакцию. При кипячении на О. действуют растворы этой к-ты с концентрацией выше 20%. О. не подвергается действию винной кислоты, влажных паров салициловой к-ты и т. д. Однако под

влиянием кислого молока О. сильно разрушается при всех $t°$. Сильные щелочи и некоторые соли оказываются б. или м. энергичными реагентами на О. При кипячении О. со щелочами выделяется кислород и образуются соли метаоловянной к-ты:

$$Sn + 2KOH + H_2O = K_2SnO_3 + 2H_2.$$

Растворы гидросульфита Na на О. практически не действуют. В ряду напряжения О. стоит между Ni и Pb и т. о. вытесняется из его соединений большинством из важнейших металлов. С другой стороны, олово во многих случаях служит восстановителем благодаря легкому выделению им водорода из HCl и образованию при этом $SnCl_2$. Соли О. бесцветны и неядовиты. В самородном состоянии О. встречается очень редко (в Сибири—в виде зерен вместе с золотом, в Гвиане и Мексике—в висмутовом шпате в виде маленьких листочков). Минералы, содержащие О., см. *Оловянные руды*.

Расплавленное О. растворяет многие металлы и образует с большинством из них разнообразные сплавы с весьма ценными техническими свойствами. К числу таких сплавов относятся *бронзы* (см.) различных сортов, британский металл, мягкий припой, баббит, белый металл и другие. (См. *Спр. ТЭ*, т. II, Металлургия, стр. 172.)

Металлургия О. В виду низкого содержания олова в его рудах и в виду того, что для металлургич. переработки материал должен иметь высокое содержание металла, все руды О. подвергают обогащению. Приемы, которые применяются при обогащении, сильно варьируют в зависимости от характера руды. Наибольшей простотой отличается обогащение руд аллювиальных месторождений и наибольшей сложностью—обогащение руд коренных месторождений, а в особенности комплексных сульфидных руд. Обогащение руд аллювиального происхождения не требует никакого дробления; оно в существенных своих частях характеризуется двукратной обработкой на шлюзах и последующей отсадкой или на ручных блюдах или в Гарцевских отсадочных машинах (см. *Обогащение полезных ископаемых*). В результате такого обогащения получают концентраты с содержанием 70,0—76,5% Sn.

Более сложные схемы и более усовершенствованная аппаратура применяются при обогащении руд коренных месторождений. В процессе гидромеханич. обогащения таких руд приходится их всегда подвергать и промежуточным специальным обработкам, к-рые имеют своею целью наилучше подготовить руду для различных стадий гравиметрич. обогащения. Эти специальные обработки м. б. следующих родов: 1) обжиг, сопровождаемый затем гидромеханич. обогащением, имеет целью наилучшее отделение одних минералов от других; 2) обжиг, сопровождаемый затем выщелачиванием обогащенного продукта водою или растворами кислот; 3) нагревание в присутствии натриевых солей с последующим выщелачиванием; 4) применение флотационного отделения сульфидов. Перед обжигом руда обыкновенно дробится до величины зерен в 6 *мм*; $t°$ обжига ~ 550—650°. Расход горючего при этом варьирует от 5 до 15% от веса обжигаемой руды. В результате обжига руда претерпевает двоякие изменения; с одной стороны, она разрыхляется, нарушается связь между отдельными минералами, благодаря чему оловянный камень при последующем обогащении легче отделяется от сопутствующих ему минералов; с другой стороны, руда претерпевает и химич. изменения; сульфиды окисляются и дают сульфаты и окислы, большая часть серы и мышьяка и отчасти сурьмы удаляются. Последующее выщелачивание водою либо растворами к-т удаляет из руды растворимые в этих условиях соединения. Оловянные концентраты, содержащие вольфрам, нагреваются совместно с Na_2CO_3 или Na_2SO_4 при 600°; при этом образуется вольфрамовонатриевая соль, растворяющаяся в воде. В случае содержания в руде значительных количеств сульфидов, руда подвергается хлорирующему обжигу с последующим выщелачиванием. Некоторые хлориды удаляются из руды уже в процессе обжига благодаря их летучести; так м. б. удалены хлориды висмута, свинца, мышьяка, сурьмы и серебра. Расход поваренной соли варьирует от 1 до 5% от веса руды.

Плавка оловянных концентратов. В настоящее время единственным методом получения металлического О. из его руд является восстановительная плавка их. Восстановление окиси О. может быть осуществлено как твердым углеродом, так и газообразной окисью углерода. В обоих случаях реакция восстановления сопровождается большим поглощением тепла, как можно видеть из нижеприведенных термохимических данных:

$$SnO_2 + C = Sn + CO_2 \quad -40\,150 \text{ cal},$$
$$SnO_2 + 2CO = Sn + 2CO_2 \quad -1\,360 \text{ cal}.$$

Вследствие этого, а также благодаря необходимости получающийся при плавке шлак поддерживать в расплавленном состоянии, темп-ра печи достигает ~1 300°. Такая высокая $t°$ плавки, в особенности при рудах, содержащих и другие кроме О. металлы, ведет к большему или меньшему восстановлению последних. Это влечет за собою загрязнение получаемого металлич. О. Особенно неблагоприятно влияют в этом отношении всегда почти присутствующие в руде окислы железа, которые в процессе восстановительной плавки дают металлич. железо, сплавляющееся с О.; полученный сплав требует специальной переработки. Неблагоприятно на ход процесса выплавки О. влияет и амфотерный характер SnO_2, благодаря чему она легко шлакуется как кислотными, так и основными окислами, входящими в состав футеровки печей и шлакообразующих веществ. В виду этого очень часто шлаки оловянной плавки показывают высокое содержание О., которое д. б. извлечено из них особой переработкой. Неблагоприятно влияет на ход выплавки О. и то обстоятельство, что в результате восстановления металлическое О. оказывается очень сильно перегретым по сравнению с его $t°_{пл.}$ (232°). Благодаря этому оно обладает очень значительной подвижностью и легко проникает через тонкие трещинки пода печи; для ула-

вливания вытекающего вследствие этого из печи О. приходится устраивать особые приспособления.

Плавка оловянных руд. Рудную плавку для получения сырого О. (О.-сырца), ведут обыкновенно в шахтных, но чаще в пламенных печах. Шахтными печами пользуются в Китае, в Малайских Штатах, в Голландской Индии, в Боливии и в Саксонии. Пользование ими выгодно в тех случаях, когда руда достаточно чиста по своему составу или хорошо очищена и если возможно пользоваться древесным углем в качестве топлива. Шахтные печи для выплавки О. принадлежат б. ч. к типу шпуровых печей, т. е. печей с покатым дном, по которому расплавленный металл вместе со шлаками стекает в особое переднее гнездо, из которого затем О. выпускают в приемник. Шахта этих печей сделана обыкновенно из гранита и имеет небольшую высоту (до 3 *м*). К руде б. ч. добавляются шлаки прежних плавок.

Темп-ра восстановления О. ок. 1100°. В результате плавки в шахтной печи получается О.-сырец и шлаки, а в случае значительного содержания железа в приемнике кроме того образуется большее или меньшее количество тугоплавкого сплава Sn с Fe-Hartling. В пламенных печах, применяемых в Англии, Германии, Австралии и на крупнейшем в мире з-де на одном из Малайских островов, выплавка ведется без дутья.

Обожженный материал, содержащий обыкновенно 60% О., а лучше, если и более, тщательно смешивается с антрацитовой мелочью, служащей восстановителем. Расход ее обычно составляет 20—30% от прорабатываемого материала. К этой смеси прибавляют и флюсы для получения желаемого шлака, отвечающего приблизительно следующему составу: 35% SiO_2, ~15% FeO и 25% CaO. Шлак, содержащий ~1½% Sn, считается чистым и идет в отвал. Тщательно составленная и перемешанная шихта в количестве 12—15 *т* загружается в печь через 4 стальных воронки, расположенные центрально над печью. Загруженная в печь шихта разравнивается по поду, затем повышается жар. После того как шихта начинает оплавляться и приобретать тестообразную консистенцию, начинается перемешивание ее через каждые ½ ч. Плавка длится от 10 до 12 ч. Выпуск содержимого печи производится в передовой горн (см. *Вангрес*), где происходит отделение О. от шлака. О. из передового горна выпускается в чугунные горшки, а из них отливается в чушки. Сырое О. содержит обычно не менее 97% Sn, а в результате выплавки О. из руд Малайских Штатов и Голландской Индии получается О.-сырец с содержанием до 99,96% Sn. Примеси состоят гл. обр. из Fe, Cu, Pb, W, As. Выплавка О. в электропечах еще не получила широкого технич. применения. Однако ряд исследований свидетельствует об ошибочности общепринятого прежде мнения о невозможности использования этого способа для добывания О. из его руд.

Плавка шлака. Гранулированный шлак рудной плавки смешивается с угольной мелочью и необходимым для образования легкоплавкого шлака количеством известняка. Количество угольной мелочи берется в 10—12% от веса шлака. Плавка ведется в пламенной печи и длится ~16—18 ч.; в результате получается отвальный шлак с содержанием обычно 1½% Sn, но не выше 2%, и сплав О. с железом.

Рафинировка сырого О. Получаемое обычно в результате рудной плавки О. не является вполне чистым; оно содержит в себе ряд примесей, подлежащих удалению процессом рафинирования. Рафинирование сырого О. производится двояким образом: пирометаллургическим и электрометаллургическим. Пирометаллургич. рафинирование, или зейгерование, состоит в том, что расплавленное О., $t°$ которого д. б. только немного выше $t°_{пл.}$, вычерпывают из содержащего его вместилища и заставляют стекать по покрытой глиной наклонной чугунной плите размерами ок. 1,25×0,75 *м*. На плите раскладываются раскаленные древесные угли; олово стекает в чугунный тигель, а на плите остается тугоплавкий сплав О. с Fe, Pb, Cu, W, As и т. д.—зейгерные крецы. Такую обработку повторяют несколько раз до прекращения образования крецов. Зейгерование производится также в особых пламенных печах с несколькими отделениями, через которые постепенно проходит очищаемое О., все более и более освобождаясь от примесей. Последний способ в настоящее время считается наиболее пригодным. После зейгерования О. подвергают иногда последующему окислительному плавлению, наиболее употребительным способом к-рого является выдразнивание. О. расплавляют в особом снабженном топкой чугунном сосуде, после чего в жидкий, сильно нагретый металл погружают шесты из сырого свежесрубленного дерева. При соприкосновении сырого дерева с расплавленным металлом выделяется большое количество водяных паров и газообразных продуктов разложения, что способствует энергичному перемешиванию металла и соприкосновению всех его частей с кислородом воздуха. Образующиеся при этом окислы примесей О. и самого О. собираются наверху в виде пенистой массы. В Англии с той же целью и с теми же результатами применяется способ, называемый tossing process и состоящий в непрестанном вычерпывании и обратном выливании расплавленного О. особыми ложками. Олово, полученное путем рафинирования, содержит 99,6—99,9% Sn.

В последнее время, в особенности при переработке комплексных оловянных руд, получаемое в результате рудной плавки металлич. О. предпочитают иногда рафинировать электрометаллургич. путем. Электролитом является раствор кремнефтористоводородной к-ты (H_2SiF_6) с некоторым количеством H_2SO_4, необходимым для перевода свинца в нерастворимое соединение. Состав электролита приблизительно таков: 20,0% H_2SiF_6; 0,1% H_2SO_4; 6,0% SnO. Уд. вес равен 1,20. К электролиту прибавляется нек-рое количество клея, оказывающего существенное влияние на качество катодного осадка. Иногда вместо кремнефтористоводородной

кислоты применяют различные сульфоновые кислоты; состав такого электролита следующий: 8,0% H_2SO_4; 4,0% крезолфенолсульфоновой кислоты; 3,0% SnO; уд. вес 1,12. Электролиз производится в деревянных, выложенных внутри свинцом листами, электролизерах с внутренними размерами (в *м*): 3,33×1,04×1,065 (глубина); катодная плотность тока 110 А/$м^2$; разность потенциалов на ванне 0,3—0,35 V. Использование тока равно 85%. Аноды содержат от 90 до 99% Sn. Переплавка катодов производится в 50-тонных чугунных котлах. Состав полученного электролитического О. таков: 0,0025% Pb; 0,02% Cu; 0,003% As; 0,004% Sb; 0,015% Bi; 99,94% Sn. **Г. Уразов и В. Горшешников.**

Добывание О. из обрезков белой жести, старых жестянок и т. п. Из этих источников ежегодно добывается не менее 10 000 *т* О. Способами для этого могут служить: 1) обработка путем перевода О. в раствор хлорирующими жидкостями или щелочами (мокрый способ), 2) выплавка О. в различного рода печах (сухая металлургическая обработка), 3) электролиз в кислой или щелочной среде, 4) обработка сухим хлором. В настоящее время практич. значение имеют только электролиз в щелочной среде и обработка хлором.

Электролиз белой жести в щелочной среде. Куски жести нагреваются с крепким раствором соды с целью освобождения от грязи, жира, красок, бумаги и т. д., промываются водой, штампуются в компактную массу, а затем погружаются в особых проволочных железных корзинах (причем в каждой корзине 50 *кг* обрезков) в раствор едкого натра и подвергаются электролизу. Куски жести служат анодом, а катодом — стенки железного сосуда для электролиза и погружаемые в ванну железные листы. Электролиз ведется при $t°$ 70° и при напряжении в 1,5 V. Концентрация раствора едкого натра не должна превышать 9% NaOH. Во время электролиза необходимо следить за тем, чтобы содержание углекислоты не превышало количества ее, с которым могло бы соединиться не более 2,8% NaOH, т. к. при большем содержании CO_2 происходит выпадение метаоловянной к-ты. Вследствие этого приходится часто регенерировать раствор электролита. Кроме того жестяные обрезки следует почаще разрыхлять при помощи железных вил. Сущность процесса заключается в переводе О. в раствор в виде Na_2SnO_3 и в последующем вытеснении его из этого соединения катионами Na. О. выделяется на катодах в виде губчатой массы и содержит 2—3% свинца, от к-рого его в дальнейшем отделяют путем восстановления углем или переводом путем обработки к-тами в соли. Описанный способ применяется в Германии, Англии, Голландии и Америке. В последних двух странах в настоящее время экономически наиболее целесообразной считается обработка белой жести сухим хлором. Способ основан на том, что О. легко подвергается химич. действию сухого хлора, между тем как на Fe хлор действует только в присутствии влаги. Так. обр. для успешности применения этого способа необходимо полное отсутствие влаги. Подготовленные, как было сказано выше, жестяные обрезки спрессовывают в пакеты по 50—60 *кг*, помещают в большие цилиндры из кованого железа и подвергают действию безводного жидкого хлора, пропускаемого под давлением в ¾—2 *atm*. При этом вследствие выделения значительного количества тепла (127 250 cal на *г*-мол. образующегося $SnCl_4$) цилиндры необходимо охлаждать.

В продажу О. поступает в виде болванок, тонких длинных прутьев или же в виде свернутых листов. Количество ежегодно добываемого О. достигает 150 000 *т*. Для получения из продажных сортов совершенно чистого О. применяются различные способы. Наиболее употребительны следующие. 1) Обработка оловянных опилок HNO_3 с последующим извлечением образовавшегося окисла соляной кислотой и водой и восстановлением при помощи прокаливания с сахарным углем при слабо белом калении. 2) Расплавленное продажное О. с о-ва Банки гранулируют, выливая его в воду, и затем обрабатывают его на холоду, не доводя однако до полного растворения. В раствор переходит олово со следами Zn; его доводят до кипения, осаждают раствором соды и осадок обрабатывают HNO_3 для переведения О. в нерастворимую метаоловянную кислоту, которую затем прокаливают с сахарным углем или сплавляют с цианистым калием. 3) Вытесняют О. из его соединений в солянокислых растворах действием цинка.

Порошкообразное О. (Stannum raspatum) получают, измельчая хрупкое О., приготовляемое путем медленного охлаждения (до 200°) расплавленного чистого О. Губчатое О.—*аргентин* (см.) получают в виде светлосерого, очень устойчивого по отношению к внешним воздействиям порошка. путем вытеснения О. кусками цинковой жести из водного раствора $SnCl_2$, обработанного смесью растворов NaOH и KCN, и промывания полученного губчатого О. водой.

Применение О. Вследствие устойчивости О. по отношению к действию воздуха, воды, слабых кислот и нерастворимости его солей оно широко применялось для изготовления различных предметов домашнего обихода (посуды, игрушек и т. п.). В промышленности О. имеет разнообразное применение. В химич. промышленности листами из О. выкладывают внутренние стенки различных сосудов; его применяют при производстве кристаллич. винной к-ты и различных солей; аргентин применяется для крашения тканей. В машиностроительной промышленности О. является важнейшей прибавкой для образования подшипниковых сплавов и *бронзы* (см.). Наибольшая масса О. идет на приготовление белой *жести* (см.) и для лужения медных и железных предметов. Speculum—металл для зеркал, в среднем содержит 33% О. и 67% меди. Тонкие листочки О. (станиоль) применяются для обертывания шоколада, чая и других предметов; при изготовлении фольги (и трубок для тюбиков) вредно влияет примесь (в сотых долях %) алюминия. О. применяется также при изготовлении различных припоев. В виду сравнительно редкого нахождения О. в

природе его начинают заменять в промышленности др. металлами; напр. в подшипниковых сплавах—свинцом, в бронзах—фосфором и алюминием, в жести—цинком.

Для определения чистоты О. его испытывают на присутствие Pb, Cu, Fe и Zn. Для этого 5 *г* олова обрабатывают 40 *см*³ HNO_3 на водяной бане до полного превращения его в белый порошок, выпаривают досуха, к остатку прибавляют 10 *см*³ HNO_3 уд. веса 1,153 и 50 *см*³ воды и фильтруют. Фильтрат обрабатывают 1 *см*³ разбавленной H_2SO_4 и как можно полнее выпаривают на водяной бане; остаток обрабатывают 10 *см*³ воды. Отсутствие весомого твердого остатка докажет, что примеси Pb не имеется. Жидкость, если нужно, фильтруют и фильтрат обрабатывают раствором аммиака до щелочной реакции. В отсутствии Cu жидкость не должна принимать голубого оттенка. Далее жидкость обрабатывают сернистым аммонием и оставляют стоять 4—5 ч. при *t*° ок. 50°. В случае образования осадка он не должен после прокаливания весить больше 0,002 *г* (проба на Fe и Zn).

Лит.: О с т Г., Химич. технология, пер. с нем., 2 изд., вып. 2, стр. 103—107, Л., 1930; Товароведение, под ред. П. Петрова и Ф. Церевитинова, 8 изд., т. 1, М.—Л., 1927; С м и т А., Введение в неорганическую химию, пер. с англ., вып. 2, стр. 355—357, М.—Л., 1929; Г о л л е м а н А., Учебник неорганической химии, СПБ—Киев, 1912; М е н д е л е е в Д., Основы химии, 9 изд., т. 2, стр. 106—108, 343—344, М.—Л., 1928; М е н ш у т к и н Б., Курс общей (неорганической) химии, стр. 317—321, М., 1929; М е й с т е р А. К., Олово, «Естеств. производит. силы СССР», 2 изд., П., 1922, т. 4, вып. 12; С у щ и н с к и й П., Очерк месторождения вольфрамовых и оловянных руд в России, «Материалы для изучения естеств. производит. сил России», П., 1916, вып. 5; Т е т я е в М. М., Вольфрамовые и оловянные месторождения Онон-Борзинского района Забайкальской области, «Матер. по общей и прикладной геологии», П., 1918, вып. 32; Ф е д о т ь е в П. П., Технич. анализ минеральных веществ, стр. 139—147, СПБ, 1906; Химико-технический справочник, ч. 1, Ископаемое сырье, 2 изд., ч. 1, вып. 2, П., 1923; А р т е м ь е в Б. Н. и Б е р л и н г Н. И., Олово, «Годовой обзор минер. ресурсов СССР за 1926/27 г.», Л., 1928; Применение металлического олова в химич. промышленности, «ЖХП», 1930, т. 7, *5—6*, стр. 396—397; Ullm. Enz., B. 12; Handb. d. anorg. Chemie, hrsg. v. R. Abegg u. Fr. Auerbach, B. 3, Abt. 2, Lpz., 1909; V a n i n o L., Handb. d. präparativen Chemie, 3 Auflage, B. 1, Stutlgart, 1925; E p h r a i m F., Anorganische Chemie, 4 Aufl., Dresden—Leipzig, 1929; B o r c h e r s W., Hüttenwesen, 2 Auflage, Halle a/S., 1911; N e u m a n n B., Elektrometallurgie des Eisens, Monographie über angewandte Elektrochemie, B. 26, Halle a/S., 1907; M e n n i c k e H., Die Metallurgie d. Zinns mit spezieller Berücksichtigung d. Elektrometallurgie, ibid., B. 39, Halle a/S., 1910.

В. Горшешников.

ОЛОВЯННЫЕ КРАСКИ. К числу О. к. относятся: сусальное, или мусивное, золото и серебро, оловянная фиолетовая и зелень Гентеле. С у с а л ь н о е з о л о т о (см. *Золото сусальное*) состоит из сернистого олова SnS_2 и образует чешуйки золотисто-желтого цвета, постоянные на воздухе; оно получается мокрым или сухим путем. По первому способу обрабатывают конц. раствор хлорного олова $SnCl_4$ избытком сероводорода. По второму способу смешивают порошок серы с измельченной стружкой олова и нагревают. Реакцию ведут весьма осторожно: к смеси добавляют нашатырь и по началу его разложения определяют предел нагрева смеси: слишком высокая *t*° изменяет тон и блеск сусального золота. Нагревание ведут в железных сосудах с крышкой в виде шлема, с отводными трубками для паров серы и аммиака. Примерный состав смеси: оловянных опилок 40 ч., серы 35 ч. и нашатыря 25 ч.; вещества тщательно смешивают и медленно нагревают до темнокрасного каления. Другой способ: предварительно приготовляют амальгаму из 2 ч. олова и 1 ч. ртути; 18 ч. этой амальгамы смешивают с 7 ч. серы и с 6 ч. нашатыря и подвергают нагреванию.

М у с и в н о е, или с у с а л ь н о е, с е р е б р о—амальгама, получаемая сплавлением в фарфоровом сосуде 1 ч. ртути с 4 ч. опилок олова. Застывшую массу амальгамы превращают в порошок на мельницах с прибавкой висмута. При производстве сусального серебра необходимо иметь в виду, что слишком тонкое измельчение уменьшает его блеск.

З е л е н ь Г е н т е л е приготовляется из раствора 59 ч. хлористого олова и 125 ч. медного купороса осаждением едкой щелочью; осадок прокаливают.

О. к. применяются в масляной живописи, в обойном деле и для окраски гипсовых изделий, а также как акварельные краски.

П у р п у р н о е з о л о т о, или к а с с и е в п у р п у р, см. *Олова соединения.*

С. Михайлов.

Лит.: см. *Краски минеральные* и *Малярное дело.*

ОЛОВЯННЫЕ РУДЫ. Из оловосодержащих минералов, приведенных в табл. 1, только оловянный камень и отчасти оловянный колчедан имеют промышленное значение в качестве руды на олово. Примесями в о л о в я н н о м к а м н е служат Ta_2O_5 и Fe_2O_3. Цвет его обычно темный или коричневый от примесей. В чистых разностях бесцветен. Зернистые и плотные массы с алмазовидным блеском. Часто встречается в прекрасных кристаллах, друзах и двойниках тетрагональной системы. Хрупок. Излом неровный. Генетически оловянный камень связан с кислыми гранитными породами и обыкновенно сосредоточивается в верхних частях гранитных массивов. Жилы оловянного камня образовались вследствие влияния пневматолитич. процессов при участии фтористых соединений. На это указывает парагенезис его с флюоритом, литиевой слюдой, топазом и турмалином. Боковые породы оловяннокаменных жил обычно значительно видоизменены и превращены в т. наз. г р е й з е н. Реакцию образования оловянного камня можно представить в след. виде:

$$SnF_4 + 2H_2O = SnO_2 + 4HF.$$

Оловянный камень также выделяется из горячих водных растворов вместе с кварцем. В зоне разрушения SnO_2 не изменяется и скопляется при разрушении пород в виде россыпей. О л о в я н н ы й к о л ч е д а н, или с т а н н и н, имеет цвет—от серо-черного до бронзово- и бледножелтого. Обычной примесью станнина является цинк. Встречается станнин в форме плотных и зернистых масс, чаще в виде мелких вкраплений в рудоносных жилах вместе с пиритом, сфалеритом и другими сульфидами. Ц и л и н д р и т имеет блеск металлический, цвет свинцово-серый; он напоминает по своему внешнему виду графит. Встречается в виде цилиндрических, листоватых и пластинчатых агрегатов. Ф р а н к е и т наиболее обычными примесями имеет серебро, цинк, железо и германий. Встречается в плотных, радиально лучистых, а также столбчатых и шестоватых агрегатах. Сильно напоминает цилиндрит. К а н ф и л ь д и т встречается как редкость (в месторождении Colquechaca в Боливии). Блеск алмазовидный металлический. Цвет черный с красноватым или синеватым тонами. Самородное олово почти неизвестно. Имеются лишь небольшие образцы, хранящиеся в разных музеях. В нек-рых полиметаллич. месторождениях отмечено присутствие олова, напр. в цинковой обманке (Фрейберг, Корнуол), в пирите (Боливия) и др.

Главной и почти исключительной рудой на олово служит оловянный камень. Большинство месторождений дает оловянный камень, отличающийся низким содержанием олова. Руду необходимо предварительно обогащать, получая концентрат, к-рый и идет в плавку. О мировой добыче О. р. можно судить по количеству олова, содержащегося в этих рудах (табл. 2).

М е с т о р о ж д е н и я О. р. В СССР наиболее важными в промышленном отношении являются месторождения вост. Забайкалья. Площадь, занимаемая этими оловорудными месторождениями, ограничена р. Шилкой и Борщевочным хребтом (с С. и С.-З.), средн. и нижним течением рр. Онона и Онон-Борзи (с З. и Ю.-З.) и рекой Аргунью (Ю.-В. и В.). Наиболее значительными месторождениями этой группы являются следующие: Ононское (на лев. берегу Онона, в 3 *км* к С. от ст. Оловянная); Шерловая гора (Бурято-Монгольская АССР, Ачинский аймак); Завитинское (Вост.-Сибирский край, при слиянии рр. Ингоды и Онона); Мало-Кулдинское (в 6 *км* к С.-В. от Ононского месторождения); Мало-Харчерангинское месторождение (в пограничной части юго-восточного Забайкалья с Монголией) и другие. Из всех этих месторождений наиболее обнадеживающими в промышленном отношении являются Харчерангинское и Шерловогорское. В зап. Забайкалье пока известны лишь немногочисленные месторождения касситерита по р. Хосуртаю, по р. Хилкочену в 45 *км* к востоку от Улан-Батора. В Д.-В. крае наибольшего внимания заслуживают месторождения: в районе Харгинского золоторудного месторождения (по верховьям р. Харги, по склону горы Чайной) установлен оловянный камень; на западном склоне хребта Сихота-Алин, по пади Безымянной; на вост. склоне хребта Сихота-Алин, в окрестностях горы Судно; по реке Тукуньку, в южн. части Сахалина; на мысе Чаплина (Чукотский нос). В Сибири (ср. и западной) установлено несколько пунктов с признаками оловянного камня: месторождение Кара-Куим между рр. Аманата и Таргыном; Базун-Бай (в 11 *км* к С.-В. от Кара-Куим); Минчинкур—по реке Тагою; Крук-Чурук в верховьях р. Тайништы, в 20 *км* к Ю. от Кара-Куим, и по р. Урунхаю, правому притоку р. Облайки. Все эти месторождения расположены в пограничной зоне с Казакстаном в районе Калбинского хребта (на левом берегу Иртыша, к Ю.-З. от Усть-каменогорска). По нижнему течению р. Ангары (рр. Татарка и Верх-Мурожная, по склонам Татарского хребта в Енисейской тайге) установлено значительное количество иногда довольно крупных зерен, даже галек касситерита. Есть указание на нали-

Табл. 1.—О л о в о с о д е р ж а щ и е м и н е р а л ы.

Минералы	Крист. система	Состав	Sn, %	Тверд.	Уд. в.
Оловянный камень (касситерит)	Тетр.	SnO_2	78,6	6—7	6,8—7,0
Оловянный колчедан (станнин)	»	$SnS_2 \cdot FeS \cdot Cu_2S$	25,2	4	4,3—4,5
Цилиндрит	—	$6\,SnS_2 \cdot 6\,PbS \cdot Sb_2S_3$	24,9	2,5—3,0	5,42
Франкеит	—	$2\,SnS_2 \cdot 5\,PbS \cdot Sb_2S_3$	12,6	—	—
Плумбостаннин	Куб.	$2\,SnS_2 \cdot Sb_2S_3 \cdot 2\,PbS \cdot 2(Fe, Zn)S$	—	—	—
Телит	Ромбич.	$SnPbS_2$	—	—	6,4
Стокезит	»	$SnO_2 \cdot CaO \cdot 3\,SiO_2 \cdot 2\,H_2O$	—	—	3,2
Норденшильдит	Гекс. (Триг.)	$SnO_3 \cdot CaO \cdot B_2O_3$	—	—	4,2
Купрокасситерит	—	$4\,SnO_2 \cdot Cu_2(OH)_2 \cdot Sn(OH)_4$	—	—	—
Канфильдит	Куб.	$SnS_2 \cdot 4\,Ag_2S$	до 10	2,5—3,0	6,28

Табл. 2.—М и р о в а я д о б ы ч а о л о в а (в *т*).

Страны \ Годы	1913	1923	1924	1925	1926	1927
Великобритания	5 373	1 036	2 018	2 377	2 364	2 635
Германия	173	150	150	100	100	100
Испания и Португалия	230	418	426	406	400	1 500
Чехо-Словакия	24	1 016	1 016	—	22	—
США	46	2	6	8	7	—
Боливия	26 750	30 245	32 121	32 587	32 628	36 967
Прочие страны Америки	—	29	12	2	5	—
Нигерия	3 934	5 991	6 300	6 356	7 537	7 834
Бельгийское Конго	13	504	491	610	1 275	1 390
Свазиленд	274	109	174	281	135	152
Южно-Африканский Союз	2 287	933	1 181	1 176	1 128	1 219
Прочие страны Африки	—	169	164	162	166	160
Британская Индия	308	1 428	1 397	1 642	2 452	2 399
Индо-Китай	59	365	472	591	603	670
Сиам	6 855	7 807	7 918	8 191	7 607	7 554
Федерат. Малайские Штаты	50 930	38 253	44 780	46 663	46 683	53 013
Нефедеративные Малайские Штаты	1 260	1 755	2 916	2 179	1 882	2 187
Стретс Сеттлемент	7	6	4	6	6	—
Голландская Ост-Индия:						
Банка	15 748	15 560	15 332	21 158	20 146	19 751
Биллитон	4 451	10 990	12 018	9 920	11 116	11 193
Прочие о-ва	672	3 056	4 715	2 197	2 341	3 003
Китай	8 543	8 867	7 112	8 836	6 909	6 169
Япония	379	305	346	356	406	406
Австралия	7 905	3 336	3 118	3 054	2 262	2 667
Всего	136 221	132 330	144 187	148 668	148 880	160 969

чие О. р. в Горно-Бадахшанской автономной области, на правом берегу Пянджа выше устья р. Ранча (у кишлака Бараун). На Урале отмечается наличие касситерита на Мурзинке (вост. склон Урала), в россыпях Миасских золотых приисков. На севере СССР, в районе Пазь-реки на Мурмане находят О. р. вместе с магнитным железняком.

Из оловорудных месторождений других стран наиболее важными являются следующие: 1) в З. Европе—Корнуол, Девоншайр (Англия), Рудные горы (Саксония), отчасти Португалия и Испания; 2) в Азии—Малайский полуо-в, Нидерландская Ост-Индия, Бирма, Сиам, Индо-Китай и Китай, Япония; 3) в Ю. Америке—Боливия (Кордильеры); 4) Африка—Нигерия, Бельгийское Конго, Трансвааль, Наталь; 5) Австралия—гл. обр. Новый Южный Уэльс и Тасмания.

Ввоз олова в СССР см. табл. 3.

Табл. 3.—Ввоз олова в СССР (в *т*).

Виды олова \ Годы	1913	1923/24	1924/25	1925/26	1926/27
В плитах, свинках, прутьях, стружках, ломе	6 035	2 524	2 029	2 234	2 748
В листах	32	0	50	1	0

Лит.: Артемьев Б. Н., Олово, М.—Л., 1930; его же, Горно-экономич. характеристика Ононского месторождения и дальнейшие задачи его изучения, «ГЖ», 1928, *11*, *12*; Берлинг Н. И., Проблема олова в СССР на фоне мирового состояния оловянной промышленности, «Труды 1 Всес. совещания по цветн. металлам», М., 1925; Олово, Годовой обзор минер. ресурсов СССР за 1925/26 г., Л., 1927 и за след. годы; Джаксон М. И., Мировая оловянная промышленность в 1927 г., «Металл», М., 1928, 3; Зиновьев И., К вопросу об олове на Урале, «Уральский техник», Свердловск, 1914, *6*; Масленицкий И., Метод оценки руды как сырья для рентабельного получения металла, «Поверхность и недра», Москва, 1927, т. 5, *3 (39)*; Мейстер А., Олово, сборн. «Естеств. произв. силы РСФСР», 2 изд., П., 1922, т. 4, вып. 12; Обручев В. А., К вопросу о поисках оловянных руд в Енисейском крае и о Тунгусско-Монголо-Охотском металлич. поясе, «Поверхность и недра», Москва, 1927, т. 5, *7—8*; Преображенский И. А., Месторождения цветных металлов хребта Сихота-Алин, «Труды 2 Всес. совещания по цветным металлам», Москва—Ленинград, 1927, т. 1, вып. 2; Смирнов С. С., Свинцовое месторождение по Б. Ханчеранге и вновь открытое оловянное месторождение по М. Ханчеранге (южное Забайкалье), «Вестн. геологич. комитета», Л., 1928, т. 3, *5*; Мелузов Н., Процесс хлорирования, «МС», 1928, *2*, стр. 158—160; Федоровский Н. М., Минералы в промышленности и сел. хозяйстве, 2 изд., Л., 1927; его же, Минеральные богатства Юж. Африки, «МС», 1929, *11/19*; Ahlfeld F., Beiträge zur Kenntnis sekundärer Metallverschiebungen auf bolivianischen Zinnlagerstätten, «Ztschr. f. prakt. Geol.», Halle a/S., 1927, H. 6; Blenkinsop G. H., Transwaal Tin Deposits, «Mining Magazine», L., 1913, v. 10, May; Boydell H. C., The Solubility of Cassiterite, «Bulletin of the Inst. of Mining a. Metallurgie», London, 1927, *275*, *277*, *278*; Brown G. E., Visiting the Hunan Tinfields, «Mining Magazine», L., 1915, v. 13; Davies G. M., Tin Ores, Monographs on Mineral Resources with Special Reference to the British Empire, London, 1919; Furness J. W., Consumption of Tin in the United States, 1925, «Mining Journal», London, 1927, v. 157, *4780*; Jones W. R., Tinfields of the World, L., 1925; Koeberlin F. R., Geology Features of Bolivia's Tin-bearing Veins, «Engineering a. Mining Journ. Press», N. Y., 1926, v. 121, *16*; Kudielka E., Die Zinn- u. Wolframbergbaue von Schonfeld und Schlaggenwald in Bohmen, «Montanistische Rundschau», W., 1919, B. 2; Munday A. H., Tin a. the Tin Industry, The Metal History, Character a. Application, L., 1928; Scrivenor J. B., The Geology of Malayan Ore-deposits, London, 1928; Vivian A. C., Flotation of Tin Ores, «Mining Magazine», L., 1927, v. 36, *6*.

Н. Федоровский.

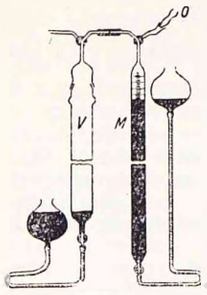
ОЛЬФАКТОМЕТРИЯ, способ измерения остроты обоняния, к-рый неразрывно связан как по методам, так и по теории с одоримет рией—способом определения силы запаха пахучих веществ. Оба метода до последнего времени служили для разрешения проблем, связанных с физиологией обоняния, но постепенно завоевывают практическое значение при изучении пахучих веществ и их промышленном использовании в парфюмерном производстве. Тем не менее и до сих пор применение ольфактометрии возможно лишь с учетом ряда ограничительных условий, связанных с физиологией и психологией обонятельных впечатлений. Для ольфактометрических измерений непременным условием является экспериментирование с одним и тем же пахучим препаратом. Для одориметрических измерений настолько же обязательным признается выполнение измерений одним и тем же экспериментатором, т. к. приходится учитывать индивидуальную восприимчивость как общую, так и специфичную к определенным пахучим веществам. По этим же причинам получаются недостаточно показательные результаты при определении силы запаха веществ, характер запаха которых различен, например ионона и мускуса. Теоретическим обоснованием обоих методов является определение границы восприятия или предела разбавления—minimum praecipitabile. Эта величина может иметь неспецифичное значение в том случае, когда определяется граница восприятия обонятельного впечатления вообще, определение же характера запаха при этом остается невозможным. Специфическая граница восприятия относится к тому случаю, когда при предельном разбавлении имеется возможность распознать данное пахучее вещество. Наибольшее практич. значение должен был бы иметь второй случай, но он наименее разработан.

В зависимости от применяемой методики результаты ольфактометрич. и одориметрич. измерений выражаются в абсолютных или относительных единицах. Методы первого порядка обычно пользуются указанием весового количества (x) пахучего вещества в 1 $см^3$ воздуха, к-рое вычисляется по следующей формуле:

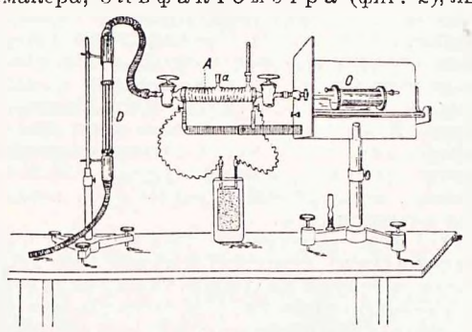
$$x = \frac{p \cdot v \cdot s}{P \cdot V},$$

где p—упругость пара вещества, P—барометрич. давление, v—объем воздуха, насыщенного парами вещества, V—общий объем воздуха с парами вещества после разбавления, s—уд. вес паров пахучего вещества, равный $M/22{,}4 \cdot 1\,000$, где M — его мол. вес. Величина x носит название ольфакты данного вещества и, будучи помножена на $\frac{6{,}06 \times 10^{21}}{M}$, дает число молекул в одном $см^3$. Сравнительно реже применяется выражение в % насыщения по отношению к воздуху. Для выражения силы запаха предложено пользоваться величиной, обратной ольфакте.

Наиболее совершенным прибором для определения этих величин является прибор Ф. Гофмана и А. Кольрауша (фиг. 1). Он состоит из газовой бюретки V, в к-рую засасывается воздух, насыщенный пахучим веществом, и газовой бюретки M, при помощи которой производится отмеривание насыщенного воздуха и разбавление его свежим; O—наконечник, через к-рый происходит выдувание полученной смеси в носовое пространство. Менее совершенным, дающим относительные цифры, является способ, основанный на приготовлении растворов пахучих веществ различной концентрации в непахучем растворителе и определении их запаха простейшим путем. Весьма несовершенен также метод, который основан на измерении расстояния от источника запаха, при к-ром запах перестает восприниматься. Довольно широко используется в О. метод Цваардемакера, основанный на измерении поверхности, с к-рой происходит испарение пахучего вещества. В основу способа положены следующие соображения: при постоянной скорости движения воздуха вдоль испаряющей поверхности количество вещества, уносимого воздухом, пропорционально величине поверхности, а в случае цилиндрич. поверхности оно пропорционально длине цилиндра. При равных отрезках цилиндра сила восприятия зависит от концентрации испаряющихся растворов и силы запаха веществ, к-рые м. б. выражены в виде одориметрич. коэф-та или ольфакты Цваардемакера. Основным элементом аппарата Цваардемакера, ольфактометра (фиг. 2), яв-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

ляется испарительный элемент — пористая трубка O, к-рая во время опыта смачивается раствором испытуемого вещества; для изменения поверхности испарения на нее надвигают металлич. гильзу; A—газовая бюретка емкостью 100 $см^3$, обогреваемая электрич. током; D—измеритель скорости воздушной струи; a—наконечник для нюхания; получаемые данные выражаются в $см$ длины цилиндра и являются следовательно относительными. Колебания результатов, полученных разными экспериментаторами при помощи аппарата Цваардемакера, меньше, нежели при других способах.

Определения специфичного предела разбавления имеют целью установить, насколько д. б. повышено раздражение, чтобы от разных пахучих веществ получилось впечатление одинаковой силы, т. е. этим путем устанавливается практически относительная сила запаха вещества. Указанный метод проработан очень мало; имеются лишь данные, которые получены при помощи аппарата Цваардемакера с двумя параллельно включенными испарительными трубками.

Одориметрия, пользуясь методами О., должна занять в ближайшее время соответствующее место в практике производств, использующих душистые вещества. См. *Спр. ТЭ*, т. I, Пахучие вещества.

Лит.: Skramlik E., Handb. d. Physiologie d. niederen Sinne, B. 1, Lpz., 1926; Zwaardemaker H., L'odorat, P., 1925; Henning H., Der Geruch, 2 Aufl., Lpz., 1924; Handb. der biologischen Arbeitsmethoden, hrsg. v. E. Abderhalden, B. 5, T. 7, p. 455, B.—W., 1923.

Б. Рутовский.

ОЛЬХА (Alnus), деревья и кустарники из сем. Betulaceae, произрастающие в количестве не более 14 видов в Северном полушарии. В пределах СССР распространены следующие виды: Alnus glutinosa L.—черная ольха, A. incana—серая ольха, A. viridis—зеленая О., A. cordifolia, A. orientalis, A. barbata. Из всех этих видов наибольшее хозяйственное значение имеет черная О. Это дерево влажных равнин, к-рое произрастает на сырых почвах и даже на торфянистых болотах с проточной водой, образуя чистые древостои; она дает ровный и прямой ствол высотою 20—25 *м*, при диам. в 40—50 *см*, с темнобурой трещиноватой корой. Листья у черной О. обратнояйцевидные, при основании клиновидные, а на вершине закругленные или даже выемчатые. Черная О.—однодомное растение, но раздельнополое, ее мужские цветы собраны в сережки, которые развиваются к осени и, так же как и женские сережки, зимуют открыто и расцветают весною. Плоды, заключенные в деревянистых шишках, созревают осенью, но семена выпадают весною. Черная ольха разводится семенами и любит влажную и плодородную почву. Древесина ольхи белая и бледнокрасная, после рубки по мере лежания на воздухе принимает желто-красный цвет. Объемный вес сухой древесины 0,53. Легкая и мягкая древесина имеет широкое применение (столярные поделки, резные и токарные изделия, сигарные ящики, деревянная посуда, фанера). Ольховая древесина служит также и как материал для различных подводных сооружений (сваи, желоба, колодезные срубы); образующиеся на стволах наплывы дают красивый и высоко расцениваемый материал. Из коры добывают дубильные вещества (см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 110 и 118) и краски: черную, красную и желтую. Северная граница распространения черной О., A. glutinosa, в Европ. части СССР—62°, на востоке она встречается на Байкале и на Алтае, на юге—на Кавказе, в Персии и в М. Азии. Серая О., A. incana, занимает столь же обширную территорию распространения, как и черная, но деревья не достигают таких размеров. Она отличается гладкой сероватой корой и листьями с заостренной вершиной, произрастает и на сухих почвах. Качества ее древесины и употребление—как у черной О.

Н. Кобранов.

ОМ, единица измерения электрич. сопротивления. Принятой единицей электрич. сопротивления в СССР является международный О., т. е. сопротивление, оказываемое неизменяющемуся электрическому току при $t°$ тающего льда ртутным столбом, имеющим повсюду одинаковое сечение, длину 106,300 *см* и массу в 14,4521 *г* (эта масса соответствует сечению столба ртути в 1 *мм*² и м. б. измерена с большей точностью, чем сечение). Для СССР *эталоны* (см.) международного О. изготовляются и поверяются по ртутному образцу Главной палатой мер и весов Союза. МЭК (Международный электротехнич. комитет) установил для международного О. обозначение Ω (или О.). В популярных изданиях или в случае затруднительности применения латинского или греч. алфавита допускается обозначение О. русскими буквами, например 1 ом. В теоретич. исследованиях часто пользуются абс. единицей сопротивления, имеющей в абс. электромагнитной системе *CGS* размерность скорости (*см/сек*), или же а б с о л ю т н ы м или п р а к т и ч е с к и м о м о м, равным 10^9 электромагнитных единиц *CGS* сопротивления. 1 международный ом равен 0,99948 абсолютных О. Это различие $<0{,}05\%$ и для обычных технических измерений несущественно. **Я. Шпильрейн.**

ОМА ЗАКОН, пропорциональная зависимость между силой тока i и напряжением U вдоль отрезка линейной неразветвленной электрич. цепи:

$$i=\frac{U}{R}. \qquad (1)$$

Множитель пропорциональности R называется электрич. *сопротивлением* (см.). Величина R зависит от геометрич. размеров и материала и не зависит от приложенного напряжения. Сопротивление большинства проводников зависит от $t°$; электрич. ток нагревает проводники, и поэтому на практике сопротивление R изменяется в зависимости от приложенного напряжения. Напр. сопротивление электрич. лампочки будет различным, если его измерять в холодном состоянии при напряжении в 2 V или при нормальном напряжении в 120 V. При наличии неоднородностей в проводнике могут возникать *электродвижущие силы* (см.). В этом случае О. з. принимает более общий вид

$$i=\frac{U+\Sigma e}{r}, \qquad (2)$$

где Σe—сумма эдс, включенных в данный отрезок сопротивления. Для замкнутой неразветвленной цепи О. з. принимает вид

$$i=\frac{\Sigma e}{r}. \qquad (3)$$

При переменном токе О. з. неприменим благодаря явлениям индукции (см. *Индукции закон*).

Для нелинейных проводников О. з. удобнее выражать в дифференциальной форме: вектор плотности электрич. тока $\boldsymbol{j}$ пропорционален вектору напряженности электрического поля $\boldsymbol{E}$:

$$\boldsymbol{j}=\sigma\boldsymbol{E}. \qquad (4)$$

Коэф-т пропорциональности σ называется у д е л ь н о й п р о в о д и м о с т ь ю тела. Для отрезка длиной l и сечением S линейного цилиндрич. проводника эта ф-ла эквивалентна ф-ле (1): сила тока $i=jS$, напряжение $U=El$. Помножив обе части (4) на S, получают

$$i=\sigma SE=\frac{\sigma S}{l}U,$$

т. е. ф-лу (1), где $R=\frac{l}{\sigma S}$. Величина $\frac{1}{\sigma}=\varrho$ называется удельным *сопротивлением* (см.). В более сложных случаях ф-ла (4) позволяет вычислять распределение тока между двумя электродами (например токи в земле). При наличии в проводниках неоднородностей плотность тока становится пропорциональной сумме векторов напряженности поля $\boldsymbol{E}$ и внешнего поля $\boldsymbol{E}_{вн.}$:

$$\boldsymbol{j}=\sigma(\boldsymbol{E}+\boldsymbol{E}_{вн.}). \qquad (5)$$

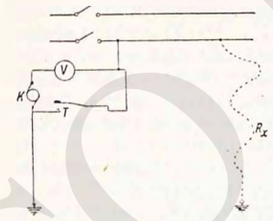
Линейный интеграл векторов $\boldsymbol{E}_{вн.}$ вдоль замкнутой цепи равен сумме эдс вдоль этой цепи. Ф-лы (4) и (5) применимы не только к изотропным телам, но и к кристаллам, но только у анизотропных тел множитель σ является уже не скаляром, а тензором, так что вектор $\boldsymbol{j}$ является линейной векторфункцией от $\boldsymbol{E}$.

Лит.: К р у г К., Основы электротехники, 2 изд., М., 1926; Т а м м И., Основы теории электричества, М.—Л., 1929; П о л ь Р., Введение в учение об электричестве, М.—Л., 1929; A b r a h a m M., Theorie d. Elektrizität, 8 Aufl., B. 1, Berlin—Leipzig, 1930; C o h n E., Das Elektromagnetische Feld, 2 Aufl., Berlin, 1927. **Я. Шпильрейн.**

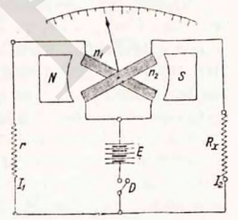
ОММЕТР, электротехнич. прибор для непосредственного измерения сопротивлений. О. бывают трех видов: типа вольтметра, типа мостика Витстона и типа магнитоэлектрич. приборов без противодействующей силы, с двумя крестообразно расположенными катушками. Действие О. первых двух типов основано на законе Ома $I=V:(r_i+R_x)$, где I—сила тока, проходящего через рамку О., V—приложенное напряжение, r_i—внутреннее сопротивление О. и R_x—измеряемое сопротивление, включенное последовательно с рамкой. Показания этих О. зависят от напряжения, питающего О. Поэтому перед измерением стрелку прибора каждый раз устанавливают на «нуль», замыкая зажимы О. накоротко и регулируя магнитный (или электрич.) шунт. В качестве источников тока для О. первых двух типов могут служить элементы (сухие элементы, аккумуляторы), любой индуктор, помещенный в одном с О. кожухе или внешняя сеть.

О. типа вольтметра (и з м е р и т е л и и з о л я ц и и) применяются как для испытания состояния изоляции, так и для измерения ее сопротивления. Как приборы, предназначенные для измерения больших сопротивлений, они называются также м е г о м м е т р а м и. Приборы этого типа строятся многими фирмами. Они представляют собой обычные вольтметры с большим внутренним сопротивлением, шкала к-рых проградуирована в Ω. Показания О. правильны только для определенного напряжения, указываемого на приборе. В качестве источника тока служит ручной индуктор, якорь к-рого снабжен контактными кольцами и коллектором; т. о. индуктор может служить источником переменного и постоянного тока. Переменным током пользуются для определений качественного характера (целость изоляции провода), постоянным током—при измерениях количественного характера (измерение сопротивления изоляции провода). Ручные индукторы строятся для напряжения 110 220 V и более. Схема включения прибора показана на фиг. 1. Измерения производят след. обр. Нажимая ключ T, вращают ручку индуктора K с такой скоростью, при к-рой указатель прибора устанавливается на начальном делении (соответствующем напряжению V, при к-ром прибор проградуирован). Затем, не изменяя скорости вращения, размыкают ключ T; стрелка смещается, указывая значение измеряемого сопротивления R_x изоляции в Ω.

О. типа мостика Витстона дает возможность измерять малые сопротивления (порядка 5 Ω) с точностью до 1%. Он заключает в себе стрелочный гальванометр, включенный в схему моста, одно из плеч которого имеет несколько меньшее сопротивление, чем требуемое для равновесия моста. В это плечо включается искомое сопротивление, величина к-рого находится по отклонению гальванометра, имеющего равномерную шкалу и градуированного на Ω.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

О. с двумя катушками (фиг. 2) позволяет производить измерения сопротивления независимо от напряжения. По одной из катушек n_1 идет ток I_1 через сопротивление r, величина которого известна; по другой n_2 идет ток I_2 через сопротивление R_x, которое надо определить. При разомкнутом выключателе D обе катушки (в отсутствие тока в их обмотках) занимают безразличное положение. При замкнутом выключателе они под действием токов I_1 и I_2 получают два вращающих момента:

$$\left.\begin{aligned}M_1&=k\cdot H\cdot I_1\cdot\cos\alpha\\M_2&=k\cdot H\cdot I_2\cdot\sin\alpha\end{aligned}\right\}, \qquad (1)$$

где α—угол, образованный плоскостью катушки n_1 с направлением силовых линий магнитного поля между полюсами постоянного магнита NS, H—напряженность магнитного поля, k—постоянная. Положение равновесия катушек определяется из условия $M_1=M_2$. Отсюда из ур-ия (1):

$$\frac{I_1}{I_2}=\operatorname{tg}\alpha.$$

Пренебрегая сопротивлением обмоток катушек, имеем:

$$I_1=\frac{E}{r}\quad\text{и}\quad I_2=\frac{E}{R_x},$$

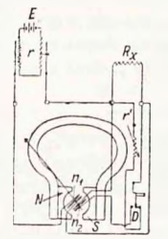
откуда

$$R_x=r\cdot\operatorname{tg}\alpha.$$

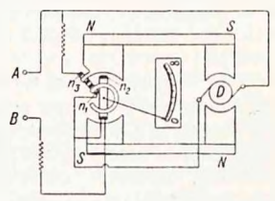
Шкала О. градуируется в Ω. Чувствительность прибора уменьшается с увеличением r, поэтому в О. этого типа имеются два сопротивления ($r_1:r_2=1:100$). При пользовании меньшим сопротивлением показания прибора увеличивают в 100 раз.

В приборе фирмы Вестон (фиг. 3) обмотки катушек n_1 и n_2 навиты в противоположном направлении, вследствие чего при прохождении тока вращающий момент, действующий на катушки, стремится повернуть их в противоположные стороны. Добавочное сопротивление r', равное по величине сопротивлению обмотки катушки n_2, имеет назначением сохранить силу главного тока в обмотке катушки n_2 (до и после нажатия ключа D) неизменной. Вследствие этого I_2 и M_2 зависит только от R_x.

К числу распространенных технических О. относится м е г г е р. Этот прибор имеет более сложную конструкцию по сравнению с предыдущим и приспособлен для измерения очень больших сопротивлений. Основными частями прибора являются ручной индуктор D постоянного тока и магнитоэлектрич. прибор без противодействующей силы с тремя подвижными катушками n_1, n_2, n_3 (фиг. 4). Через соединенные последовательно катушки n_1 и n_3 постоянно проходит ток от генератора D, под влиянием которого вся подвижная система стремится вращаться против часовой стрелки. Через катушку n_2 идет ток, величина к-рого зависит от измеряемого сопротивления, приключаемого к зажимам AB. Этот ток вращает подвижную систему по часовой стрелке. Равновесие получается при нек-ром положении подвижной системы, зависящем от величины сопро-



Фиг. 3.



Фиг. 4.

тивления R_x. Катушка n_3 служит для получения более равномерной шкалы. Катушки n_1 и n_2 соединены параллельно, вследствие чего показания меггера не зависят от развиваемого индуктором напряжения. Вращение индуктора не должно происходить со скоростью выше 100 об/м. В дорогих меггерах к индуктору придается фрикционная муфта, не позволяющая повысить скорость вращения сверх указанной. Такие меггеры служат для измерения сопротивлений, связанных с емкостью порядка 1 μF и выше. Индукторы к меггерам строятся для напряжений 100÷2 500 V в зависимости от пределов измерения меггера того или другого типа. Так, для типа «Low Range» эти соотношения следующие:

При напряжении индуктора в V	Пределы измерения в MΩ
100	0,01÷ 10
250	0,01÷ 20
500	0,01÷ 100
1 000	0,01÷ 200
2 500	0,01÷1 000

Для измерения сопротивлений меньших 10 000 Ω служат м о с т и к и-м е г г е р ы, у к-рых путем переключения рукоятки, расположенной на верхней доске прибора, схема-

внутренних соединений изменяется в схему мостика Витстона. Измеритель О. приобретает характер гальванометра, а источником тока служит тот же индуктор, имеющий два коллектора, но с обмотками, переключенными параллельно, в то время как при работе меггером обмотки включены последовательно. При измерении необходим магазин сопротивлений.

Из других разновидностей О. распространены: 1) «Метром», отличающийся от меггера тем, что магнитные цепи для О. и индуктора различны; 2) «Омега»—отличается от О. Вестона тем, что подвижные катушки имеют широкую форму, занимая все междужелезное пространство магнитов (большая отклоняющая сила и большой угол смещения); пределы его измерений: от 0,01 Ω до 100 MΩ; 3) «Омер», применяющийся для определения утечки тока; он основан на электростатическом принципе действия (электростатический квадрантный вольтметр); 4) универсальный омметр фирмы «Norma»; пределы его измерений: 1÷1 000 Ω; 1÷0,00001 Ω и до 2 MΩ.

Лит.: Базилевич В. В., Электротехнич. измерения и приборы, Л., 1929; Германн И., Электрич. измерительные приборы, пер. с нем., М., 1928; СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 1, отд. 3, Л., 1928 (обширная библиография); Gruhn K., Elektrotechnische Messinstrumente, 2 Aufl., Berlin, 1923; Laws F., Electrical Measurements, N. Y., 1917; Keinath G., Technische Messgeräte. B. 1, Mch.—Berlin, 1925. **И. Мельников.**

ОМЫЛЕНИЕ, гидролитич. расщепление сложных эфиров (в присутствии кислот или оснований); в результате омыления получаются соответствующий спирт и кислота (или соль последней); общая схема реакции следующая:

$$R \cdot COOR_1 + H_2O \rightleftarrows R \cdot COOH + R_1 \cdot OH$$

(см. *Гидролиз сложных эфиров*). Частным случаем О. является разложение жиров (глицеридов высших жирных к-т) действием щелочей, причем получается глицерин и соль жирной к-ты (мыло); отсюда и происходит термин омыление (см. *Жиры и масла, Мыловарение*). В широком смысле омылением называют всякое гидролитическое расщепление органического вещества (амидов, нитрилов и т. п.).

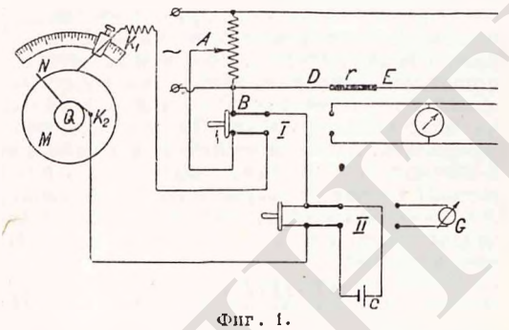
ОМЫЛЕНИЯ ЧИСЛО, коэфициент омыления, число Кетсторфера—число, показывающее количество едкого кали, KOH, в *мг*, требующееся для полного омыления (нейтрализации всех к-т—свободных и связанных) 1 *г* жира, масла или смолы (см. *Кислотное число*). Для определения О. ч. в колбу с навеской испытуемого вещества наливают 50 *см*³ ½ *N* спиртового раствора KOH и нагревают на водяной бане ок. 1 часа, после чего прибавляют несколько капель 1%-ного раствора фенолфталеина и титруют ½ *N* раствором соляной к-ты до полного исчезновения окраски. Параллельно с этим производят т. н. холостую, или слепую, пробу, т. е. аналогичный опыт, но без навески жира. Разность *a* количеств израсходованной соляной кислоты в обоих опытах (получившаяся вследствие того, что часть KOH пошла на омыление жира) умножают на число *b*—вес KOH (в *г*), соответствующий 1 *см*³ соляной к-ты,—и получают число *г* KOH, пошедшего на омыление жира; разделив его на *c*—вес навески жира—и помножив на 1 000, получим в *мг* вес KOH—число омыления по следующей формуле:

$$x = \frac{1000 \cdot a \cdot b}{c}.$$

Присутствие низкомолекулярных к-т повышает О. ч. и, наоборот, высокомолекулярные к-ты дают низкое О. ч. Большая часть жиров и масел, состоящих из к-т с 16—18 углеродными атомами, имеют О. ч. в пределах 190—200; примесь неомыляемых (минеральных масел и др.) понижает О. ч. Определение числа омыления смол сложнее, чем жиров, вследствие присутствия в смолах двуосновных органических кислот, их ангидридов и лактонов.

Числа омыления различных жиров и масел см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 71. **Н. Ельцина.**

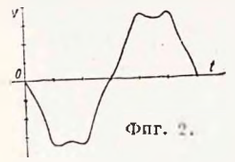
ОНДОГРАФ, контактный прибор для снятия кривых напряжения (или силы тока) установившегося режима. Применяется при исследовании колебаний не очень большой частоты (порядка промышленных) и происходящих в достаточный промежуток времени. Принцип современных конструкций О. основан на методе Жубера: измеряемый прибор периодически включают в исследуемую цепь на столь короткое время, что в течение его напряжение или силу тока можно считать практически неизменными. Прибор включается синхронно с колебаниями напряжения или тока в цепи, причем фаза наблюдаемых по прибору величин может быть выбрана произвольной. В качестве измерительного



Фиг. 1.

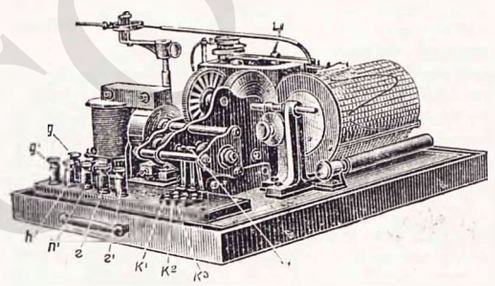
прибора в схеме О. (фиг. 1) используется баллистич. *гальванометр* (см.) или электростатич. *электрометр* (см.). При снятии кривой напряжения к точкам *A* и *B* испытуемой цепи приключается периодически заряжающийся конденсатор *C*, правая обкладка которого присоединена к точке *B* цепи непосредственно, в то время как левая присоединяется к точке *A* периодически при замыкании контакта между щеткой K_1 и контактной пластинкой *N*, расположенной на вращающейся синхронно эбонитовой шайбе *M* (шайба Жубера). На медное кольцо *Q*, скрепленное с шайбой *M* и соединенное с контактной пластинкой *N*, нажимает щетка K_2. Вследствие синхронного с колебаниями напряжения вращения шайбы *M* конденсатор *C* присоединяется к точкам цепи *A* и *B* строго периодически; т. о. он фиксирует вполне определенную фазу напряжения. Переводя выключатель *II* вправо, определяют

величину заряда конденсатора *C*, разряжая его через гальванометр *G*. Отклонение последнего будет пропорционально мгновенному значению напряжения между *A* и *B*. Передвигая затем последовательно щетку K_1 по градуированной дуге и устанавливая таким образом новый момент замыкания контакта на шайбе соответственно новой фазе измеряемого напряжения, измеряют мгновенные значения напряжений между точками цепи *A* и *B*, разнящиеся между собой по фазе. По полученным значениям вычерчивают кривую (фиг. 2). Для снятия кривых тока обкладки конденсатора *C* присоединяются к концам *DE* шунта *r* (фиг. 1).



Фиг. 2.

В модели (фиг. 3) О. системы Госпиталье (Hospitalier) зарядка конденсатора и разрядка его на измерительный прибор (гальванометр) производятся при помощи вращающегося коммутатора *M* (фиг. 4) в форме барабана с проводящими контактными пластинками и с тремя наложенными щетками K_1, K_2, K_3 (фиг. 4). Когда щетки K_2 и K_3 окажутся одновременно в контакте с проводящими пластинками коммутатора, конденсатор *C* заряжается; разрядка его на гальванометр *G* происходит, когда в таком же положении окажутся щетки K_1 и K_2 (момент соответствует фиг. 4). Коммутатор и барабан приводятся в движение синхронным двигателем. Между двигателем и коммутатором включено такое механич. сцепление, что 1 000 оборотов двигателя соответствуют 999 оборотам коммутатора. Результат получается аналогичн. непрерывному сдвигу щеток (фактически остающихся неподвижными) относительно кривой напряжения, вследствие чего ондограф вычерчивает непрерывную кривую исследуемого напряжения.

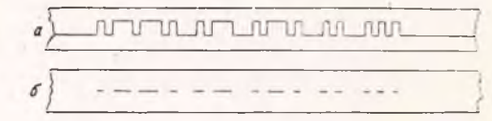


Фиг. 4.

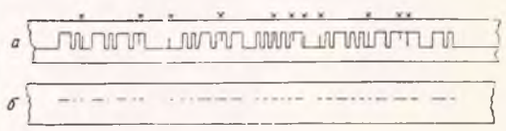
Из других разновидностей прибора необходимо отметить О. с ламповым генератором. Прибор основан на применении вспомогательной частоты, немного разнящейся от частоты исследуемых колебаний. В этом приборе ламповый генератор вспомогательной частоты (с одним триодом) присоединен к нити накала и одной из сеток двухсеточной лампы, в анодную цепь к-рой включен гальванометр. Подлежащее исследованию переменное напряжение присоединяется к нити накала и второй сетке двухсеточной лампы. Прибор весьма чувствителен и применяется к исследованию колебаний различного числа периодов (обычного в электротехнике сильного тока). Более совершенным типом этих приборов является *осциллограф* (см.).

Лит.: СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 1, отд. 3, §§ 145, 146, Л., 1928 (там же библиография); Базилевич В., Электротехнич. измерения и приборы, Л., 1929. **И. Мельников.**

ОНДУЛЯТОР, сифон-рекордер, телеграфный аппарат, применяемый для прием сигналов и дающий непрерывную графич. запись принимаемых сигналов на бумажной ленте; О. в настоящее время важнейший в мировой практике аппарат радиоприема в коммерч. радиосвязи. В отличие от широко применяемых для тех же целей контактных телеграфных аппаратов (например аппарат Морзе, Уитстона и др.), дающих запись на ленте лишь при приеме тока от сигнала, ондулятор дает непрерывную запись как при приеме тока от сигнала, так и в случае паузы при отсутствии сигнального тока, причем при паузе записывается непрерывная прямая черта, а сигнал вызывает поперечное смещение пишущего пера на ленте. На фиг. 1 для примера изображены: а) образец записи, получаемой на ленте при О., и б) образец записи тех же сигналов при контактном аппарате. Главное преимущество О. над контактными аппаратами,



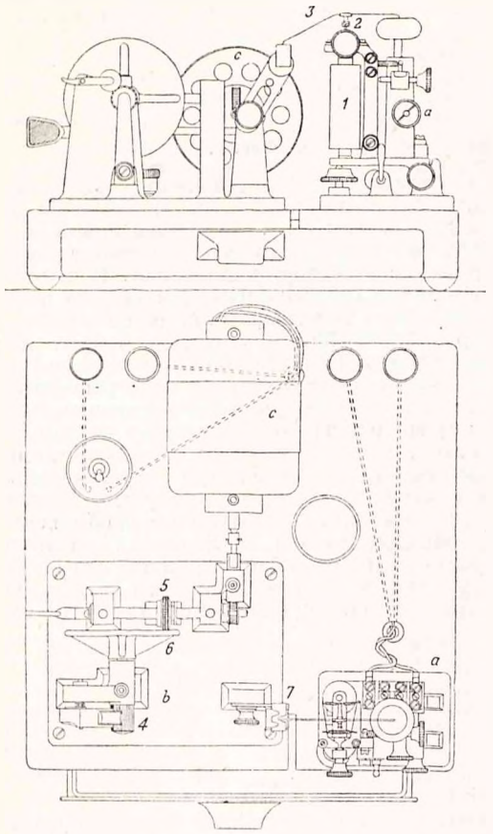
Фиг. 1.



Фиг. 2.

вытекающее из характера даваемой им записи, заключается в том, что он позволяет при некотором навыке распознавать искаженный по той или иной причине сигнал. Это его свойство имеет особенно большое значение: 1) для радиотелеграфа, где прием не м. б. в заранее желаемой степени гарантирован от помех со стороны атмосферных разрядов и других радиостанций, и 2) в кабельной телеграфии на большие расстояния, где значительные искажения сигналов вызываются линией и где в силу этого принята передача кодом Морзе при двустороннем токе: одно направление тока для тире, другое—для точки. Сказанное хорошо иллюстрируется образцами записи, производившейся по радио при мешающем действии атмосферных разрядов: а) на О. и б) на ресивере Уитстона, показанными на фиг. 2. Действие атмосферных разрядов показано крестиками над лентой (фиг. 2).

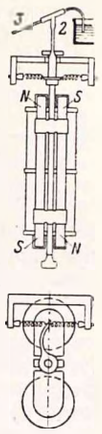
Основные требования, предъявляемые к О.: 1) отчетливая запись при наивысших практических скоростях (до 200—350 слов в мин.); 2) пищущая часть должна возможно точнее воспроизводить кривую сигнального тока для читаемости сигналов при помехах; 3) простота обслуживания, особенно пищущей части, которая к тому же д. б. и механически прочной; 4) при максимальном удовлетворении пунктов 1, 2 и 3 возможно наименьшее потребление энергии от сигнала для надежной записи со всеми скоростями. В О. для приведения в действие его пищущей части в большинстве случаев исполь-



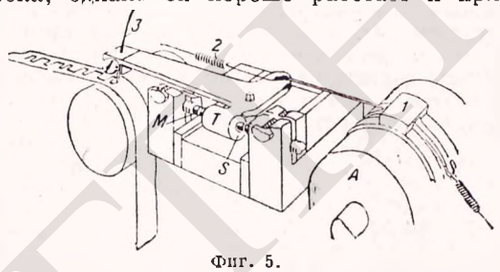
Фиг. 3.

зуются те же электромехан. системы, которые находят использование в громкоговорителях. В О. к этим системам предъявляется основное требование, чтобы они обеспечивали наименьшую инерцию всей пишущей части, для чего подвижная часть их (включая и перо) д. б. устроена возможно наиболее легкой, а намагничивающиеся части должны обладать возможно меньшей магнитной инерцией. Существует большое количество разнообразнейших типов О., разработанных различными фирмами как для радио, так и кабельной телеграфии. Наибольшее признание в мировом масштабе получили в настоящее время следующие типы О.

1) О. сист. Крида, представляющий собою усовершенствование устаревшего О. системы Лаурицена, является наиболее простым и дешевым типом О. Он состоит (фиг. 3) из трех частей, расположенных на общем постаменте: 1) пишущего устройства *a*, 2) механизма, протягивающего ленту с регулятором скорости *b*, и 3) мотора *c*, приводящего во вращение ведущие колеса протягивающего механизма. Пишущее устройство, сделанное съемным, состоит из 2 прямых электромагнитов *1*, в междуполюсном пространстве к-рых на оси помещен якорек, несущий две магнитные пластины (фиг. 4) и совершающий под действием сигнала вращательное движение. К оси якорька сверху штифтом прикреплено маленькое седло *2*, к которому воском приклеивается тонкая серебряная изогнутая сифонная трубка *3*, прижатая одним своим концом к ленте, а другим опущенная в чернильницу, наполненную спиртовыми чернилами. Ток от сигналов подводится к катушкам электромагнитов (сопротивление каждой равно 1 600 Ω), включенным последовательно. В протягивающем устройстве имеется ведущее ленту колесо *4* (фиг. 3) с насечкой, вращаемое через посредство фрикционного дискового регулятора *5-6* коллекторным мотором *c* для постоянного или переменного напряжения 110 или 220 V. При помощи фрикционного регулятора можно в очень широких пределах менять скорость протягиваемой ленты от 1 до 5 *м/мин*. О. системы Крида точно так же, как и большинство О., дает отчетливую запись только при ограничении поперечных движений сифонной трубки при помощи или 2 пар стопорных винтов, помещенных у концов сифонной трубки (в новых образцах), или при помощи специальной накладки с **V**-образным вырезом *7* (в старых образцах; фиг. 3). О. системы Крида предназначен для работы от двустороннего тока, однако он хорошо работает и при



Фиг. 4.

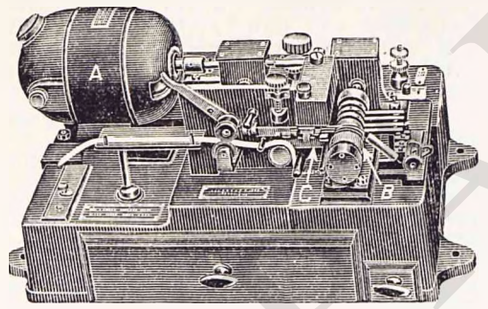


Фиг. 5.

одностороннем токе в цепях реле или в анодной цепи выпрямительной лампы при токе от сигналов не меньше 6—8 mA (надежная запись). Наиболее слабым местом О. системы Крида является хрупкость и быстрая изнашиваемость его пишущей части; последняя особенно относится к трубке и ее креплению, однако это в значительной мере компенсируется простотой устройства. О. сист. Крида при двустороннем токе надежно записывает сигналы, передаваемые со скоростью 200—250 слов.

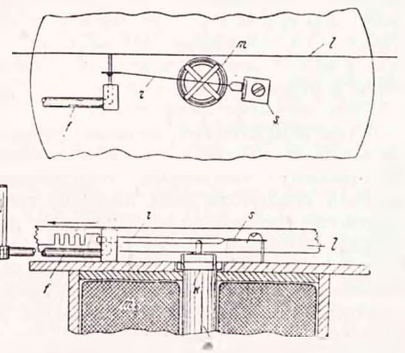
2) О. с магнитным барабаном, выпускаемый фирмой Маркони, разработан

англ. инж. Мак Лечленом. Пишущая часть этого О. показана на фиг. 5. Она состоит: 1) из вращающегося барабана *A*, сделанно-



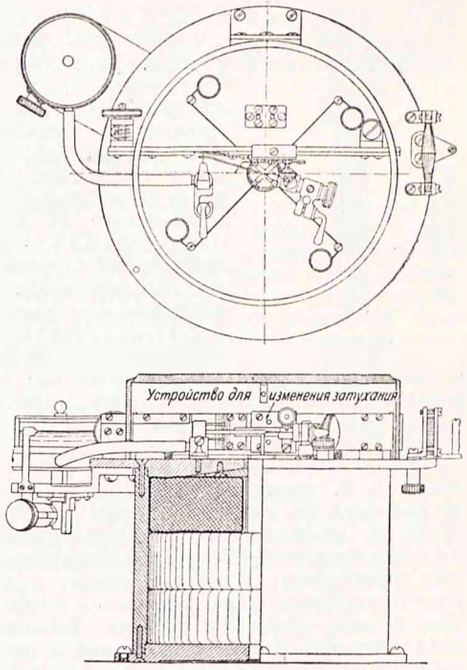
Фиг. 6.

го из мягкого железа и имеющего полости, в которых уложены одна или несколько катушек, намотанных коаксиально барабану; концы катушек подведены к соответствующим парам контактных колец, и 2) стальной или мягкого железа накладки *1*, которая скользит по периферии барабана. Когда вращающийся барабан намагничивается током сигнала, эта накладка прижимается к чугунным кольцам и увлекается вращающимся барабаном по направлению его вращения, притягивая язычок *T* качающегося коленчатого рычага к стопору *M*, где он и удерживается до прекращения действия сигнала. По прекращении тока сигнала пружина *2* оттягивает рычаг обратно к стопору *S*. К концу этого же рычага прикреплена сифонная трубка *3*, к-рая т. о. при движении рычага совершает поперечные движения по ленте и дает запись сигналов. Величина тангенциальной тяги, получаемой благодаря притяжению накладки к барабану, во много раз больше вычисленной по давлению, обусловливаемому магнитным притяжением для коэф-та трения $\mu = 0{,}6$. Отношение тяги, получаемой экспериментальным путем, к вычисленной зависит от плотности потока у контактирующейся поверхности накладки и может превосходить цифру 70. Для работы с наибольшими скоростями О. требует от сигнала ток 3 mA, двусторонний ток—1 mA. Фирма Маркони выпускает 2 типа О. с магнитным барабаном: тип 193 (фиг. 6, где *A*—электродвигатель, *B*—барабан, *C*—контактное реле) с 2 катушками (каждая из них имеет сопротивление 2 500 Ω) и тип U. g. 4 с одной катушкой.



Фиг. 7.

3) О. с подвижной втягивающейся катушкой, построенный по принципу динамич. *громкоговорителей* (см.), впервые был разработан в Америке в лабораториях Radio Corporation of America Блекенеем и Миллером. Пишущая часть этого О. показана на фиг. 7. Принцип действия этого устройства заключается в следующем. В радиальном теле, создаваемом большими цилиндрич. катушками m_1 горшкообразного электромагнита, подвешена на 4 металлич. струнах коаксиально с магнитным сердечником *m* маленькая кольцеобразная подвижная катушка *k*. К этой катушке при помощи специальной рамки прикреплен рычажок *r* с пишущим пером, состоящим из коротенькой металлич. трубки, сое-

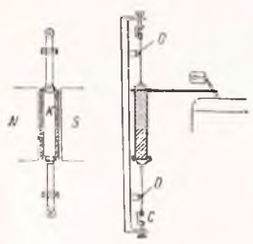


Фиг. 8.

диненной резиновым шлангом *f* с чернильницей. Рычаг прикреплен одним концом к постаменту при помощи пластинчатой пружины *s*, дающей возможность перу совершать вертикальные движения. Лента *l*, как видно из фиг. 7, находится также в вертикальном положении. При прохождении тока от сигнала через подвижную катушку, последняя, в силу взаимодействия поля, создаваемого ею, с полем электромагнита, поднимается кверху и чертит на ленте вертикальную линию. При прекращении прохождения тока сигнала через катушку, последняя снова опускается вниз. Конструктивные чертежи этого О. показаны на фиг. 8. В этом ондуляторе лента продвигается при помощи отдельного моторного протаскивателя ленты. Для записи со скоростями до 100 слов при сопротивлении катушки в 1 000 Ω этот О. требует тока от сигнала в

4 mA, для записи со скоростями до 200 слов 8 mA. Основным достоинством этого О. является прочность и простота конструкции пишущей части, минимум регулировок при записях с наибольшими скоростями, что представляет большое удобство в эксплоатационном отношении. В целях придания ему законченной, во всех отношениях удобной для эксплоатации, конструкции американцы беспрерывно производят усовершенствование его отдельных деталей. В настоящее время в отношении удобства эксплоатационного обслуживания этот О. является наилучшим. Недостатком О. является необходимость подмагничивания электромагнита постоянным током, для чего и служат катушки m_3, показанные на фиг. 7. Аналогичный О. выпускается и фирмой Маркони в Англии—«ондулятор для больших скоростей», типа U 6-2.

4) О. с вращающейся катушкой (используемый гл. обр. в кабельной связи). Существует большое количество ондуляторов, построенных по этому принципу (О. Лодж-Мюирхида, Суитона, Вейнбергера, Сименса и т. д.). Принцип устройства наиболее совершенного из них, О. Сименса и Гальске, аналогичен устройству гальванометра с вращающейся катушкой. Принципиальная схема его устройства представлена на фиг. 9. Действие его заключается в следующем. Между полюсами сильного электромагнита подвешена на простой стальной проволоке вращающаяся катушка *K*. При помощи винта *C* эта проволока м. б. натянута. Проволока с одной стороны от катушки лежит на грифах *D* из слоновой кости. Перемещением этих грифов можно укоротить действующую длину проволоки. Непосредственно к катушке прикреплен пишущий рычаг с пером также в виде металлич. трубки. Вращающаяся катушка вместе с подвесом и регулировкой последнего выполнена в виде легко сменяемой отдельной единицы. Катушка обернута шелковой лентой и весит вместе с обмоткой ~4 *г*. Одним вводом для катушки служит проволока подвеса, другой ввод осуществлен при помощи ножевого



Фиг. 9.


Фиг. 10.

контакта. Электромагнит питается постоянным током при напряжении 110 или 220 V. Для записи кодом Морзе со скоростями до 150 слов О. требует ток 2 mA, при скоростях меньших он м. б. отрегулирован на запись притоке от сигнала 0,5 mA и меньше. В этом О. так же, как и в О., приведенном выше в пункте 3, для придания форме записываемых сигналов прямоугольного характера вместо ограничителей применяются устройства, вносящие затухание в подвижную систему, основанные на увеличении трения рычага, несущего перо О. неподвижной части. Как было отмечено выше, этот О. может быть применен и для записи кабельным кодом, для чего катушка устанавливается так. обр., чтобы перо заняло среднее положение на ленте. На фиг. 10 показан образец такой записи при кабеле длиной 1 200 *км* ($R = 1\ 620\ \Omega$, и $C = 288\ \mu F$). Для радиотелеграфа, как показывает практика, О. с вращающейся катушкой в эксплоатации менее удобен, чем разобранные выше типы О.

Лит.: Куксенко П. Н., Аппарат Крида, М., 1928; Weinberger J., The Recording of High Speed Signals in Radio Telegraphy, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1922, v. 10, 3; Banneitz F., Taschenbuch d. drahtlosen Telegraphie u. Telephonie, Berlin, 1927; Nesper E., Radio-Schnelltelegraphie, B., 1922; Marconi Magnetic Drum Recorders, Leaflet, *1022/3*, L., s. a.; Jipp A., Der neue Drehspulen-Schnellschreiber von Siemens-Halske, «Jahrb. d. drahtl. Telegr.», B., 1926, B. 27. H. 6.

ОПАЛ (благородный, огненный, полуопал, чиалит, молочный, восковой, менилит и др.) по химич. составу является гидратом кремнезема ($SiO_2 \cdot H_2O$) с изменчивым количеством воды, а по строению коллоидальным веществом, с чем связаны его характерные свойства. Игристый благородный О. ценится как редкий драгоценный камень. Главное распространение О. в виде разнообразнейших коллоидальных масс, накапливающихся в некоторых климатич. поясах в больших количествах и вызывающих окремнение целых слоев земной коры (пустыни: Калахари в Ю. Африке, центральная часть Австралии, Каракумы в Ср. Азии и др.). К опаловому веществу относятся и кремневые осадки, отлагаемые диатомовыми водорослями и имеющие большое практич. значение (кизельгур, инфузорная земля). Благородным О. называют те разновидности, которые обладают своеобразной игрой света—призацией, вызванной рассеянием лучей света в связи с многочисленными мелкими трещинками. Гранится обычно кабошоном и идет на мелкие поделки. Цены весьма неустойчивы, для высших сортов довольно высоки (до 20 р. за *к*), хотя в последнее время очень снизились. Происхождение благородного О. связано или с отложениями из горячих послевулканич. вод или в условиях пустынного климата (Австралия). Главные месторождения: Австралия (с прекрасными иризирующими черн. сортами), Чехо-Словакия, Мексика. В СССР месторождения О., к-рый мог бы итти в огранку, неизвестны. **А. Ферсман.**

Лит.: см. *Драгоценные камни.*

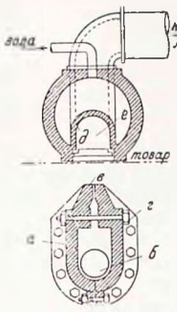
ОПАЛЕСЦЕНЦИЯ, явление рассеяния света мутной средой, т. е. взвешенными (коллоидными) частицами, содержащимися в данной жидкости или твердом теле и освещаемыми светом от какого-либо источника. Таким образом О. обусловлена эффектом Тиндаля (см. *Нефелометрия*, *Коллоиды*). Типичными опалесцирующими жидкостями является большинство коллоидных растворов (золи серы, кремневой к-ты). Опалесцирующими же твердыми телами являются обычно гели, напр. крахмальный клейстер и несколько напоминающий его по О. гель кремневой к-ты ($nSiO_2 \cdot mH_2O$), как свеже образованный, так и затвердевший в минералогич. формах—в виде опала (от к-рого и происходит термин О.), халцедона, агата (в тонких слоях). Голубоватая окраска света О. объясняется законом Релея, согласно которому интенсивность рассеянного мутной средой света будет обратно пропорциональна λ, где λ — длина волны света. Т. о. голубой свет рассеивается значительно сильнее красного; при освещении же белым светом рассеянный свет опалесценции будет тем более чисто голубым, чем менее рассеивающие свет частицы. При крупных же частицах в более грубодисперсных системах опалесценция будет белесоватой. Так же объясняется и цвет неба и цвет морской воды. См. *Рассеяние света*. **П. Ребиндер.**

ОПАЛИВАНИЕ бумажного или льняного кускового товара, чулок и других изделий, производимое на опальных машинах («палилках»), имеет целью удаление с поверхности последних ворса и отдельных волокнец. Различают плитные, цилиндрические, газовые и электрич. опальные машины.

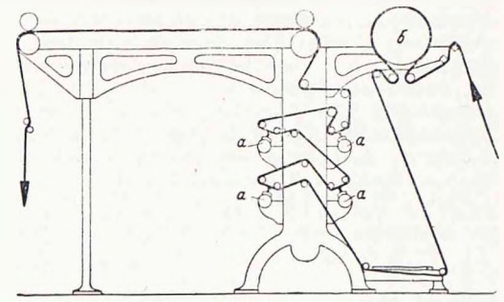
Плитная палилка состоит из двух рядом стоящих кирпичных топок, перекрытых чугунными или медными плитами, имеющими вид опрокинутого корыта. В топках развивается высокая $t°$ сжиганием нефти в форсунках или иного топлива (торф, каменный уголь, газ); реже применяется электрич. нагрев плит. Ткань, проходя со значительной скоростью (для миткалей ок. 150 кусков по 42.7 *м* в 1 ч. в 1 полотно), касается раскаленных плит по образующим их цилиндрич. поверхности. Скорость товара устанавливается т. о., что волокно не перегревается выше 150°, т. е. не достигается критич. $t°$ для целлюлозы, при которой начинается ее разложение. Для лучшего использования развиваемой в топках теплоты ткань при помощи особых качающихся от шатуна железных рам прижимается к различным образующим плит. Медные плиты предпочитают чугунным, т. к. они лучше проводят тепло и с них легче удалять окалину. По прохождении через опальные машины ткань для тушения искр пропускают через водяной ящик.

Раскаленная поверхность плит используется более совершенно цилиндрическими опальными машинами; в них продукты горения из топки поступают во вращающийся цилиндр, накаляют его и уходят в дымоход, соединенный с противоположным концом цилиндра; последний приводится во вращение при помощи зубчатых колес. Ткань, огибая направляющие ролики, скользит в два полотна по поверхности нагретого вращающегося цилиндра, затем направляющими роликами отводится в паровой искротушитель. При отоплении нефтью, кирпичная топка заменяется небольшой железной цилиндрической коробкой, выложенной внутри огнеупорным кирпичом, в к-рой устраивается форсунка.

В газоопальных машинах для сжигания волосков ткани используют газовое пламя. Эти машины различают между собою как по конструкции и пространственному расположению горелок, так и по наличности или отсутствию приспособления, которое служит для просасывания пламени через ткань, в целях усиления О. В машинах Гебауера расположенные горизонтально горелки снабжены отдельными камерами для воздуха и газа, к-рые смешиваются в общей камере с узкой щелью для выхода смеси. В машинах Грушвица имеется лишь одна общая камера для притока воздуха и газа, с узкой щелью наверху; горелки поставлены наклонно, и приспособления для протягивания пламени отсутствуют. Для лучшего использования действия пламени на ткань, последнюю заставляют многократно касаться пламени одной и той же горелки. Наиболее совершенной является машина системы Биндер с вертикально направленным пламенем горелок и приспособлением для просасывания пламени через ткань. Горелка (фиг. 1) представляет собою чугунную камеру *а*, в которую через отверстие *б* поступают светильный газ и воздух под давлением. Смесь воздуха и газа выходит через узкую щель *в* камеры и, сгорая, опаливает проходящий над пламенем товар. Ширина щели может регулироваться болтами *г* и прикрываться особыми заслонками *д*, расположенными с обеих сторон горелки для перекрытия незанятой тканью части горелки. Над тканью, как раз над горелкой, помещена камера *е* с двойными стенками, соединенная с вентилятором и охлаждаемая циркулирующей водой. Машина устраивается с 4 горелками. Для опаливания миткалей пользуются 2 горелками, для



Фиг. 1.



Фиг. 2.

более легких тканей—одной горелкой. Скорость прохода ткани—120 кусков по 43 *м* в час. Расход газа для достижения одинакового эффекта О. при просасывании обычно на 10—46% меньше, чем без этого устройства. Ткань, перед тем как подходит к горелкам *а* (фиг. 2), подсушивается и нагревается на пустотелых медных цилиндрах *б*. В случае отсутствия светильного газа пользуются или нефтяным газом, получаемым сухой перегонкой нефтяных остатков, или карбюрированным воздухом, получаемым пропуском воздуха через бензин в особых аппаратах. Стоимость О. по расходу топлива в цилиндрич. опальных машинах наименьшая, затем следуют плитные и наконец газовые палилки. Обычно пропускают ткань через

опальные машины один раз. Для тканей с саржевым переплетением операции О. повторяют. Бельевые ткани опаливают на газовых машинах за один пропуск, но с применением заправки для двухсторонней опалки. Газоопальные машины незаменимы для очистки дорогих тонких тканей и тканей с рисунками. При наличии дешевой электрич. энергии пользуются опальными машинами, в которых металлич. пластины накаливаются до определенной температуры электрическим током.

Лит.: Холл А., Аппаратура для беления, крашения, печатания и отделки в текстильной промышленности, пер. с англ., стр. 25—33, М., 1929; Петров Н., Викторов П. и Малютин Н., Химическая технология волокнистых веществ, стр. 23—35, Иваново-Вознесенск, 1928; Ristenpart E., Die Praxis der Bleicherei, p. 67—80, Berlin, 1928; Matthews M., Bleaching a. Related Processes, p. 409—422. N. Y., 1921. **Э. Фукс.**

ОПИЙ, высушенный млечный сок, вытекающий из надрезов незрелых головок *мака* (см.); содержит ок. 20 б. или м. близких по строению алкалоидов, из к-рых важнейший, определяющий ценность О.,—*морфин* (см.); большое значение имеют получаемые при добывании морфина и другие алкалоиды: кодеин, наркотин, папаверин, тебаин и нарцеин. Кроме алкалоидов О. содержит смесь различных веществ, как каучук, жиры, смолы, сахар, белковые вещества, минеральные соли, нек-рые органич. к-ты (молочная к-та, уксусная к-та, меконовая к-та), меконин и воду в различных количествах. В среднем О. содержит 10% морфина, 6% наркотина, 0,5% кодеина, 0,2% нарцеина, 1% папаверина, 0,15% тебаина, 4% меконовой к-ты, 1,25% молочной к-ты, 0,01% меконина. О. находит большое применение в медицине в виде экстрактов, тинктур, как успокаивающее и болеутоляющее средство. Из алкалоидов О. медицинское применение имеют главн. обр. морфин и кодеин, кроме того папаверин и нарцеин. Большое количество О. расходуется и как вкусовое вещество—курильщиками О., главным образом в Китае. В СССР О. применяют для производства алкалоидов. Главнейшими центрами торговли опиумом в Европе являются следующие гг.: Смирна, Салоники и Константинополь.

Лит.: Wolfenstein R., Pflanzenalkaloide, 3 Aufl., B., 1922; Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 7 Aufl., B. 3, B., 1923; Ullm. Enz., B. 8, p. 585; Schwyzer, Die Fabrikation d. Alkaloide, B., 1927. **М. Нацнельсон.**

Мировое потребление О. определялось Опийной конференцией Лиги наций в 8 600 *т*, из которых на долю Китая отводилось 5 000 *т*. Производители опия (кроме Китая): Британская Индия, Персия, Египет, Турция, Греция, Чехо-Словакия. Употребление О. для курения, широко распространенное не только на Востоке (особенно в Китае), но и среди европейского и америк. населения, послужило началом международных соглашений по ограничению и даже полному запрещению торговли О.; соглашения эти являются совершенно призрачными и нарушаются самими же участниками, не говоря уже о колоссальной контрабанде, против к-рой совершенно бессильны все принимаемые правительствами меры, т. к. при высокой цене О. контрабанда является очень прибыльным занятием. Последними международными соглашениями ввоз опия ограничивается пределами, необходимыми для медицинских и научных целей.

Статистика международной торговли опием крайне отрывочна. По данным китайского таможенного ведомства ввоз О. в Китай к концу прошлого века доходил до 5 000 *т*; после англо-китайского соглашения относительно постепенного сокращения ввоза опия из Индии, к 1900 г. ввоз понизился уже до 3 100 *т*, к 1910 г.—до 2 200 *т* и наконец в 1917 г. выразился всего в 700 *т*. Большое количество О. ввозит США, где производство медицинских препаратов получило в последнее время большое развитие; в 1926/27 г. США было ввезено около 10 000 *т* сырого опия. Во Францию в 1929 г. было ввезено 159 *т*. Данные о вывозе опия страдают той же случайностью. Из Индии, главного поставщика О. на мировой рынок, в 1912 г. было вывезено 2 400 *т*, в 1928 г. в связи с решением индийского правительства, к-рому принадлежит опийная монополия, свести к 1935 г. вывоз О. к размерам медицинского и научного спроса,—уже только 455 *т*; вывоз из Персии в 1928/29 г. составил 411 *т*. Цена сырого О. на америк. рынке стояла в 1926/27 г.—ок. 15 500 долл. за 1 *т*.

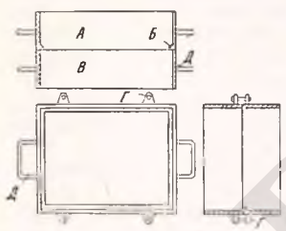
Лит.: Gavit J., Opium, New York, 1927; China Yearbook 1917, London, 1917; Terry Ch., The Opium Problem, New York, 1928. **В. Шарый.**

ОПОКА, рама для скрепления литейных форм. О. должна располагать прочностью, достаточной для преодоления сопротивления при набивке земли, при выколачивании модели, при транспортировании формы и при заливке металла. О. должна быть исполнена с точностью в пределах точности самих отливок. Основные элементы О.: рама (конфигурация, размеры в свету, толщина стенок), ребра (количество, размещение в плане, толщина, конструкция крепления), центрирующие ушки и направляющие шпильки (расстояние между центрами, конструкция ушков, а также диаметр отверстия под направляющие болты), устройство для скрепления верхней и нижней частей О. (конструкция замка, размеры), устройство для транспортирования опок (конструкция, размеры). В зависимости от назначения, серийности в производстве, размеров и пр., О. подразделяются на цельные—постоянные опоки и составные, смонтированные из отдельных частей. Материал О.—дерево, железо, сталь, чугун. О. из дерева широкого применения не имеют и применяются в случаях срочных единичных отливок при отсутствии металлических О. Для увеличения прочности деревянные О. скрепляют металлич. болтами. Центрирование О. производится обычными модельными дюбелями или наружными деревянными направляющими. Деревянные О. применяют только для сырой формовки. В табл. 1 приведен ряд размеров деревянных опок (в *мм*).

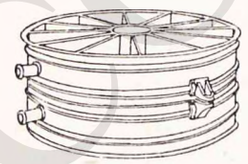
Табл. 1.—Размеры деревянных О.

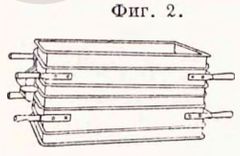
Опока			Продольн. стенки	Поперечн. стенки	Количество	
Длина	Ширина	Высота	Толщина		метал. поперечн. ребер	жел. связей
600	500	120	36	24	—	2
1 000	750	150	48	24	—	3
1 500	1 000	180	60	30	1	4
2 000	2 000	200	72	36	2	4

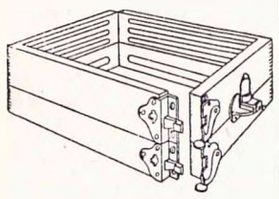
Литые О. Чугунные литые опоки применяются в подавляющем большинстве литейных всех стран. На фиг. 1 изображена чугунная опока. *А*—верхняя, *Б*—нижняя части (О. может составляться из двух и более частей), *Б*—борт для удержания земли от выпадения (в мелких О. борт изготовляется в обеих частях, нижней и верхней), *Г*—направляющие болты (от 2 до 4), *Д*—ручки. О. больших размеров изготовляются с разъемными стенками, что позволяет составлять О. разных размеров; соединение стенок О.—болтовое. Рукоятки О. изготовляются из железа, съемными или залитыми в отливку О. Стенки О. в целях усиления снабжают наружными ребрами. Литые О. подвергаются механич. обработке на продольно-строгальных, продольно-фрезерных, шлифовальных и радиально-сверлильных станках. Обработке подвергают торцовые поверхности опок. Отверстия для направляющих болтов сверлятся по сверлильным кондукторам; в случаях же применения направляющих отверстий с заливкой белым металлом механич. обработка последних отпадает. Заливка отверстий производится по кондукторам. Литые О. из стали вследствие своей дороговизны встречаются весьма редко. В последнее время в Америке, а частью и в Европе, широко применяют при машинной формовке

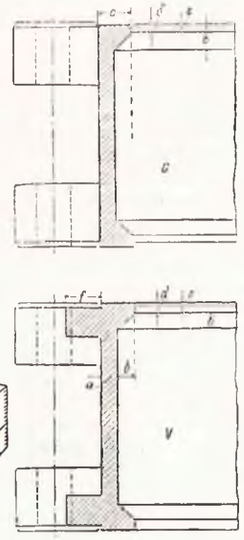


Фиг. 1.


Фиг. 2.


Фиг. 3.


Фиг. 4.


Фиг. 5.

О. из железа и стали различных профилей проката (фиг. 2 и 3). О. изготовляются штамповкой на прессах с последующей приклепкой или приваркой ребер, ручек, ушков и болтов. Преимущество штампованных О.—небольшой вес, удобство транспортирования; недостаток—легко деформируются. Для безопочной машинной формовки применяют специальную деревянную О. типа изображенной на фиг. 4, которую следует рассматривать как принадлежность формовочной машины.

Первостепенное значение в деле правильной организации литейных цехов имеет нормализация опок. Машинная формовка немыслима без разрешения вопроса о создании хотя бы нормалей О. для данного предприятия. Основные моменты нормализации: расстояние между центрами О., размер О. в свету, толщина стенки и диаметр направляющих болтов. Ниже приведены размеры нормальных О., разработанных в Германии:

Наружный размер в *мм*	Размер в свету в *мм*	Расстояние между центрами в *мм*
380×380	350×350	425
430×330	400×300	475
430×430	400×400	
480×380	450×350	525
480×480	450×450	
530×380	500×350	575
530×530	500×500	
595×430	565×410	640
635×430	600×400	680
635×530	600×500	
635×635	600×600	
735×530	700×500	780
735×735	700×700	
825×530	800×500	870
825×635	800×600	

Диаметры направляющих болтов рекомендуются: для О. до 1 000×1 000 *мм*—20 *мм* и до 2 000×2 000 *мм*—25 *мм*. На фиг. 5 и в табл. 2 приведены два типа О. с конструктивными размерами, принятые в одной из крупнейших чугунолитейных в Германии.

Табл. 2.—Конструктивные размеры опок (в *мм*).

Опока		Тип	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
Размер	Размер в свету							
I	300/300—350/450	G	10	10	20	8	2,5	
II	450/450—550/550	G	12	13	25	10	2,5	
III	600/600—750/750	G	15	10	25	10	2,5	
IV	600/800—700/1 000	V	16	14	30	12	5	30
V	750/1 200—900/1 500	V	20	10	30	12	5	30
VI	1 000/1 500—1 500/1 800	V	20	10	30	12	5	35
VII	1 800/1 800—2 400/2 400	V	22	13	35	15	5	35

Лит.: Handbuch d. Eisen u. Stahlgiesserei, hrsg. von Geiger, 2 Aufl., B. 2, B., 1927; «Giesserei-Ztg», B., 1921, p. 245, 265, 1924, p. 88; «Giesserei», Dusseldorf, 1923, p. 531, 1925, p. 145; «St. u. E.», 1923, p. 725. **Е. Кузман.**

ОПОЛЗЕНЬ, одна из форм смещения краевой полосы берега (реки, моря, балки). Смещение вниз (но не опрокидывание) части берега происходит по нек-рой вогнутой поверхности скольжения (оползневая поверхность), причем в сползшей массе сохраняется та же последовательность слоев, какая была в коренном залегании. Поверхность скольжения О. представляет собой поверхность устойчиво лежащих масс склона; глубина, на к-рой образуется поверхность скольжения, зависит от глубины речной долины (или прибрежной части моря) и глубины залегания водоносного горизонта в склоне. Углубление русла реки или искусственная выемка могут вызвать перемещение поверхности скольжения на большую глубину и тем самым вызвать сползание новых участков берега. О. бывает следующих видов: О. с о с к а л ь з ы в а н и я (или д е л я т и в н ы е), когда сползание начинается с нижних участков берега, по мере размыва рекой опорных участков, защищавших берег (напр. симбирский 1902 г. и вольский О.); О.-н а д в и г и (или д е т р у з и в н ы е), когда сползание

начинается с верхних участков высокого берега, и сползающие массы сдвигают нижние участки берега в параллельные складки с буграми и западинами (напр. О. между Сызранью и Батраками). В результате О. морского берега иногда наблюдается выпячивание морского дна.

Главной причиной, вызывающей оползневые явления, является наличие водоносного горизонта в склоне берега выше уровня реки (моря). Вода, пропитывая нижние толщи водоносных пород (особенно песков), придает им особую подвижность. Кроме того верхние части водонепроницаемых пород (обычно глины) от воды размокают, ожижаются и т. о. создается неустойчивое положение масс, слагающих берег,—положение тем более неустойчивое, чем больше наклон слоев в сторону реки, хотя бывают случаи сползания берега и при слоях, наклоненных в обратную сторону (Крымское побережье). Толчком к началу сползания служат: 1) увеличившийся размыв берега со стороны реки или искусственная выемка пород, уменьшающая опору берега со стороны реки; 2) перегрузка берега новыми сооружениями или насыпями; 3) перенасыщение водоносного горизонта от больших дождей, таяния снега, искусственного спуска в тот же горизонт вод (поглотительные колодцы, запруды) или удаление растительного покрова, благодаря чему увеличивается проникание в почву атмосферной влаги; 4) землетрясения. Признаки, предшествующие О. и их сопровождающие: образование в земле (или на зданиях) трещин или вздутий, особенно хорошо заметных на ж.-д. насыпи (появление волнистости на рельсах), возникновение новых или же, наоборот, исчезновение старых ключей. Такими признаками никогда не следует пренебрегать, особенно в местах расположения зданий, мостов, туннелей, шоссе, ж. д. и тем более в районах, где возможно оползневое явление. После общего геологического обследования принимаются предохранительные меры, как то: 1) отвод грунтовых вод дренажем. 2) возможное устранение проникания в почву атмосферных вод, 3) устранение крутых откосов, 4) защита берега от размыва. Распространенность оползневых явлений в Европ. части СССР (берега рр. Волги, Днепра, Дона и др.; побережья Черного моря от Туапсе до Сочи, Крыма и окрестностей Одессы) заставляют с особой осторожностью приступать к капитальному строительству в оползневых районах, причем до возведения построек д. б. произведен геологич. осмотр местности, а при заведомой неблагонадежности района д. б. поставлены тщательные геологич. исследования для окончательного выбора места постройки и принятия необходимых предохранительных мер. **П. Тополь ницкий.**

Лит.: см. *Обвал.*

ОПОПОНАКС, камедесмола двух совершенно различных видов в зависимости от происхождения. Настоящий опопонакс получается из Opopanax Chyronium и в свежем виде представляет сильно пахучую, липкую массу, окрашенную в желтый или коричневый цвет. Главной составной частью является опорезинотаннол, $C_{12}H_{18}O_2 \cdot OH$ (частично в виде эфира феруловой кислоты) и опонал, $C_{20}H_{10}O_7$. В настоящее время О. вытеснен с рынка близким ему видом—бисабол-миррой (см. *Мирра*) и является довольно редким продуктом. Обычный торговый сорт идентичен с бисабол-миррой, хотя еще недавно считалось установленным его происхождение от Balsamodendron. Применение опопонакса ограничивается парфюмерным производством, однако его запах не имеет ничего общего с одноименными духами.

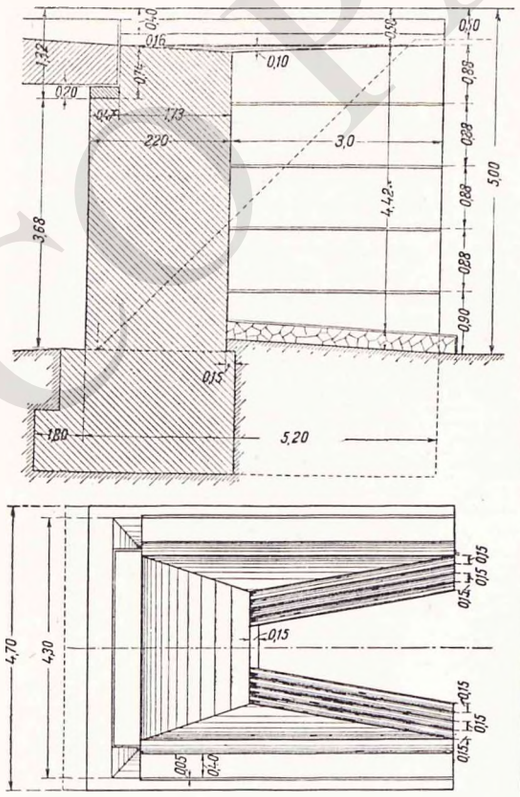
Лит.: Wolf H., Die natürlichen Harze, Stg., 1928; Holmes E. M., «Perfumery a. Essential Oil Record», v. 15, London, 1924.

ОПОРНЫЕ ТОЧКИ для съемок отмечаются в районах работ столбами, сигналами с каменными подземными центрами и пр. На планах они наносятся по географическ. координатам или по сфероидич. прямоугольным координатам. Целью определения О. т. является взаимная связь системы планшетов государственных съемок достаточно обширного пространства. На каждом отдельном планшете О. т. служат исходными пунктами для съемочных работ и служат как бы рамками для этих работ, внутри которых увязываются невязки измерений. О. т. по методу их определения бывают двух видов. а) Астрономические пункты, определяемые непосредственно из наблюдений звезд или солнца, с передачею времени по радиотелеграфу или хронометрами. Эти определения независимы друг от друга в каждой точке и проще других в смысле подготовки к наблюдениям. Однако результаты астроном. определений О. т. подвержены влиянию уклонения отвесных линий, различных в разных точках земной поверхности. Астрономич. пункты не дают стройной системы О. т.; каждый из них имеет свою индивидуальную относительную ошибку в координатах по сравнению с координатами тех же точек идеального сфероида. На этом основании астрономич. пунктами как О. т. пользуются лишь в условиях экспедиций в северных, лесных и других трудных для съемок районах, где и съемки не требуются большой точности. б) Триангуляционные пункты определяются зависимо друг от друга в общей системе, с точностью для всех почти одинаковой; на местности они не разбросаны, а распределены равномерно целою серией и дают стройную систему О. т., взаимно связанных друг с другом, координаты которых м. б. получены с относительною точностью, заранее предусмотренной и удовлетворяющей требованиям съемок согласно заданию. Недостаток их заключается в том, что триангуляционные точки требуют сложной подготовки к наблюдениям на местности в виде постройки знаков, измерения базиса и т. д. (см. *Триангуляция*). О. т. по высоте имеют такое же связывающее значение как на каждом отдельном планшете, так и в целой серии планшетов съемок государственного и местного значения, а также для инженерных работ. О. т. по высоте получаются в результате нивелировок высокой точности и точных нивелировок; они закрепляются на местности чугунными марками, вделанными в стены фундаментальных построек и сооружений. **О. Дитц.**

Лит.: см. *Геодезия.*

ОПОРЫ (мачты), см. *Сети электрические.*

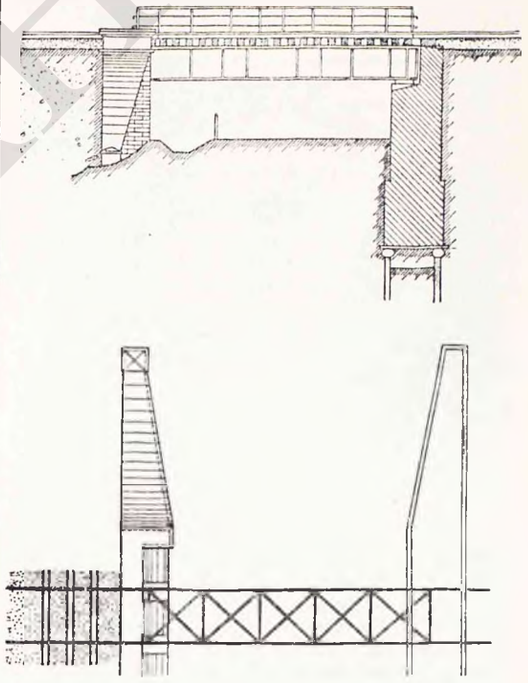
ОПОРЫ МОСТОВ, сооружения, поддерживающие пролетное строение (см. *Мосты*) и передающие вес последнего со всей его нагрузкой на основание (см. *Фундаменты и основания*); концевые О. м. называются устоями и кроме прямого своего назначения служат для обеспечения сопряжения моста с насыпью; промежуточные опоры называются быками. Очертание опор и их конструкция существенно зависят: а) от системы пролетного строения моста и б) от материала опор. Своеобразны опоры



Фиг. 1.

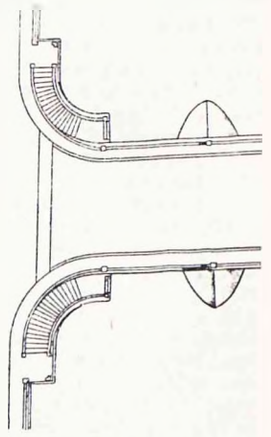
наплавных мостов, у которых постоянными являются только устои, промежуточные же опоры подвижны. Особенным разнообразием форм, в связи с их двояким назначением, отличаются устои.

Конструкция О. м. Металлические мосты имеют преимущественно каменные опоры. Размеры и очертание верхней части опор определяются назначением моста (жел.-дор., экипажный и т. д.) и системой опирающихся на них ферм. В балочных мостах устои имеют в плоскости опирания пролетного строения т. наз. подферменную площадку, размеры которой определяются конструктивными требованиями: расстоянием между осями главных ферм и размерами подферменных камней. Как со стороны передней грани, так и с боковых сторон размеры подферменной площадки несколько увеличиваются против минимально необходимых. Ширина устоя выше подферменной площадки зависит в ж.-д. мостах от ширины колеи, длины шпал и ширины балластного



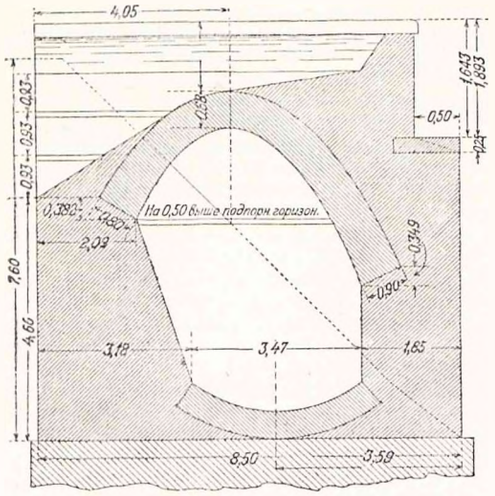
Фиг. 2.

слоя, а в экипажных—от ширины ездового полотна как на мосту, так и на подходящей к мосту дороге. Размеры нижних частей устоя всецело определяются расчетными требованиями его прочности и устойчивости. Одним из распространенных типов является устой с обратными стенками (фиг. 1). До высоты насыпи 6,0—6,5 *м* он является наиболее выгодным. Длина устоя определяется длиной заложения конуса насыпи в плоскости боковой грани устоя и следовательно зависит от высоты насыпи и допустимой крутизны откосов конуса; для обеспечения связи моста с подходной насыпью длину эту несколько увеличивают, так что устой несколько входит в тело насыпи за вершину конуса. Пространство между обратными стенками заполняется дренирующим грунтом. Значительно реже встречается требующий больше кладки и особенно облицовки тип устоев с откосными крыльями (фиг. 2). Преимущество его—в создании более благоприятных гидравлич. условий



Фиг. 3.

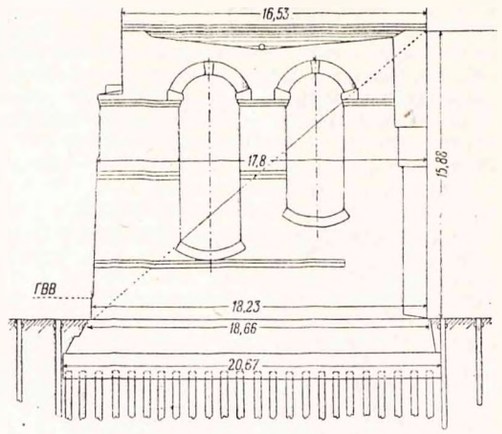
работы сооружения. Встречаются также и устои комбинированного типа с откосными крыльями и обратными стенками. В настоя-



Фиг. 4.

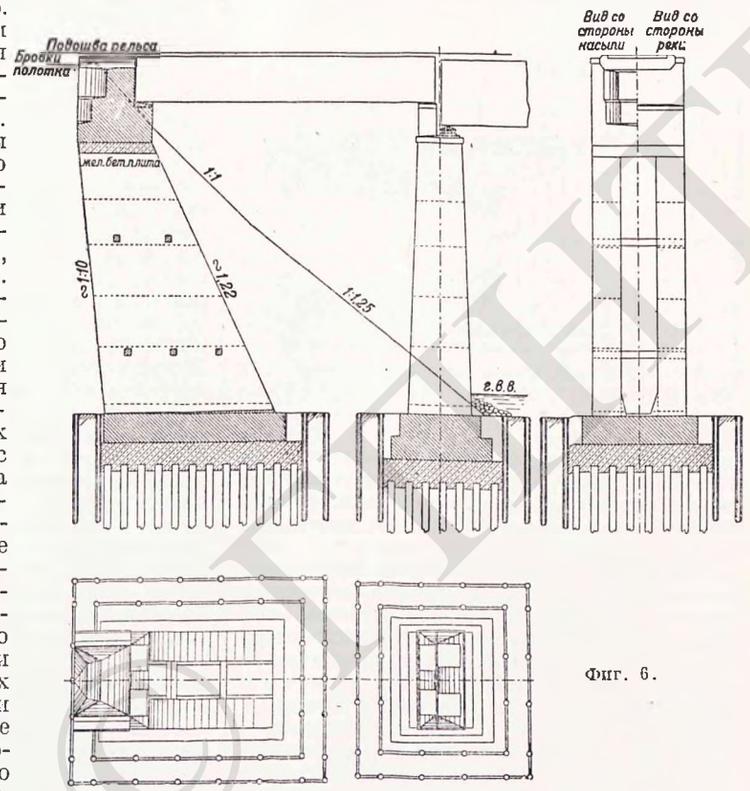
щее время устои с откосными крыльями применяются гл. обр. в каменных трубах, а также в городских мостах при сопряжении с каменной набережной, если устои значительно выдаются в реку (фиг. 3).

Наконец третьим основным типом устоев являются устои-массивы, применяемые обычно при высоте насыпи свыше 6,5 *м*. При увеличении высоты насыпи объем устоев этого типа быстро растет; поэтому для уменьшения кладки их обыкновенно облегчают применением колодцев, проемов, галлерей и т. п. Довольно широко распространенные раньше колодцы, заполняемые обычно сухой кладкой, песком и т. п., в настоящее время не применяются, т. к. надежный отвод воды из них затруднителен, почему с течением времени кладка их приходит в расстройство. Применение галлерей и проемов (фиг. 4), не имея недостатков колодцев, вполне достигает цели—облегчения устоя, почему этот прием широко распространен как при сравнительно небольших высотах насыпи, так и при значительной ее высоте (фиг. 5). Однако при высоте в 10—12 *м* устои этого типа становятся невыгодными, в особенности если по свойствам грунта приходится устраивать глубокое заложение фундаментов. При этих условиях наиболее рациональным является тип раздельных устоев, состоящий из передней части—быка, обычно более глубоко заложенного и несущего всю нагрузку пролетного строения, и задней части—устоя



Фиг. 5.

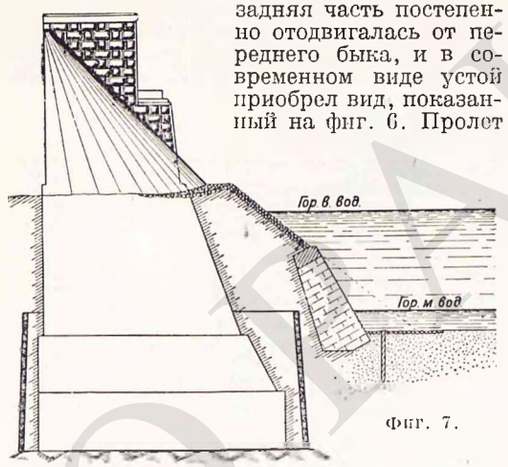
обсыпного типа, поддерживающего насыпь. Устои раздельного типа, впервые предложенные инж. Хржановским, в первоначальном виде представляли глубоко заложенный бык с приставленным к нему со стороны на-



Фиг. 6.

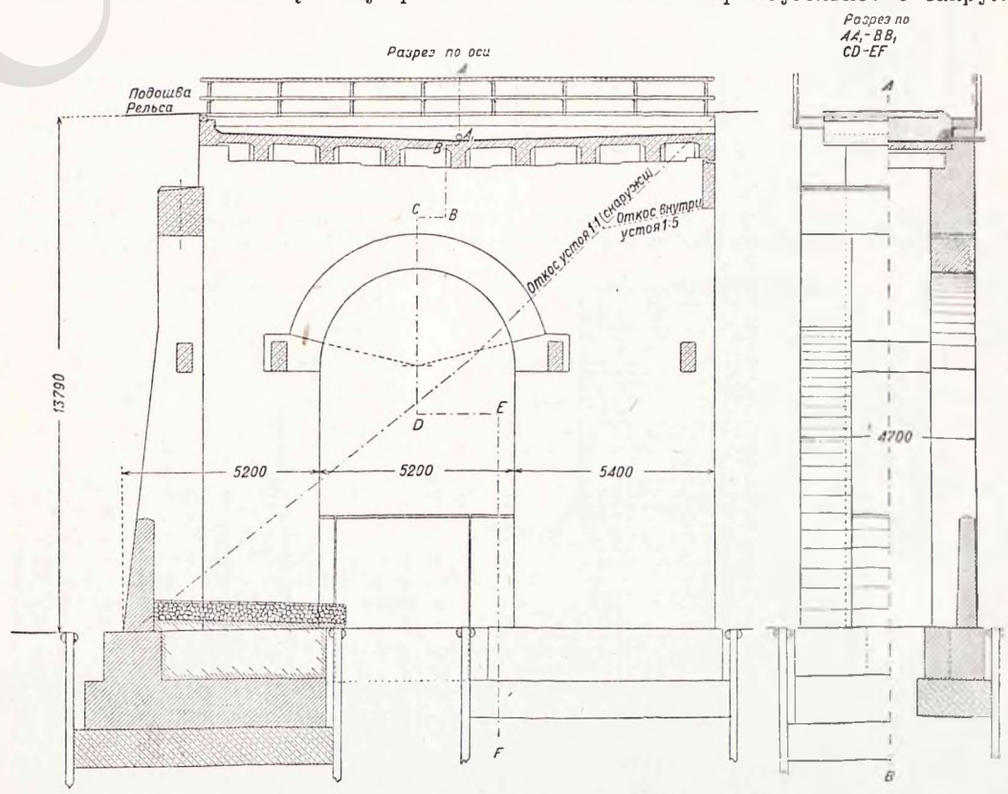
сыпи полностью или почти полностью погруженным в ее тело каменным массивом, к-рый воспринимает все давление насыпи, что по-

зволяет сильно сократить размеры переднего быка. В процессе эволюции этого типа задняя часть постепенно отодвигалась от переднего быка, и в современном виде устой приобрел вид, показанный на фиг. 6. Пролет



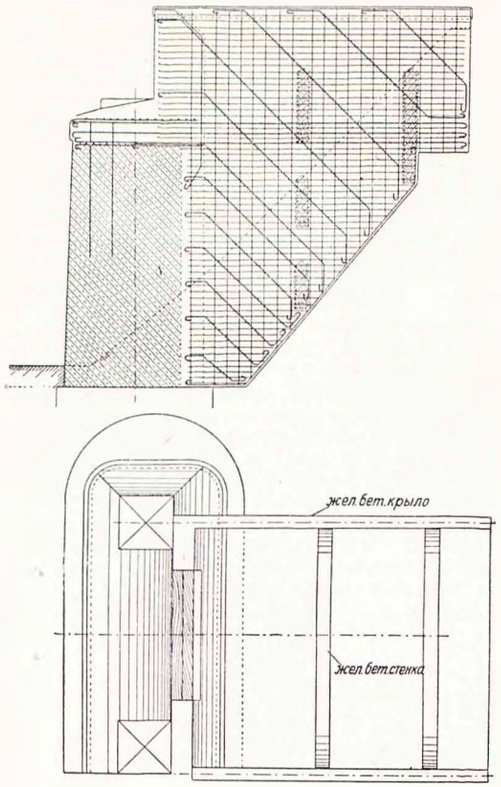
Фиг. 7.

между обсыпной частью устоя и береговым быком обычно перекрывается железобетонной или, при больших пролетах, железной фермой. При большом подъеме воды и наличии опасности размыва конуса между быком и обсыпной частью устоя устраивается тонкая соединительная стенка. Иногда применяют обсыпные устои без переднего быка; это допустимо только в тех случаях, когда устои вполне обеспечены от подмыва (фиг. 7). Большое распространение балочных мостов и высокий процент от общей стоимости их, приходящийся на долю опор, в особенности в мостах небольших отверстий, где стоимость пролетного строения ничтожна, заставляет стремиться к возможно большему облегчению опор и уменьшению объема их кладки. Неустанные искания в этой области, в связи с широким применением различных форм сочетания каменной кладки с железобетоном, привели в последнее время к созданию нек-рых новых видов устоев. Таковы напр. устои, состоящие из двух продольных каменных стенок, перекрытых жел.-бетон. плитой (фиг. 8). Устройство в устое обсыпного типа продольного проема, перекрытого железобетонной плитой, позволило значительно сократить объем его кладки и, понизив давление насыпи на заднюю стенку устоя, уменьшить его общие размеры. Устройство задней части устоя в виде бездонного жел.-бет. ящика, подвешенного к передней соответственно развитой массивной части его, привело к типу быка-устоя (фиг. 9), применение к-рого особенно целесообразно при слабых грунтах в основании опор и глубоком заложении их. Размеры оголовков быков определяются теми же конструктивными требованиями, как и размеры верхней части устоев. Очертание их в плане обычно прямоугольное с закруглением углов или без него. В подводной части, для улучшения условий прохода воды в отверстии моста, быки обычно с низовой стороны закругляются, а с верховой заостряются (см. *Каменные мосты*). При наличии



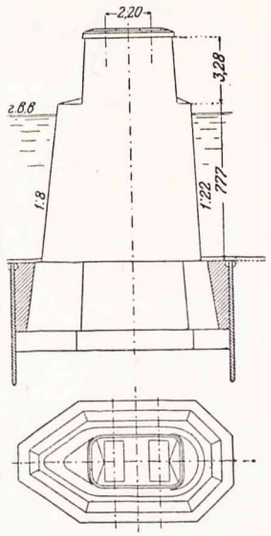
Фиг. 8.

ледохода заостренному ребру придают уклон, а при значительном ледоходе устраиваются



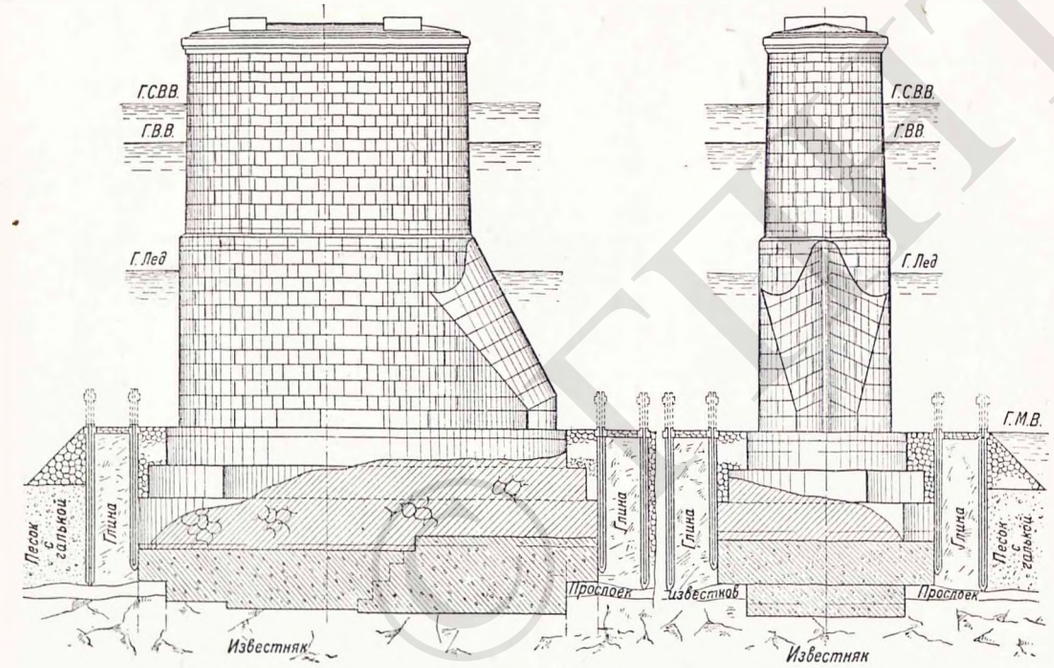
Фиг. 9.

специальные *ледорезы* (см.). Быки имеют вид сплошного каменного столба с небольшим уклоном его граней (фиг. 10, 11), при очень большой высоте быков увеличивающимся книзу. Иногда в теле массивных быков для облегчения их устраивают пустоты. При большой длине быков, что часто встречается в широких городских мостах, верхняя часть их, обыкновенно только выше горизонта высоких вод, устраивается в виде отдельных колонн. Переходным типом между каменными и металлическими опорами являются трубчатые опоры, состоящие из металлич. (чугунной или железной) оболочки, заполненной внутри обычно бетоном. Диам. отдельных колонн в опорах этого типа доходит до 3 м и более. Погружаются колонны обыкновенно вычерпыванием грунта или при помощи сжатого воздуха, как кессоны.

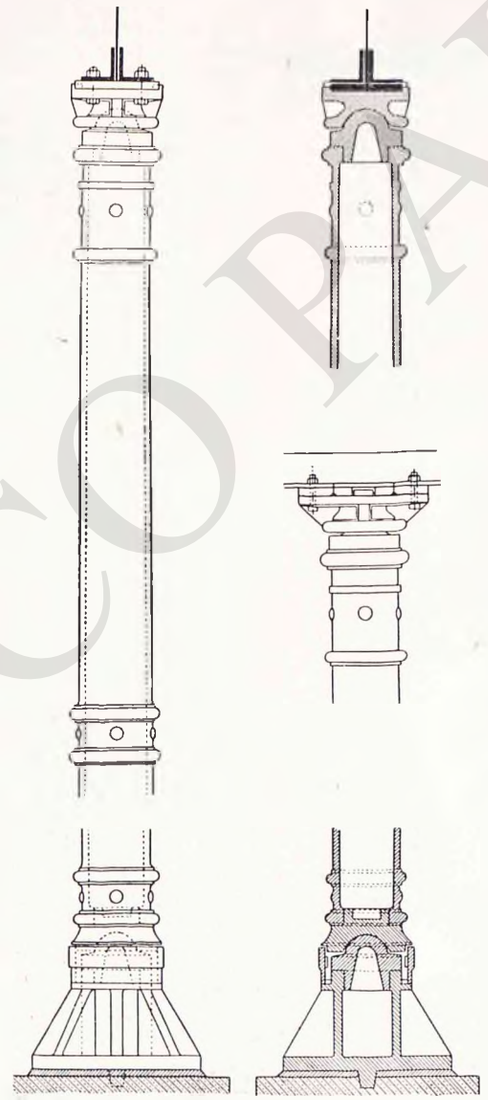


Фиг. 10.

Металлические О. м. встречаются относительно гораздо реже каменных, притом лишь в тех случаях, когда устройство последних почему-либо нецелесообразно. Они встречаются в путепроводах или эстакадах над улицами городов, в путепроводах через ж. д. и т. п., когда требуется как можно меньше стеснять отверстие под мостом. В высоких виадуках, когда тяжелые каменные опоры недопустимы, напр. при слабых грунтах, в основании опор или в районах, подверженных землетрясениям, быки тоже делаются металлическими, как напр. в строящемся известном Машатском виадуке на Туркестано-сибирск. ж. д. Широко распространено также применение металлич. опор в США и в колониальных странах при постройке дорог пионерного характера, когда требуется насколько возможно больше сократить объем работ на месте. В этих случаях применение металлических опор, обычно б. или м. стандартного типа, позволяет доставлять части опор на место работ вполне готовыми, так что остается только собрать их. В путепроводах металлич. опоры устраивают обычно в виде отдельных колонн или стоек, соединенных системой связей в одну цельную конструкцию. Колонны или заделывают наглухо в кладку фундаментов или снабжают внизу, а также иногда и наверху, шарнирной пятой. В путепроводах

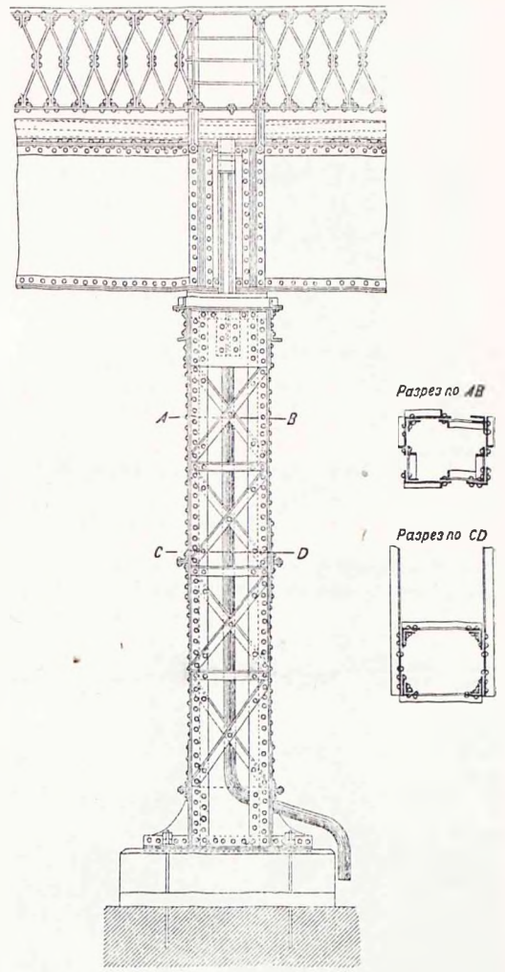


Фиг. 11.



Фиг. 12.

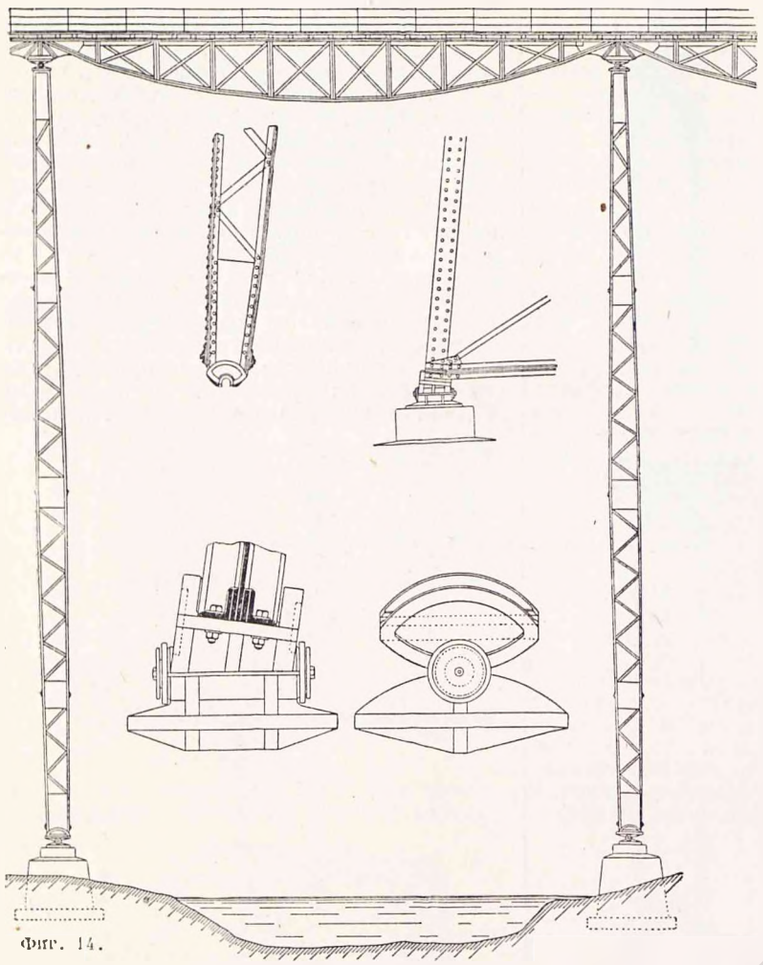
над городскими улицами колонны из эстетических соображений нередко делают чугунными (фиг. 12), в большинстве же случаев железными клепаными (фиг. 13). При высоте опор более 6 *м* применение отдельных металлических колонн становится невыгодным. В этих случаях опоры устраивают в виде плоской или пространственной сквозной конструкции (так наз. пирамидальные опоры). Плоские опоры делают в виде качающихся стоек (рам) (фиг. 14). Применение опор этого типа, требующих устройства непрерывной связи всех ферм вдоль всего моста и особенно тщательного закрепления их на устоях, ограничивается величиной пролетов (30—35 *м*). Пирамидальные металлические опоры, применяемые в высоких виадуках, получили широкое применение со времени постройки известного Крумлинского виадука (1853 год). Опоры этого виадука, как и многих других ему современных, состоят из нескольких (в данном виадуке 14) чугунных колонн,



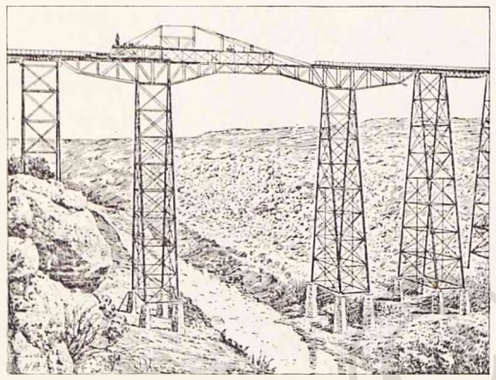
Фиг. 13.

опирающихся на каменный фундамент. Чугун в таких конструкциях с течением времени стал заменяться железом, и в настоящее

время пирамидальные опоры делаются исключительно железными клепаными обычно с минимальным числом ребер—4. Опоры этого типа бывают двух видов: б а ш е н н ы е, в к-рых все четыре ребра наклонны (фиг. 15), и



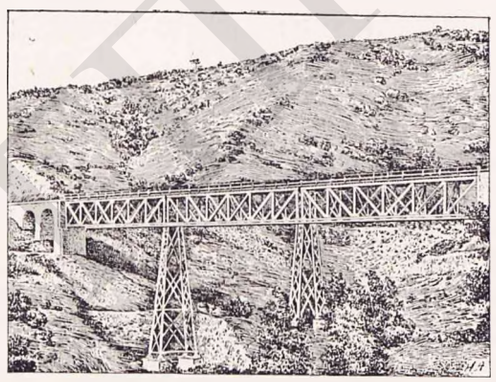
Фиг. 14.



Фиг. 15.

а м е р и к а н с к о г о т и п а, где вдоль моста ребра вертикальны, а поперек наклонны (фиг. 16, виадук Pecos в Тексасе). К классу металлич. опор относятся довольно широко распространенные прежде опоры на м е т а л л и ч е с к и х с в а я х, к-рые или забиваются (как деревянные) или завинчиваются в грунт и делаются из чугуна (Кентский виадук) или же клепаные железные (в позднейшее время). Диам. свай обычно 0,25—1,0 м и в редких случаях доходит до 1,5—1,8 м. Опоры этого типа были применены в большом числе мостов на строившейся в конце 1860-х гг. линии Поти — Тифлис. Позднейший тип металлических свайных опор показан на фиг. 17.

О с о б е н н о с т и опор а р о ч н ы х металлич. мостов вызываются наличием распора арок, который опоры должны воспринять и передать на основание. Поэтому опоры этих мостов, особенно устои, значительно развиваются и в мостах с пологими арками и, следовательно с большим распором, получают вид огромных массивов, обычно скрытых в теле насыпи (фиг. 18). Быки арочных мостов в тех случаях, когда распоры соседних пролетов уравновешиваются, имеют внешний вид быков балочных мостов. При наличии же одностороннего распора получают, подобно устоям, несимметричное очертание (фиг. 19), по возможности ограниченное частью быков ниже



Фиг. 16.

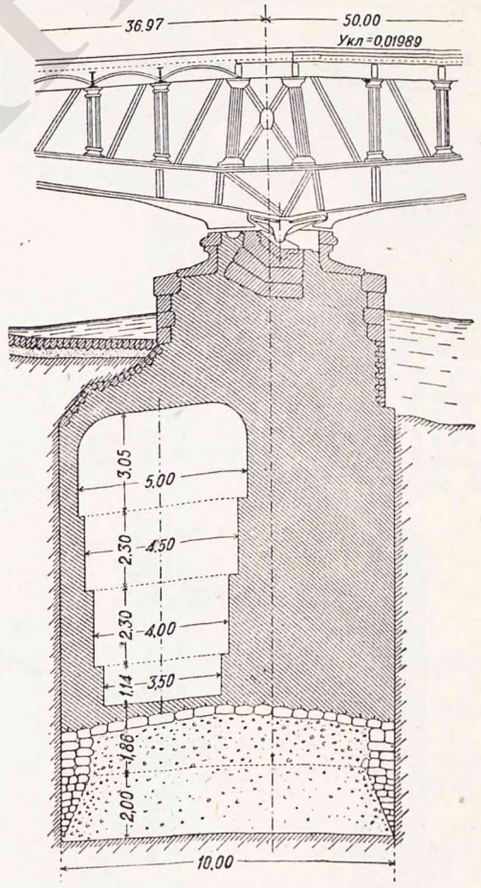
поверхности земли, т.к. иначе бык будет производить неприятное внешнее впечатление.

Своеобразие опор в и с я ч и х мостов обусловливается их назначением: дать точку опоры для кабелей (цепей), несущих нагрузку всего моста, и обеспечить закрепление концов этих кабелей на берегах. Быки висячих мостов имеют вид высоких колонн-пилонов, через которые перекидываются кабели (цепи) моста, устои же представляют солидные массивы кладки, к-рые могут сопротивляться вырывающему усилию закрепленных в их теле кабелей моста (фиг. 20). Пилоны висячих мостов делают каменными (фиг. 21)



Фиг. 17.

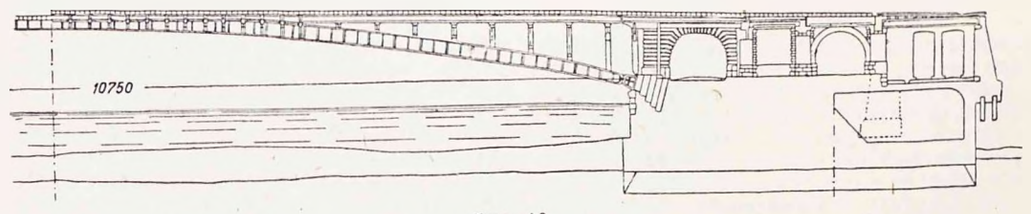
в виде двух отдельных колонн, через вершины к-рых свободно пропущены кабели, или при большой высоте пилонов, а также для облегчения опор, металлическими (фиг. 22), имеющими обычно вид качающейся рамы, к вершине к-рой наглухо прикрепляются кабели моста. Закрепление кабелей на устоях является одной из существеннейших частей конструкции висячих мостов; не представляя значительных трудностей при благоприятных условиях, если например можно закрепить кабели непосредственно в скале



Фиг. 19.

(фиг. 23), при больших пролетах мостов закрепление кабелей достигает значительной сложности.

О. м. к а м е н н ы х, исключительно арочных, отличаются теми же особенностями, как и опоры металлич. арочных мостов. Устои имеют вид больших массивов кладки, полностью или в большей своей части скрытых под поверхностью земли (фиг. 24); быки, симме-

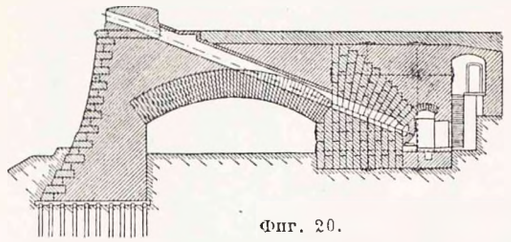


Фиг. 18.

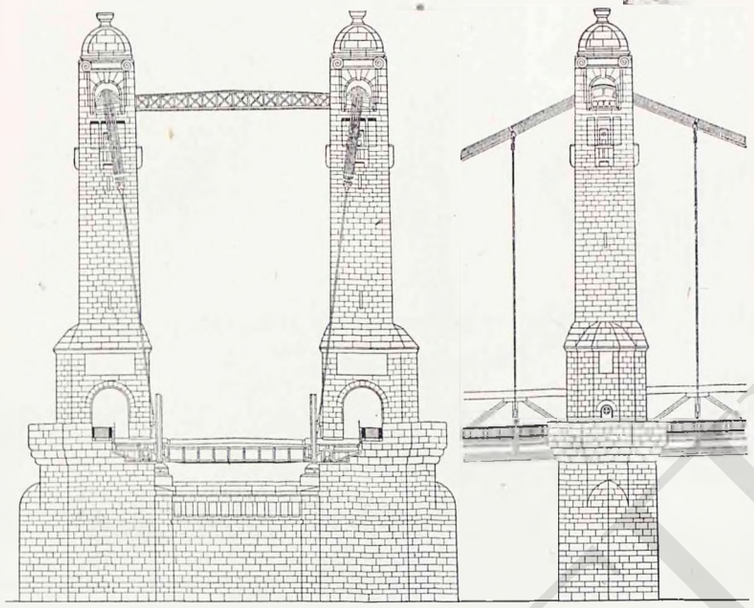
тричные в обычных условиях, при неуравновешенности распоров соседних сводов получают односторон. развитие (фиг. 25).

© ГПБ СССР

Каменные О. м. железобетонных, балочных и арочных не отличаются от таких же О. м. металлических и каменных. Железобетонные опоры, напротив, имеют ряд особенностей, обусловливаемых свойствами материала. Таковы напр. О. м., показанного на фиг. 26, где опоры и пролетные строения представляют одно неразрывное целое, или например пустотелые устои (фиг. 27), имеющие вид железобетонных ящиков с дном или без него, уместные при слабых грунтах основания. К этой же группе следует отнести т. наз. рамные опоры (фиг. 28 и 29), хотя и применяемые в металлическ. конструкциях, но по преимуществу свойственные железобетону. Деревянные О. м.



Фиг. 20.

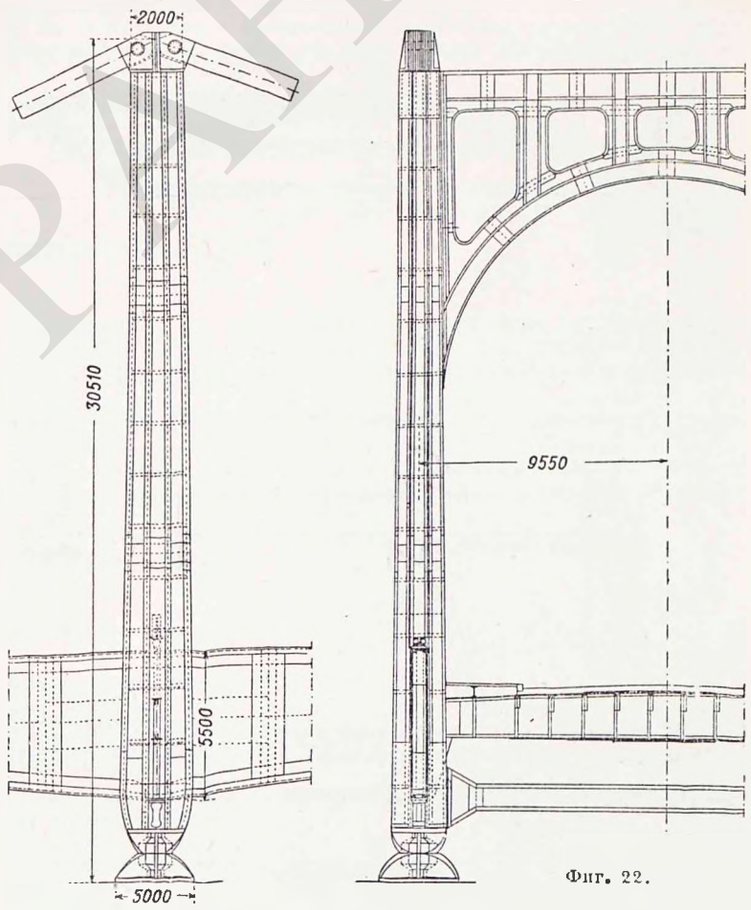


Фиг. 21.

применяют преимущественно при деревянных же пролетных строениях, но бывают и случаи установки железных пролетных строений на деревянных опорах; обыкновенно же это делается только в качестве временной меры. Основные типы деревянных опор: свайные (см. *Деревянные мосты*), близко к ним стоящие рамные и ряжевые. Свайные быки при небольшой высоте насыпи состоят из одного ряда свай поперек моста, связанных поперечными горизонтальными и диагональными схватками. При высоте быков более 6,5—7,0 *м* делают два ряда свай, а при высоте более 10 *м* оба ряда свай раздвигают так, что бык образует сквозную пространственную конструкцию. Для сопротивления боковым усилиям (ветру, центробежной силе) ставят боковые укосины, упирающиеся в откосные сваи. Свайные устои состоят из нескольких поперечных рядов свай, перекрытых обычно балочными прогонами: число рядов свай зависит от высоты насыпи. Рамные опоры, по внешнему виду напоминающие свайные, представляют ту особенность, что они не связаны с фундаментом, на который они опираются; благодаря этому они м. б. заготовлены заранее на стороне и в готовом виде установлены на месте, почему опоры этого типа получили широкое распространение при восстановлении разрушенных мостов. К устройству рамных опор приходится прибегать равным образом и в тех случаях, когда грунт не допускает забивки свай. Рамные опоры могут иметь один (фиг. 30), два яруса и более (фиг. 31). Каждый ярус является отдельной независимой от других рамой, которые устанавливаются одна на другую и затем только скрепляются друг с другом. Фундаменты рамных опор сравнительно редко устраивают свайными и чаще всего делают на лежнях (фиг. 32); в некоторых случаях применяют ряжевые фундаменты, а в устройствах постоянного характера—также фундаменты из каменной кладки. Ряжевые опоры устраивают в тех случаях, когда твердый грунт дна не допускает забивки свай или же, наоборот, при очень слабых грунтах (ил, торф). Ряжи представляют сруб, обычно с дном, загруженный камнем. Быки в плане имеют вид прямоугольника с заострениями на концах для улучшения условий прохода воды. В зависимости от высоты быка ряжи имеют один, два или больше ярусов. Пример ряжевого устоя представлен на фиг. 33. Исключительно временный характер имеют деревянные опоры из шпальных клеток, к-рые благодаря быстроте и простоте их устройства широко применяются во всех случаях, когда необходимо быстрейшее восстановление прерванного ж.-д. сообщения. Примеры быков и устоев этого типа представлены на фиг. 34 и 35. Для защиты деревянных О. м., расположенных на реках, от ледохода устраивают специальные *ледорезы* (см.). Простейший тип их представляют плоские свайные ледорезы (фиг. 36). При сильном ледоходе применяются так называемые шатровые ледорезы, достигающие

иногда значительной сложности устройства (фиг. 37). При ряжевых опорах специальных ледорезов обычно не устраивают; роль их играет режущее ребро быков, к-рое в необходимых случаях соответственно усиливают.

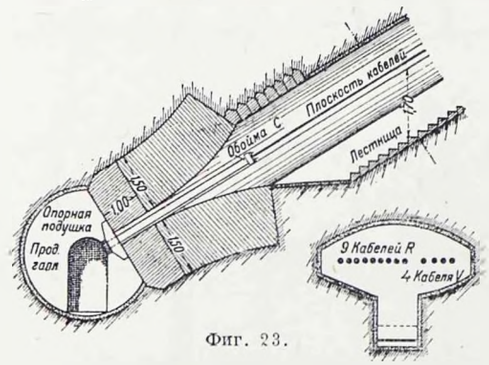
О. м. подвижных имеют ряд особенностей, всецело обусловливаемых системой и конструкцией пролетного строения моста. Так например, опоры разводных мостов в большинстве случаев получают значительное развитие, необходимое для размещения на них устройств и механизмов для разведения моста. Таковы например: круглый бык в двухрукавных поворотных мостах (фиг. 38); быки раскрывающихся мостов с обширными полостями для помещения опускающихся концов подъемных рукавов моста (фиг. 39); устои однорукавных поворотных мостов, сильно развитые вдоль и поперек моста для помещения короткого хвоста пролетного строения и устройства пути его перемещения (фиг. 40). Для облегчения опор при значительной ширине мостов в теле их обыкновенно устраивают пустоты; круглые быки с этой целью устраивают не сплошными, но кольцеобразными, с продольными и с поперечными стенками и перекрытием образующихся колодцев жел.-бет. конструкцией.



Фиг. 22.

Опоры наплавных мостов, устои и промежуточные опоры, резко отличаются друг от друга. Устройство неподвижных устоев, каменных или деревянных, не представляет значительных особенностей; подвижные промежуточные опоры вполне своеобразны. В простейшем типе наплавных мостов—плотовых, промежуточные опоры являются составленными из одного или нескольких рядов бревен или брусьев плотами, взаимно связанными между собой канатами и лежащим на них ездовым полотном моста (фиг. 41); на месте они удерживаются при помощи якорей. В плашкоутных мостах промежуточными опорами служат деревянные понтоны, пример устройства к-рых приведен на фиг. 42. Применение металлических, а в последнее время и железобетонных, *понтонов* (см.) встречается значительно реже.

Размеры О. м. Основные размеры опор определяются расчетом в предположении действия на опору наиболее невыгодной из всех возможных комбинаций внешних сил (нагрузок). Внешние силы, которые действуют на О. мостов, следующие: 1) собственный вес, 2) реакции пролетного строения моста, 3) подвижная нагрузка (поезд, экипажи, толпа людей), 4) давление земляной насыпи как горизонтальное, так и вертикальное (на подземные выступы опор), 5) давление ветра, 6) тормозная сила и 7) центробежная сила. Первые 4 силы, а также тормозная сила, вводятся в расчет как устоев, так и быков; давление ветра и центробежная сила—исключительно в расчет быков, причем две последние силы (тормозная и центробежная)



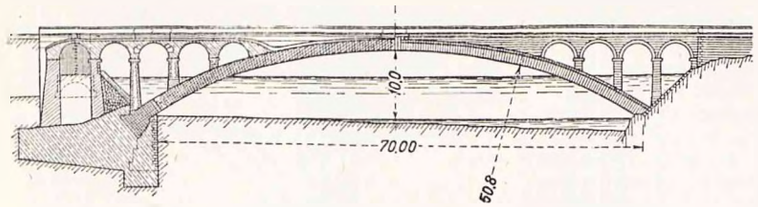
Фиг. 23.

только в расчет опор ж.-д. мостов. Все внешние силы м. б. подразделены на две группы: основные силы, т. е. такие, к-рые действуют на опору постоянно и возникают при каждом

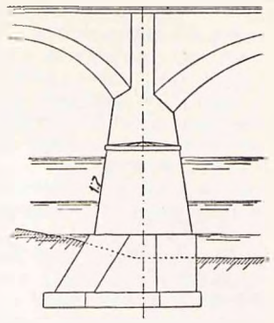
проходе нагрузки по мосту; к этой группе относятся: собственный вес опоры и пролетного строения, подвижная нагрузка, давление земляной засыпки и центробежная сила; во вторую группу входят так называемые случайные силы, к которым относятся давление ветра и тормозная сила. Собственный вес опор принимается при расчете по действительному их весу. Реакции пролетного строения, сводящиеся для балочных мостов к весу его, а в арочных и в висячих включающие кроме того распор, принимаются согласно расчету пролетного строения. Вес подвижной нагрузки принимается по нормам, установленным для расчета пролетного строения моста. При этом при расчете подферменных камней и прокладных рядов под ними или соответствующих им частей опор вес подвижной нагрузки увеличивается на динамическую добавку, величина которой определяется по нормам, установленным для расчета пролетного строения моста (металлического, железобетонного или каменного). Горизонтальное давление земли учитывается при расчете устоев и береговых быков. В расчет сквозных опор (напр. деревянных свайных) оно не вводится по незначительности его. Величина этого давления определяется по общей теории расчета *подпорных стенок* (см.) в предположении, что 1) трение грунта по поверхности опоры отсутствует, 2) сцепление между частицами грунта не имеет места, 3) поверхность скольжения призмы обрушения есть плоскость и 4) давление земли на внутреннюю вертикальную грань опоры направлено горизонтально. При этих условиях давление земли на глубине H от поверхности засыпки при ограничении поверхности насыпи за устоем горизонтальной плоскостью, что всегда имеет место в опоре мостов, определится по следующей формуле:

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

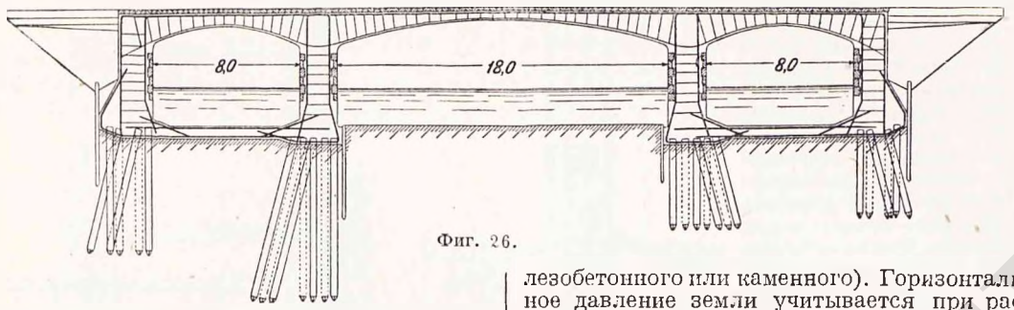
где γ—вес единицы объема грунта, φ—угол естественного откоса засыпки (угол внутреннего трения). Если опора заложена в грунте, не способном оказывать бокового давления, т. е. угол к-рого равен или близок к 90° (напр. скала, сухая твердая глина), то за величину H принимается расстояние от поверхности насыпи до верхней поверхности этого грунта. При расчете береговых быков величина H измеряется от уровня естественного грунта или размытого дна, причем, если бык заложен в достаточно плотном грунте, напр. в глине, песке, то H принимается не больше 10 *м*; на глубине свыше 10 *м*



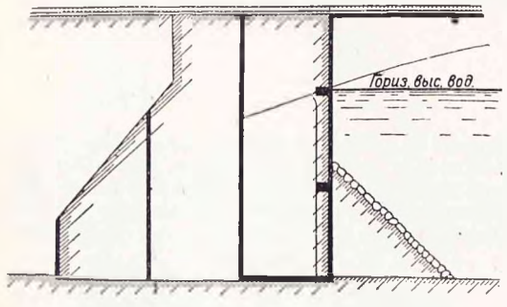
Фиг. 24.

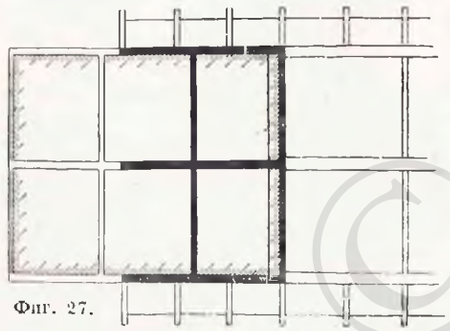


Фиг. 25.



Фиг. 26.




Фиг. 27.

давление считается равномерно распределенным по площади сечения опоры. Если бык заложен в слабом грунте, то за H принимается полная глубина заложения опоры до сечения на границе слабого и нижележащего плотного грунта. Точка приложения силы E находится на расстоянии $^2/_3 H$ от поверхности грунта (для устоев-насыпи). Нагрузка, находящаяся на насыпи за устоем (например поезд), производит дополнительное горизонтальное давление на устой, величина к-рого выражается ф-лой:

$$E_1 = \gamma H h_1 \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right),$$

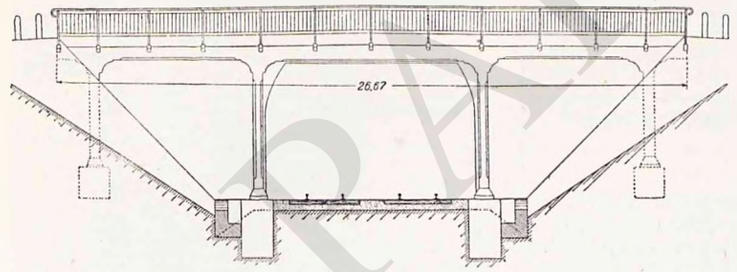
а момент относительно сечения на глубине H ф-лой:

$$M_1 = \frac{1}{2}\gamma H^2 h_2 \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right).$$

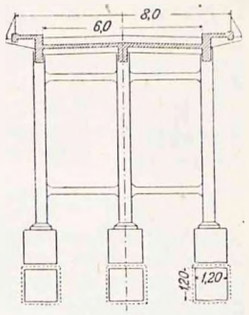
Здесь

$$h_1 = ah;\ \ h_2 = \beta h;\ \ h = \frac{Q}{al\gamma}.$$

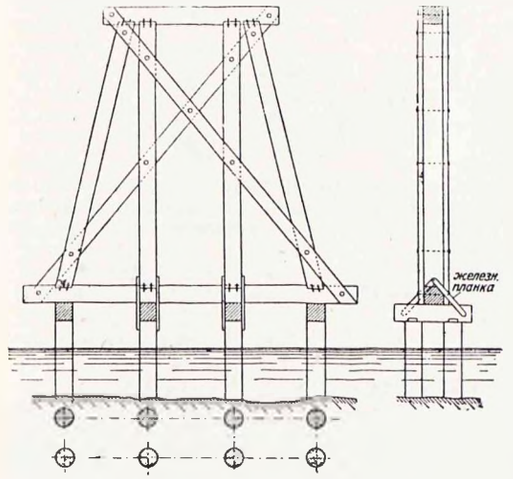
Коэф-ты a и β, характеризующие постепенное уменьшение воздействия на опору нагрузки на насыпи с увеличением глубины H, определяются по особым таблицам; Q—полный вес нагрузки, находящейся на призме обрушения; l—длина призмы обрушения; a—ширина поперек моста полосы, занятой нагрузкой на насыпи; для ж.-д. мостов a принимается равной длине шпалы. Давление ветра принимается действующим горизонтально и, согласно недавно введенных в СССР «Единых норм строительного проектирования», утвержденных 14 марта 1930 г., изменяющимся по определенному закону по высоте опоры. Низший предел этого давления зависит от соотношения размеров (ширины и длины) и формы сечения опоры и колеблется от 110 до 165 *кг/м²*; высший может быть не более 225 *кг/м²*. Для жел.-дор. мостов при наличии поезда на мосту высший предел давления ветра обыкновенно принимается равным 130 *кг/м²*, что соответствует условию равновесия порожнего нормального товарного вагона. Тормозная сила, вводимая, как сказано, в расчет опор только ж.-д. мостов, определяется по формуле: $T = 0{,}15\,(\Sigma P + 0{,}25\,\Sigma Q)$, где ΣP—



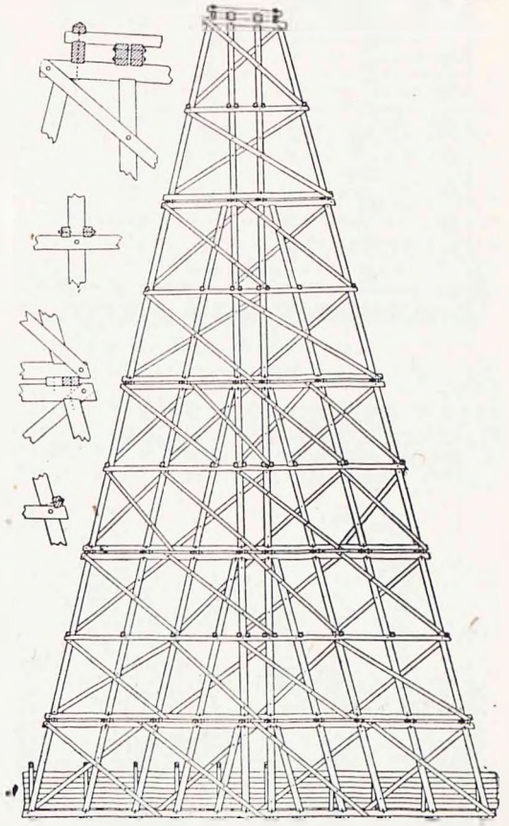
Фиг. 28.



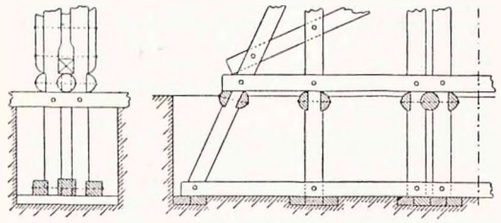
Фиг. 29.



Фиг. 30.

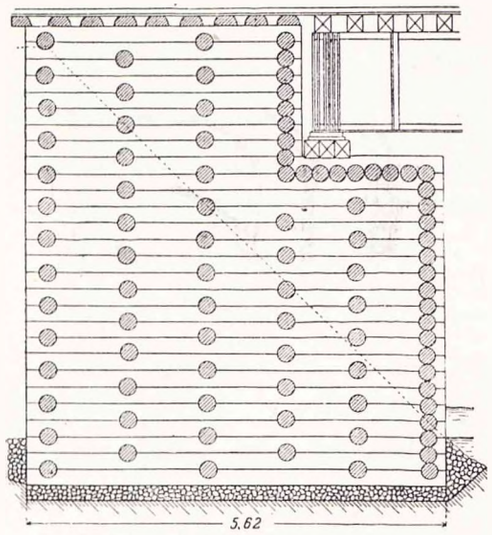

Фиг. 31.

вес паровозов с тендерами и ΣQ—вес вагонов. Сила эта направлена горизонтально и считается приложенной: от поезда, нахо-



Фиг. 32.

дящегося на пролетном строении моста, в центре шарнира опорных частей или в случае плоских и тангенциальных опор — на уровне верха нижней опорной подушки или



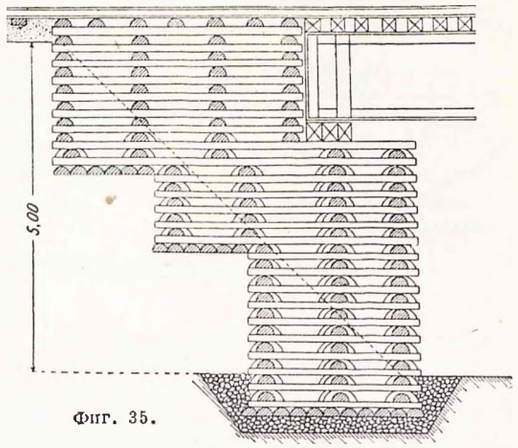
Фиг. 33.

опорного листа; от части поезда, находящейся на устое,—к головке рельса и от части поезда на призме обрушения—на середине высоты призмы обрушения. Кроме того в мостах



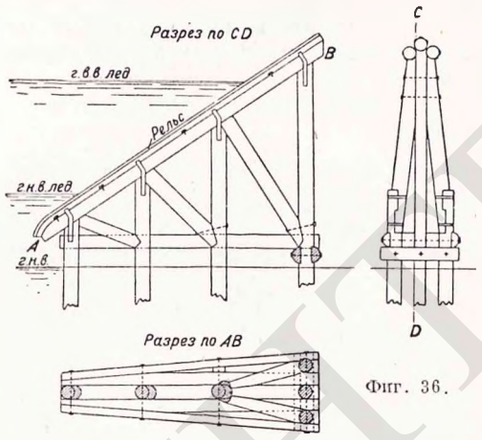
Фиг. 34.

с ездой поверху обыкновенно вводится еще в расчет возникающая при торможении перегрузка передней по направлению движения и разгрузка задней опоры. Величина этой перегрузки выражается ф-лой: $S=\frac{Th}{l}$, где h—расстояние от ц. т. поезда (принимаемого на высоте 2 $м$ над головкой рельса до центра



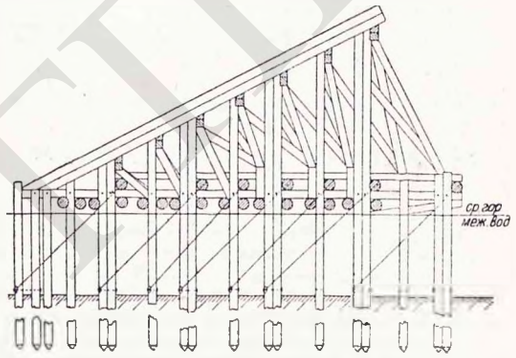
Фиг. 35.

шарнира опорной части, l—расчетный пролет моста. Сила торможения оказывает существенное влияние на увеличение размеров



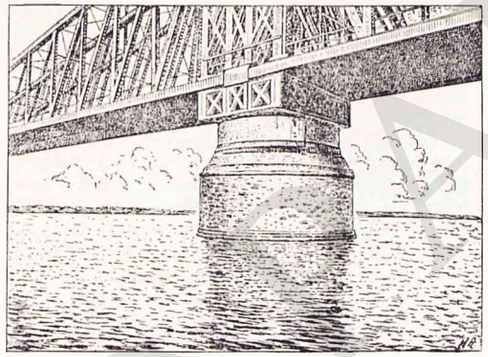
Фиг. 36.

О. м. при малых и средних пролетах, т. е. в громадном большинстве случаев практики. Поэтому при проектировании моста следует



Фиг. 37.

принимать во внимание фактич. возможность торможения в зависимости от условий профиля линии, расположения моста по отношению к станции и т. п. и в тех случаях, когда это возможно, или вовсе не вводить в расчет опор торможения, напр. при односто-

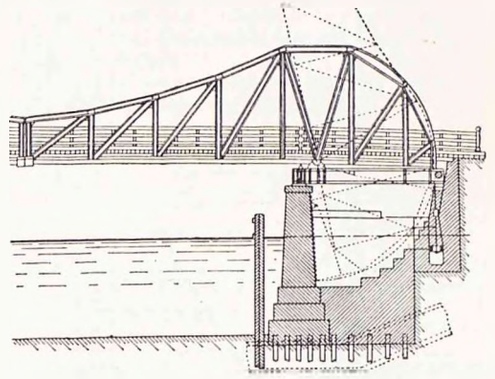


Фиг. 38.

роннем движении и расположении моста на предельном подъеме, или считаться с возможностью торможения только при определенном направлении движения. Центробежная сила принимается равной $^1/_{10}$ эквивалентной нагрузки (по перерезывающей силе) на обоих опирающихся на бык пролетных строениях. Точка ее приложения считается в центре тяжести поезда (на 2 $м$ выше головки рельса).

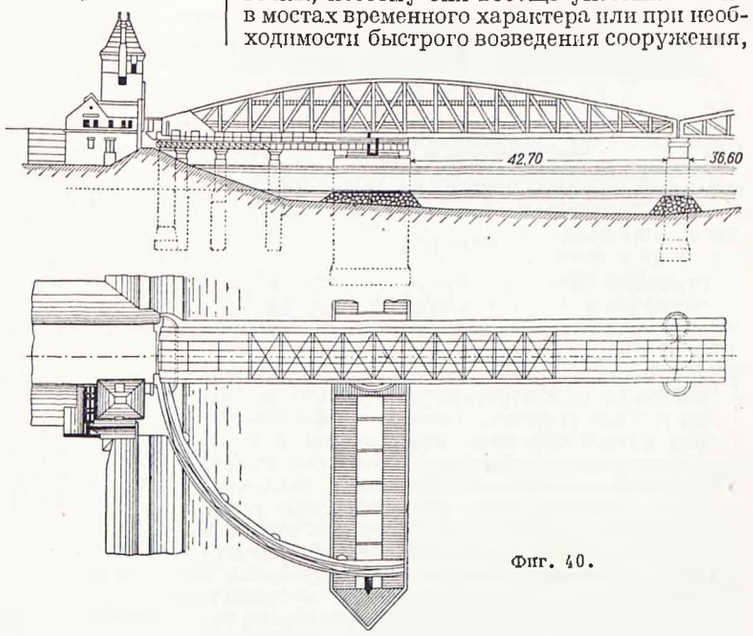
Допускаемые напряжения на различного рода материал опор принимаются в СССР согласно упомянутым «Единым нормам строительного проектирования». Для каменной кладки величина этих норм установлена в зависимости от временного сопротивления камня, идущего на кладку, и качества применяемого раствора и колеблется в довольно широких пределах. Общие принципы этих норм сводятся к следующему: допускаемое напряжение на сжатие при изгибе, являющееся основным напряжением, принимается от $^1/_{20}$ временного сопротивления камня при тощих растворах до $^1/_{10}$ при жирных растворах. Производные напряжения составляют: на осевое сжатие 0,8, на растяжение при изгибе 0,12 и на скалывание 0,1 от основного. Эти допускаемые напряжения установлены для случая действия одних только основных сил; при совместном действии основных и случайных сил допускаемые напряжения повышаются на 30%. Напряжение на растяжение во всяком случае нельзя допускать $>5 кг/см^2$. При расчете высоких тонких опор учитывается возможность продольного изгиба путем умножения расчетных нагрузок при определении сжатия на некоторый коэф-т больший единицы. Допускаемые напряжения в опорах из всякого рода др. материалов: бетона, железобетона, металла и дерева принимаются установленные для пролетных строений мостов из тех же материалов.

Выбор типа и материала О. м. Тип и материал О. м. определяется назначением моста, системой его пролетного строения, предусматриваемым сроком его службы, а также местными условиями, каковы режим перекрываемого водного потока, высота опор,



Фиг. 39.

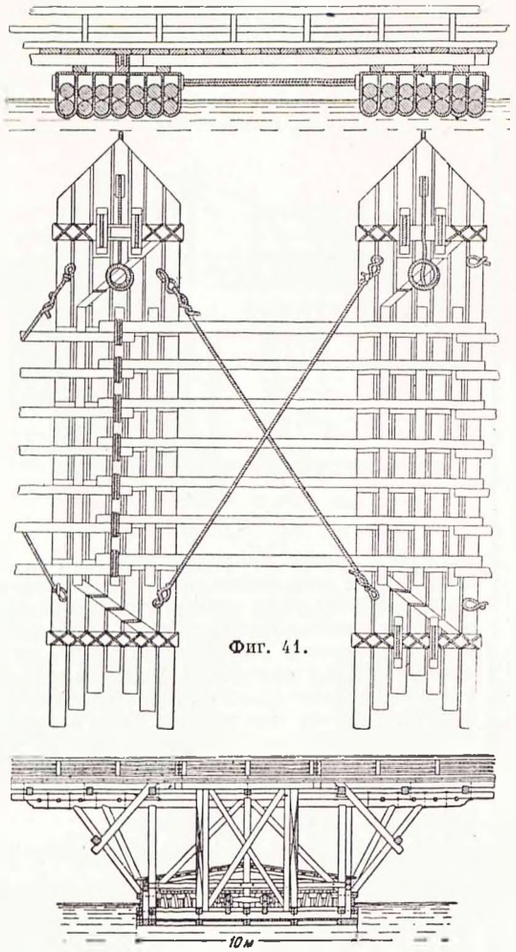
характер грунта, наличие материалов, необходимых для возведения опор (камень, лес), специальными технич. требованиями и наконец требованиями общей экономичности сооружения. Деревянные опоры по самому свойству материала без принятия специальных предохранительных мер недолговечны; поэтому они вообще уместны только в мостах временного характера или при необходимости быстрого возведения сооружения,



Фиг. 40.

в особенности при слабых малонадежных грунтах в основании опор, а также в других подобных случаях. Деревянные опоры в громадном большинстве применяются при де-

ревянном же пролетном строении моста, величина пролетов к-рых редко превосходит 40 *м*. Это ставит предел выгодности применения деревянных опор по высоте. Предел этот для мостов подкосно-балочной системы лежит ок. 12—15 *м*. Для сквозных пролетных



Фиг. 41.

Фиг. 42.

строений известны случаи (гл. обр. в Америке) устройства деревянных опор до 50 и и даже 60 *м* высотой; но это является только исключениями. Область применения жел.-бет. опор, сравнительно дорогих, ограничивается гл. обр. случаями сооружения мостов на слабых грунтах, давая возможность путем устройства опор пустотелыми и т. п. значительно их облегчить и тем существенно понизить давление на основание. Жел.-бет. опоры рамного типа, целесообразные главным образом при легких нагрузках в мостах под обыкновенную дорогу, успешно конкурируют в этих случаях с металлическими и каменными. Сфера применения металлич. опор была уже указана при описании их типов. Сравнительная дороговизна этих опор ставит предел расширению области их применения. Каменные опоры являются наиболее распространенным видом опор в мостостроении. Дешевизна и повсеместное распространение основного материала опор—камня, солидность и простота конструкции и долговечность службы делают применение их в громадном большинстве случаев технически и экономически наиболее целесообразным. При больших высотах моста вес каменных опор, несмотря на всевозможные меры к облегчению их, сильно возрастает. Здесь в связи с могущим быть допущенным давлением на грунт в основании опор лежит предел выгодности применения каменных опор. Правда, благодаря широкому распространению в настоящее время применения сжатого воздуха и других современных приемов для устройства глубоких искусственных оснований опор, предел этот значительно повысился, но все же очень высокие опоры, напр. пилоны висячих мостов, делаются каменными обычно только в тех случаях, когда они м. б. заложены на скале; при других условиях грунта выгоднее переходить к легким металлич. опорам. **М. Холщевников.**

Лит.: см. *Мосты*.

ОПРЕДЕЛИТЕЛИ, детерминанты, алгебраические суммы, образованные по особому правилу из каких-нибудь n^2 количеств (чисел, независимых переменных, функций и т. п.); такого рода суммы часто встречаются в различных отраслях математики, поэтому для этих сумм введено и особое название и схематич. обозначение, удобное для запоминания, преобразований и вычислений.

Возьмем систему напр. трех ур-ний с тремя неизвестными:

$$\left.\begin{aligned} a_1x + b_1y + c_1z &= d_1 \\ a_2x + b_2y + c_2z &= d_2 \\ a_3x + b_3y + c_3z &= d_3 \end{aligned}\right\}. \qquad (1)$$

Решение:

$$x = \frac{d_1b_2c_3 - d_1b_3c_2 + d_2b_3c_1 - d_2b_1c_3 + d_3b_1c_2 - d_3b_2c_1}{a_1b_2c_3 - a_1b_3c_2 + a_2b_3c_1 - a_2b_1c_3 + a_3b_1c_2 - a_3b_2c_1},$$

$$y = \frac{a_1d_2c_3 - a_1d_3c_2 + a_2d_3c_1 - a_2d_1c_3 + a_3d_1c_2 - a_3d_2c_1}{a_1b_2c_3 - a_1b_3c_2 + a_2b_3c_1 - a_2b_1c_3 + a_3b_1c_2 - a_3b_2c_1}, \qquad (2)$$

$$z = \frac{a_1b_2d_3 - a_1b_3d_2 + a_2b_3d_1 - a_2b_1d_3 + a_3b_1d_2 - a_3b_2d_1}{a_1b_2c_3 - a_1b_3c_2 + a_2b_3c_1 - a_2b_1c_3 + a_3b_1c_2 - a_3b_2c_1}.$$

В выражениях (2) для неизвестных x, y и z знаменатели одинаковы, числители же, как легко заметить, получаются из знаменателя через замену коэфициентов, при определяемом неизвестном, количествами правой части ур-ий. Алгебраич. суммы, стоящие в числителе и знаменателе ф-л (2), и являются о п р е д е л и т е л я м и. Следуя общепринятому обозначению для О. (Cayley), записывают например знаменатель в выражении (2) так:

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} \qquad (3)$$

Про О. (3) говорят, что он образован из трех горизонталей и трех вертикалей, и называют О. т р е т ь е г о порядка. Итак имеет место тождество:

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1b_2c_3 - a_1b_3c_2 + a_2b_3c_1 - a_2b_1c_3 + a_3b_1c_2 - a_3b_2c_1. \qquad (4)$$

Девять количеств, записанных схематически в левой части тождества (4), называются э л е м е н т а м и О., а шесть слагаемых правой части—ч л е н а м и О.

Укажем нек-рые применения О. третьего порядка. Площадь тр-ка с вершинами (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3) в прямоугольной системе координат равняется:

$$\frac{1}{2}\begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix}$$

Ур-ие прямой, проходящей через две данные точки (x_1, y_1) и (x_2, y_2):

$$\begin{vmatrix} x & y & 1 \\ x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

В векторном исчислении векторное произведение $[\boldsymbol{AB}]$ выражается О. 3-го порядка:

$$[\boldsymbol{AB}] = \begin{vmatrix} \boldsymbol{i} & \boldsymbol{j} & \boldsymbol{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

где A_x, A_y, A_z и B_x, B_y, B_z — проекции соответственно векторов $\boldsymbol{A}$ и $\boldsymbol{B}$ на прямоугольные оси координат, а $\boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{j}$ и $\boldsymbol{k}$—единичные векторы на тех же осях. Механика, трактующая свое содержание на базе векторного исчисления, пользуется О. 3-го порядка; напр. момент $\boldsymbol{M}$ силы $\boldsymbol{F}$

$$\boldsymbol{M} = [\boldsymbol{r}\boldsymbol{F}] = \begin{vmatrix} \boldsymbol{i} & \boldsymbol{j} & \boldsymbol{k} \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}$$

секторнальная скорость

$$\dot{\boldsymbol{S}} = \frac{1}{2}[\boldsymbol{r}\boldsymbol{v}] = \frac{1}{2}\begin{vmatrix} \boldsymbol{i} & \boldsymbol{j} & \boldsymbol{k} \\ x & y & z \\ v_x & v_y & v_z \end{vmatrix}$$

линейная скорость в зависимости от угловой $\boldsymbol{u}$ выразится так:

$$\boldsymbol{v} = [\boldsymbol{u}\boldsymbol{r}] = \begin{vmatrix} \boldsymbol{i} & \boldsymbol{j} & \boldsymbol{k} \\ u_x & u_y & u_z \\ x & y & z \end{vmatrix}$$ и т. п.

В тензорном исчислении удобно пользоваться схемой записи О. 3-го порядка, наложив нек-рые ограничения при преобразованиях с О. Так, тензор $\boldsymbol{T}$, имеющий составляющими a_1, b_1, c_1; a_2, b_2, c_2; a_3, b_3, c_3, представится в виде условного равенства

$$\boldsymbol{T} = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

обратный тензор

$$\boldsymbol{T}^{-1} = \begin{vmatrix} a_1' & b_1' & c_1' \\ a_2' & b_2' & c_2' \\ a_3' & b_3' & c_3' \end{vmatrix}$$

причем составляющие этого тензора

$$a_1' = \frac{\begin{vmatrix} b_2 & c_2 \\ b_3 & c_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}}, \quad b_1' = \frac{\begin{vmatrix} a_2 & c_2 \\ a_3 & c_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}}$$ и т. д.

Введем более удобную для общих заключений систему записи элементов О. при помощи двойных индексов с таким расчетом, чтобы первый индекс при букве указывал порядок горизонтали, а второй—порядок вертикали. При такой записи мы обойдемся очевидно только одной буквой, и равенство (4) принимает вид:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33} - a_{11}a_{32}a_{23} + a_{21}a_{32}a_{13} - a_{21}a_{12}a_{33} + a_{31}a_{12}a_{23} - a_{31}a_{22}a_{13}$$

или, переставляя в правой части тождества множители так, чтобы первые индексы следовали в натуральном порядке, имеем:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33} - a_{11}a_{23}a_{32} + a_{13}a_{21}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} - a_{13}a_{22}a_{31}. \qquad (5)$$

В правой части тождества (5) каждое слагаемое имеет вид: $\pm a_{1\alpha}a_{2\beta}a_{3\gamma}$, где α, β, γ представляют любую перестановку натуральных чисел 1, 2, 3; знак + берется в том случае, если числа α, β, γ образуют четное число *инверсий* (см.), знак — в противоположном случае. Очевидно число членов О. 3-го порядка будет 3!.

Возьмем n^2 количеств, расположенных в виде квадратной таблицы:

$$\begin{matrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} \dots & a_{nn} \end{matrix} \qquad (6)$$

Составим произведение из n множителей, взятых по одному из каждой горизонтали нашей таблицы:

$$a_{1\alpha_1}a_{2\alpha_2}a_{3\alpha_3} \dots a_{n\alpha_n}, \qquad (7)$$

вторые индексы $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ представляют нек-рую перестановку из чисел $1, 2, 3, \dots, n$. Условимся брать произведение (7) со знаком $(-1)^k$, где k—число инверсий в перестановке $\alpha_1\ \alpha_2 \dots \alpha_n$. Алгебраич. сумму слагаемых вида

$$(-1)^k a_{1\alpha_1}a_{2\alpha_2} \dots a_{n\alpha_n}, \qquad (7')$$

распространенную на всевозможные перестановки $\alpha_1\,\alpha_2 \dots \alpha_n$ из n элементов $1,2,3,\dots,n$, называют О. n-го порядка и записывают так:

$$\begin{vmatrix} a_{11}a_{12} \dots a_{1n} \\ a_{21}a_{22} \dots a_{2n} \\ \dots\dots\dots \\ a_{n1}a_{n2} \dots a_{nn} \end{vmatrix} = \sum (-1)^k a_{1\alpha_1}a_{2\alpha_2}a_{3\alpha_3} \dots a_{n\alpha_n}. \qquad (8)$$

О. n-го порядка имеет n горизонталей и n вертикалей; n^2 количеств a_{ij}, записанных схематически в левой части тождества (8), называются элементами О., а слагаемые правой части — членами О. Очевидно О. n-го порядка имеет $n!$ членов. Правая часть тождества (8) дает краткую запись р а з л о ж е н и я О. n-го порядка. Таблицу (6), состоящую из n горизонталей и n вертикалей, называют м а т р и ц е й квадратной в том смысле, что она порождает О. n-го порядка; числа a_{ij} называются элементами матрицы. Матрица м. б. и не квадратной, а состоять из mn чисел:

$$\begin{matrix} a_{11} & a_{12} \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} \dots & a_{mn} \end{matrix} \qquad (6')$$

пусть например $n > m$, тогда из матрицы (6′) можно образовать О. наибольшего порядка m. Очевидно таких О. можно составить числом C_n^m. Может случиться, что все О. порядков m-го, $(m-1)$-го, $(m-2)$-го, ..., $(p+1)$-го равны нулю, но из О. p-го порядка по крайней мере один не равен нулю. В таком случае, следуя Кронекеру, говорят, что матрица (6′) имеет так называемый р а н г p или х а р а к т е р и с т и к у p.

Приведем нек-рые элементарные свойства О.: 1) О. не изменяет своей величины, если превратить горизонтали в соответствующие вертикали, и наоборот; 2) О. сохраняет абсолютную величину, но изменяет знак, если в нем переставить два параллельных ряда (т. е. две горизонтали или две вертикали); 3) О. равен нулю, если два его параллельных ряда равны между собою; 4) если все элементы одного ряда О. умножить на число k, то и О. помножится на это число k; 5) О. не изменяет своей величины, если ко всем элементам какого-либо ряда прибавить соответствующие элементы параллельного ряда, умноженные на произвольное число l; 6) если элементы двух параллельных рядов О. соответственно пропорциональны, то О. равен нулю. На основе этих свойств обычно производят преобразования и вычисления О. Теорема сложения О.:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22}\dots a_{2n} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ a_{i1}+k_{i1} & a_{i2}+k_{i2}\dots a_{in}+k_{in} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ a_{n1} & a_{n2}\dots a_{nn} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22}\dots a_{2n} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ a_{i1} & a_{i2}\dots a_{in} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ a_{n1} & a_{n2}\dots a_{nn} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22}\dots a_{2n} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ k_{i1} & k_{i2}\dots k_{in} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ a_{n1} & a_{n2}\dots a_{nk} \end{vmatrix} \quad (9)$$

Теорема умножения О. (Бине-Коши):

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22}\dots a_{2n} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ a_{n1} & a_{n2}\dots a_{nn} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} b_{11} & b_{12}\dots b_{1n} \\ b_{21} & b_{22}\dots b_{2n} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ b_{n1} & b_{n2}\dots b_{nn} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} c_{11} & c_{12}\dots c_{1n} \\ c_{21} & c_{22}\dots c_{2n} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ c_{n1} & c_{n2}\dots c_{nn} \end{vmatrix} \quad (10)$$

где c_{ij} равняется

или 1) $a_{1i}b_{1j}+a_{2i}b_{2j}+\dots+a_{ni}b_{nj}$ (комбинирование вертикалей множимого с вертикалями множителя),

или 2) $a_{i1}b_{j1}+a_{i2}b_{j2}+\dots+a_{in}b_{jn}$ (горизонтали с горизонталями),

или 3) $a_{1i}b_{j1}+a_{2i}b_{j2}+\dots+a_{ni}b_{jn}$ (вертикали с горизонталями),

или 4) $a_{i1}b_{1j}+a_{i2}b_{2j}+\dots+a_{in}b_{nj}$ (горизонтали с вертикалями);

напр. по 3) имеем:

$$\begin{vmatrix} a_{11}a_{21} \\ a_{21}a_{22} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} b_{11}b_{12} \\ b_{21}b_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{11}b_{11}+a_{21}b_{12} & a_{11}b_{21}+a_{21}b_{22} \\ a_{12}b_{11}+a_{22}b_{12} & a_{12}b_{21}+a_{22}b_{22} \end{vmatrix}$$

по (4) же:

$$\begin{vmatrix} a_{11}a_{12} \\ a_{21}a_{22} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} b_{11}b_{12} \\ b_{21}b_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{11}b_{11}+a_{12}b_{21} & a_{11}b_{12}+a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11}+a_{22}b_{21} & a_{21}b_{12}+a_{22}b_{22} \end{vmatrix}$$

Легко проверить, что оба произведения равны друг другу.

Если в О. n-го порядка вычеркнем m горизонталей и столько же вертикалей и сдвинем остальные ряды, не изменяя их расположения, то получим новый О. M $(n-m)$-го порядка, называемый м и н о р о м данного. С другой стороны, из вычеркнутых горизонталей и вертикалей образуется О. M' m-го порядка, к-рый называется д о п о л н е н и е м минора M. Очевидно и наоборот: M является дополнением минора M'. Например

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{vmatrix} \quad (11)$$

вычеркнем в О. 5-го порядка вторую и третью горизонтали и третью и пятую вертикали; тогда оставшиеся элементы дают О. 3-го порядка—минор

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{14} \\ a_{41} & a_{42} & a_{44} \\ a_{51} & a_{52} & a_{54} \end{vmatrix} \quad (12)$$

для О. (11), а на пересечении вычеркнутых рядов получается О. 2-го порядка—дополнение минора (12):

$$\begin{vmatrix} a_{23} & a_{25} \\ a_{33} & a_{35} \end{vmatrix} \quad (13)$$

Очевидно и обратно: О. (12) является дополнением минора (13). Если дополнение минора M взять со знаком $(-1)^{\Sigma+S}$, где Σ—сумма порядков вычеркнутых горизонталей, а S—сумма порядка вычеркнутых вертикалей, то получим так называемое а л г е б р а и ч е с к о е д о п о л н е н и е минора M. В нашем примере минор (12) имеет алгебраич. дополнением

$$(-1)^{2+3+3+5}\begin{vmatrix} a_{23} & a_{25} \\ a_{33} & a_{35} \end{vmatrix}$$

Элементы О. сами м. б. рассматриваемы как миноры 1-го порядка. Для получения алгебраического дополнения элемента a_{ij} надо вычеркнуть i-ю горизонталь и j-ю вертикаль, из оставшихся рядов образовать минор и взять его со знаком $(-1)^{i+j}$. Если обозначим через A_{ij} алгебраич. дополнение элемента a_{ij}, то суммы

$$a_{i1}A_{j1}+a_{i2}A_{j2}+\dots+a_{in}A_{jn}$$

и

$$a_{1i}A_{1j}+a_{2i}A_{2j}+\dots+a_{ni}A_{nj}$$

равны значению О., если $i=j$, и равны нулю, если $i\neq j$ (Безу).

Например:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{21} & a_{22} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11}A_{11}+a_{12}A_{12}+a_{13}A_{13},$$

где $A_{11}=(-1)^{1+1}\begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$, $A_{12}=(-1)^{1+2}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix}$

$$A_{13}=(-1)^{1+3}\begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}$$

в этом случае говорят, что О. разложен по элементам горизонтали (первой). Еще пример: разлагая по элементам первой вертикали, легко проверить тождество:

$$\begin{vmatrix} a_0 & a_1 & a_2 & \dots & a_{n-1} & a_n \\ -1 & x & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & -1 & x & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & -1 & x \end{vmatrix} = a_0x^n+a_1x^{n-1}+a_2x^{n-2}+\dots+a_n.$$

Укажем некоторые приложения О. n-го порядка. Обратимся к системе n линейных ур-ий с n неизвестными, решение и исследование которой в сущности и послужило причиной возникновения теории О. Имеем:

$$\left.\begin{aligned} a_{11}x_1+a_{12}x_2+\dots+a_{1n}x_n&=b_1 \\ a_{21}x_1+a_{22}x_2+\dots+a_{2n}x_n&=b_2 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots& \\ a_{n1}x_1+a_{n2}x_2+\dots+a_{nn}x_n&=b_n \end{aligned}\right\} \quad (14)$$

Определитель

$$D=\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22}\dots a_{2n} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ a_{n1} & a_{n2}\dots a_{nn} \end{vmatrix}$$

называется О. системы ур-ий (14). Умножая первое уравнение системы на алгебраич. дополнение A_{1k} элемента a_{1k}, второе—на алгебраич. дополнение A_{2k} элемента a_{2k} и т. д., наконец последнее на алгебраич. дополнение A_{nk} элемента a_{nk} и складывая почленно результаты, находим:

$$Dx_k=D_k, \quad (14')$$

где D_k—О., получаемый из D через замену в нем элементов k-й вертикали вторыми частями ур-ий. Полагая в ур-ии (14′) $k=1, 2, \dots, n$ и считая $D\neq 0$, получаем решение системы:

$$x_1=\frac{D_1}{D},\ x_2=\frac{D_2}{D},\ \dots,\ x_n=\frac{D_n}{D}.$$

Отличие от нуля О. D является необходимым и достаточным условием, чтобы система n линейных ур-ии с n неизвестными имела единственное решение. Полагая в системе (14) $b_1=b_2=\dots=b_n=0$, получаем систему однородных линейных ур-ий. В этом случае ур-ие (14′) обратится в

$$Dx_k=0,$$

откуда видно, что обращение О. D в нуль есть необходимое условие существования решения, среди к-рого не все значения неизвестных равняются нулю. Приложения в геометрии: ур-не плоскости, проходящей через три данные точки (x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3):

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Ур-ие кривой второго порядка, проходящей через пять данных точек (x_1, y_1), (x_2, y_2), $\dots$, (x_5, y_5), выражается О. 5-го порядка:

$$\begin{vmatrix} x^2 & x & y & y^2 & x & y & 1 \\ x_1^2 & x_1 & y_1 & y_1^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_5^2 & x_5 & y_5 & y_5^2 & x_5 & y_5 & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Объем тетраэдра в ф-ии координат его вершин равен

$$\frac{1}{6}\begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \\ x_4 & y_4 & z_4 & 1 \end{vmatrix}$$

Определители широко применяются в теории линейных и квадратичных форм.

Большую роль в теории О. играет так наз. теорема Лапласа: О. n-го порядка равен сумме произведений из всех различных миноров, заключающихся в m горизонталях или вертикалях $(m\leq n)$, на алгебраические дополнения этих миноров (мы не приводим этой теоремы в другой обобщенной редакции Коши). Имеется аналогия между теоремой Безу и теоремой Лапласа: если разложение по первой теореме сводит вычисление О. n-го порядка к вычислению n О. $(n-1)$-го порядка, то разложение по теореме Лапласа значительно понижает порядок О., но зато увеличивает число их. Так напр., вычисление О. 5-го порядка по теореме Безу сводится к вычислению пяти О. 4-го порядка, между тем как по теореме Лапласа вычисление того же О. может быть сведено к вычислению десяти О. 2-го порядка и стольких же О. 3-го порядка.

Рассмотрим нек-рые специальные О. Пусть

$$D=\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12}\dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22}\dots a_{2n} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ a_{n1} & a_{n2}\dots a_{nn} \end{vmatrix}$$

Заменим элементы этого О. алгебраич. дополнениями их:

$$\Delta=\begin{vmatrix} A_{11} & A_{12}\dots A_{1n} \\ A_{21} & A_{22}\dots A_{2n} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ A_{n1} & A_{n2}\dots A_{nn} \end{vmatrix}$$

D и Δ называются в з а и м н ы м и (reziproke Determinante). Умножая D на Δ, получаем:

$$D\cdot\Delta=\begin{vmatrix} D & 0 & 0\dots 0 \\ 0 & D & 0\dots 0 \\ \dots\dots & \dots\dots & \dots\dots \\ 0 & 0 & 0\dots D \end{vmatrix}=D^n,$$

откуда

$$\Delta=D^{n-1}\quad (D\neq 0).$$

Легко показать, что при $D=0$ и $\Delta=0$. Если в О. D $a_{ij}=a_{ji}$, то такой О. называется с и м м е т р и ч е с к и м. Например

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{12} & a_{22} & a_{23} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{vmatrix}$$

О., взаимный данного симметрического, сам симметрический. Если $a_{ij}=-a_{ji}$ и следовательно $a_{ii}=0$, то О. называется к о с ы м с и м м е т р и ч е с к и м, или а н т и с и м м е т р и ч е с к и м. Например

$$\begin{vmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} \\ -a_{12} & 0 & a_{23} \\ -a_{13} & -a_{23} & 0 \end{vmatrix}$$

Легко проверить, что косой симметрический О. нечетного порядка равен нулю. В тензорном исчислении пользуются аналогичными терминами—симметрич. и антисимметрич. тензоров. Пользуясь теоремой сложения О., можно любой тензор разложить на два тензора — симметрический и антисимметрический. В приложениях встречаются симметрич. О., вычисление к-рых сводится к вычислению т. н. циклич. О. Симметрич. О. вида

$$Z_n=\begin{vmatrix} a_1 & a_2\dots a_n \\ a_2 & a_3\dots a_1 \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ a_n & a_1\dots a_{n-1} \end{vmatrix}$$

называется ц и к л и ч е с к и м О., или ц и р к у л я н т о м. Обозначая корень n-й степени из единицы через

$$\omega=e^{\frac{2\pi i}{n}},$$

имеем:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2\dots a_n \\ a_2 & a_3\dots a_1 \\ \dots\dots & \dots\dots\dots \\ a_n & a_1\dots a_{n-1} \end{vmatrix} = (-1)^{\frac{(n-1)(n-2)}{2}n-1}\prod_{k=0}(a_1+a_2\omega^k+a_3\omega^{2k}+\dots+a_n\omega^{(n-1)k}).$$

Определитель

$$D=\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n-1} & a_{n-2} & \dots a_{nn} \end{vmatrix}$$

в к-ром сумма квадратов элементов в каждой горизонтали равна единице, а сумма произведений соответственных элементов двух каких-либо горизонталей равна нулю, т. е. в к-ром

$$a_{i1}^2+a_{i2}^2+\dots+a_{in}^2=1,$$
$$a_{i1}a_{j1}+a_{i2}a_{j2}+\dots+a_{in}a_{jn}=0 \quad (i\neq j),$$

называется ортогональным. Например при повороте прямоугольных координатных осей вокруг начала координат ф-лами преобразования будут

$$x_1=a_1x+b_1y+c_1z,$$
$$y_1=a_2x+b_2y+c_2z,$$
$$z_1=a_3x+b_3y+c_3z,$$

где a_i, b_i и c_i $(i=1, 2, 3)$ — направляющие косинусы. О. этой системы

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

будет ортогональным, потому что, как известно, будут существовать соотношения:

$$a_1^2+b_1^2+c_1^2=1, \quad a_1a_2+b_1b_2+c_1c_2=0,$$
$$a_2^2+b_2^2+c_2^2=1, \quad a_1a_3+b_1b_3+c_1c_3=0,$$
$$a_3^2+b_3^2+c_3^2=1, \quad a_2a_3+b_2b_3+c_2c_3=0.$$

Если в ортогональном О. переставить вертикали и горизонтали, то преобразованный О. опять будет ортогональным. Произведение двух ортогональных О. является также ортогональным О. Возведя ортогональный О. D в квадрат, получим $D^2=1$, откуда $D=\pm1$, т. е. числовое значение всякого ортогонального О. равно единице (Якоби).

Рассмотрим т. н. функциональные О., в к-рых элементами являются ф-ии одного или нескольких переменных. Если элементы О. D являются независимыми переменными, то из тождества

$$D=a_{i1}A_{i1}+a_{i2}A_{i2}+\dots+a_{in}A_{in}$$

следует

$$\frac{\partial D}{\partial a_{ik}}=A_{ik}.$$

Если же элементы О. D являются ф-иями x, то

$$\frac{dD}{dx}=\sum_{ik}\frac{\partial D}{\partial a_{ik}}\cdot\frac{da_{ik}}{dx}=\sum_{ik}A_{ik}\frac{da_{ik}}{dx},$$

$$\frac{dD}{dx}=\sum_i A_{i1}\frac{da_{i1}}{dx}+\sum A_{i2}\frac{da_{i2}}{dx}+\dots+\sum_i A_{in}\frac{da_{in}}{dx};$$

обозначая $\frac{da_{ik}}{dx}$ через a'_{ik}, имеем при $n=3$:

$$\frac{dD}{dx}=\begin{vmatrix} a'_{11} & a'_{12} & a'_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}+\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}+\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a'_{31} & a'_{32} & a'_{33} \end{vmatrix}$$

или

$$dD=\begin{vmatrix} da_{11} & da_{12} & da_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}+\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ da_{21} & da_{22} & da_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}+\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ da_{31} & da_{32} & da_{33} \end{vmatrix}$$

Вычислим т. наз. степенной О., или определитель Вандермонда:

$$V=\begin{vmatrix} 1 & 1 & \dots 1 \\ x_1 & x_2 & \dots x_n \\ x_1^2 & x_2^2 & \dots x_n^2 \\ \dots & \dots & \dots \\ x_1^{n-1} & x^{n-1} & \dots x_n^{n-1} \end{vmatrix}$$

О. V является целой однородной функцией $\frac{n(n-1)}{2}$-ой степени переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$. Так как замена переменного x_α переменным $x_\beta(\alpha, \beta=1,2,\dots,n;\ \alpha\neq\beta)$ обращает О. V в нуль, то делителем О. V будет произведение $\Pi(x_\alpha-x_\beta)$, распространенное на всевозможные значения для α и β, причем будем считать $\alpha>\beta$. Число множителей вида $x_\alpha-x_\beta$ будет C_n^2, т. е. степень делителя будет та же, что и у ф-ии V. Следовательно возможно следующее равенство:

$$V=\lambda\Pi(x_\alpha-x_\beta),$$

где λ—численный множитель. Из сравнения какого-либо члена О. V с таким же членом делителя следует, что $\lambda=1$. Итак:

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & \dots 1 \\ x_1 & x_2 & \dots x_n \\ x_1^2 & x_2^2 & \dots x_n^2 \\ \dots & \dots & \dots \\ x_1^{n-1} & x_2^{n-1} & \dots x_n^{n-1} \end{vmatrix}=\Pi(x_\alpha-x_\beta), \qquad (15)$$

где $\alpha, \beta=1,2,\dots,n$ и $\alpha>\beta$. Если в О. (15) $x_1, x_2, \dots, x_n$—корни ур-ия $f(x)=0$, то квадрат О. V называется *дискриминантом* (см.) ур-ия. Имеем:

$$V^2=\begin{vmatrix} 1 & 1 & \dots 1 \\ x_1 & x_2 & \dots x_n \\ x_1^2 & x_2^2 & \dots x_n^2 \\ \dots & \dots & \dots \\ x_1^{n-1} & x_2^{n-1} & \dots x_n^{n-1} \end{vmatrix}^2=\Pi(x_\alpha-x_\beta)^2.$$

Дискриминант есть симметрич. ф-ия корней ур-ия и поэтому м. б. выражен рационально через коэфициеты ур-ия $f(x)=0$. Обращение дискриминанта в нуль является необходимым и достаточным условием существования кратных корней ур-ия. Возвышая V в квадрат по правилу перемножения О. и введя

$$x_1^k+x_2^k+\dots+x_n^k=S_k,$$

получаем выражение для дискриминанта:

$$V^2=\begin{vmatrix} S_0 & S_1 & S_2 & \dots S_{n-1} \\ S_1 & S_2 & S_3 & \dots S_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{n-1} & S_n & S_{n+1} & \dots S_{2n-2} \end{vmatrix}$$

в к-ром суммы одинаковых степеней корней вычисляются по известным ф-лам Ньютона.

Определитель

$$W(f_1,f_2,\dots,f_n)=\begin{vmatrix} f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ f_1' & f_2' & \dots & f_n' \\ f_1'' & f_2'' & \dots & f_n'' \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_1^{(n-1)} & f_2^{(n-1)} & \dots & f_n^{(n-1)} \end{vmatrix} \qquad (16)$$

в к-ром $f_1, f_2, \dots, f_n$— ф-ии переменного x, называется определителем Вронского. Взяв $\frac{dW}{dx}$, мы увидим, что изменится только порядок производных в последней горизонтали — повысится на единицу. Приведем еще такое свойство определителя Вронского:

$$W(\lambda f_1, \lambda f_2, \dots, \lambda f_n)=\lambda^n\cdot W(f_1, f_2, \dots, f_n), \qquad (17)$$

где λ — нек-рая ф-ия x. Равенство (17) напоминает известное свойство однородных ф-ий. Если между ф-иями $f_1, f_2, \dots, f_n$ существует линейная зависимость, то определитель Вронского $W(f_1, f_2, \dots, f_n)\equiv0$; если же, наоборот, $W(f_1, f_2, \dots, f_n)\equiv0$, то еще нельзя утверждать о существовании линейной зависимости: надо ввести добавочное условие—алгебраические дополнения элементов последней горизонтали О. не обращаются все в нуль в рассматриваемом интервале изменяемости аргумента. Определение линейной зависимости между ф-иями $f_1, f_2, \dots, f_n$ при помощи определителя Вронского требует существования производных этих ф-ий до $(n-1)$-го порядка, между тем линейная зависимость может существовать и тогда, когда функции этих производных не имеют. Необходимым и достаточным условием существования линейной зависимости между ф-иями $f_1, f_2, \dots, f_n$ в интервале $a\leqslant x\leqslant b$ является равенство нулю О. $G(f_1, f_2, \dots, f_n)$ (Грам):

$$\begin{vmatrix} \int_a^b f_1(x)f_1(x)dx & \int_a^b f_1(x)f_2(x)dx & \dots & \int_a^b f_1(x)f_n(x)dx \\ \int_a^b f_2(x)f_1(x)dx & \int_a^b f_2(x)f_2(x)dx & \dots & \int_a^b f_2(x)f_n(x)dx \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \int_a^b f_n(x)f_1(x)dx & \int_a^b f_n(x)f_2(x)dx & \dots & \int_a^b f_n(x)f_n(x)dx \end{vmatrix}$$

Пусть $f_1, f_2, \dots, f_n$—ф-ии n независимых переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$; тогда О.

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \end{vmatrix}$$

называют функциональным определителем Якоби или якобианом и обозначают

$$\frac{\partial(f_1f_2\dots f_n)}{\partial(x_1x_2\dots x_n)}.$$

Условие, необходимое и достаточное для того, чтобы n ф-ий от n аргументов были зависимы между собою, состоит в том, чтобы определитель Якоби, образованный для этих ф-ий, тождественно обращался в нуль. Если $f_1, f_2, \dots, f_n$—функции $y_1, y_2, \dots, y_n$, а эти последние в свою очередь ф-ии $x_1, x_2, \dots, x_n$, то

$$\frac{\partial(f_1f_2\dots f_n)}{\partial(x_1x_2\dots x_n)}=\frac{\partial(f_1f_2\dots f_n)}{\partial(y_1y_2\dots y_n)}\cdot\frac{\partial(y_1y_2\dots y_n)}{\partial(x_1x_2\dots x_n)}.$$

Функциональный определитель Якоби играет важную роль при преобразовании кратных интегралов. Если n-кратный интеграл

$$\int\int\dots\int f(x_1,x_2,\dots,x_n)\,dx_1\,dx_2\dots dx_n$$

преобразуется при помощи подстановки

$$x_i=\varphi_i(y_1,y_2,\dots,y_n)\ (i=1,2,\dots,n),$$

то

$$\int\int\dots\int f(x_1,x_2,\dots,x_n)\,dx_1\,dx_2\dots dx_n=$$
$$=\int\int\dots\int F(y_1,y_2,\dots,y_n)\frac{\partial(x_1x_2,\dots,x_n)}{\partial(y_1,y_2,\dots,y_n)}dy_1\dots dy_n,$$

где $F(y_1, y_2, \dots, y_n)=f(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n)$.

Определитель Якоби находит большое применение в теории интегрирования дифференциальных уравнений, особенно с частными производными.

Если

$$f_i(x)=\frac{\partial F}{\partial x_i}\ (i=1,2,\dots,n),$$

где F—однородная функция, то из определителя Якоби получается определитель Гессе:

$$H=\begin{vmatrix} \frac{\partial^2F}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2F}{\partial x_1\partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2F}{\partial x_1\partial x_n} \\ \frac{\partial^2F}{\partial x_2\partial x_1} & \frac{\partial^2F}{\partial x_2^2} & \dots & \frac{\partial^2F}{\partial x_2\partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial^2F}{\partial x_n\partial x_1} & \frac{\partial^2F}{\partial x_n\partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2F}{\partial x_n^2} \end{vmatrix}$$

Определителем Гессе пользуются в теории форм, а также при рассмотрении многих геометрич. вопросов, для решения которых приходится иметь дело с этими формами.

Понятие об О. в своем дальнейшем развитии получило обобщение—рассматриваются О. бесконечного порядка

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} & \dots \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{vmatrix} \qquad (18)$$

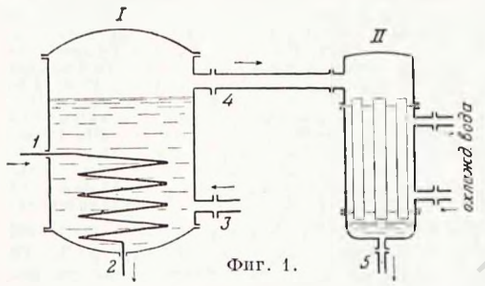
при условии, что при неограниченном возрастании n выражение (18) стремится к определенному пределу, который и принимают за значение О. бесконечного порядка; для этих О. остаются справедливыми многие свойства конечных О. Кроме того вводят в рассмотрение О. высших измерений—кубические.

Лит.: Букреев Б. Я., Элементы теории определителей, 2 изд., Киев, 1914; Вашенко-Захарченко М. Е., Теория определителей и теория форм, Киев, 1877; Каган В. Ф., Основания теории определителей, Одесса, 1922; Нетто Е., Начала теории определителей, пер. с нем., Одесса, 1912; Чезаро Э., Элемент. учебник алгебраич. анализа и исчислений бесконечно малых, ч. 1 и 2, Одесса, 1914; Fischer P. B., Die Determinanten, B., 1921; Netto E., Die Determinanten, 2 Aufl., B.—Lpz., 1925; Dostor G., Éléments de la théorie des déterminants avec application à l'algèbre, la trigonométrie et la géometrie analytique dans le plan et dans l'espace, 3 éd., P., 1905; Pascal E., Die Determinanten, Leipzig, 1900; Kronecker L., Vorlesungen über die Theorie d. Determinanten, Lpz., 1909; Jacobi C. G., Über die Bildung u. die Eigenschaften d. Determinanten, Ostwalds Klassiker d. exakten Wissenschaften, Lpz., 1896, 77; Hesse O., Die Determinanten, elementar behandelt, 2 Aufl., Lpz., 1872; Kowalewski G., Einführung in die Determinantentheorie, Lpz., 1925; Cesaro E., Corso di analisi algebraica, Milano, 1894. **Д. Коляновский.**

ОПРЕСНИТЕЛИ, аппараты для очистки воды от растворенных нелетучих веществ путем перегонки. В тех случаях когда неочищенная вода, служащая для питания паровых котлов, отличается чрезмерно высокой жесткостью (порядка 80—150 немецких градусов и выше) и соответственно чрезвычайно большим плотным остатком (порядка от 5 до 10 *кг/м*³ воды и больше), когда нет в распоряжении более удовлетворительной питательной воды,—для подготовки последней пользуются нередко опреснительными или испарительными установками, в которых происходит перегонка или дистилляция воды. При такой перегонке, связанной с последующей конденсацией образовавших-

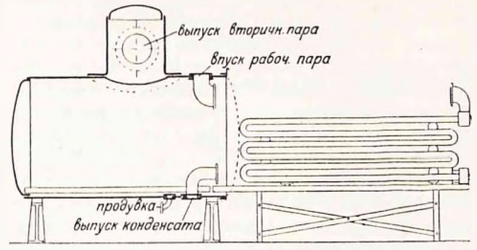
ся при ней паров, достигается, при правильной конструкции аппаратов и нормальной их эксплоатации, практически достаточно полное удаление из питательной воды растворенных в ней веществ. Применение дистиллированной воды в качестве питьевой воды вследствие ее дороговизны первоначально было распространено лишь на больших морских судах (см. ниже) и в тех редких районах (Баку, остров Капри и др.), где остро ощущается недостаток в пресной воде. Постепенно чистый конденсат водяного пара начали применять и на крупных электрич. станциях. Питание котлов современных паровых установок требует чистого дистиллата, не содержащего взвешенных примесей и растворенных веществ. Допустимым считается количество растворенных веществ, характеризующееся следующими показателями: хлоридов не больше 1,0 *мг/л* в пересчете на Cl; сульфатов следы; жесткость общая—не более 0,3—0,2 немецкого градуса. Количество растворенных газов—кислорода и углекислоты — $\not>$ 0,1 *мг/л*. Основное количество питательной воды получается в виде конденсата отработавшего в турбинах пара. Однако даже при наиболее тщательном ведении хозяйства станции, в виду неизбежных утечек пара и конденсата, к питательной воде приходится добавлять от 3 до 5% сырой воды. Количество добавляемой воды особенно велико в комбинированных производственных установках, в которых пар, отработавший в турбине, используется для нагревания в производственных процессах. Конденсат этого пара зачастую целиком теряется и не может быть использован для питания котлов.

Во избежание появления накипи в котлах при питании их сырой неочищенной водой, эта последняя подвергается предварительному опреснению, которое ведется в О., или и с п а р и т е л я х. Схема наиболее простого О. (в случае работы его на морской воде), или испарителя, показана на фиг. 1. Рабочий пар поступает в О. *I* по трубке *1* и выте-



Фиг. 1.

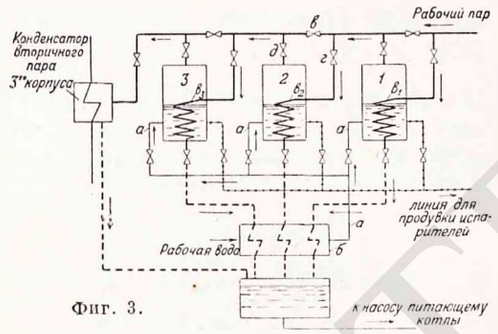
кает из него в виде конденсата через трубку *2*. Образующийся в О. из подаваемой через трубку *3* рабочей воды «вторичный пар» течет через трубку *4* в соединенный с ним поверхностный конденсатор *II* и там конденсируется, после чего дистиллат уходит по трубке *5*. При простой конструкции названный О. отличается невыгодным кпд. т. к. скрытая теплота парообразования образующегося в испарителе пара теряется частично или полностью, так же как и тепло, сообщенное охлаждающей воде. Одним *кг* пара можно поэтому получить никак не больше 0,9 *кг* дистиллата. Конструктивное выполнение такого испарителя с выемным змеевиком изображено на фиг. 2. Кпд О. может быть повышен путем применения многокорпусных испарителей, в к-рых используется



Фиг. 2.

теплота пара предыдущего корпуса для испарения воды в последующем корпусе О. Однако и в этом случае скрытая теплота парообразования пара из последнего корпуса теряется вместе с охлаждающей водой конденсатора.

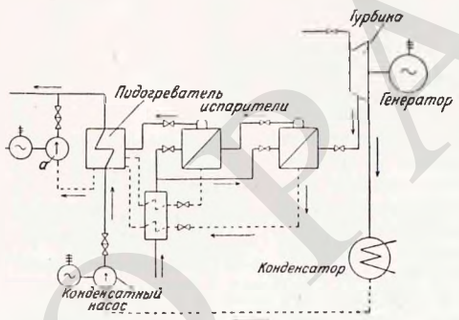
Схема трехкорпусной испарительной установки дана на фиг. 3. Пар из котла или про-



Фиг. 3.

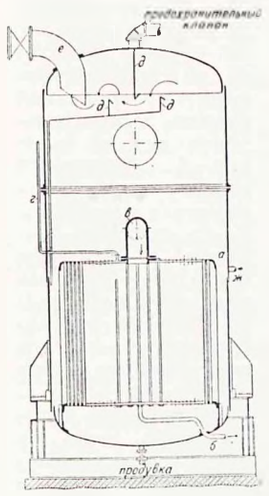
межуточной ступени турбины (п е р в и ч н ы й пар) подводится в змеевик, расположенный в 1-м корпусе *1* испарительной установки. Сырая вода под давлением подается по трубопроводам *а* в корпус испарителя и, нагреваясь первичным паром, протекающим через змеевик $в_1$, закипает и образует т. н. в т о р и ч н ы й пар испарителя. Перед тем как войти в испаритель, сырая вода обычно подогревается в специальном подогревателе *б*, через к-рый проводится горячий конденсат пара, прошедшего змеевик испарителя (на фиг. 3 путь этого конденсата представлен пунктирными жирными линиями). Вторичный пар, полученный в 1-м корпусе испарителя м. б. сконденсирован и употреблен для питания котлов. Однако при этом тепло, содержащееся во вторичном паре 1-го корпуса испарителя, перешло бы в охлаждающую воду конденсатора и было бы потеряно для установки. Чтобы увеличить экономичность работы испарителя вторичный пар 1-го корпуса *1* направляют в змеевик $в_2$ второго корпуса *2* испарительной установки, где он в свою очередь играет роль обогревающего пара и служит для добавочного получения опресненной воды. Такое последовательное включение испарителей зачастую доводят до 3—4 и более корпусов. По мере выкипания сырой воды в корпусе испа-

рителя возрастает концентрация растворенных в ней веществ, что вызывает быстрое отложение накипи на стенках обогревающих змеевиков, ухудшающее теплопередачу от обогревающего пара к испаряемой воде и тем самым уменьшающее производительность установки. Для уменьшения концентрации растворенных в воде веществ применяется



Фиг. 4.

т. н. п р о д у в к а и с п а р и т е л е й, к-рая заключается в периодич. (в нек-рых случаях и постоянном) отведении из испарителя воды с большой концентрацией. На фиг. 3 трубопровод, служащий для продувки, показан линиями с нанесенными точками. Полностью избегнуть накипеобразования в испарителях нельзя, вследствие чего приходится от времени до времени очищать обогревающие поверхности испарителей. Для того чтобы во время очистки не останавливать всей испарительной установки, предусматривается возможность выключения ее отдельных корпусов. Так напр., при чистке 2-го корпуса вторичный пар 1-го корпуса м. б. направлен через вентиль *в* непосредственно в 3-й корпус, в то время как вентили *г* и *д* закрыты. Увеличение числа корпусов испа-

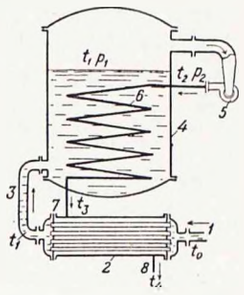


Фиг. 5.

рителей, как отмечалось, повышает экономичность работы всей установки, однако скрытая теплота парообразования вторичного пара последнего корпуса теряется в охлаждающей воде конденсатора. Чтобы избежать этой потери, в современных паровых установках испарители обычно комбинируются с системой подогревателей питательной воды. Одна из возможных схем такой установки изображена на фиг. 4. Обогревающий пар двухкорпусной испарительной установки берется из промежуточного отбора турбины: вторичный пар 2-го корпуса, а также конденсат обогревающего пара направляются в подогреватель главн. потока конденсата отработавшего в турбине пара. Конденсируясь в этом подогревателе, вторичный пар испарителя отдает свое тепло конденсату турбины, к-рый служит для питания котлов. Конденсат вторичного пара испарителей откачивается специальным насосом перекачки *а* в общую линию конденсатного потока.

Из большого числа различных конструкций испарителей приводим два типа, существенно отличающиеся по принципу своей работы. На фиг. 5 представлен нормальный вертикальный испаритель сист. Б а л ь к е. Внутри испарителя расположен барабан *а*, в днища к-рого ввальцованы медные трубки. Сырая вода, притекающая через патрубок *эс*, омывает внешнюю поверхность барабана и заполняет подогревательные трубки. Обогревающий первичный пар подводится по трубе *в* во внутреннее пространство барабана и, конденсируясь, отдает свое тепло испаряемой воде. Конденсат обогревающего пара отводится по трубе *б*, ввальцованной в нижнее днище барабана. Для того чтобы в испарителе не мог скапливаться воздух, в незначительном количестве попадающий во внутренний барабан вместе с обогревающим паром, к верхнему днищу барабана присоединена трубка *г*, через к-рую воздух продувается наружу. Т. к. в процессе кипения воды вместе со вторичным паром могут увлекаться капельки воды, содержащие растворенные соли, в верхней части испарителя перед отводящей трубой сделаны специальные перегородки *д,д*, меняющие направление потока пара перед выходом его по трубе *е* из испарителя и служащие для осушки вторичного пара.

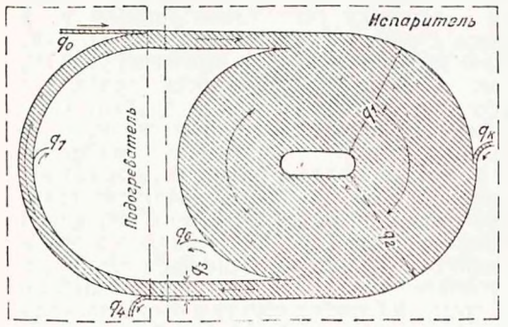
На совершенно оригинальном принципе основана работа испарителей с т. н. т е п л о в ы м н а с о с о м (Wärmepumpe). Однокорпусный испаритель этого типа схематически изображен на фиг. 6.



Фиг. 6.

Рабочая вода темп-ры t_0 подается через патрубок *1* в противоточный подогреватель *2*, где она конденсатом вторичного пара нагревается до t_1, равной $t°_{кип.}$ соответствующей давлению p_1 в корпусе *4* испарителя. Из подогревателя вода по трубе *3* подается в корпус испарителя, где и испаряется под действием вторичного пара, конденсирующегося в змеевике *6*. Для возможности осуществления потока тепла от вторичного пара к рабочей воде, первый в особом компрессоре (пароструйном или центробежном) предварительно сжимается до p_2 и t_2; конденсируясь, вторичный пар испаряет приблизительно равное ему по весу количество рабочей воды, после чего горячий конденсат при t_3 из змеевика *6* по трубе *7* переходит в подогреватель *2*, откуда, охладившись до t_4, уходит в сборник перегнанной воды. Тепловой баланс такого испарителя изображен на фиг. 7, где указаны примерные *t* и *p* в различных частях аппарата. Из баланса видно, что аппарат при малых разностях $t°$ ($t_2 - t_1$ и $t_3 - t_0$) требует лишь весьма не-

значительного подвода энергии в форме механической работы компрессора, необходимой для адиабатич. сжатия вторичного пара от p_1 до p_2. Конечно, малые разности $t°$ вызывают необходимость значительно бо́льших удельных поверхностей теплопередачи как в самом испарителе, так и в подогревателе и особенно тщательной изоляции всего аппарата и всех трубопроводов. На практике работают часто с разностями $t°$ порядка 5—8°.



Фиг. 7.

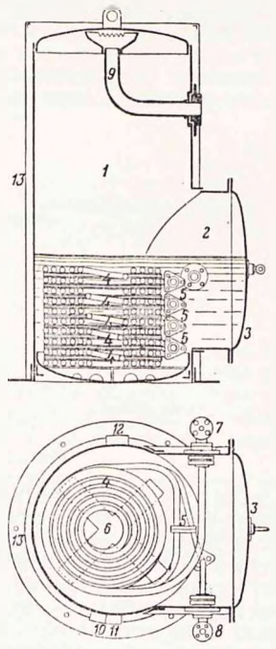
Положив напр. $t_0=10°$, $p_1=0{,}7$ *atm*, $t_1=89°$, $p_2=1{,}0$ *atm*, $t_2=120°$, $t_3=95°$, $t_4=15°$, имеем следующее количество подведенного и отведенного тепла в Cal на 1 *кг* конденсата: $q_0=+10$, $q_1=634$, $q_2=648{,}2$, $q_k=+14{,}2$, $q_3=95$, $q_4=-15$, $q_6=-6{,}2$, $q_7=-3{,}0$, где q_k—энергия, подведенная через компрессор, q_6 и q_7—потери в испарителе и подогревателе. Положив общий термич. кпд компрессора (паровой турбокомпрессор или пароструйный нагнетатель) $\cong 0{,}1$, получим, что на 1 *кг* испаренной воды необходимо подвести 142 Cal или в форме пара давлением 15 *atm* при $t°=350°$ (полная теплота = 755 Cal) 0,188 *кг*, т. е. аппарат имеет кпд, приближающийся и даже превышающий кпд многокорпусного О.

Лит.: Гордон И. Л., Вода и ее очистка для питания паровых котлов, промышленных целей и питья, М., 1927; его же, Вода в теплосиловом хозяйстве и промышленности, Питьевая вода, Москва, 1931 (печатается); Сурин А., Улучшение качеств воды употребляемой в промышленности и для питья, СПБ, 1910; Сушинский Б., «Изв. Общего бюро совещательных съездов», СПБ, 1908, *10*; его же, «Протоколы заседаний 27 совещ. съезда инж. службы тяги», СПБ, 1905; Текштрем Н. О., Карпинский И. К., «Протоколы заседаний 20 совещания съезда инж. службы тяги», СПБ, 1898; Горчаков А., Опреснительная установка системы Ягна на ст. Уч.-Аджи Ср.-Азиатской ж. д., «Ж.-д. дело». СПБ, 1908.

А. Щегляев и И. Гордон.

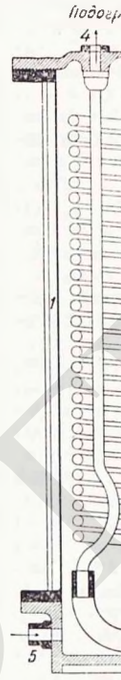
О. в морском деле. На кораблях О. (испарители) служат для получения из забортной морской воды пресной для питания паровых котлов и на повседневные нужды экипажа корабля. На военных кораблях, при очень ограниченных запасах пресной береговой воды, О. являются для корабля, находящегося в море, единственным источником получения пресной воды.

Испаритель Круга морского типа (фиг. 8) состоит из вертикального цилиндрич. корпуса *1*, к к-рому приклепан патрубок *2*. Отверстие патрубка закрывается крышкою *3*. В нижней части корпуса расположены пять двойных медных змеевиков *4*, соединенных между собою фланцами *5*. Они образуют один общий змеевик; между змеевиками помещены крестовины *6*. Концы общего змеевика крепятся к боковым стенкам патрубка *2*. Снаружи к ним присоединяются клапаны котельного (первичного) пара *7* и отработанного *8*. В верхней части корпуса установлена пароприемная труба *9*. С боков на корпусе сделаны приливы для установки водомерного стекла *10*, питательного стекла *11* и продувательного крана *12*. Снаружи корпус обшит асбестом и войлоком и закрыт железным кожухом *13*. Уровень воды в испарителе поддерживается немного выше верхнего змеевика. Через клапан *7* в змеевик пускают котельный пар. Он нагревает находящуюся в испарителе воду, а затем удаляется через клапан *8*. Образующийся вторичный пар через трубу *9* отводится в главный холодильник.



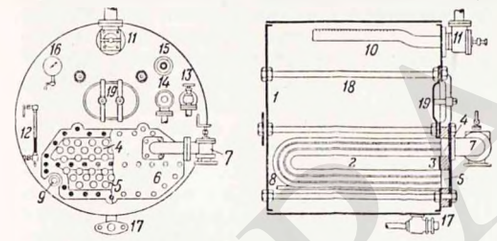
Фиг. 8.

Убыль воды в испарителе пополняется особой помпой через питательный клапан. Первичный пар не весь успевает сконденсироваться в змеевиках *4*, часть его уходит неиспользованной через клапан *8*. Чтобы этот пар не терялся, при испарителе устанавливается подогреватель. Он состоит (фиг. 9) из цилиндрического корпуса *1*, к верхней крышке к-рого крепится медный змеевик *2*. Первичный пар переходит из испарителя в патрубок *3*, проходит по змеевику и удаляется через патрубок *4*. На этом пути пар отдает свою теплоту, нагревая питательную воду, которая поступает в патрубок *5*. Пройдя через подогреватель, вода по трубе *6* идет к питательн. клапану испарителя. В опреснителе сист. Круга новейшей конструкции змеевики изготовляются из медных трубок (луженых внутри и снаружи) сечения не круглого, а напоминающего цифру 8. При этой конструкции увеличивается поверхность нагрева змеевика при меньшем занимаемом объеме.

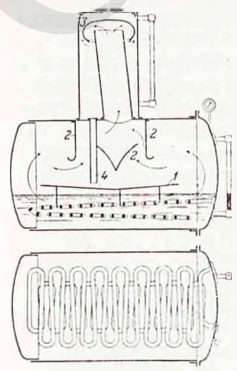


Фиг. 9.

Испаритель системы Вира (фиг. 10) состоит из горизонтального цилиндрич. котла *1*, в нижней части к-рого установлена батарея изогнутых трубок *2*. Трубки вставлены в коробку *3* т. о., что верхние концы их приходятся в камере *4*, а нижние в камере *5* коробки. Коробка *3* крепится к переднему донышку корпуса и закрывается крышкой *6*. Первичный пар поступает через клапан *7* в верхнюю камеру и переходит по трубкам *2* в нижнюю камеру. Оттуда пар выходит к клапану *9* по трубе *8*, изогнутой в горизонтальной плоскости, для удаления в холодильник. Назначение трубки *8* такое же, как и змеевика-подогревателя в испарителе Круга. Вторичный пар поступает в приемную трубу *10* и через клапан *11* удаляется в холодильник. На переднем донышке испарителя установлены водомерное стекло *12*, питательный клапан *13*, дроссельный кран *14*, предохранительный клапан *15* и манометр *16*. Снизу установлен продувательный кран *17*. Донышки испарителя связаны между собой связями *18*. Горловина *19* служит для осмотра и очистки от накипи внутренности испарителя; для последней операции коробка *3* может быть вынута из О. вместе с трубками.



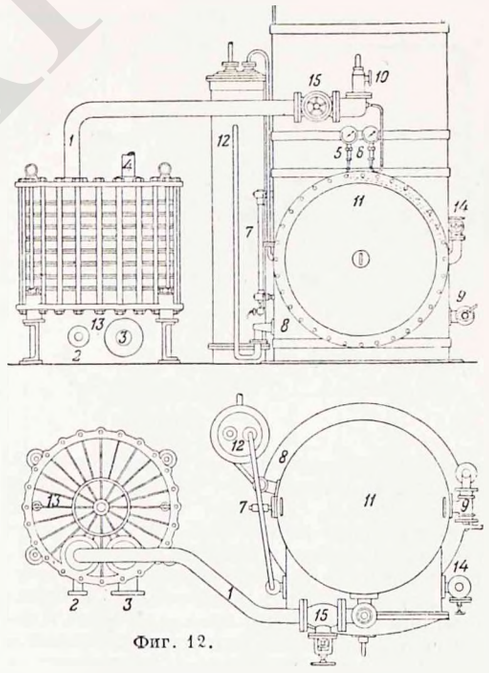
Фиг. 10.



Фиг. 11.

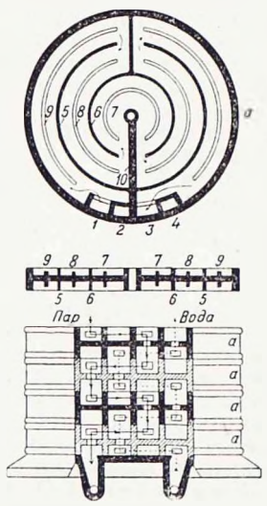
Испаритель Нормана (фиг. 11) отличается от описанных лишь устройством особых щитов *1*, *2* и *3*, отделяющих воду, захваченную паром из опреснителя; вода, попавшая в сухопарник, стекает обратно по трубе *4*.

На фиг. 12 указано общее расположение О. сист. Круга с холодильником для получения питьевой воды. Вторичный пар идет по трубе *1* из испарителя *11* в холодильник *13*, а затем через патрубок *2* конденсат отводится в цистерны пресной воды самотеком. На фиг. обозначаются: *3*—патрубок для впуска охлаждающей воды в холодильник, *4*—то же для выпуска, *5*—манометр первичного пара, *6*—манометр вторичного пара, *7*—водомерное стекло, *8*—питательный клапан, *9*—продувательный клапан, *10*—предохранит. клапан, *12*—подогреватель, *14*—клапан для впуска первичного пара и *15*—клапан для выпуска вторичного пара. Холодильник (фиг. 13) состоит из нескольких бронзовых луженых тарелок *a*, положенных одна на другую. Сверху тарелок наложена крышка, к-рая прижимает их к основанию холодильника при помощи стяжных болтов. Каждая



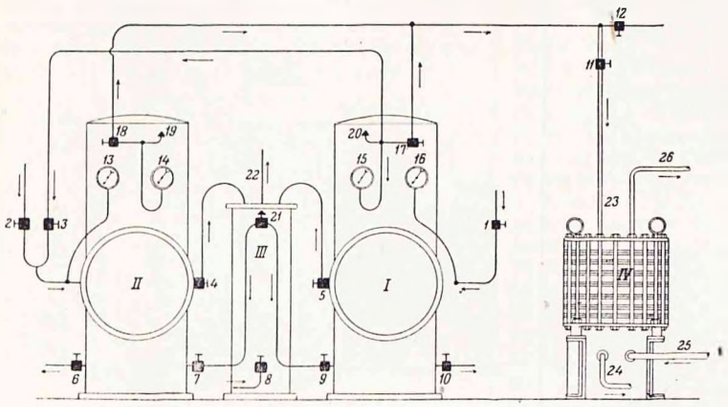
Фиг. 12.

тарелка имеет горизонтальную перегородку и ряд концентрич. вертикальных ребер, из к-рых ребра *5* и *6* и радиальное ребро *10* одинаковой высоты с тарелкой, а остальные ребра *7*, *8* и *9* несколько меньшей высоты. В каждой тарелке имеются сквозные каналы *1*, *2*, *3* и *4*, снабженные попеременно окнами выше и ниже перегородки. Между каждой парой тарелок проложен лист красной меди, в котором прорезано по два отверстия поочередно: или против каналов *1* и *4* или против каналов *2* и *3*. Т. о. в каждой тарелке образуются две камеры. По верхним камерам циркулирует сверху вниз охлаждаемый вторичный пар, по нижним камерам снизу вверх—охлаждающая забортная вода. В каждой тарелке циркуляция происходит, как показано стрелками на верхнем чертеже. Пар поступает через окно из канала *1* и уходит в канал *3*. Отсюда пар переходит через отверстие в медном листе в верхнюю камеру след. тарелки и т. д.



Фиг. 13.

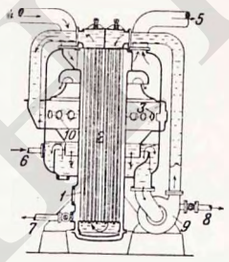
О. (испаритель) двойного действия сист. Круга (фиг. 14) состоит из двух рядом установленных испарителей *I* и *II*, подогревателя *III*, холодильника *IV*. Действие его следующее. Специально установленной питательной донкой из-за борта соленая вода накачивается через клапан *8* в подогреватель, а оттуда через клапаны *7* и *9* в испарители *I* и *II*. Затем через клапан *1* пускают свежий котельный пар (или отработанный из машин) в змеевик испарителя *I*. Первичный пар, проходя через змеевик, кипятит морскую воду; получаемый в испарителе пар (вторичный) проходит через клапаны *17* и *3* в змеевик второго испарителя и кипятит воду в испарителе *II*; полученный пар (третичный) уходит через клапаны *18* и *12* в главный холодильник для пополнения котельной воды, или через клапаны *18* и *11* в холодильник *IV* для питьевой воды. Отработанный пар из змеевиков испарителей *I* и *II*, через клапаны *4*, *5* идет в подогреватель, где отдает теплоту питательной воде, после чего он уходит по трубе *22* в главный холодильник для пополнения котельной воды. При работе испарителей на питьевую воду через холодильник *IV* специально установленной донкой (циркуляционной) прокачивается забортная вода по трубе *25*, *26* для охлаждения пара, идущего от испарителей по трубе *23* и конденсирующегося и вытекающего по трубе *24* самотеком в питьевую цистерну. Испарители двойного действия имеют переводные клапаны, при помощи к-рых можно превратить в два испарителя простого действия; при этом испаритель *II* обогревается первичным паром через клапан *2*. Это бывает необходимо, когда один из испарителей чистится или когда желательно увеличить производительность прибора. О. снабжен манометром для первичного (*13* и *16*) и вторичного (*14* и *15*) пара, предохранительными клапанами *19*, *20*, *21* и продувательными клапанами *6* и *10*.



Фиг. 14.

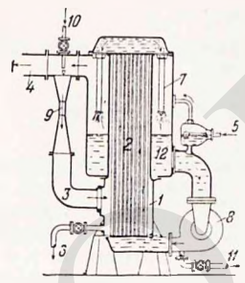
Управление О. (испарителями). 1) Равномерно поддерживают давление вторичного пара, иначе произойдет увлечение соленой воды вместе с паром. 2) В испарителе поддерживают давление 0,5—0,8 *кг/см²* вторичного пара, а в О. 0,2—0,5 *кг/см²*. 3) Периодически открывают кран манометра в атмосферу и удостоверяются в сухости пара. 4) Уровень рабочей воды в испарителях поддерживают не выше $^1/_2$ водомерного стекла. 5) Питание д. б. равномерным. 6) При продувании через нижний кран питание следует прекращать на это время. 7) Один раз в вахту (через 6 час.) прекращают питание, продувают испаритель начисто, не закрывая нагревающего пара, а затем подпитывают его водой. От быстрого охлаждения змеевика металл его сокращается, и накипь отскакивает с поверхности трубок. 8) После нескольких суток (от 3 до 5) работы испарителя его надо чистить. Для этого открывают крышку, вынимают змеевики и околачивают ручником накипь. Производительность морских О. (испарителей): 1) при работе паром от вспомогательных механизмов при давлении 1,6 *atm*, производительность 150 *m* в сутки (4 шт.); 2) при работе двукратного действия при давлении 10 *atm*, производительность ~ 200 *m* в сутки (2 шт.); 3) при работе однократного действия свежим паром при давлении до 6 *atm*, производительность одного испарителя до 125 *m* в сутки.

Испаритель низкого давления системы «Скам-Контрафло», работающий отработанным паром, изображен на фиг. 15. Камера подогрева *1* состоит из чугунного корпуса и вынимающегося пучка трубок *2*, легко доступного для чистки. Трубки латунные большого диаметра развальцованы в трубных досках, из которых одна подвижная. Способ действия этого испарителя следующий. Специальным насосом через трубку *6* рабочая вода подается в нижнюю камеру испарения, откуда циркуляционный насос *9* прогоняет эту воду через трубки *2* перегревателя. Из последнего вода под давлением, создаваемым насосом, через разбрызгивающие сопла *10* поступает в среднюю часть камеры испарения *3*. Т. к. *t°* распыливаемой воды выше *t°* окружающей среды, то по мере выхода воды из сопел происходит быстрое испарение части воды. Неиспаренная вода стекает в нижнюю часть камеры, откуда снова забирается насосом для повторного совершения того же цикла. Подача добавочной воды регулируется автоматич. поплавком питателя, который поддерживает постоянный уровень в камере испарения. Через отводную трубу *7* в нагнетательной трубе насоса производится постоянная продувка с целью понижения концентрации солей в испаряемой воде. Первичный пар в испарителе поступает по



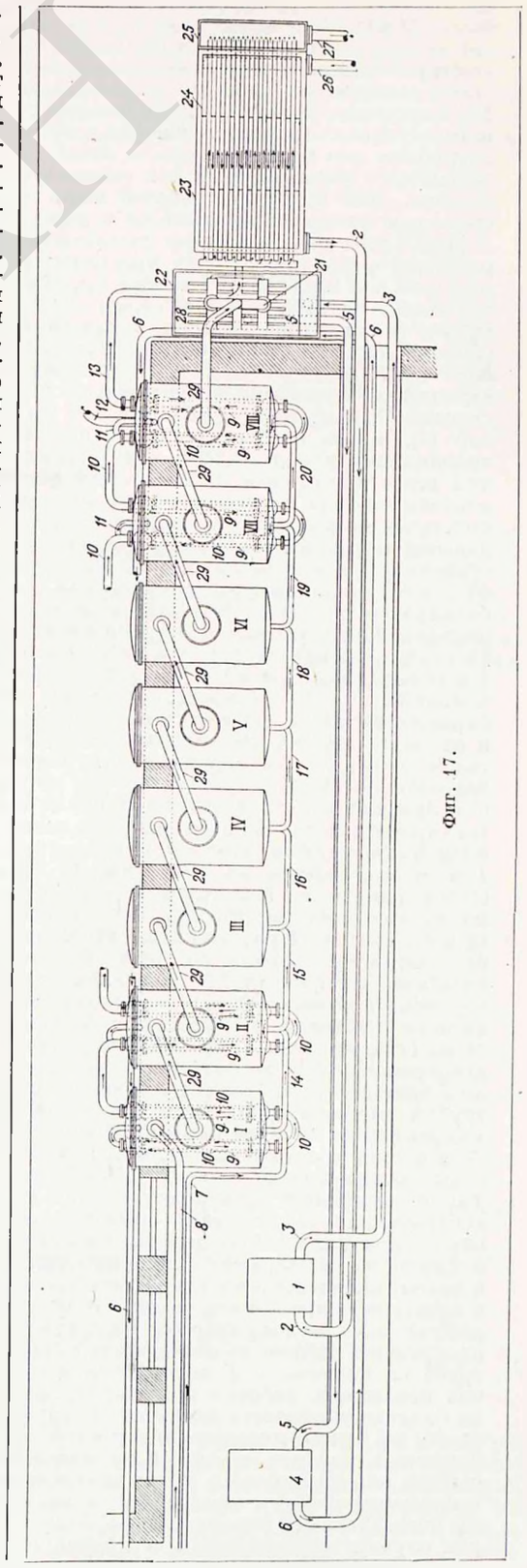
Фиг. 15.

трубе *4* в подогреватель; сконденсировавшийся первичный пар уходит по трубке *7*. Вторичный пар из камеры испарения *3*, очищаясь от воды через отделители, уходит по трубе *5*. По утверждению фирмы, при описанной конструкции возможность образования отложений в трубках является маловероятной вследствие довольно значительных скоростей воды в трубках и отсутствия в них парообразования, чему препятствует давление, создаваемое насосом. Т. о. соли остаются в растворенном состоянии до распыливания воды в камере испарения. Здесь соли выделяются и оседают на дно камеры. Для удаления отложений из камеры испарения делается специальный люк. Испаритель, показанный на фиг. 16, служит для работы отработанным и свежим паром. Такой испаритель применяется в том случае, когда отработанного пара нехватает, а осуществить отбор пара от промежуточной ступени турбины не представляется возможным, почему приходится прибегать к использованию для испарителя свежего пара. Этот испаритель отличается только добавлением регенеративного парового компрессора, который использует энергию расширяющегося в сопле свежего пара для поднятия *t°* части вторичного пара путем сжатия. Т. о. последний становится способным испарять воду, конденсируясь в обогревающей камере. Это приводит к значительному сокращению количества потребного свежего пара. Действие испарителя, схематически изображенного на фиг. 16, следующее. По трубке *10* пускается свежий пар, к-рый захватывает за собою часть вторичного пара, сжимает его в сопле *9* и, повысив т. о. *t°* вторичного пара, поступает вместе с ним в камеру подогрева *1*, где конденсируется и уходит по трубке *6*. Рабочая вода специальным насосом по трубке *5* через автоматич. питатель идет в камеру испарения *12*, откуда забирается циркуляционным насосом *8*, перекачивается в нижнюю часть трубок *2*, поднимается, нагреваясь, вверх по трубкам и выбрызгивается через специальные сопла *7* в камеру испарения *12*. Пар из камеры испарения уходит по трубе *4*, причем часть его увлекается первичным паром, как описано выше; неиспарившаяся вода остается в камере испарения. По трубе *11* производится продувание рассола. Такой испаритель при работе отработавшим паром давлением 1,7 *кг/см²* при *t°* 350° испаряет ок. 5 000 *кг/ч*.



Фиг. 16.

В качестве многокорпусного О. на фиг. 17 изображен О. сист. з-да Артур Коппель, восьмикратного действия, работающий морской водой и предназначенный для получения питьевой воды. Такие испарители были установлены в 1909—10 г. в крепости Керчь и в 1914—15 г. в крепости Свеаборг—производительности до 100 *m* в сутки. О. состоит из 8 шт. испарителей *I*—*VIII*, в которых



Фиг. 17.

имеются медные луженые пустотелые пластины, служащие в качестве змеевиков (в каждом испарителе по 10 шт.), через к-рые проходит рабочий пар; между пластинами находится испаряемая (рабочая) морская вода. Все внутренние полости медных пластин одного корпуса соединяются наверху с общим патрубком для рабочего пара, а внизу сообщаются с общей трубкой для отвода конденсата. Для подогрева рабочей воды посредством сконденсировавшегося в каждом корпусе пара под корпусами расположены регенераторные трубы *9*, по к-рым циркулирует рабочая вода. В этих трубах проложены медные трубки *10*, по которым циркулирует сконденсировавшийся в пластинах рабочий пар. Для конденсации девятиричного пара испарителя *VIII* установлен верхний холодильник *22* с пустотелыми пластинами *28* (соединен с испарителем трубой *13*): кроме него имеется еще нижний холодильник *23*, служащий для охлаждения всего дистиллата. В нем также установлены медные пластины *24*, по которым протекает дистиллат, а противоположно движению дистиллата, между пластинами, протекает рабочая морская вода по трубе *26* и *2*. Специальным насосом морская (рабочая) вода по трубе *26* подается в холодильник *23* и, проходя между пластинами *24*, по трубе *2* идет к циркулярному насосу *1* и гонится насосом по трубе *3* в верхний холодильник *22*. Из последнего вода забирается питательным насосом *4* по трубе *5* и затем по трубе *6* прогоняется последовательно через все регенераторные трубки и, нагретая до 95—97°, нагнетается по трубе *6'* в паровой котел (на фигуре не показан). Из парового котла рабочая вода под давлением 6 *atm* идет по трубе *7* в испаритель *I* и вбрызгивается на пластины. В пластины испарителя *I* по трубе *8* из парового котла поступает свежий пар. Испарившаяся в испарителе *I* рабочая вода (вторичный пар) через сухопарник по трубе *29* идет в пластины испарителя *II*. Давление в испарителе *I* выше, чем во *II*, поэтому вода из него самотеком перепускается по трубе *14* во *II* испаритель. Первичный пар, сконденсировавшийся в пластинах испарителя *I* идет по трубе *11* через все внутренние трубки регенераторов, через пластины *24* холодильника и через коробку *25* по трубе *27* в общий сборник дистиллата (питьевой воды), отдавая свою теплоту рабочей воде. Такой же процесс происходит в остальных испарителях. Полученный девятиричный пар испарителя *VIII* по трубам *29* и *21* идет в пластины *28* верхнего холодильника *22* и затем, сконденсировавшись, смешивается с остальной опресненной водой. В период работы рабочая вода (рассол) беспрерывно продувается только из испарителя *VIII* по трубе *12*; начиная с *I* испарителя и кончая последним, рабочая вода перепускается, благодаря разности давлений, по трубам *14—20* из одного испарителя в другой, испаряясь в каждом из них. Следовательно свежий пар из парового котла идет только в пластины первого испарителя, а каждому последующему испарителю рабочим паром служит испарившийся в предыдущем испарителе. При этой схеме потеря теплоты происходит только от продувания рассола из испарителя *VIII* и через лучеиспускание всех трубопроводов и аппаратов.

Расчет поверхности змеевика испарителя. Обозначим через F — поверхность змеевика в $м^2$, t_1—темп-ру первичного пара, t_2—темп-ру воды, окружающей змеевик. Тогда количество тепла Q в Cal, воспринятое водой испарителя в час, будет равно:

$$Q = \varkappa F(t_1 - t_2),$$

где $\varkappa$ есть коэф. теплопередачи стенки змеевика; $\varkappa$ выражается:

$$\varkappa = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{\delta}{\lambda}} \text{ Cal}/м^2 \text{ час °C},$$

где a_1—коэф. теплопередачи стороны стенки, соприкасающейся с паром, a_2 — то же, но соприкасающейся с водой, δ—толщина стенки в $м$ и λ—коэф. теплопроводности материала стенки в Cal $м$ $м^2$ час °C. Темп-ры t_1 и t_2 практически можно считать постоянными. Обычно толщина стенок змеевика $\delta \leqslant 2$ $мм$. Змеевики изготовляются из меди, для которой $\lambda = 330$. Следовательно

$$\frac{\delta}{\lambda} = \frac{0{,}002}{330} = 0{,}00000605.$$

Величина $\frac{1}{a_2}$, как показали опыты, изменяется в испарителях от $\frac{1}{500}$ до $\frac{1}{6\,000}$. Что же касается $\frac{1}{a_1}$, то эта величина в испарителях пренебрежительно мала, ибо она колеблется от $\frac{1}{10\,000}$ (для малых скоростей пара) до $\frac{1}{50\,000}$ (больших скоростей пара). Т. к. величина $\frac{\delta}{\lambda} = 0{,}00000605$ составляет лишь 3,6% от наименьшего значения $\frac{1}{a_2}$, то практически можно пренебречь и $\frac{\delta}{\lambda}$, полагая

$$\varkappa = \frac{1}{\frac{1}{a_2}} = a_2.$$

Итак коэф. $\varkappa$ колеблется для испарителей от 500 до 6 000. На величину $\varkappa$ влияет условие циркуляции воды в аппарате. Чем хуже циркуляция, тем меньше и $\varkappa$. Когда же поверхность змеевика покрывается слоем накипи, то коэф. $\varkappa$ уменьшается значительно. Напр. при толщине слоя накипи ($\lambda = 1{,}5 \div 1{,}6$) 2,5 $мм$, пренебрегая лишь членом $\frac{1}{a_1}$, получим, что $\varkappa$ колеблется между

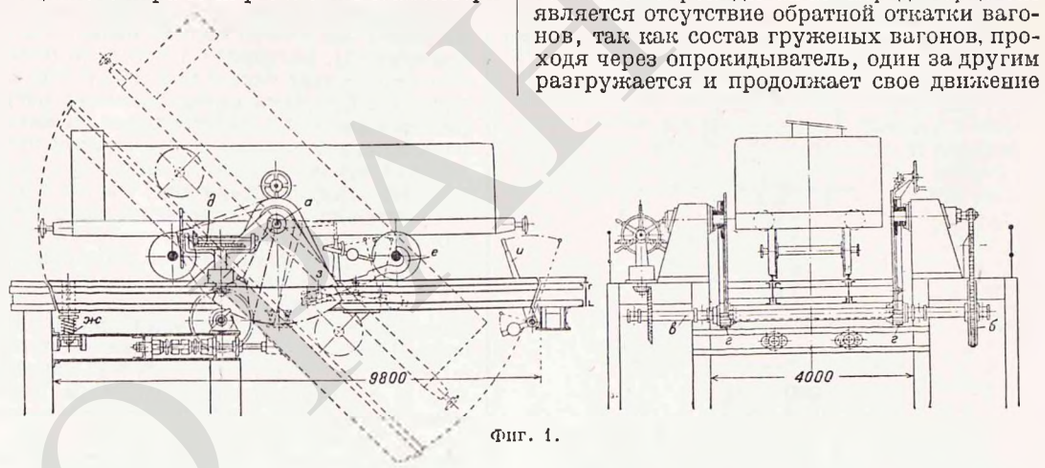
$$\frac{1}{\frac{0{,}0025}{1{,}6} + \frac{1}{500}} = 280 \text{ и } \frac{1}{\frac{0{,}0025}{1{,}5} + \frac{1}{6\,000}} = 545.$$

Отсюда видно, как сильно понижается производительность испарителя под влиянием накипи. Если через G обозначить часовую производительность испарителя в $кг$, то количество теплоты, воспринятое испарившейся за час водой испарителя, будет равно:

$$Q = G\,[606{,}5 + 0{,}305\,t' - t_0 + E\,(t' - t_0)],$$

где t'—темп-ра вторичного пара, t_0—темп-ра питательной воды испарителя, E—количество продуваемой воды на 1 $кг$ вторичного пара, $(606{,}5 + 0{,}305\ t)$—теплота, потребная

(по Реньо) для образования при постоянном давлении из одного $кг$ воды темп-ры 0° насыщенного пара темп-ры t. Учитывая потери



Фиг. 1.

на лучеиспускание и влажность первичного пара, увеличим Q на 5% и будем считать, что змеевик должен выделить за час $Q = 1{,}05$ Q Cal. Тогда потребная поверхность змеевика в $м^2$ F определится по ф-ле:

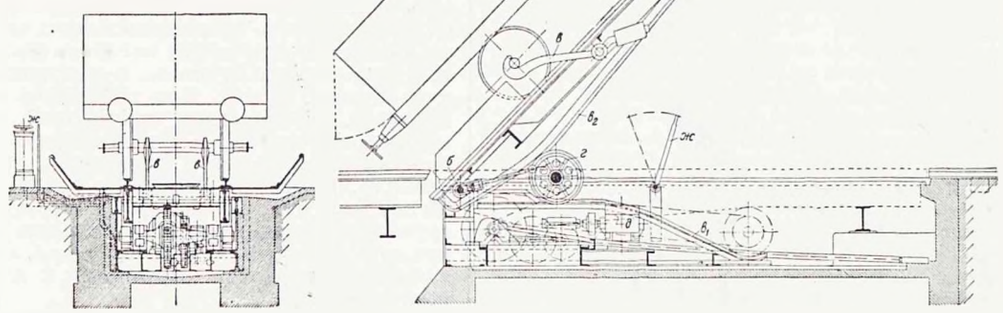
$$F = \frac{Q_1}{\varkappa(t - t')},$$

где t—темп-ра первичного пара при входе в змеевик.

Лит.: Сурвило В. Л., Судовые вспомогательные механизмы. Холодильные машины и водоопреснительные аппараты, П., 1924; Макеев В. Н., Конденсационные устройства паросиловых установок, М., 1930; Деркаченко И. В., Судовые механизмы, Кронштадт, 1915; Шкроб М. С., Питание котлов высокого давления, пер. с нем., М., 1930; «Die Wärme», B., 1928, Jg. 51, *30*.

М. Фадеев.

ОПРОКИДЫВАТЕЛИ вагонные, устройства для разгрузки ж.-д. полувагонов обыкновенной конструкции, с неподвижными кузовами, путем опрокидывания всего вагона вокруг оси параллельной или перпендикулярной его длине, в зависимости от чего и само опрокидывание носит название бокового или

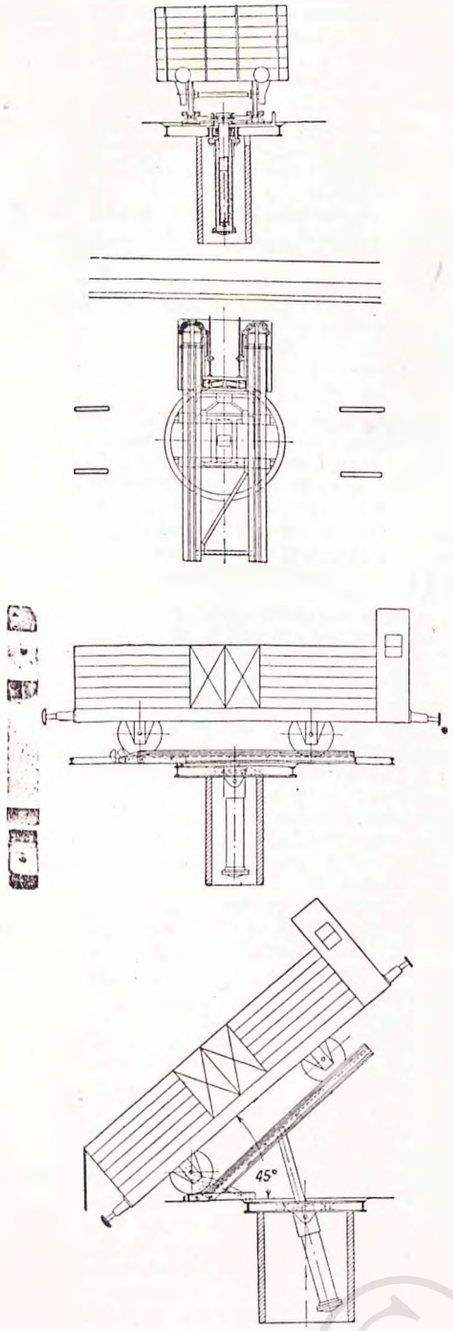


Фиг. 2.

торцового. Боковое опрокидывание применяется в тех случаях, когда вагоны имеют глухие (неоткидные) торцовые стенки, а дверцы устроены только в боковых стенках. Такой конструкции полувагоны имеются во Франции, Италии, Бельгии и Венгрии, где именно эта система опрокидывания имеет место. Преимуществом бокового опрокидывания перед торцовым является отсутствие обратной откатки вагонов, так как состав груженых вагонов, проходя через опрокидыватель, один за другим разгружается и продолжает свое движение дальше. Крупным недостатком этого способа является выливание масла из буксовых коробок при углах наклона, бо́льших 30°, почему он применяется главн. обр. на ж. д., имеющих вагоны с твердой смазкой; кроме того необходимость каждый раз подпирать вагон для предупреждения схода его с рельсов значительно замедляет разгрузку.

При торцовом опрокидывании иногда приходится подводить вагоны к вагонному О. по одному через специальный путь, а после разгрузки откатывать их по другому пути, пропуская их в обоих направлениях через поворотный круг, что очень

замедляет операцию выгрузки, а поэтому в наиболее совершенных конструкциях О. этого типа вагон после разгрузки продолжает движение по прежнему направлению. При торцовом опрокидывании вагон обычно

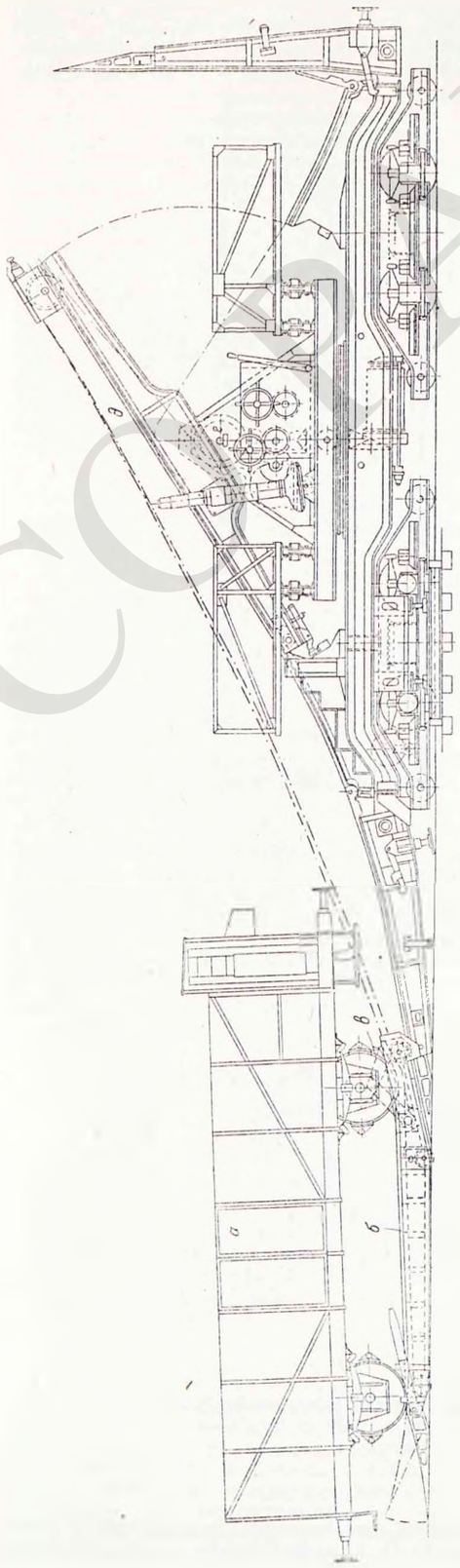


Фиг. 3.

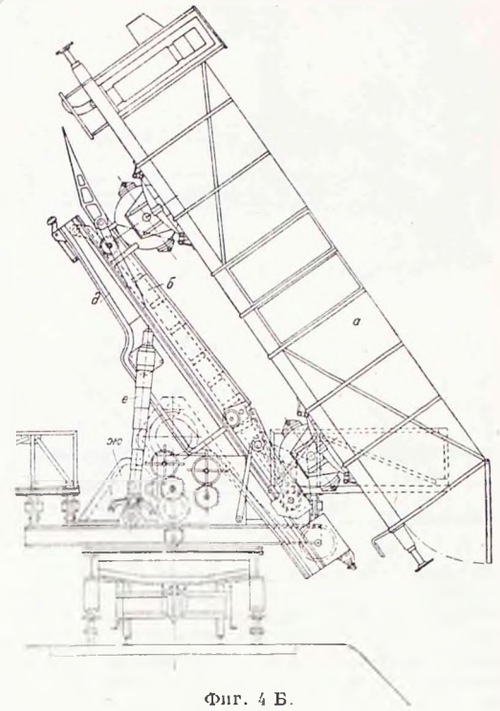
удерживается от скатывания помощью крюка, накидываемого на одну из осей. О., действующий силой тяжести самого вагона; устройство см. фиг. 1; ц. т. вагона лежит настолько впереди центра вращения *а* всего О., что при груженом вагоне общий ц. т. лежит также впереди и опрокидывание происходит без затраты внешней энергии. При опорожнении вагона ц. т. всей системы перемещается настолько сильно назад, что возвращение О. вагонного в исходное положение происходит также под действием силы тяжести. Скорость опрокидывания регулируется тормозом *б*, действующим на вал *в* передачи, на к-ром сидят шестерни *гг*, сцепляющиеся с зубчатыми секторами, скрепленными с телом опрокидывателя. На тот случай, когда веса вагона оказывается недостаточно для преодоления всех сопротивлений, устроена вспомогательная ручная передача *д*. От скатывания при опрокидывании вагон удерживается крюком *е*; буферы *эс* и *з* принимают на себя удары корпуса О. во время работы. Рычаг *и* служит для закрепления О. в горизонтальном положении при накатывании и откатке вагонов. Главным неудобством этой системы О. вагонного является весьма низкое положение вагона при опрокидывании, что обусловливает глубокую приемную яму, а следовательно значительную первоначальную стоимость всей установки. Подобная установка стоит 10—12 тыс. зол. руб. (по герм. данным), к чему присоединяется стоимость ямы, составляющая в зависимости от почвенных условий 10—20 тыс. зол. руб., обслуживающий персонал—машинист и два подручных рабочих, производительность этого О. равна ~ 150 *т/ч*.

От недостатков описанной системы свободны О. вагонные с платформой, поворачивающейся вокруг оси, лежащей в ее переднем конце. Пример такого О. приведен на фиг. 2; *а*—платформа, вращающаяся вокруг оси *б*; $в_1$ и $в_2$—неподвижные и подвижные криволинейные направляющие, по к-рым катаются две пары роликов *г*, сидящих на общей оси; *д*—мотор, приводящий через посредство лебедки и цепи Галля (закрепленной на оси *б*) в движение ролики *г*; *е*—крюки для удержания вагона во время опрокидывания; *эс*—контроллер мотора и рычаг, отклоняющий при горизонтальном положении платформы крюки для пропуска вагонов. Такой О., снабженный мотором в 17 HP, может производить в час до 5 опрокидываний. Недостатком этой системы является необходимость предварительного поворота на поворотном круге вагонов, снабженных тормозными будками, к-рые подходят к О. будкой вперед. Для избежания этого строят О. с качающейся платформой, опрокидывающей вагоны с любой стороны, или О. комбинированные с поворотным кругом (фиг. 3). Стоимость такого О. равна ~12—15 тыс. зол. руб. вместе с основанием и разгрузочной ямой, производительность м. б. принята равной 6—8 вагонам в час, обслуживающий персонал—механик и 2 подсобных рабочих.

В случае необходимости разгрузки вагона на большей высоте, чем это м. б. достигнуто простым опрокидыванием вокруг оси, лежащей у переднего края платформы, применяют **накатные О.**, у к-рых вагон устанавливается на особой тележке и затем подтягивается по наклонной плоскости до требуемой высоты, после чего открывают торцовую дверку вагона и содержимое высыпается. Накатный О. передвижного типа изображен на фиг. 4. Вагон *а* устанавливается на тележке *б* и закрепляется на ней щипцами *в*, захватывающими его переднюю ось. Затем тележка с вагоном при посредстве лебедки *г* втаскивается на наклонную платформу *д*, к-рую затем поворачивают на сторону и опоражнивают вагон, откидывая его торцовую стенку и наклоняя платформы при посредстве телескопич. шпинделя *е*, приводимого



Фиг. 4 А.

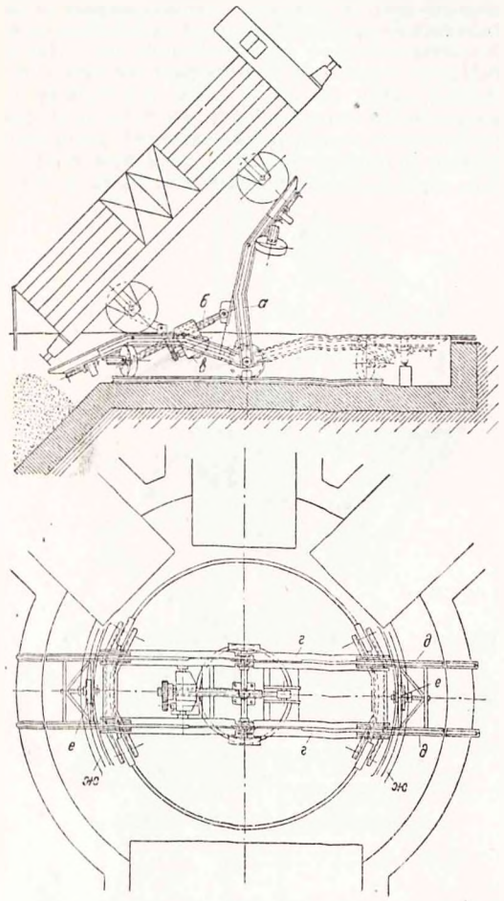


Фиг. 4 Б.

в движение через ряд передач от главного мотора лебедки *эс*. Опрокидывание м. б. произведено на обе стороны ж.-д. пути как путем поворота всей верхней части О. при посредстве поворотного механизма, так и путем наклонения платформы в ту или другую сторону (фиг. 4 А), что позволяет разгружать вагоны с тормозной будкой (фиг. 4 А и 4 Б) при любом положении последней; после опрокидывания поворотная часть поворачивается на 180° и вагон скатывается с противоположной стороны О. Основными недостатками О. этого типа является их значительный вес и большая начальная стоимость. Производительность этого рода установки при затрате на один цикл 4—5 мин. составляет 120—150 *т* угля в час. Обслуживающий персонал состоит из одного механика и 1—2 рабочих. Стоимость сооружения с самостоятельным двигателем ок. 40—50 тыс. руб. (по герм. данным)

Кроме описанных типов в последнее время получили распространение О. «ножничного» типа (Scherenkipper), изображенные на фиг. 5, к-рые легко м. б. сочетаемы с поворотным кругом. Опрокидывание производится поворотом одной половины моста *а* при помощи винтового шпинделя *б*, гайка

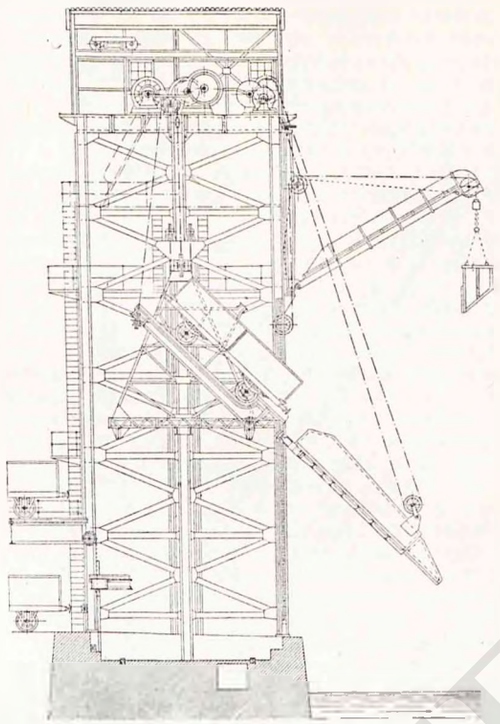
которого приводится в движение мотором *в*, укрепленным в поворотной люльке; средние



Фиг. 5.

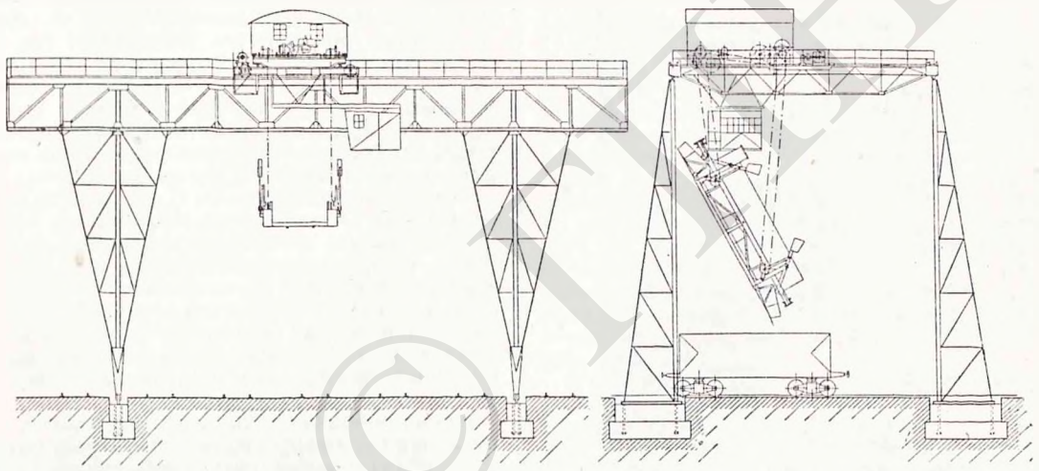
части балок *г*,*г* состоят из двух листов, заходящих один за другой и образующих при

Концевые части балок *д*, *д* устроены вращающимися для облегчения последней стадии опрокидывания и для пропуска частей вагона при наклонении его; при горизонталь-



Фиг. 7.

ном положении балок и при мосте, направленном вдоль пути, они поддерживаются катками *е*, *е*, катающимися по коротким кольцеобразным рельсам *эс*, *эс*. При необходимости перегрузки из одних ж.-д. вагонов в другие или в суда применяют иногда О., у которых платформа вместе со стоящим на ней вагоном поднимается и затем опроки-

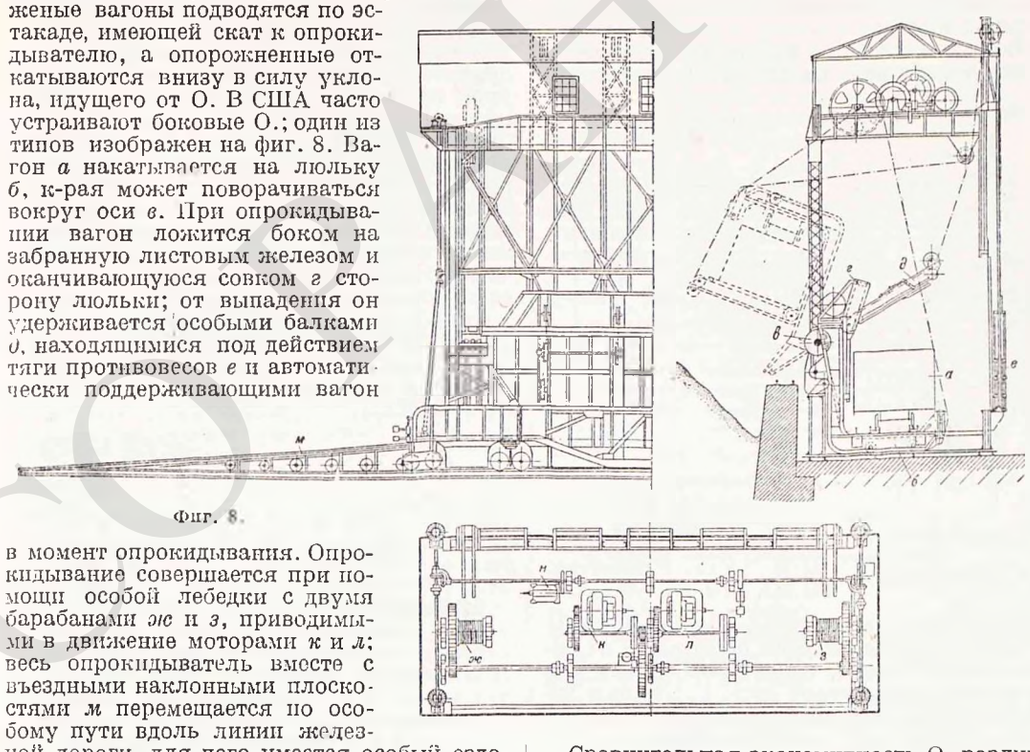


Фиг. 6.

горизонтальном положении обоих балок верхними кромками продолжение рельса.

дывается при помощи подъемных канатов (фиг. 6). О. для перегрузки суда, работаю-

щий по этому способу и замечательный своей громадной производительностью (40—50 вагонов в час), изображен на фиг. 7; груженые вагоны подводятся по эстакаде, имеющей скат к опрокидывателю, а опорожненные откатываются внизу в силу уклона, идущего от О. В США часто устраивают боковые О.; один из типов изображен на фиг. 8. Вагон *а* накатывается на люльку *б*, к-рая может поворачиваться вокруг оси *в*. При опрокидывании вагон ложится боком на забранную листовым железом и оканчивающуюся совком *г* сторону люльки; от выпадения он удерживается особыми балками *д*, находящимися под действием тяги противовесов *е* и автоматически поддерживающими вагон

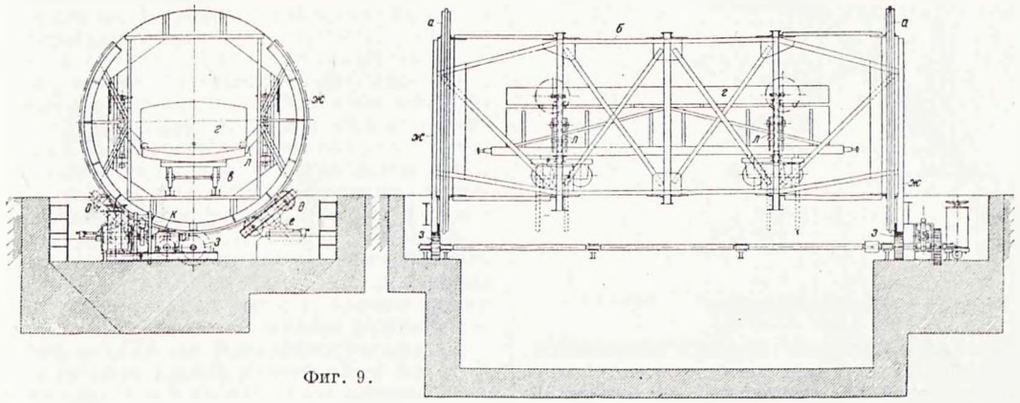


Фиг. 8.

в момент опрокидывания. Опрокидывание совершается при помощи особой лебедки с двумя барабанами *жс* и *з*, приводимыми в движение моторами *к* и *л*; весь опрокидыватель вместе с въездными наклонными плоскостями *м* перемещается по особому пути вдоль линии железной дороги, для чего имеется особый ездовой мотор *и*. Другой тип бокового О. изображен на фиг. 9. В главных чертах этот О. состоит из двух круговых рам *а*, *а*, между к-рыми на фермах *б* проложен участок рельсового пути *в*, служащий для установки опрокидываемого вагона *г*. Рамы опираются на ролики *д*, установленные для равномерного распределения усилий на поворотные

вячную передачу и винт. Производительность такого О. при моторе мощностью в 50 HP достигает обычно 10—15 вагонов в час.

Сравнительная экономичность О. различных систем видна из фиг. 10, на к-рой по логарифмич. сетке нанесены кривые стоимости (в зол. коп.) разгрузки 10 *т* в ф-ии годовой загруженности опрокидывателя. Кривая *1* относится к работе бокового опрокидывателя простейшей конструкции, кривая *2*—к торцовому О., изображенному на фиг. 1, кривая *3*—к опрокидывателю на по-



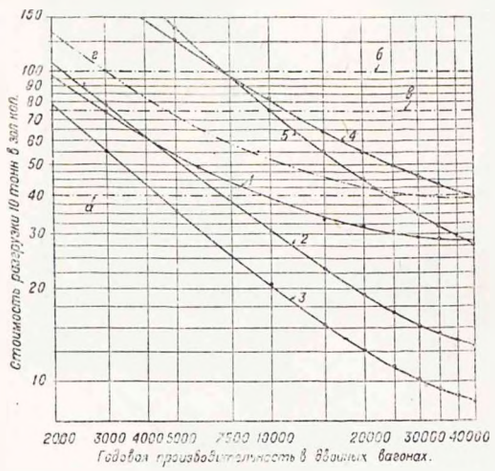
Фиг. 9.

устои *в*. Опрокидывание совершается вращением всей системы при помощи сцепляющихся с зубчатыми венцами *жс* шестеренок *з*, приводимых в движение через передачу от мотора *к*. Вагон удерживается от выпадения при переворачивании посредством подвижных упоров *л*, приводимых в действие вручную от маховичка через чер-

воротном круге (фиг. 3), кривая *4*—к перегрузке из ж.-д. вагонов в суда при помощи О., изображенного на фиг. 7, *5*—к перегрузке из одного ж.-д. вагона в другой (или из ж.-д. вагона в автомобиль) при помощи стационарного накатного вагонного опрокидывателя. Для сравнения приведены прямые *а*, *б* и *в*, изображающие стоимость ручной ра-

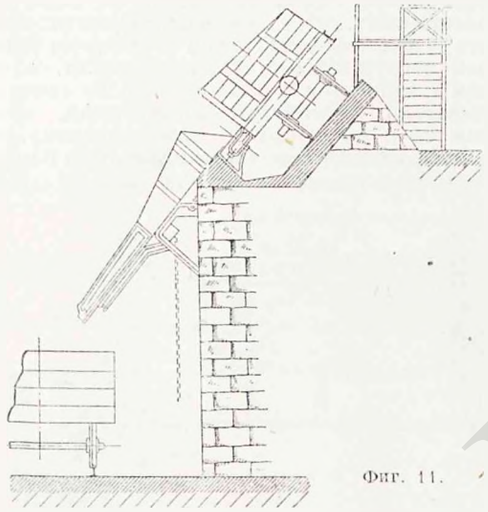
боты для разгрузки ж.-д. вагонов (*а*), перегрузки из ж.-д. вагонов в суда (*б*) или другие ж.-д. вагоны (*в*), и кривая *г* стоимости разгрузки вагонов при помощи грейферных кранов.

В виду неудобства работы О.. связанного с необходимостью расцеплять и выгружать



Фиг. 10.

вагоны по одиночке. следует упомянуть еще о весьма простом способе перегрузки на перекошенной колее, запроектированном для выгрузки марганцевой руды из вагонов узкой в вагоны широкой колеи (на ст. Шоропань ЗКВ ж. д.), заслуживающем особого внимания как по простоте конструкции, де-



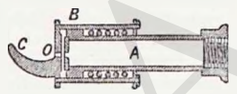
Фиг. 11.

шевизне, отсутствию нежных механизмов, так и по полной возможности довести простои вагонов под разгрузкой до минимума, а самое главное—по возможности применять этот способ при существующем типе вагонов без каких-либо существенных конструктивных изменений. Подлежащий перегрузке поезд (в данном случае в 25 открытых платформ) при помощи кабестана заводят на эстакаду, причем вагоны постепенно получают необходимый для полной выгрузки руды наклон (фиг. 11). Чтобы не было опрокидывания вагонов при прохождении их по перекошенному пути, они боковыми швеллерами опираются на ролики, прикрепленные к рельсовым стойкам, установленным с одной стороны эстакады на расстоянии 1 *м* друг от друга. Во избежание высыпания руды из вагонов при наклоне их. к бортам вагонов приделывают на высоту 250 *мм* откидные борты из досок. После установления вагонов на эстакаде с помощью системы рычагов, имеющихся на каждом вагоне, открывают левые борты и все содержимое вагонов ссыпается по железным лоткам в вагоны широкой колеи. После разгрузки вагонов поезд тем же кабестаном вытягивают обратно.

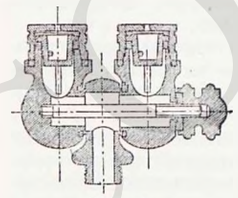
Лит.: Образцов В. Н., Основные данные для проектирования железнодорожн. станций, стр. 209—211, М.—Л., 1929; Лященицкий В. Е., Перегрузочные и складочные устройства на ж.-д. транспорте, стр. 267—279, Москва, 1930; Aumund H., Hebe- und Förderanlagen, B. 2, Anordnung und Verwendung für Sonderzwecke, p. 128—164, Berlin, 1926; Müller H. R., Transporteinrichtungen, Leipzig, 1926; «W—S—M Car Dumpers», Cleveland, 1920, Bulletin *49*; «The W—S—M Revolwing Car Dumper», Cleveland, 1924, Bulletin *83*; Pohlig J., Köln A. S., Katalog Wagenkipper; «Zeitschrift d. VDI», 1920, p. 738. 789; «ETZ», 1923, p. 497; «Engineering News», 1920, *1*, p. 759; 1921, *1*, p. 508, 1922, *1*, p. 407; 1923, *1*, p. 1105; «Fordertechnik», Wittenberg, 1912, p. 133, 1914, p. 133, 176, 189, 1916, p. 171, 178, 185, 1920, p. 238, 252, 1921, p. 171, 186, 205, 224, 1922, p. 84.

ОПРЫСКИВАНИЕ, метод борьбы с вредителями и болезнями растений. Для О. жидкостями (в распыленном состоянии), в состав которых входят *инсектициды* (см.) и *фунгициды* (см.), применяют специальные аппараты—опрыскиватели (пульверизаторы). От опрыскивателей требуется, чтобы они давали достаточно сильную, широкую и далеко бьющую струю и одновременно с этим чтобы жидкость в струе была мелкораздробленной и оседала на опрыскиваемые растения в виде водяной пыли или мелкой росы. Грубый распыл ядовитой жидкости вызывает на листьях растений ожоги, неравномерное распределение по растениям яда и кроме того вызывает стекание жидкости с растений (непроизводительный расход материалов). Конструкция, способы действия и производительность изготовляемых в настоящее время опрыскивателей весьма разнообразны, но в любом таком аппарате имеются следующие основные части: 1) резервуар для вмещения жидкости; 2) насос, при помощи которого создается нужное давление жидкости; 3) воздушный колпак—помещение, из которого жидкость выбрасывается под постоянным и непрерывным давлением сжатого воздуха; 4) наконечник, или распылитель, разбивающий выходящую под давлением струю на мельчайшие брызги.

Весьма существенной частью, от работы которой в значительной мере зависит успех О., является наконечник. По принципу устройства и действия наиболее распространенные наконечники м. б. разбиты на следующие группы: 1) наконечники, в которых выходящая струя, уже пройдя через выходные отверстия, разбивается о подставленную в виде пластинки преграду, напр. наконечник «Вигуру» (фиг. 1, где *A*—трубка *B*—пробка, *O*—отверстие в ней, *C*—отражательная пластинка); 2) наконечники, в к-рых выходящая струя разбивается о края отверстия; 3) цикловые наконечники, в к-рых выходящей струе придается сильное вращательное движение (фиг. 2). Очень тонкий распыл жидкости требуется при О. кишечными инсектицидами, когда необходимо равномерно и экономно покрыть ядом поверхность растений, к-рыми питаются грызущие насекомые. В этом случае лучше отвечают требованиям наконечники третьей группы. Менее тонкий распыл допускается при О. контактными инсектицидами, когда от менее пылеобразной струи требуется большая сила. Этому требованию отвечают наконечники первых двух групп; эти же наконечники употребляются при О. плодовых деревьев известковым молоком или жидкой глиной. Второй существенной частью является насос. Насосом в опрыскивателях или перекачивают жидкость из резервуара в особое герметич. помещение или нагнетают воздух в герметически закрывающийся резервуар, куда заранее налита или накачена жидкость. В соответствии с этим принято различать опрыскиватели с гидравлическим нагнетанием и опрыскиватели с нагнетанием пневматическим.

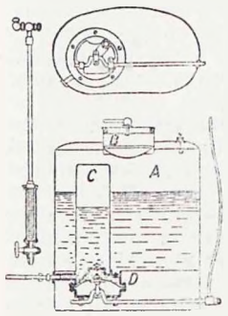


Фиг. 1.

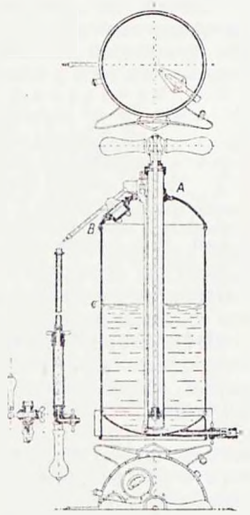


Фиг. 2.

В зависимости от назначения, конструкции, принципа действия, наиболее распространенные опрыскиватели можно подразделить на следующие группы: 1) опрыскиватели универсальные (малой мощности); 2) батарейные (средней мощности); 3) садовые (средней и большой мощности); 4) конные опрыскиватели (полевые и садово-виноградные) и 5) моторные.

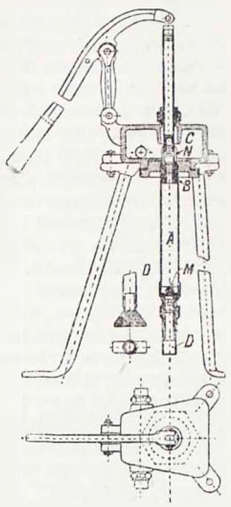


Фиг. 3.

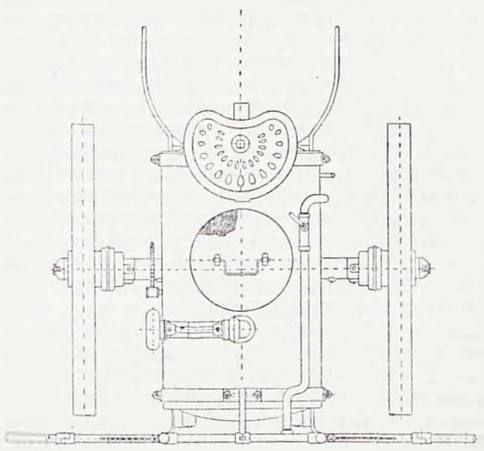


Фиг. 4.

1) Универсальные опрыскиватели. Из аппаратов гидравлич. действия сюда относятся: а) шприцы, или спрыски, с поршневым насосом и прерывистой струей—применяются в оранжереях и небольших цветниках; б) гидропульты—небольшие, поршневого действия насосы, насасывающие жидкость из ведра или кадушки; употребляются в оранжереях, цветниках и небольших садах; в) ранцевые опрыскиватели с поршневым насосом, распространенные в Америке, и с диафрагмовым насосом, распространенные в СССР; производительность $^3/_4$—1 *га* поля в рабочий день. К наиболее распространенным диафрагмовым опрыскивателям относятся «Эклер» (фиг. 3, где *A*—резервуар, *B*—горловина, *C*—воздушный колпак, *D*—диафрагмовый насос). Из пневматических наиболее распространены ранцевые пневматики: «Автомакс» емкостью в 11 и 22 *л* (фиг. 4, где *A*—отверстие для насоса и *B*—отверстие для наполнения), «Помонакс», отличающиеся отсутствием отдельного люка для вливания жидкости, которую вливают в резервуар после вывинчивания из резервуара воздушного насоса. Рабочее давление в этих опрыскивателях от 4 до 5 *atm*; производительность 1—$^1/_4$ *га* поля в рабочий день. 2) Батарейные опрыскиватели. Принцип их устройства заключается в том, что одним насосом нагнетается целый ряд баллонов-опрыскивателей (т. н. батарея). Сюда относятся: ранцевые, вьючные (укладываемые на спине животных) и тележечные. Рабочее давление в них, в зависимости от конструкции, от 4 до 15 *atm*. 3) Садовые опрыскиватели, переносные и перевозные, средней и большой мощности, гидравлического нагнетания. Сюда относят из наиболее распространенных: «Климакс» (фиг. 5, где *A*—насосный цилиндр, *B*—пор-



Фиг. 5.



Фиг. 6.

шень, *C*—воздушный клапан, *D*—приемный рукав, *M* и *N*—клапаны), «Помона» с плунжерным насосом и большой производительностью—до 400 деревьев в день (фиг. 6); отличается прочностью конструкции. 4) Конные опрыскиватели, гидравлического нагнетания, поставленные на двухколесный ход. Насосы (плунжерные и диафрагмовые) приводятся в действие от вращаемой колесами оси и имеют несколько (до 14) наконечников. Применяются главн. обр. на полевых работах, но имеются также конные опрыскиватели для садов и виноградников. Наиболее распространены: «Сапом», с диафрагмовым насосом двойного действия и плунжерные опрыскиватели системы Плятца. Производительность от 10 до 12 *га* в день; рабочее давление 4—6 *atm*. 5) Моторные опрыскиватели особенно большой производительности, приводимые в действие двигателями внутреннего сгорания. Имеются конструкции для полевых, садовых и лесных работ. Строят моторные опрыскиватели, перевозимые животными, и опрыскиватели-самоходы, расходующие жидкость до 20 вд. в минуту. См. также ст. *Вредители в сельском хозяйстве*, *Инсектициды*.

Лит.: Холодковский Н. А., Курс энтомологии теоретической и прикладной, 4 изд., т.1, М.—Л., 1927 (обширная лит.); Дебу К. И., Полевые опрыскиватели и опыливатели, П., 1922; его же, Садовые опрыскиватели, П., 1922; Древновский Г. Г., Садовые опрыскиватели по данным исследования на станции испытания земледельческих машин и орудий Киевского политехнич. ин-та, СПБ, 1913; Хохряков А., Конные опрыскиватели, «Труды Ю.-Русского общества поощрения земледелия и сел. пром.», Киев, 1912 (вып. 2); Уваров Б. П., Выючный опрыскиватель Плятца, «Земледельческая газета», П., 1915, *1*, *2*. **В. Модестов.**

ОПТИКА, в буквальном, древнем смысле, учение о зрении (греч. ὀπτική), но уже с давнего времени слово О. применяется для обозначения учения о свете. Весьма часто ограничивают содержание О. явлениями видимого света или добавляют к последнему ультрафиолетовые лучи; говорят напр. об оптич. спектре, подразумевая видимые и ультрафиолетовые лучи. Такое размежевание по крайней мере в физич. учении о свете не рационально, т. к. всякие границы между световыми спектральными областями неопределенны и условны, наоборот—все виды света, начиная от радиоволн и кончая γ-лучами, естественно объединяются основными признаками в общее целое (см. *Лучи световые*). Поэтому в современной физике область ведения О. простирается на все виды света. Но по практич. соображениям, в виду своеобразия лабораторно-технич. методов и приемов теоретич. рассмотрения в области видимых и ультрафиолетовых лучей, указанное выше ограниченное словоупотребление термина О. также широко распространено. Т. о. слово О. применяется в настоящее время в двух смыслах, широком и узком, причем не существует какого-нибудь определенного соглашения в отношении терминологии.

О. может быть разделена на 4 отдела, являющихся самостоятельными дисциплинами. 1) Физическая О., как показывает название, заключает в себе общее учение о *свете* (см.), его свойствах и законах. 2) Геометрическая О. представляет собою прикладную науку, основанную на несовсем точном положении о прямолинейности распространения света и законах отражения и преломления, объединенных принципом Ферма (см. *Ферма принцип*). В геометрич. О. разбираются вопросы о направлении световых лучей при распространении в преломляющих и отражающих средах и общее учение о получении изображений посредством линз, призм и зеркал (см. *Свет*). 3) Инструментальная О., т. е. учение об оптич. приборах, применяет выводы физич., геометрич., а также физиологич. О. к построению разнообразных оптических инструментов (см. *Оптические приборы*). 4) Физиологическая О. наиболее соответствует буквальному смыслу термина О.; она является учением о зрении и включает в себя анатомию и физиологию органов зрительного восприятия, а также психологич. особенности зрения (см. *Глаз*). Как особая глава физиологич. О., может быть выделено учение о цветах, об их классификации, номенклатуре и способах определения—цветоведение.

Все указанные отделы оптики имеют многочисленные технич. приложения. Значение света в различных областях техники и производства определяется однако в отличие от других физич. агентов не его энергией: ничтожная мощность потока лучистой энергии даже от самых сильных источников света, крайняя неэкономичность его получения и превращений ставит свет на последнее место в производственных энергетич. процессах. Роль О. в производстве определяется не энергетическими, а другими специфич. особенностями светового потока, к-рые нельзя заменить ничем другим (см. *Свет*). Наиболее важными производственными отраслями О. являются светотехника, оптотехника и фототехника, но наряду с этим почти каждое производство пользуется оптич. методами для измерений и анализов и в заводских лабораториях или в самом процессе работы.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Forsterling K., Lehrbuch d. Optik, Lpz., 1928; Wood R., Physical Optics, N. Y., 1921; Handb. d. physikalischen Optik, hrsg. von E. Gehrcke, B. 2, Lpz., 1928; Mascart E., Traité d'optique, t. 1—3, P., 1889—93; Handb. d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, Berlin, 1927, B. 18; Handb. d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, Lpz., 1929, B. 20, T. 1—2; Müller-Pouillets, Lehrbuch d. Physik, 11 Aufl., B. 2, Brschw., 1929; Preston T., The Theory of Light, 4 ed., L., 1912; Houstoun R., A Treatise on Light, L., 1924. **С. Вавилов.**

ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ, см. *Вращение плоскости поляризации*.

ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, приборы, в которых используются свойства света: отражение, преломление, дифракция, интерференция, поляризация и т. д. В более узком смысле слова О. п. называются системы, состоящие из отражающих и преломляющих поверхностей и дающие изображения предметов, которые либо можно рассматривать глазом непосредственно либо можно принимать на экран. Эти системы обыкновенно входят как составные части в О. п. вообще. В дальнейшем рассматриваются О. п. в более узком смысле слова. Почти все их свойства можно вывести на основании трех ниже приведенных законов: 1) закон прямолинейного распространения света в однородной среде; 2) закон *отражения света* (см.) и 3) закон преломления света.

Все эти три закона м. б. объединены в один—принцип Ферма (см. *Ферма принцип*).

О. п. состоят, как обычно, из системы сред, ограниченных преломляющими и отражающими плоскими и сферическими поверхностями. Реже встречаются более сложные поверхности (напр. параболоид вращения, цилиндр вращения и т. д.). В практике наиболее часты системы, центры сферич. поверхностей к-рых или лежат на одной прямой линии, называемой осью системы, или м. б. рассматриваемы как лежащие на одной прямой. Они называются оптическими центрированными системами. Мы рассмотрим их свойства, изучение которых составляет предмет геометрич. оптики (см. *Свет*) и которые являются основаниями теории оптич. инструментов. Пространство, в котором находятся лучи, попадающие в оптич. систему, называют пространством предмета, а пространство, где расположены лучи по выходе из системы,—пространством изображения. Оба пространства мыслятся неограниченными. Лучи, выходящие из какой-нибудь точки освещенного предмета, по прохождении через систему вообще располагаются т. обр., что точки их взаимного пересечения обыкновенно группируются в небольшом пространстве, образуя т. наз. изображение точки; оно называется действительным, когда пересекаются лучи, или мнимым, когда пересекаются их продолжения. Исключение представляет случай, когда лучи в пространстве изображения близки к параллельности. В этом случае мы говорим, что изображение лежит на бесконечности. Поверхность, к-рой касаются все лучи, образующие изображение точки, носит название каустической, или каустики. В случае идеального изображения точки все лучи собираются в одну точку (получается т. н. гомоцентрический пучок лучей).*

Основной задачей теории О. п. является исследование взаимного расположения лучей, вышедших из ряда светящихся точек (предмета) и прошедших через оптич. центрированную систему, а также и выяснение такого подбора и расположения элементов системы, при к-рых лучи, вышедшие из каждой освещенной точки предмета, по прохождении через систему дали бы изображение минимальных размеров, расположение же самых изображений было бы подобно расположению точек. Эта задача вообще чрезвычайно сложна и на практике почти всегда решается с известным приближением, зависящим в большинстве случаев от величины сферических поверхностей по отношению к их радиусу кривизны. Наиболее просто решается эта задача, когда отношения поперечников сферич. поверхностей к их радиусам кривизны, а также углы лучей с осью системы настолько малы, что их квадратами и высшими степенями можно пренебречь.

* Такое идеальное изображение в действительности невозможно, т. к. даже в том случае, когда по законам геометрич. оптики все лучи должны были бы пересечься в одной точке, изображение будет иметь конечные размеры (порядка размеров световой волны) благодаря волновой природе света.

Это т. наз. случай гауссовской оптики. В этом случае из законов преломления (или из общих соображений о свойствах изображения) можно вывести ряд нижеперечисленных свойств и закономерностей. 1) Лучи от светящейся точки, по прохождении через систему, всегда дают изображение (действительное или мнимое) этой точки; прямолинейный, перпендикулярный оси предмет имеет всегда прямолинейное, перпендикулярное оси изображение. 2) Во всякой оптич. системе имеются две перпендикулярные оси плоскости—одна в пространстве предмета, другая в пространстве изображения, обладающие тем свойством, что любая точка на одной плоскости имеет свое изображение на другой плоскости на том же расстоянии и по ту же сторону от оси. Эти плоскости называются главными плоскостями, а их пересечения с осью называются главными точками системы. 3) Пучок лучей, параллельный оси, по прохождении через систему собирается в некоторую точку на оси. Имеются две такие точки, соответственно прохождению лучей в двух противоположных направлениях. Эти точки называются главными фокусами системы. Плоскость, перпендикулярная оси системы и проходящая через главный фокус системы, называется главной фокальной плоскостью. В ней лежат все изображения, даваемые параллельными пучками, идущими наклонно к оси. 4) Имеются две точки с таким свойством, что всякий луч, входящий в систему через одну из этих точек под заданным углом к оси, выходит через другую под тем же углом. Эти точки называются узловыми точками системы. Главные и узловые точки и главные фокусы называются кардинальными точками системы; их положение определяется элементами системы (радиусами кривизны) поверхностей, показателями преломления сред, через которые проходит свет, и расстояниями между поверхностями. В том случае когда показатель преломления среды с обеих сторон системы одинаковый, узловые точки совпадают с главными.

Если мы обозначим через x расстояние предмета от обращенного к нему главного фокуса системы, через x_1—расстояние изображения от другого главного фокуса, через F и F_1—расстояния главных фокусов от лежащих в их пространстве главных точек, через y и y_1—величины предмета и его изображения, через u—угол с осью, составленный каким-нибудь лучом, идущим из осевой точки предмета, и через u_1—угол с осью того же луча, когда он проходит через осевую точку изображения, через n и n_1—показатели преломления в пространстве предмета и изображения, то получим такие зависимости:

$$xx_1 = FF_1, \tag{1}$$

$$\frac{y_1}{y} = \frac{F}{x}, \tag{2}$$

$$nyu = n_1y_1u_1. \tag{3}$$

Первая ф-ла носит название ф-лы Ньютона, третья—ф-лы Лагранжа-Гельмгольтца. Эти соотношения определяют собой место и ве-

личину изображения. Величины F и F_1 называются главными фокусными расстояниями системы. Из ф-лы следует, что для случая $n = n_1$ получается $F = -F_1$. Величина $\frac{y_1}{y}$ называется линейным увеличением системы, величина $\frac{\operatorname{tg} u_1}{\operatorname{tg} u}$ называется угловым увеличением. Положение светящейся точки и ее изображения входят в ф-лу (1) одинаковым образом; такие точки называются сопряженными. Если расстояние предмета от его главной плоскости обозначим через d, а расстояние изображения через f, то для случая одной преломляющей поверхности обе главные точки совпадают с вершиной поверхности и из ф-лы (1) и закона преломления получается следующая ф-ла:

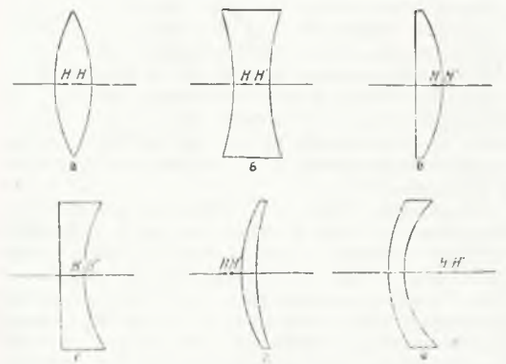
$$\frac{n}{d} - \frac{n_1}{f} = \frac{n - n_1}{r},$$

где r—радиус кривизны поверхности. Для случая бесконечно тонкой линзы с радиусами r и r_1 получаем

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{d} = (n-1)\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_1}\right);$$

это общая ф-ла для всех видов тонких линз. Во всех этих формулах расстояния считаются положительными, если они отсчитываются от фокальных или главных плоскостей по направлению движения света, и отрицательными в противоположном случае: радиусы сфер, отсчитываемые от поверхности к центру, положительны, если они совпадают с направлением движения света. Величина предмета y и изображения y_1 считаются положительными по одну сторону оси и отрицательными по другую.

Основные типы линз и положения в них главных точек HH' видны на фиг. 1,



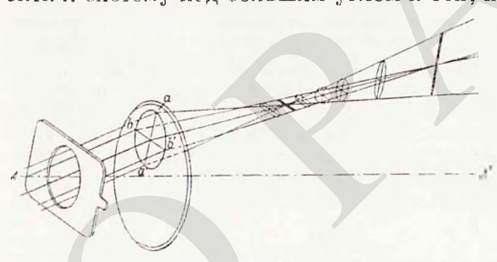
Фиг. 1.

где: а—двояковыпуклая линза, б—двояковогнутая, в—плосковыпуклая, г—плосковогнутая, д—положительный мениск, е—отрицательный мениск. Употребление кардинальных точек дает возможность находить место и величину изображения при помощи построения.

Все вышеприведенные выражения справедливы для лучей одинаковой длины волны, монохроматических (см. *Монохроматический свет*), т. е. в предположении, что для данной среды все лучи имеют одинаковый показатель преломления. Если же точка испускает лучи различной длины волны, то каждая среда будет иметь для различных лучей разные показатели преломления и следовательно разные места изображений. Это явление носит название хроматической аберрации. Благодаря ей получается нерезкость краев изображения у неодноцветных предметов. Система, в которой совпадают фокусы лучей двух каких-либо цветов, носит наименование ахроматической (см. *Ахроматическая система стекол*). Вообще говоря, при совпадении фокусов лучей двух цветов, фокусы лучей других цветов не совпадают: получается т. н. вторичный спектр, тоже дающий нек-рую окраску изображения, хотя и очень слабую. Системы с сильно уменьшенным вторичным спектром называются апохроматами. Случай гауссовской оптики является идеальным. Он дает возможность изучить ход лучей, близких к оси системы. Следующее приближение к действительным системам мы получим, если предположим, что пятые степени отношения диаметров действующей части сферич. поверхностей к их радиусам кривизны и углов лучей с осью исчезающе малы. В этом случае анализ изображений, получаемых с помощью оптических систем, дает возможность разложить недостатки изображения на следующие составляющие, получившие общее название аберраций (отклонений).

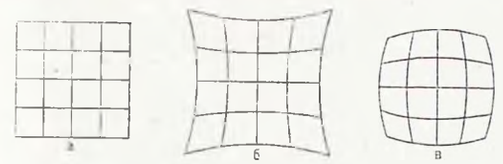
Предположим сначала, что через систему проходят лучи монохроматические. Разобьем первую поверхность системы концентрич. кругами, коаксиальными оси системы, на ряд узких зон. Если светящаяся точка лежит на оси системы, то каждая зона дает на оси изображение точки, но вообще говоря, эти изображения не будут совпадать друг с другом. Получается т. н. сферическая аберрация на оси. Расстояние изображения, даваемого заданной зоной от изображения, полученного от центральной зоны, отсчитываемое по оси, называется продольной сферической аберрацией. Вследствие сферич. аберрации сечение пучка лучей, сходящихся по прохождении через систему, плоскостью, перпендикулярной оси (изображение точки на экране), всегда представляется в виде нек-рого кружка, т. н. кружка рассеивания, к-рый в определенном месте оси имеет наименьшие размеры. Если светящаяся точка лежит не на оси системы, то ее изображения, даваемые различными зонами на экране, перпендикулярном оси, будут рядом колечек, диаметры к-рых изменяются от зоны к зоне и центры к-рых будут лежать на прямой, проходящей через ось системы. Совокупность этих изображений дает кометоподобное пятнышко. Этот недостаток носит название комы. В тех случаях, когда изображение точки лежит недалеко от оси, существует одно условие, при к-ром кома исчезает и все лучи собираются в одну точку, если система свободна от сферич. аберрации на оси. Это условие носит название условия синусов и выражается так: произведение из синуса угла, образованного лучом, выходящим из точки на оси с этой осью, на показатель преломления в среде предмета, равно произведению синуса угла, образованного тем же лучом в пространстве изображения, на показатель преломления среды изображения. Точки на оси системы, для к-рых отсутствует сферическая аберрация на оси и соблюдается условие синусов, носят название апланатических точек.

Кома, вообще говоря, сопровождается *астигматизмом* (см.). Дело в том, что даже очень узкий пучок лучей, проходящий через оптич. систему под большим углом к оси, не



Фиг. 2.

сходится в одну точку, а имеет два наибольших сужения в виде двух взаимно перпендикулярных линий, находящихся на нек-ром расстоянии друг от друга. Это строение пучка представлено на фиг. 2 (AA_1—оптич. ось). При передвижении экрана вдоль оси мы будем иметь два места, где изображение точки представляется в виде короткой линии. Если из пучка лучей выделим две пары: одну aa', лежащую в плоскости, содержащей ось системы (т. н. меридиональные лучи), и другую bb', в плоскости, перпендикулярной первой (сагиттальные), то два места наибольших сужений совпадут с фокусами этих пар лучей. Если мы будем рассматривать совокупность изображений точек, расположенных в плоскости, перпендикулярной оси системы, то все изображения, даваемые меридиональными и сагиттальными лучами в отдельности, будут лежать соответственно на двух кривых поверхностях. При отсутствии астигматизма у системы эти две поверхности сливаются в одну, которая в общем случае тоже будет кривой. Существует общее простое условие, при к-ром эта



Фиг. 3.

поверхность до нек-рого расстояния от оси будет практически плоской, это т. н. условие Петцваля.

Идеальное изображение д. б. вполне подобным предмету. Нарушение этого подобия (т. наз. ортоскопии) носит название дисторсии. Вследствие дисторсии изображение прямолинейного предмета на экране будет иметь искривленные линии. Два вида искривления *б*, *в* изображения прямоугольной сетки *а* вследствие дисторсии показаны на фиг. 3. Перечисленные выше пять родов аберраций: сферич. аберрация, кома, астигматизм, кривизна изображения и дисторсия называются пятью аберрациями Зейделя для монохроматического пучка лучей.

Если светящаяся точка испускает лучи различной длины волны, то возникают новые недостатки изображения, с к-рыми приходится бороться при конструировании оптич. системы. Помимо устранения хроматич. аберрации, упомянутой выше и представляющей наиболее значительную из всех аберраций, в нек-рых случаях принимается в расчет еще ряд недостатков. Из них мы назовем хроматич. разницу сферической аберрации, хроматич. разницу увеличения и вторичный спектр. Первая состоит в том, что при уничтожении сферич. аберрации для одного какого-нибудь цвета лучи другой длины волны, прошедшие через разные зоны системы, не сходятся в одну точку. Вторая же возникает от того, что величина изображения, образованного лучами различной длины волны, не одинакова. Нетрудно вывести формулы, по к-рым можно вычислить эти аберрации, если считать, что пятые степени углов лучей с осью и отношений отверстий линз к радиусам кривизны исчезающе малы. Это условие в действительных системах, и то не во всех, является только приближенным, а потому такими ф-лами можно пользоваться лишь для ориентировочных вычислений. Взаимное расположение лучей по прохождении через систему с большой степенью точности дает тригонометрич. просчет хода лучей через систему, на основании законов преломления и отражения. Этим способом обычно и пользуются в точных расчетах. Конечно, в случае многих поверхностей и нескольких лучей, эти вычисления требуют очень много времени и внимательности. Оптич. систем, вполне свободных от вышеуказанных недостатков, почти не существует. При конструировании обыкновенно стремятся ослабить наиболее существенные для данной системы недостатки, за счет увеличения менее существенных.

Весьма большое значение в оптич. системах имеет ограничение пучков лучей, проходящих через систему. Это ограничение делается с помощью плоских пластинок с круглыми отверстиями, называемых диафрагмами; иногда в качестве диафрагмы служит оправа линз системы. Если мы в пространстве предмета построим изображения всех диафрагм системы, то изображение диафрагмы, к-рое из данной точки предмета будет видимо под наименьшим углом, называется входным зрачком системы. Изображение входного зрачка в пространстве изображения называется выходным зрачком системы. Входной зрачок определяет собой количество лучей, проходящих через систему, и следовательно яркость изображения. Диафрагма, поставленная в плоскости какого-либо из действительных изображений, даваемых последовательно частями системы, резко ограничивает используемую часть изображения. Она определяет поле зрения системы. В этих же местах системы ставятся марки, перекрестки нитей, позволяющие привести наблюдаемую точку предмета в заданное место поля зрения. Про-

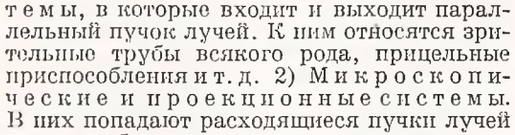
ме того величина и место диафрагмы могут оказывать влияние на качество изображения и его подобие предмету.

Все указанные выше особенности оптич. систем учитываются при конструировании О. п. Последние можно разбить на несколько типов. 1) Телескопические системы, в которые входит и выходит параллельный пучок лучей. К ним относятся зрительные трубы всякого рода, прицельные приспособления и т. д. 2) Микроскопические и проекционные системы. В них попадают расходящиеся пучки лучей от точек близкого освещенного предмета и оттуда лучи выходят параллельные или почти параллельные. Сюда относятся микроскоп, лупа, проекционный объектив, коллиматоры и т. д. 3) Фотографические объективы. Они дают на конечном расстоянии уменьшенное изображение предмета, находящегося на большом расстоянии (превышающем в десятки раз их фокусное расстояние). Действие их обратно действию проекционных объективов. Среднее положение между 2 и 3 занимают т. н. репродукционные объективы и оборачивающие системы из линз. Указанные отдельные типы часто входят как составные части в более сложные приборы, напр. зрительная труба и коллиматор входят в спектральные приборы, зрительная труба и микроскоп—в дальномер и т. д.

Лит.: Хвольсон О., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; Гримзель Э., Курс физики, ч. 3, М.—Л., 1926; Гавварре Ж., Теория Гаусса, примененная к сферическим зеркалам и стеклам, Москва, 1891; Кислов Н. М., Теория оптических инструментов, М., 1915; Czapski S. u. Eppenstein O., Grundzüge d. Theorie d. optischen Instrumente nach Abbe, 3 Aufl., Leipzig, 1924; Gleichen A., Lehrbuch d. geometrischen Optik, Lpz., 1902; Rohr M., Die Theorie d. optischen Instrumente, B., 1904; Handb. d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 18, Geometrische Optik, B., 1927; Drude P., Lehrbuch d. Optik, 3 Aufl., Lpz., 1912; Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 20, T. 2, Lpz., 1929.

В. Линник.

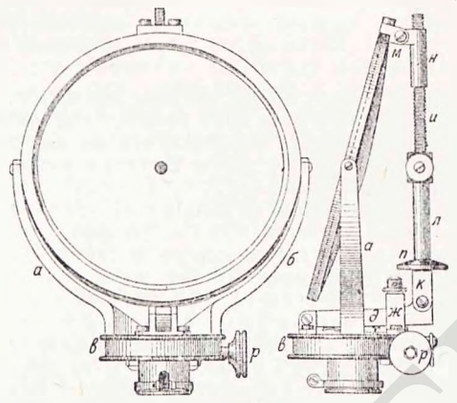
ОПТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СВЯЗИ, приборы для передачи сообщений путем посылки на приемную станцию лучей, отражаемых рефлектором передающей станции. Из комбинаций коротких и длинных посылок создается код передачи, аналогичный телеграфной *азбуке Морзе* (см.). Современные



Фиг. 1.

О. с. с. могут быть разделены на три группы: 1) приборы, посылающие открытые световые лучи, которые принимаются непосредственно глазом наблюдателя приемн. станции; 2) приборы, посылающие невидимые лучи, для приема к-рых необходимы особые приспособления на приемной станции; 3) группа приборов световой телефонии, где отраженные с одной станции на другую видимые световые лучи меняют свою интенсивность соответственно передаваемым звуковым колебаниям.

Приборы, работающие открытым лучом, могут иметь источник света либо естественный—солнце, либо искусственный—лампы всякого рода. Прибор, работающий солнечным светом, называется гелиографом. Принцип устройства гелиографа заключается в следующем. Солнечные лучи, падая на плоское зеркало, отражаются от него под углом, равным углу падения (фиг. 1). Если отраженные лучи направить по зрительной линии, соединяющей передающую станцию с приемной, то на последней увидим яркую звезду. Изменяя особым ключом положение отражательного зеркала, можно посылать пучок лучей на приемную станцию либо на короткий либо на более длинный промежуток времени. Дальность действия гелиографа зависит от диаметра зеркала, яркости солнца и прозрачности атмосферы. Имеются гелиографы трех типов: 1) малые (⌀ 75 *мм*)—дальность 15 *км*, 2) средние (⌀ 140 *мм*)—дальность 25 *км* и 3) большие (⌀ 250 *мм*)—



Фиг. 2.

дальность 60 *км*. Указанные дальности являются предельными, достижимыми при ярком солнце и сухом воздухе. Т. к. дальность видимости горизонта зависит от высоты точки стояния, то при больших дистанциях гелиограф (как и всякий другой оптический прибор) необходимо устанавливать на высотах или высоких предметах, соответственно дальности работы.

Высота* в м	Дальность в км	Высота* в м	Дальность в км
1,2	4,5	12	11,5
2,4	6	15	13
3,6	7	30	20
4,8	8	60	28
6	9	150	40
9	10	300	60

* При помещении обеих станций на возвышенностях высота каждой уменьшается вдвое.

Гелиографная станция состоит из рабочего зеркала, прицела и вспомогательного зеркала, к-рые устанавливаются на треногах. Рабочее зеркало (фиг. 2)—стеклянное с серебряной амальгамой, в центре кружком амальгама выскоблена. Медная оправа зеркала подвешена на вилке *а-б*, верхняя часть ее шарниром *м* соединена с трубкой *н*, в к-рую входит винт *и*. Вращая трубку *л*, можно изменить положение зеркала в вертикальной плоскости при наводке отраженного луча. Трубка *л* соединена на шарнире *к* с рычагом *д*, который пропущен через скобу *эс*. Рычаг в спокойном положении отжимается кверху пружиной *х*. Для посылки луча на приемную станцию за пуговку *п* нажимают рычаг книзу. Вся система укреплена на коробке *в* с патрубком, надеваемым на треногу штыковым затвором. Для горизонтальной наводки коробка может свободно поворачиваться при помощи микрометрического винта *р*. Прицел коленчатый (фиг. 3), служит для наводки отраженных лучей в том случае, когда солнце находится впереди рабочего зеркала. Прицел надевается на треногу при помощи коробки примерно такого же устройства, как и гелиографная. Щиток *д* имеет пятнышко-мушку *о*. При правильно установленном гелиографе тень от кружка в центре рабочего зеркала должна приходиться на щитке и при нажатии ключа совпадать с его мушкой. Этим регулируется правильность наводки. Если солнце сзади рабочего зеркала, то взамен прицела на ту же коробку надевают вспомогательное зеркало такого же диаметра, что и рабочее. Луч т. о. отражается дважды. Угол наклона зеркала, подвешенного также на вилке, изменяется микрометрическим винтом, поворачивается же зеркало при помощи винта соединительной коробки. Рабочее зеркало при работе всегда устанавливают лицом к приемной станции, а прицел ставят так, чтобы, стоя впереди и сбоку зеркала, видеть центр зеркала, прицел и приемную станцию на одной линии. Затем изменяют наклон зеркала так, чтобы тень от пятнышка в центре зеркала падала при нажатии ключа на мушку прицела. При работе с вспомогательным зеркалом, зеркало устанавливают против солнца, чтобы центр его совпадал в рабочем зеркале с центром последнего и с отражением приемной станции при нажатии ключа. Так как положение солнца относительно точки стояния гелиографа меняется, то необходимо во время работы исправлять положение рабочего зеркала, поворачивая его при помощи микрометрического винта коробки и наблюдая, чтобы тень от центра его всегда попадала на мушку прицела или вспомогательного зеркала.



Фиг. 3.

Гелиограф отличается простотой устройства и эксплоатации и позволяет устанавливать связь через недоступные пространства. Однако он может работать только днем при ярком солнце (ночью в полнолуние можно работать светом луны, не далее 3—4 *км*); на открытой местности месторасположение станции легко м. б. обнаружено и передача перехвачена. В виду этого гелиограф применяется лишь как вспомогательное средство связи, главным образом в южных гористых и степных областях.

Простейшим прибором для работы искусственным источником света является лампа Манжена: она может заменить гелиограф ночью (фиг. 4).

Керосиновая лампа *В* устанавливается в заднем отделении железного ящика. Лучи лампы отражаются небольшим рефлектором *п*, проходят через окошечко перегородки *Н* и собираются в параллельный пучок линзой *Б*. Окошечко перегородки закрывается заслонкой *б*, к-рая открывается и закрывается особым ключом *и*. Манипулируя этим ключом и посылают сигналы на приемную станцию. Для наводки лампы в верхнем левом углу помещается подзорная труба, ось которой параллельна пучку лучей, посылаемых лампой.

Лампа Манжена работает только ночью на небольшие расстояния, не более 15 *км* при благоприятных условиях. Поэтому в настоящее время она заменяется более совершенными сигнальными приборами, позволяющими вести работу как днем, так и ночью.

В приборах современного устройства в качестве рефлекторов применяются небольшие параболич. зеркала высокого качества с тщательной шлифовкой рабочей поверхности. Источником света служат электрич. лампочки особого типа с точечной нитью накала, с быстрым загоранием и затуханием, питаемые от элементов, аккумуляторов или от маленьких динамо. Дальность действия этих приборов зависит от силы источников света, диаметра рефлектора, прозрачности атмосферы и основывается на следующих расчетах. Исходным числом для всех расчетов служит чувствительность нормального глаза к световым впечатлениям. Считается, что хороший глаз на расстоянии 1 *км* ночью в совершенно прозрачном воздухе еще видит 0,1 св. При этом освещенность глаза выразится в 10^{-7} lx, что и является предельной освещенностью, чувствуемой глазом, для белого цвета ночью. Освещенность при непрозрачном воздухе выражается ф-лой:

$$E = E_0 = e^{-ax},$$

где E_0—освещенность без поглощения света средою, x—расстояние от источника света, a—определенный коэф. поглощения света. В свою очередь

$$E_0 = \frac{I}{x^2}.$$

Здесь E_0 есть освещенность при лучах, падающих нормально на освещаемую поверхность, а I—сила света источника в свечах; отсюда:

$$E = \frac{I}{x^2} e^{-ax} = \frac{I}{x^2} m^x \quad \left(m = e^{-a}\right).$$

Величина m может служить мерою прозрачности среды, так как коэфициент a характеризует способность среды поглощать свет.

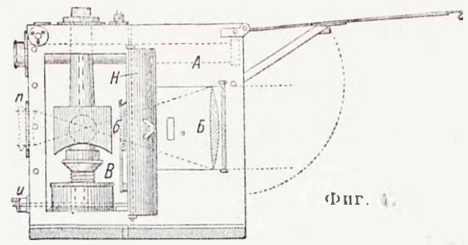
Если

$$a = 0{,}02\ 0{,}05\ 0{,}1\ \ 0{,}2\ \ 0{,}3\ \ldots$$

то

$$m = 0{,}98\ 0{,}93\ 0{,}90\ 0{,}82\ 0{,}74\ldots$$

В среднем для расчетов следует брать $a = 0{,}1$ или $m = 0{,}9$. Дальность действия оптических сигнальных приборов возрастает вместе с силой света источника, но во много раз медленнее ее. Гораздо бо́льшую роль в отношении дальности играет диаметр рефлектора и отношение этого диаметра к диаметру светящейся в центре его точки. Грубо можно принять (применительно к теории прожек-

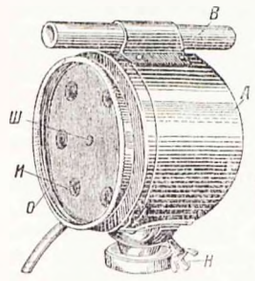


Фиг. 4.

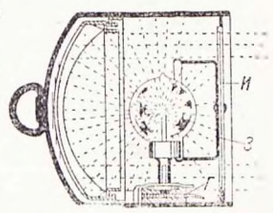
тора), что усиливающая способность рефлектора светосигнального прибора равна квадрату отношения диаметра рефлектора к диаметру светящейся спирали лампочки: $K = \left[\frac{D}{d}\right]^2$. При дневном освещении чувствительность глаза уменьшается во много раз. По закону Фехнера с увеличением источника возбуждения степень ощущения возрастает не пропорционально возрастанию возбудителя, а пропорционально логарифму возбудителя. Вместе с уменьшением чувствительности глаза возрастает наименьшая освещенность, еще чувствуемая глазом. Днем наименьшая освещенность, чувствуемая глазом, ок. 4.10^{-6} lx, т. е. днем глаз в 400 раз

менее чувствителен, чем ночью. Опыт показывает, что светосигнальный прибор днем работает на расстояние в три раза меньшее, чем ночью. Образцами сигнальных приборов могут служить англ. прибор Люкас и герм. приборы Цейсса.

Лампа Люкас (фиг. 5 и 6) представляет собою цилиндрич. фонарь *A*, в заднюю стенку которого вправлено параболич. зеркало диам. 10 см. Внутри сбоку имеется ламподержатель *Г* из двух пружин, к-рыми

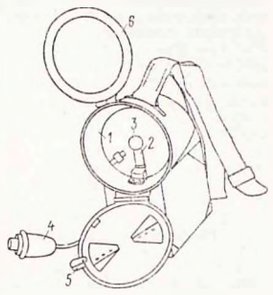


Фиг. 5.



Фиг. 6.

удерживается электрич. лампочка с цоколем в виде рюмки. Ламподержатель расположен так, что нить вставленной в него лампочки приходится как-раз в фокусе зеркала. Передняя сторона фонаря закрывается стеклянной крышкой *О* в железной оправе, закрепляемой на фонаре штыковым затвором. Под крышку на выступы стенок фонаря подкладывается при работе на небольшие расстояния штора *И* из двух железных дисков, с шестью круглыми отверстиями. Передний диск рычажком, проходящим через вырез в стенке фонаря, может поворачиваться на шпильке *Ш*, причем отверстия заднего диска могут быть вовсе закрытыми либо открываются на желаемую ширину вплоть до совмещения отверстий обоих дисков. Этим достигается регулирование интенсивности света лампы в зависимости от дальности работы, так как излишняя дальность облегчает перехватывание. К заднему диску прикреплена заслонка *З*, перехватывающая непараллельно расходящиеся лучи, чем уменьшается рассеивание, также облегчающее перехват. Под стекло для изменения света могут подкладываться цветные целлюлоидные диски (красный, зеленый и оранжевый). Сверху на фонаре закрепляется визирная трубка *В*; ось ее параллельна оси фонаря, передний конец трубки имеет крестообразную щель, а задний—окошечко для прицеливания. В деревянном ящике, служащем также и для укладки фонаря, помещается батарея сухих элементов, соединительный шнур от нее идет к ламподержателю. На крышке этого ящика прикреплен ключ Морзе, при помощи к-рого производится замыкание и размыкание тока. Фонарь для работы устанавливается на треногу или на втыкаемый в землю стержень. Ослабив при этом стопорный винт *Н*, можно поворачивать фонарь и придавать ему требуемый наклон при наводке. Данные прибора Люкас см. ниже в таблице.



Фиг. 7.

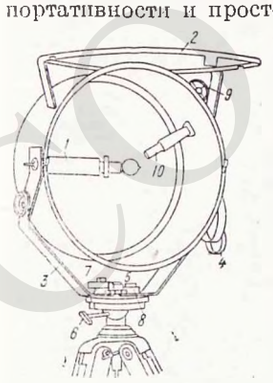
Герм. лампа Цейсса с зеркалом ⌀ 10 см (фиг. 7) состоит из цилиндрического фонаря укрепленного на ящике с батареей. Фонарь внутренней перегородкой разделен на две части; в передней части к перегородке прикреплено стеклянное параболическое зеркало *1*. Перед зеркалом закреплена неподвижно горизонтальная полочка ламподержателя *2*, в круглый вырез полочки вставлен вертикальный патрон, в который ввинчивается лампочка *3*. В стенку фонаря сбоку вставлен прицел так, что он наполовину входит внутрь, а наружный конец его расположен в поле зрения визирного кольца. Свет от лампочки отражается на матовом круглом стеклышке, вправленном в наружный выступ прицела со стороны визирного кольца. В тыловой части фонаря размещаются при перевозках соединительный шнур с грушевидной кнопкой *4* для замыкания тока, запасные лампочки и цветные диски. Передняя часть фонаря закрывается дверцей, которая вместе с тем является затеняющей шторой. Штора состоит из двух дисков, в каждом вырезаны два сектора. Один диск неподвижен, а другой при помощи выступа *5* может поворачиваться и совершенно закрывать секторы неподвижного диска или открывать их на желаемую величину. Под шторой находится откидное фасонное кольцо *6* с выступом, к-рое служит для вставления в него цветных стеклянных дисков при сигнализировании разными цветами. Лампа для работы устанавливается на какой-нибудь местный предмет или при помощи патрубка закрепляется на воткнутом в землю шесте. Данные—см. выше в таблице.

Данные для светосигнальных приборов Люкас и Цейсса.

Название лампы	⌀ зеркала, см	Источник света	Нормальное напряжение, V	Сила тока, A	Сопротивление, Ω	Расходуемая мощность, W	Сила света источника свет., св.	Сила света прибора (направленная), св.	Угол рассеяния	Вес прибора без треноги, кг	Дальность действия в км: днем	Дальность действия в км: ночью	Источник тока
Лампа Люкас	10	Электрическ. лампа автомобильного типа с нитью в виде короткой спирали	9	0,375	24	3,4	1,8	800	—	2,5	3	8	Батарея из 8 сухих элементов, размерами 40 × 40 × 95 мм каждый, напряж. 8—12 V, продолжит. службы 4—5 ч.
Лампа Цейсса	10	Электрич. лампа типа карманного электрич. фонаря с очень маленькой нитью в виде узкой спирали*1	3	1,1	2,6	3,5	1,1	4 500	3°	3,2	4	10	Батарея из 8 отдельных батареек для карманного фонаря соединенных параллельно, напряжение 4,5 V в начале работы, 3 V — в конце; продолжит. службы 3—4 ч.
Лампа Цейсса	25	Электрическая лампа с одной нитью (для ночной работы)*2	6	1	6	6	8	—	2°	50	—	75	1) Батарея из двух последовательно соединенных групп, каждая из 8 батареек для карманного фонаря, соединенных параллельно 2) Для продолжит. работы динамо с ножным приводом, напряжение 8 V, сила тока 4,8 A, мощность 40 W
		Электрическая лампа с двумя нитями (для дневной работы)*2	6	1,9	3	11,4	16	120 000			25	—	

*1 Одна половина стеклянного шарика лампы покрыта черным лаком для перехватывания лучей, исходящих непосредственно от волоска, чтобы уменьшить демаскирующее рассеяние. *2 То же; кроме того имеются лампы трех цветов для подачи сигналов разного цвета.

Описанные 10-*см* приборы в виду своей портативности и простоты устройства применяются в передовых районах для связи в роте, батальоне и полку как средство, дублирующее телефонную связь, которая в этих районах часто повреждается от обстрела, или когда невозможно протянуть телефонные линии, напр. через водные пространства, горные ущелья и т. п.



Фиг. 8.

Образцом светосигнального прибора дальнего действия является лампа Цейсса с зеркалом диаметра 25 *см* (фиг. 8).

В задней части фонаря прожекторного типа помещается прикрепленное к стенке параболическое стеклянное зеркало. Ламподержатель *1* такого же устройства, что и в малой лампе Цейсса. Сила светового потока также регулируется при помощи крышки-шторы *2*, которая позволяет устанавливать 7 различных степеней силы светового потока. Фонарь может поворачиваться в вертикальной плоскости на вилке *3* при помощи микрометренной передачи *4*. Для точной горизонтальной установки служит уровень *5*. Фонарь надевается муфтой на стержень трепоги и может вращаться на нем на 360°. Для закрепления фонаря в желаемом положении служит зажимной винт *6*. При помощи микрометренной передачи *7*, *8*, служащей для точной установки лампы, можно указатель, имеющийся на верхнем круге, установить на определенное деление. Грубое направление дается лампе при помощи визирного приспособления *9*. Для более точной наводки служит зрительная трубка и призма *10*, при помощи которой достигается точная наводка тем, что в поле зрения трубы изображение накаленной нити лампы налагается на изображение приемной станции. Ток подводится к лампочке посредством соединительного шнура с двумя штепселями. Ключом для передачи сигналов служит ручной выключатель, при нажиме на пружину которого замыкается ток. Данные—см. в таблице.

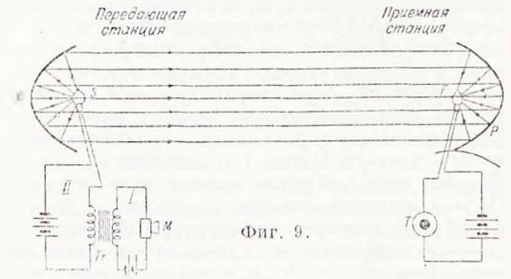
Прибор в 25 *см* применяется для связи между отрядами, разделенными непроходимыми преградами, напр. в горной войне как средство связи, заменяющее или дублирующее радио. Работа прибора Цейсса легко м. б. перехвачена со стороны, т. к. несмотря на малый угол рассеивания (2°) полоса видимости сигналов на больших расстояниях все же будет велика. Чтобы избегнуть этого, в приборе Цейсса пользуются красными фильтрами, к-рые настолько ослабляют свет, что сигналы можно принимать только через бинокулярную трубу с 15-кратным увеличением, снабженную также красными светофильтрами. Как известно, чувствительность глаза особенно велика к желто-зеленым лучам спектра: в десятки раз больше, чем к красным лучам. Зато энергия посылаемых лампою накаливания красных лучей в два раза более, чем желтых. В результате, если мы будем посылать лишь красные лучи, они пройдут значительное расстояние, но не м.б. обнаружены невооруженным глазом.

Для наблюдения за такими сигналами необходимо пользоваться двойной трубой с 15-кратным увеличением, с объективом ⌀ в 60 *мм*, к-рая устанавливается на треноге. Труба снабжается красными светофильтрами и наглазниками к окулярным раковинам, не допускающими постороннего света в глаза во время наблюдения. Дальность такой секретной передачи для 25-*см* лампы Цейсса до 15 *км*.

Передача сигналов при помощи оптич. приборов открытым лучом имеет следующие недостатки: 1) легкость обнаруживания противником и, как следствие, возможность перехватывания работы или уничтожения самой оптич. станции, 2) медленность передачи, 3) зависимость от атмосферных условий и 4) возможность только телеграфной передачи, но не телефонной.

Попытки использовать отраженные лучи и для телефонирования начались еще задолго до войны 1914—18 гг. Принцип телефонии при помощи световых волн заключается в следующем.

На передающей станции в фокусе параболич. зеркала *P* помещается сильный источник света, напр. специального типа лампочка накаливания *S* (фиг. 9). Этот источник света включается последовательно с батареей и вторичной обмоткой трансформатора *Tr*,

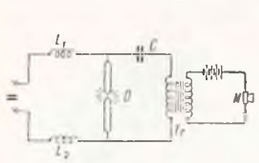


Фиг. 9.

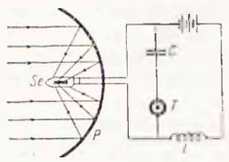
первичная обмотка к-рого включена в цепь микрофона *M*. На приемной станции пучок лучей собирается и концентрируется в фокусе параболического зеркала, где помещается какой-либо фотоэлемент *F*, изменяющий свое сопротивление в зависимости от степени его освещенности. Фотоэлемент включается в цепь батареи последовательно с телефоном *T*. При разговоре перед микрофоном *M* передатчика ток в цепи *I* будет изменяться, следуя звуковым колебаниям, и в цепи *II* будет индуктировать переменный ток той же частоты. Эта переменная слагающая тока будет воздействовать на световой источник *S*, яркость которого будет изменяться соответствующим образом. Вследствие этого будет изменяться и освещенность фотоэлемента на приемной станции, а следовательно и сопротивление последнего. Через телефон потечет ток звуковой частоты и будет слышна речь, произносимая перед микрофоном. Наиболее совершенные передатчики были сконструированы по этому принципу при использовании в качестве светового источника *поющей дуги* (см.). Если в цепь питания дуговой лампы *D* постоянного тока включить через трансформатор микрофон *M* (фиг. 10) и батарею, то дуга будет воспроизводить все произносимые перед микрофоном звуки; последнее объясняется соответствующим изменением объема пламени дуги, приводящим в гармоническое движение частицы окружающего воздуха. Интенсивность света дуги при этом тоже меняется, следуя за колебаниями мембраны. Катушки L_1 и L_2 служат для того, чтобы токи звуковой

© ГПНТБ

частоты не шунтировались через цепь питания. Конденсатор C служит защитой для цепи высокой частоты от постоянного тока питания и уменьшает кажущееся сопротивление ее для микрофонных токов, индуктируемых через трансформатор. В приемнике в качестве фотоэлемента пользуются селеном, который в кристаллич. состоянии обладает способностью изменять свою электрич. проводимость в зависимости от освещенности, причем с увеличением освещенности



Фиг. 10.



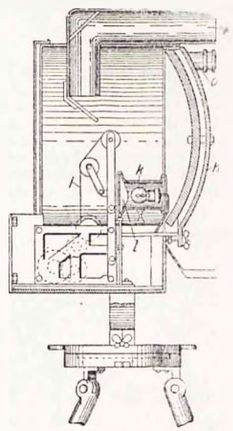
Фиг. 11.

увеличивается и проводимость его. В виду малой проводимости селена, для уменьшения сопротивления фотоцепи, целый ряд селеновых элементов соединяют параллельно в один общий элемент Se, который заключают в стеклянный баллон, помещаемый в фокусе параболич. зеркала P (фиг. 11). В цепь телефона, для улучшения отдачи, включают конденсатор C, а в цепь батарей—предохранительную катушку L.

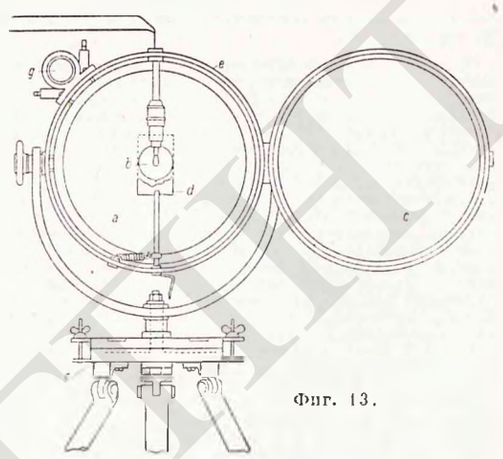
Световая телефония открытым лучом устраняет недостаток обычной световой сигнализации в отношении возможности телефонирования и отчасти секретности, ибо перехватить передаваемое нельзя; но демаскировка станции вследствие видимости луча все же остается. Поэтому во время войны 1914—18 гг. появились оптические приборы, пользующиеся для передачи телеграфных сигналов и речи невидимыми лучами спектра—инфракрасными и ультрафиолетовыми.

В приборах, работающих инфракрасными лучами, в качестве источника света в передатчике пользуются преимущественно вольтовой дугой с металлизированными углями, имеющей $t°$ 3500—4000°; длину дуги делают возможно короче. Для легких переносных станций, располагающих для питания источниками небольшой силы тока, применяются специальные лампы накаливания с нитью из вольфрама напряжением 6—8 V. Лампы наполняются азотом или неоном. Нить большого сечения помещена в фокусе параболич. зеркала прожектора. Прежде чем покинуть прожектор, пучок лучей проходит через фильтр-экран, задерживающий целиком все видимые лучи спектра. Этот экран сделан из стекла с примесью окиси марганца, закиси меди или других веществ и имеет свойство пропускать лучи с большими длинами волн (инфракрасные). Передатчик снабжен заслонкой, помещенной между источником света и зеркалом, чтобы по желанию можно было прекращать излучение невидимых лучей и т. о. подавать сигналы по азбуке Морзе. Передатчик и приемник снабжены прицельным приспособлением для наводки. Дальность действия передатчика зависит от $t°$ источника света и диам. зеркала. Переносные передатчики, имеющие диам. 26 *см* и лампочку с азотом мощностью 40—50 W, действуют на расстояние до 2 *км*. Чтобы установить связь между станциями на расстояние до 6 *км*, берут тот же прожектор, но уже с дуговой лампой, питаемой переносным электроагрегатом. Для связи на больших расстояниях (20 *км*) используют нормальные сухопутные или морские прожекторы с диам. зеркал 60—150 *см*, придавая передатчику экран-фильтр. Приемник представляет параболич. зеркало, к-рое концентрирует полученный пучок лучей в своем фокусе. Прием может производиться двояко: он м. б. видимым или слышимым.

В системе видимого приема (Шарбоно, фиг. 12) бумажная лента i, покрытая сернистым цинком, провертывается в фокусе приемного зеркала. Свет электрич. лампочки k в 10 V, пропущенный через особый жидкостный с раствором медного купороса экран l, пропускающий только волны ультрафиолетовые, интенсивно освещает ленту и вызывает флуоресценцию ее поверхности. Инфракрасные лучи, посланные по коду Морзе и собранные зеркалом h, отмечаются на ленте темными точками и черточками от прекращения флуоресценции. По описанной выше системе можно работать одинаково и днем и ночью. Лента движется перед фокусом при помощи часового механизма. Все приемное устройство смонтировано в фонаре прожектора, закрытого спереди черным стеклом, которое создает в фонаре темноту, необходимую для чтения днем по флуоресцирующей ленте. Фонарь приемника снабжен прицельным приспособлением o и изогнутой трубой p для наблюдения за получаемыми сигналами. Примерное устройство переносного отправительного прибора Шарбоно показано на фиг. 13, где a—рефлектор, b—отправительная лампа, c—фильтрующий экран, d—заслонка-манипулятор, e—футляр прожектора, f—круг с делениями для наводки, g—прицельное приспособление. Можно фиксировать получаемые сигналы путем фотографирования их. Для этого располагают между фокусом приемного зеркала и экраном лампочки приспособление, позволяющее протягивать против светящейся ленты другую, покрытую светочувствительной эмульсией. Прибор Шарбоно применялся во франц. армии и флоте и давал дальности 2—30 *км* в зависимости от диаметров зеркал передающих и приемных.



Фиг. 12.



Фиг. 13.

В системе слухового приема по методу Шарбоно в фокусе приемного зеркала помещают термоэлектрич. пару большой чувствительности и малой инерции, отзывающуюся на изменения темп-ры. Такая пара состоит из платинового диска, прикрепленного ребром к никелевой подпорке; небольшой кристалл теллура, припаянный к другой никелевой подпорке, удерживается в центре платинового диска, легкое спаивание в этом месте обеспечивает хороший контакт. Когда инфракрасные лучи нагревают термоэлемент, то в замыкающем его контуре проходит ток. Ток, генерируемый термоэлементом при помощи вибрирующего приспособления, прерывается с акустич. частотой и проходя через усилитель дает в телефоне звуки, обладающие музыкальной тональностью. Недостатком этого способа является сравнительная медленность передачи, т. к. время нагревания и охлаждения термоэлемента занимает промежуток порядка 0,2 ск. В настоящее время взамен термоэлектрич. элемента в той же системе применяют фотоэлектрич. элементы более чувствительные и с меньшей инерцией. При помощи инфракрасных лучей осуществить телефонную передачу до сих пор не удается. В этом отношении могут быть использованы ультрафиолетовые лучи.

Генератором ультрафиолетовых лучей в передатчике служит ртутная кварцевая лампа, наполненная аргоном, снабженная приспособлением для автоматич. зажигания. Цвет дуги зеленовато-желтый. Для поглощения видимых лучей применяется фильтрующий экран Вуда из стекла с примесью окиси никеля, вполне прозрачный для ультрафиолетовых лучей. Газообразная дуга лампы чувствительна к малейшим колебаниям напряжения у ее зажимов. Параллельно дуге через усилитель включается микрофон; при такой схеме на ток, питающий дугу, налагается подвергшийся усилению ток микрофона. Приемник состоит из линзы, которая концентрирует собираемые ею лучи на поверхности натриевого фотоэлемента. Натриевый фотоэлемент состоит из дискообразного баллона из кварца, внутри которого создан вакуум. На одной из внутренних поверхностей баллона осаждают посредством охлаждения слой частиц натрия в металлическом состоянии. Против этой поверхности расположена решетка из никеля, которая служит положительным электродом элемента, а отрицательным является металлизированная поверхность баллона. Если приложить к электродам фотоэлемента нек-рое постоянное напряжение, то протекания тока наблюдаться не будет. Как только на металлизированную поверхность упадет пучок ультрафиолетовых лучей, даже весьма незначительной интенсивности, эта поверхность начнет излучать электроны, и во внешней цепи элемента начнет протекать ток. Эта эмиссия электронов в точности воспроизводит изменения интенсивности падающего на фотоэлемент потока ультрафиолетовых лучей, вызывая соответствующие колебания потенциала катода элемента. Эти колебания воздействуют на телефон после предварительного усиления.

Дальности, достигнутые сигнализацией ультрафиолетовыми лучами, ночью при достаточной прозрачности воздуха значительны; днем дальность передачи уменьшается в виду обилия посторонних ультрафиолетовых лучей, которые понижают чувствительность фотоэлемента. При неблагоприятных атмосферных условиях дальность действия значительно понижается. В густой туман прием становится невозможным даже и на близких расстояниях. Включая на передающей станции вместо микрофона ключ Морзе, можно пользоваться теми же приборами для телеграфии, при этом дальность передачи возрастет.

Невидимые лучи могут иметь применение во флоте: а) для связи между отдельными судами, б) для связи корабля с берегом и обратно, в) как средство для обнаруживания корабля, проходящего через пучок лучей между двумя станциями, г) как средство обнаруживания приближающегося корабля или айсберга (тепловые лучи). В сухопутной армии сигнализация невидимыми лучами может служить для замены сигнализации открытым лучом в тех случаях, когда нужно установить вполне секретную и надежную связь между двумя важными пунктами.

Если сравнить между собой инфракрасные и ультрафиолетовые лучи, то первые менее зависимы от атмосферных условий; при той же мощности источников питания и диаметрах зеркал инфракрасные лучи имеют бо́льшую дальность, чем ультрафиолетовые, и наконец ультрафиолетовые лучи имеют бо́льшее рассеивание и присутствие их м. б. обнаружено фотографич. путем. Таким образом в отношении устройства военной связи преимущество к данному моменту на стороне инфракрасных лучей. Работы, ведущиеся во всех странах как с теми, так и с другими лучами, показывают, что последнего слова в этой области не сказано. В дальнейшем мысль несомненно будет работать как в направлении изыскания способов использовать инфракрасные лучи для телефонии, так и в направлении создания генератора, богатого одновременно и инфракрасными и ультрафиолетовыми лучами, чтобы в одном приборе сочетать выгоды тех и других.

Лит.: Беленченко В., Руководство для чинов воен. телеграфа, гл. 1—4, СПБ, 1896; Андреев А., Телеграфно-телефонные и оптическ. сообщения в армии, СПБ, 1906; Критский М., Телеграфно-телефонное дело, отд. 8, СПБ, 1908; Шварте М., Техника в мировой войне, гл. 5 и 10, пер. с нем. М.—Л., 1927; Новиков М. В., Полевой гелиограф, М., 1924; его же, Полевой оптич. светосигнальный аппарат Манжена, М., 1923; его же, Оптич. сигнальный аппарат Цейсса с зеркалом 250 *мм*, М., 1923; Гусев А., Светосигнальный аппарат Цейсса (диам. 10 *см*), М., 1927; Гусев А., Светосигнальный аппарат Люкас, М., 1927; Слюсарев Н., Светосигнальный аппарат Люкас системы Барбье, Бенар, Тюррен, М., 1930; Корольков А. Л., Нек-рые данные к расчету оптич. сигнальных приборов, «Техника и снабжение Красной армии», М., 1924, *24/137*; Гусев А., Светосигнальные приборы герм. конструкции, «Война и техника», М., 1926, *193*; Эльсниц А. Г. и Морозов Г. Г., Новые герм. светосигнальные приборы Цейсса 250 и 100 *мм*, там же, 1925, *34—35*; Юрасов Е., Электрич. и световые свойства светосигнального аппарата Цейсса 100 *мм*, там же, 1926, *46—47*; Е. Ю., Телефония без проводов при помощи световых лучей, там же, 1927, *3*; Хащинский В. П., Применение получений невидимых лучей спектра в военном и морском деле, «Морской сборник», Л., 1929, *10*; Ziekler, Problem d. Photo-Telephonie, «Elektrotechnik u. Maschinenbau», W., 1928, *29, 30*; Micheletta C., L'impiego delle radiazione oscure dello spettro nei collegamenti del campo di battaglia, «Rivista di Artiglieria e Genio», Roma, 1929, *11*; Guasco G., Comunicaziani senza filo e comendo elettromeccanico a distanza, ibid., 1925, *10—12*.

ОПТИЧЕСКОЕ СТЕКЛО, стекло, идущее на изготовление линз, призм, пластинок и тому подобных деталей оптич. приборов, обладает особо высокими качествами в смысле отсутствия оптич. неоднородностей (свилей, потоков), минимального количества пузырей и камней и отсутствия значительных по величине внутренних натяжений. Такое стекло должно обладать вполне определенными оптич. свойствами, мало меняющимися для различных кусков одного и того же сорта; кроме того для изготовления оптич. инструментов является необходимым иметь целый набор стекол, по возможности сильно отличающихся по своим оптич. константам, так как это облегчает устранение различных недостатков изображений, даваемых оптич. системами.

Оптич. свойства характеризуются показателями преломления стекла для нескольких спектральных линий, лежащих в различных частях спектра. В качестве таких линий обычно берутся следующие: в красной части спектра линия C (6 563 Å) водорода, также A' (7 685) калия и b (7 065) гелия; в желтой части линия D (5 893) натрия или близкая к ней—d (5 876) гелия; в зеленой—e (5 461) ртути; в голубой F (4 861) водорода и в синей—G' (4 341) водорода, а также g (4 359) и h (4 047)—ртути. Для характеристики преломляющей способности стекла пользуются показателем преломления n_D для желтой линии натрия (или для линии d гелия), а для характеристики рассеивающей способности—средней дисперсией $n_F - n_C$ или частными дисперсиями $n_D - n_C$, $n_F - n_D$ и т. д., а также относительными частными дисперсиями $\frac{n_D - n_C}{n_F - n_C}$, $\frac{n_F - n_D}{n_F - n_C}$

и т. д. Во многих случаях вместо средней дисперсии пользуются коэф-том дисперсии $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$, введенным Аббе. Для нахождения показателя преломления для различных длин волн λ при помощи показателей для небольшого числа линий можно воспользоваться одной из следующих ф-л:

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2}; \qquad \text{(Cauchy)}$$

$$n = Ce^{\frac{1}{\lambda^2}} + b\lambda^{-0{,}9} + d; \qquad \text{(Wright)}$$

$$n = n_0 + a\lambda^{-1} + b\lambda^{-3{,}5}; \qquad \text{(Conrady, Smith)}$$

$$n = n_0 + \frac{c}{(\lambda - \lambda_0)^\alpha}. \qquad \text{(Hartmann)}$$

Первая ф-ла дает возможность определять n с точностью до $1—3 \cdot 10^{-4}$. Вторая ф-ла при $b=0{,}008535$ (λ выражается в μ), т. е. также при двух постоянных дает несколько более точный результат—около $1 \cdot 10^{-4}$. Для более точных расчетов чаще пользуются последней ф-лой, которая при четырех постоянных позволяет вычислять n с точностью до $1 \cdot 10^{-5}$. В этой ф-ле α меняется от 0,5 до 1,5; положив $\alpha=1{,}2$ или 1, получим ф-лу несколько менее точную. Дальнейшее упрощение формулы получается, если положить $\lambda_0 = -1{,}73\ \nu + 243{,}3$.

В прежнее время О. с. разделялись на два обширных класса: стекла, не содержащие свинца,—к р о н ы и стекла с бо́льшим или



Фиг. 1.

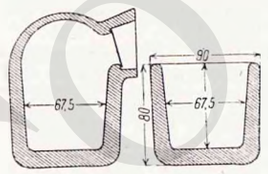
меньшим содержанием свинца—ф л и н т ы. У этих стекол дисперсия тесно связана с показателем преломления, и все они довольно хорошо удовлетворяют следующей линейной зависимости между n_D и $n_F - n_C$:

$$n_F - n_C = 0{,}07812 n_D - 0{,}10962.$$

В настоящее время имеется большое количество стекол, значительно отступающих от этой зависимости, и поэтому прежняя классификация является недостаточной. На фиг. 1 представлена классификация О. с., предложенная Морейем и несколько видоизмененная з-дом Шотта в Иене. Прибавка свинца сильно повышает показатель преломления и дисперсию (следовательно понижает ν); в противоположном направлении действуют кремнезем, борная к-та и, в особенности, фтор. Прибавка бария (также кальция) значительно увеличивает показатель при сравнительно малом изменении дисперсии; это обстоятельство дает возможность получать стекла, сильно выступающие из ряда прежних стекол, что является особенно важным при изготовлении светосильных фотографич. объективов. Для более полного устранения хроматизма, т. е. для уничтожения так наз. вторичного спектра, необходимо иметь флинты с менее растянутой, чем обычно, синей частью спектра или же кроны с более растянутой той же частью спектра. Первое достигается заменой свинца сурьмою, также введением борной к-ты; второе—увеличением количества щелочей, введением фосфора, фтора а также титана. Химический состав О. с. и оптические константы—см. *Спр. Т. Э.*, т. III, стр. 156 и 170. Количество потребляемого О. с. сравнительно очень невелико. Довоенная мировая продукция не превышала повидимому всего 20—30 m в год. Во время войны 1914—18 гг. производство О. с. сильно возросло, так что в 1918 г. в одной Америке было изготовлено ок. 240 m, а в Англии ок. 107 m. В настоящее время продукция опять сильно уменьшилась, так что напр. в Америке в 1927—28 г. было изготовлено на единственном з-де О. с., принадлежащем Бюро стандартов, всего 12 m. В настоящее время О. с. изготовляется в Германии на 1 з-де, в Англии—на 3, во Франции—на 2, в Америке—на 1 и в СССР—на 2.

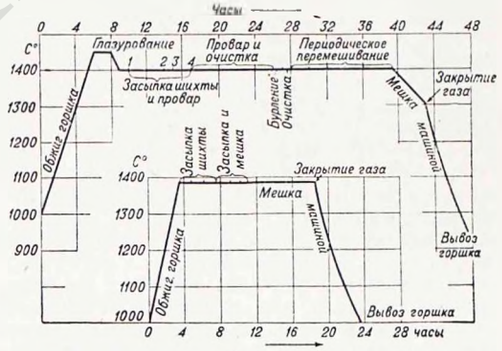
П р о и з в о д с т в о О. с. Отличительной особенностью производства О. с. является механич. перемешивание стекла во время варки, введенное П. Гинандом (P. L. Guinand, 1748—1824), к-рый начал изготовлять О. с. в Швейцарии в 1784 г. (или несколько ранее), затем работал на з-де под Мюнхеном (1805—13), где его учеником, а затем и приемником был Фраунгофер. С 1827 г. О. с. стало изготовляться во Франции (H. Guinand, G. Bontemps и др.), а с 1848 г. и в Англии на заводе бр. Ченс (G. Bontemps). К 1879 г. относится начало совместных работ Аббе и Шотта над изготовлением новых сортов О. с., а в 1884 г. был основан известный иенский стекольный з-д Шотта и К°. Вопросом об изготовлении О. с. занимался Фарадей (1824—30), впервые получивший борные флинты, а также Гаркур (1834—71; с 1862 г. совместно со Стоксом). Большое количество работ по О. с. было произведено во время войны 1914—18 гг., особенно в Америке.

С ы р ы е м а т е р и а л ы для производства О. стекла должны быть весьма чистыми. Основную массу О. с. составляет кремнезем. Он вводится в шихту в виде природного песка достаточно мелкого и однородного по величине зерен (часов-ярский, люберецкий, фонтенебло). Содержание в нем окиси железа не должно превышать 0,02%. Остальные компоненты О. с. вводятся в виде химически чистых препаратов: K_2CO_3, $KHCO_3$, KNO_3, Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $CaCO_3$, $BaCO_3$, $Ba(NO_3)_2$, MgO, ZnO, Pb_3O_4, PbO, H_3BO_3, $Na_2B_4O_7$, Sb_2O_3, Al_2O_3, AS_2O_3 и K_2SiF_6 (во флюоритовых стеклах). Вредными примесями являются окислы железа, хрома, меди, кобальта, никеля, марганца, как сильно окрашивающие О. с., а также сернистые и сернокислые соединения. Ш и х т а для каждого горшка составляется отдельно с поправкою на влажность материалов. Отвешивание шихты производится с большой точностью и материалы предварительно отсеиваются. Перемешивание шихты производится в деревянных ларях ($2 \times 1 \times 1$ *м*) перелопачиванием 6—8 раз или в специальных смесительных барабанах, выложенных деревом. Для ускорения плавки к шихте прибавляется бой стекла того же состава (кусками размером 3—5 *см*) в количестве 25—50% от веса получаемого стекла. Г о р ш к и для плавки О. с. изготовляются из огнеупорной глины (латнинская, часов-ярская, кассельская) и шамота; каждый горшок служит только для одной варки. Высокое качество горшков является непременным условием для успеха производства О. с. Вместимость горшка 200—400 *л*. Они имеют почти цилиндрическую форму и отношение диаметра к глубине ≅ 1 (фиг. 2). Раньше горшки применялись исключительно закрытые, современная техника пользуется преимущественно открытыми. Высушенные в течение 4—12 мес. горшки перед варкой обжигаются в специальных печах (каленицах), с перевернутым пламенем (на дровах, угле или газе) до температуры 900—1 000° в течение 4—7 суток при постепенном подъеме $t°$. Для беспрерывной работы одной стекловарной печи на один горшок каленицы требуется 6—7. Из каленицы горшок в горячем состоянии переводится в стекловаренную печь с $t° \sim 1\,000°$, где окончательно обжигается до $t°$ 1 450—1 500°. П е ч и для плавки О. с. применяются регенеративные, одногоршковые (редко двухгоршковые), отапливаемые газом или нефтью (капельники или форсунки). Печь должна давать равномерное распределение темп-ры в рабочем пространстве, допускать точную и легкую регулировку (±10°) в пределах 900—1 500°. Рабочее пространство имеет двери или легкоразборную стенку для быстрого вывоза горшка по окончании варки. Точное соблюдение $t°$-ных режимов в отдельные периоды варки О. с. является совершенно необходимым. Для измерения $t°$ применяют регистрирующие пирометры с термоэлементами из Pt—PtRh и оптические типа Фери.



Фиг. 2.

Весь процесс плавки О. с. может быть разделен на три периода (фиг. 3): 1) провар шихты, 2) очистка стекла и 3) мешка стекла, иногда перекрывающие друг друга (способ Морея). Первые два периода мало чем отличаются от варки обыкновенного стекла в горшках. К концу второго периода заканчиваются процессы диссоциации углекислых солей шихты, выделения из стекла газов и, вследствие диффузии и конвекции, вся масса стекла приобретает некоторую однородность, однако далеко недостаточную для оптич. целей. Вследствие селективного испарения компонентов стекла и беспрерывного растворения стенок и дна горшка состав стекла беспрерывно меняется и увеличивается окраска стекла окислами железа и хрома, извлекаемыми из горшка. Выбор максимальной температуры, наиболее благоприятной для варки О. с., является компромиссом двух требований: облегчение очистки О. с. требует повышения $t°$, а уменьшение растворимости горшка—ее понижения. Она варьирует от 1 500 до 1 200° в зависимости от химич. состава О. с. и качества стеклоплавильных горшков. В третий период, характерный для варки О. с., стараются достигнуть более совершенного выравнивания химического состава О. с. по всей его массе путем механического перемешивания.



Фиг. 3.

С п о с о б п е р е м е ш и в а н и я, предложенный Гинандом, считается до настоящего времени наиболее совершенным. Он заключается в равномерном движении по кругу вдоль стенок горшка шамотовой мешалки, надетой на железный крюк с квадратным сечением. Шамотовая мешалка имеет длину почти равную глубине горшка, диаметр внизу 7,5 *см*, а вверху 10 *см* (фиг. 4). Мешальные машины дают возможность менять равномерно скорость вращения от 25 до 3 об/м. и радиус мешки от 0 до радиуса горшка. Равномерное движение мешалки вдоль стенок горшка создает в стекле смерч, поднимающийся от центра дна и вращающийся одновременно с мешалкой. Достигнув поверхности, поток стекла (смерч), частично разме-



Фиг. 4.

шиваясь, направляется к стенкам и спускается вниз вдоль них. Т. о. смерч питается стеклом, проходящим около стенок и дна горшка и несколько отличается по показателю преломления от общей массы. Неоднородность в химич. составе смерча и общей массы стекла уменьшается по мере перемешивания и особенно когда $t°$ снижается и прекращается сильное улетучивание с поверхности и растворение горшка, но достигнуть полной однородности не удается. Одновременно со снижением $t°$ уменьшают скорость вращения мешалки, а некоторые

з-ды и радиус мешки. Наинизшая $t°$ мешки зависит от химич. состава стекла и лежит в пределах 1 100—900°. По окончании мешки мешалка извлекается из стекла, и горшок со стеклом вывозят из печи для охлаждения. Вынимание мешалки и большие градиенты $t°$ в стекле при его охлаждении вызывают конвекцию и ухудшают однородность стекла. Охлаждение горшков со стеклом производится либо в подогретых предварительно калеиицах либо в кожухах. Сначала стеклу дают охладиться довольно быстро, а затем уменьшают скорость охлаждения, засыпая кожух песком. В правильно охлажденном горшке стекло оказывается расколотым на несколько глыб, к-рые разбивают специальными молотками на куски весом 3 000—200 *г*, выбирая участки без свилей и пузырей. Придание стеклу формы (молирование) плиток производят путем расплавления его в шамотовых формах, выложенных асбестом, или путем разогревания стекла в канальных печах и прессовки его в металлич. формах. В обоих случаях для охлаждения его служат или муфели или канальные печи. По охлаждении плитки прополировываются с двух противоположных узких сторон вручную на небольших станках (⌀ шайбы ≅ 60 *см*) или на автоматах (⌀ шайбы ≅ 2 *м*). В последнем случае плитки набираются в обойму и заливаются гипсом. Проиолированные плитки поступают на просмотр, где бракуются по свилям, пузырям и дымкам. Отсюда годное стекло поступает на окончательный отжиг, а браковапное на изготовление боя. Отжиг производится в электрич. печах сопротивления, а также в муфельных печах, отапливаемых газом, углем и т. д. Темп-ра, до к-рой приходится нагревать стекло, зависит от сорта и колеблется в пределах 400—600°. Охлаждение кусков стекла ходовых размеров продолжается в малых печах 4—5 дней, в больших, вмещающих несколько m,—до 6 недель. Большие диски, идущие на изготовление линз и зеркал для астрономич. телескопов особо больших размеров, отжигаются в течение нескольких месяцев.

Браковка стекла. В виду тех высоких требований, которые предъявляются к оптич. стеклу, % брака получается весьма значительным: хорошим выходом считается выход в 20%. Наибольший % брака падает на свили, которые обнаруживаются либо просто глазом либо по способу теневой точечной проекции, заключающемуся в том, что кусок стекла помещается по пути лучей, исходящих из источника света малых размеров (⌀1—2 *мм*), а за стеклом ставят большой экран, на к-ром свили проектируются в виде б. или м. резких теней. Остаточные внутренние натяжения обнаруживаются при помощи поляризованного света (см. *Двойное лучепреломление* и *Деформация*); в О. с. они не должны превосходить величины, соответствующей двойному лучепреломлению $\Delta n = 2 \cdot 10^{-6}$. Светопоглощение О. с. не должно превосходить 2% на *см* и лишь для особо трудно изготовляемых стекол допускается 4%. Показатель преломления не должен отличаться от типового более, чем на $1 \div 2 \cdot 10^{-3}$, а средняя дисперсия на $2 \div 4 \cdot 10^{-4}$.

Гигроскопичность и химическая устойчивость О. с. определяются по способу Милиуса. О. с. делится на 5 гидролитич. классов по щелочности выветривания A_v, измеряемой количеством иодэозина (в *мг/м²*), выделяемого из влажного эфирного раствора (0,5 *г/л*) на свежеотломанной поверхности стекла после 7-дневного воздействия насыщенного влагой (18°) воздуха.

Класс	h^1	h^2	h^3	h^4	h^5
A_v . .	0—5	5—10	10—20	20—40	>40

Кроме того характеристикой химич. устойчивости служит естественная щелочность A_n, определяемая тем же методом, но сразу по разламывании плитки. О. с. испытывается также на способность приобретать иризирующие пятна под действием слабых к-т (0,5%-ной уксусной к-ты).

Лит.: Жуковский Г. Ю., Производство оптич. стекла, ч. 1, П., 1918; Шульц Г., Стекло, пер. с нем., М.—Л., 1926; Wright F. E., The Manufacture of Optical Glass a. of Optical Systems, Wsh., 1924; Hovestadt H., Jenaer Glas u. seine Verwendung in Wissenschaft u. Technik, Jena, 1900; Peddle C. J., Defects in Glass, L., 1927; Zschimmer E., Die Glasindustrie in Jena, Jena, 1922; Henrivaux J., Le verre et le cristal, Encyclopédie chimique, publiée par M. Frémy, t. 5, P., 1883; Eckert F., Über die physikalischen Eigenschaften d. Gläser, «Jahrb. d. Radioaktivität u. Elektronik», Lpz., 1924, B. 20, H. 2—3; Weidert F., Optisches Glas, «Die Umschau», Frankfurt a/M., 1921, *37*; Morey G. W., The Classification a. Nomenclature of Optical Glass, «Journal of the Optical Society of America», Ithaca, 1920, v. 4, p. 205; Rohr M., Die Entwicklungsjahre d. Kunst, Optisches Glas zu schmelzen, «Die Naturwissenschaften», B., 1924, B. 12, p. 781; Adams L. H. and Williamson E. D., The Annealing of Glass, «Journ. of the Franklin Inst.», Philadelphia, 1920, v. 190, p. 597 и 835; Mylius F., «Silikat-Ztg», Coburg, 1913, p. 2, 25, 45 и 237; Smith T. a. Anderson J., Optical Glass, Dictionary of Applied Physics, L., 1923, v. 4. **И. Гребенщиков и А. Лебедев.**

ОПЫЛИВАНИЕ, метод борьбы с вредителями и болезнями растений (см. *Вредители в сельском хозяйстве*). О. всевозможных растений, повреждаемых грызущими или сосущими насекомыми, или пораженных некоторыми из паразитных грибков, производят при помощи особых аппаратов (опылпвателей) сухими порошкообразными инсекто-фунгисидами. Применяемые для О. инсекто-фунгисиды употребляются как в чистом виде, так и в смесях в различных соотношениях с нейтральными веществами. Примешивание к ядам различных дешевых индиферентных (в смысле токсичности) порошкообразных веществ применяется гл. обр. в целях экономии дорогостоящих ядов. Примеси в этом случае служат для более равномерного распределения на возможно большей поверхности допустимо минимальных количеств действующих ядов. При смешении какого-либо яда с нейтральным (в смысле ядовитости) веществом последнее подбирают с уд. в., близким к уд. в. яда и с близкой физич. структурой частиц, дабы при распылении получалось более монолитное (однородное) пылевое облако. Строение пылевых частиц веществ, употребляемых для О., должно отвечать основному требованию—возможно лучшей прилипаемости их к растениям (тонкий размол, «угловатость» строения и пр.). О применении различных ядов как насекомоотравляющих веществ см. *Инсектисиды*.

Особенно широко применяются О. в Америке при борьбе с вредителями хлопчатника. В СССР применение О. получает все большее распространение при борьбе с саранчовыми и рядом других вредителей полей и хлопчатника. Опыты О. лесов в СССР также уже дали положительные результаты и возможно рассчитывать на применение О. в борьбе с целым рядом свободно живущих форм вредителей леса (шелкопряды, совки, пяденицы, пилильщики и пр.).

Для О. существуют различных конструкций аппараты—опыливатели, которые можно разбить на 5 типов: 1) ручные и ранцевые с простым или двойным мехом, выдувающим порошок и приводимым в действие ручным рычагом; 2) ручные с крыльчатым вентилятором, действующим от ручных рычагов; 3) конные с крыльчатым вентилятором, действующим при помощи передачи от ходового колеса экипажа; 4) моторные, в которых вентилятор приводится в действие от двигателя внутреннего сгорания; 5) *аэроопылители* (см.)—специальные аппараты, устанавливаемые на аэропланах.

К преимуществам сухого О. по сравнению с опрыскиванием относится прежде всего равномерное распределение инсектисида по поверхности растения. Облако ядовитой пыли, медленно опускаясь и волнуясь от движения воздуха, окутывает растение, равномерно покрывает все его части сверху, снизу и с боков. Сухие частицы легче пристают к влажной поверхности растений и поэтому О. лучше всего удается в безветренную погоду, в виду чего на практике О. производят рано утром или поздно вечером—по росе и при затишьи. Далее, при О. выпадают манипуляции, связанные с водой, что увеличивает значение О. в степных районах с трудной доставкой воды. О. единицы площади производится много быстрее, нежели *опрыскивание* (см.). К недостаткам О. относится: 1) больший расход инсекто-фунгисидов на единицу площади по сравнению с опрыскиванием; 2) одни и те же вещества, употребляемые и для опрыскивания и для О., в пылевом состоянии оказываются менее действительными; 3) требуется очень тонкий помол веществ, иногда трудно достижимый; 4) вещества, употребляемые для О., д. б. не гигроскопичными, или их надо хранить в герметич. сосудах до употребления в дело.

Лит.: Холодковский Н. А., Курс энтомологии теоретич. и прикладной, 4 изд., т. 1, М.—Л., 1927 (обширная лит.); Бородин Д. Н., Борьба с вредными насекомыми при помощи аэроплана, «Америк. техника», Нью Йорк, 1925, т. 2, *iv*; Коротких Г. И., Опыты применения самолетов в борьбе с вредителями с. х-ва, «Защита растений от вредительства», Л., 1925, т. 2, *7*; Парфентьев И. А., Авиахимич. экспедиция по борьбе с саранчей, «Доброхим», М., 1925, *6*; Принц Я. И., Материалы по вредит. и болезням винограда и по искусств. опылению его, Тифлис, 1925; Уваров Б. П., Борьба с саранчей опыливанием, «Известия Сиб. станции защ. раст.», Ново-Николаевск, 1924, *I(4)*. **В. Модестов.**

ОРБИТА, путь небесного светила в пространстве. Для планет О. имеет форму эллипса; О. комет м. б. эллипсом, параболой и гиперболой. Для полного знания О. (планеты) необходимо определить из наблюдений ее элементы: 1) наклонность i, 2) долготу восходящего узла (1 и 2 элементы определяют положение плоскости О., проходящей через центр солнца, относительно эклиптики, иногда экватора), 3) долготу перигелия π (дает ориентировку эллипса в своей плоскости), 4) большую полуось a (выражается в единицах среднего расстояния земли от солнца), 5) эксцентриситет e (4 и 5 элементы дают величину и форму эллипса) и 6) среднюю долготу L_0 в эпоху (дает положение планеты в некоторый начальный момент). Для комет, движущихся по параболе, вместо a и e дается лишь один элемент—перигельное расстояние q; вместе с тем теряет смысл и L_0, вместо чего указывается момент прохождения через перигелий T. Элементы О. определяются на основании наблюдений, каковых необходимо не иметь менее трех.

О. *электрона* (см.), по воззрениям Бора,—траектория электрона, движущегося в атоме вокруг его положительного ядра.

Лит.: Иванов А. А., Основной курс теоретической астрономии, Берлин, 1913; Цингер Н., Курс астрономии, часть теоретич., П., 1922; Савич А., Курс астрономии, т. 2, СПБ, 1884; Bauschinger J., Die Bahnbestimmung d. Himmelskörper, Leipzig, 1906; Stracke G., Bahnbestimmung d. Planeten u. Kometen, B., 1929. **А. Михайлов.**

ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ, см. *Технические испытания и научно-исследовательские институты.*

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА, см. *Техническая организация производства, Научная организация труда* и *Рационализация производства.*

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, химические соединения, содержащие в своем составе углерод. Название О. с., первоначально прилагавшееся только к углеродсодержащим веществам, добытым или приготовленным из частей растительных или животных организмов, впоследствии было распространено на все вообще соединения углерода; поэтому более правильно называть О. с. углеродистыми соединениями. Однако в химии до*сих пор сильна историч. традиция, по к-рой не только термин О. с. является более распространенным, но и самое понятие О. с. часто прилагается не ко всем соединениям углерода, а лишь к таким, где наиболее отчетливо видна генетич. связь с углеводородами. Простейшие же соединения углерода с кислородом, металлами, серой, азотом и многие их производные, не содержащие углеводородных остатков, нередко исключают из числа О. с. и причисляют их (совершенно произвольно) к «неорганическим» веществам. Общая численность известных к наст. времени О. с. приближается к 2 млн., т. е. значительно превышает число всех остальных химических соединений, в которые не входит углерод.

Главными источниками О. с. для промышленности являются ископаемые угли, нефть, древесина дерева, жиры и другие виды растительного и животного сырья. Путем соответствующей термической или химической обработки из этих материалов получают ряд индивидуальных О. с., а эти последние специальными синтетич. методами (см. *Синтез органический*) переводят в еще более много-

численные продукты потребления. В состав О. с. могут входить помимо углерода почти все остальные элементы; наиболее часто в образовании О. с. участвуют водород, кислород и азот. Свойства О. с. в зависимости от их состава и строения могут изменяться в самых широких пределах. Характерным признаком большинства О. с. является наличие в их молекулах углеродных цепей, т. е. группировок из нескольких взаимно связанных атомов углерода. В области О. с. большинство веществ—неэлектролиты; реакции их протекают б. ч. медленно, подчиняясь в отношении скоростей закону действующих масс. При сравнительном однообразии качественного состава О. с. среди них чрезвычайно распространены явления *изомерии* (см.), нередко переходящей в *таутомерию* (см.), и *полимерию* (см.); явление стереоизомерии (см. *Стереохимия*), впервые изученное на О. с., также встречается среди них очень часто. Строение молекул О. с. изображают обычно, исходя из принципов классич. теории строения, дополненной стереохимическими представлениями, и из априорного допущения четырехвалентности углерода. Однако в ряде случаев факты заставляют принимать наличие в О. с. двухвалентного и даже трехвалентного углерода, допускать существование побочных валентностей, прибегать к усложненным (координационным) моделям и т. д. Приложение электронных представлений к гомеополярным (см. *Молекула*) О. с. встречает значительные затруднения и до сих пор не дало вполне удовлетворительных результатов.

Классификация О. с., опирающаяся на теорию строения, рассматривает каждое О. с. как продукт замещения, генетически производимый от более простого соединения путем замены в нем части атомов (б. ч. водородных, реже—кислородных) другими атомами или атомными группами. Основой при построении рациональной классификации О. с. служат углеводороды и простейшие гетероциклические (см. ниже) соединения. Замещением в них водорода на неорганические радикалы (остатки воды, аммиака, неоргани. к-т и т. д.) производят все классы О. с.; замещение же водорода органич. радикалом—метилом (—CH_3) дает гомологич. ряды О. с. внутри каждого класса (см. *Гомология*). По характеру и положению замещающих групп (субстituентов) О. с. делятся на следующие важнейшие классы [R обозначает любой одновалентный углеводородный радикал или атом водорода, Ar—одновалентный ароматич. радикал (арил), Ac—кислотный радикал (ацил)].

Углеводороды рядов метана (C_nH_{2n+2}), этилена (C_nH_{2n}), ацетилена (C_nH_{2n-2}), полиметиленовых (C_nH_{2n}), бензола (C_nH_{2n-6}) и т. д.; галоидопроизводные, производимые от углеводородов заменой одного, нескольких или всех водородных атомов атомами галоида; металлоорганические соединения, содержащие металл, непосредственно связанный с углеводородными радикалами; спирты, или алкоголи, R·OH, и фенолы, Ar·OH (оксисоединения); эфиры простые, R·O·R′; эфиры сложные, Ac·O·R; меркаптаны (тиоспирты), R·SH; сульфиды (тиоэфиры), R·S·R′; сульфоксиды, $\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!SO$; сульфоны, $\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!SO_2$; сульфиновые кислоты, $R\cdot SO_2H$; сульфоновые кислоты, или сульфокислоты, $R\cdot SO_2\cdot OH$; нитросоединения, $R\cdot NO_2$; нитрозосоединения, R·NO; амины первичные, вторичные и третичные

$$R{-}NH_2,\quad \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!NH,\quad \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!N{-}R'',$$

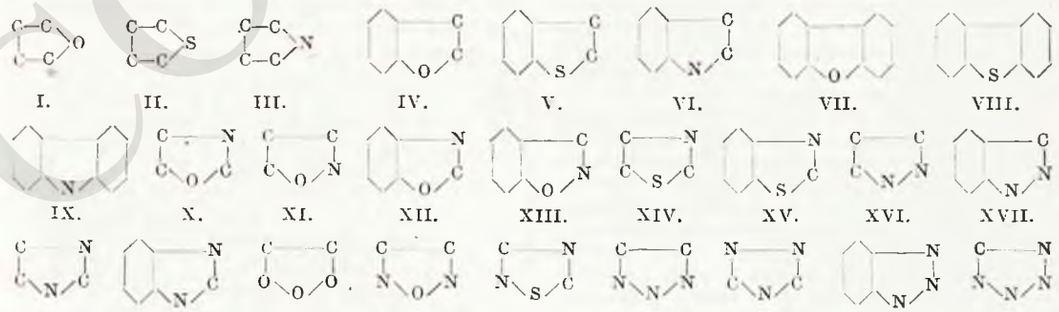
аммониевые, сульфониевые, оксониевые и иодониевые основания и их соли:

[NRR′R″R‴]X, [SRR′R″]X, [ORR′R″]X, [JRR′]X

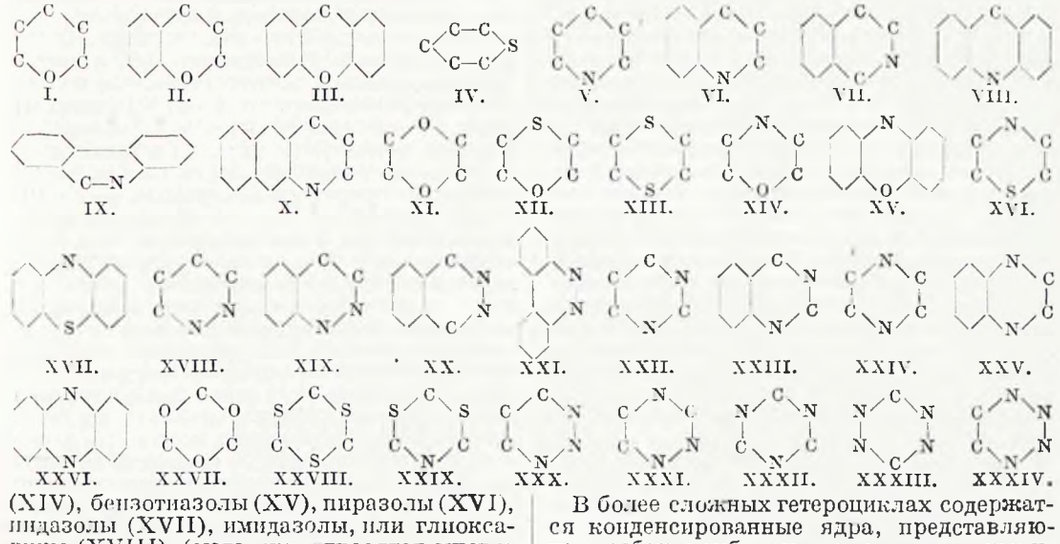
(X=OH, галоид или другой анион); аналогичные аминам производные фосфора (фосфины), мышьяка (арсины), сурьмы (стибины) и их дериваты; нитрамины, $R\cdot NH\cdot NO_2$; гидроксиламины, $R\cdot NH\cdot OH$ и $R\cdot O\cdot NH_2$; гидразины, $R\cdot NH\cdot NH_2$, $\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!N\cdot NH_2$, $\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!N\cdot NH{-}R''$, $\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!N\cdot N\!<\!\begin{matrix}R''\\R'''\end{matrix}$ и гидразосоединения, $R\cdot NH\cdot NH\cdot R$; азоксисоединения, $R\cdot N(O){-}N\cdot R$; азосоединения, $R\cdot N{=}N\cdot R$; диазосоединения, $R\cdot N{\equiv}N\cdot X$, или $R\cdot N{=}N\cdot X$ (X—неорганич. анион); азиды, $R\cdot N\!<\!\begin{matrix}N\\N\\N\end{matrix}$; альдегиды, $R\cdot C\!<\!\begin{matrix}O\\H\end{matrix}$; кетоны, $\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!C{=}O$; хиноны, $O{=}C_6H_4{=}O$, и другие оксосоединения (содержащие CO-группы в углеродной цепи); ацетали, $\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!C(OR'')_2$; тиоальдегиды, $R\cdot C\!<\!\begin{matrix}S\\H\end{matrix}$; тиокетоны, $\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!C{=}S$; имины, $\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!C{=}NH$; оксимы, $\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>\!C{=}N\cdot OH$; кислоты карбоновые, $R\cdot C\!<\!\begin{matrix}O\\OH\end{matrix}$, их соли, а также сложные эфиры ($R\cdot CO\cdot OR'$); галоидангидриды кислот, $R\cdot CO\cdot X$ (X=галоид); ангидриды кислот, $(R\cdot CO)_2O$; амиды кислот, $R\cdot C\!<\!\begin{matrix}O\\NH_2\end{matrix}$; имиды кислот, $(R\cdot CO)_2NH$; тиокислоты, $R\cdot CO\cdot SH$, $R\cdot CS\cdot OH$ и $R\cdot CS\cdot SH$; имидокислоты, $R\cdot C\!<\!\begin{matrix}NH\\OH\end{matrix}$; амидины, $R\cdot C\!<\!\begin{matrix}NH\\NH_2\end{matrix}$; гидроксамовые кислоты, $R\cdot C\!<\!\begin{matrix}N\cdot OH\\OH\end{matrix}$; амидоксимы, $R\cdot C\!<\!\begin{matrix}N\cdot OH\\NH_2\end{matrix}$; гидроксамоксимы, $R\cdot C\!<\!\begin{matrix}N\cdot OH\\NH\cdot OH\end{matrix}$; формазиловые соединения, $R\cdot C\!<\!\begin{matrix}N\cdot NH_2\\N{=}NH\end{matrix}$; нитрилы, $R\cdot C{\equiv}N$; изонитрилы, $R\cdot N{\equiv}C$ и т. д.

Число замещающих групп в молекуле О. с. может быть и более единицы (многоатомные спирты, полиамины, поликетоны, многоосновные к-ты и т. д.). Когда молекула вещества содержит 2 (или более) вида заместителей, получаются О. с. двойственной функции, напр. альдегидоспирты, кетоноспирты, оксикислоты, аминокислоты и т. п.

Независимо от перечисленных выше классов все О. с. делят на следующие четыре отряда, или ряда: 1) *алифатические, или жирные соединения* (см.)—с открытыми углеродными цепями; 2) *алициклические соединения* (см.)—с замкнутыми (кольчатыми) углеродными цепями, 3) *ароматические соединения* (см.), характеризуемые наличием шестичленных углеродных циклов специфического строения (типа так называемого бензольного ядра), и 4) *гетероциклические соединения* (см.)—с замкнутыми цепями из разнородных атомов. Ряды (2) и (3) иногда объединяют в группу карбоциклических соединений. Гетероциклич. соединения классифицируются обычно на группы, различающиеся природой, числом и взаимным расположением гетероатомов; в качестве последних наиболее часто фигурируют O, S и N. Ниже приведены схемы цепей важнейших типов гетероциклов.



А. Пятичленные циклы: группы фурана (фурфурана) (I), тиофена (II), пиррола (III), кумарона (IV), бензотиофена (V), индола (VI), дифениленоксида (VII), дифениленсульфида (VIII), карбазола (IX); оксазолы (X), изоксазолы (XI), бензоксазолы (XII), индоксазены (XIII), тиазолы (XIV), бензотиазолы (XV), пиразолы (XVI), индазолы (XVII), имидазолы, или глиоксалины (XVIII) (сюда же относятся многие уреиды—см. *Мочевина*), бензимидазолы, или бензоглиоксалины (XIX), озониды (XX), азоксазолы (XXI), азотиазолы (XXII), триазолы (пирродиазолы, XXIII, озотриазолы XXIV), бензотриазолы (азимидосоединения) (XXV) и тетразолы (XXVI).



Б. Шестичленные циклы: группы пирона (I), хромона (II) (сюда же относятся флавоны и кумарины) и окиси дифенилметана (III) (ксантоны); группы пентиофена (IV), пиридина (V), хинолина (VI), изохинолина (VII), акридина (VIII), фенантридина (IX) и антрапиридина (X), диоксаны (группа диэтилендиоксида—XI), тиоксаны (XII) и дитианы (группа диэтилендисульфида—XIII), оксазины (группа морфолина—XIV), феноксазины (XV), тиазины (XVI), фентиазины (XVII); *о*-диазины: группы пиридазина (XVIII), циннолина (XIX), фталазина (XX) и феназона (XXI); *м*-диазины: пиримидины (XXII) (кроме того сюда же относятся многие уреиды), хиназолины (XXIII); *п*-диазины: группа пиразина (XXIV), хиноксалины (XXV), феназины (XXVI); группы триоксиметилена (тримеры альдегидов—XXVII), триметилентрисульфида (XXVIII) и тиалдины (XXIX); триазины—смежные (XXX), несимметрические (XXXI) и симметрические (трицианиды—XXXII), тетразины (XXXIII) и озотетразоны (XXXIV).

В более сложных гетероциклах содержатся конденсированные ядра, представляющие собою комбинации различных перечи-

сленных выше циклов. В отдельных классах и отрядах О. с. делятся кроме того по характеру химических связей на предельные (насыщенные) и непредельные (см. *Ненасыщенные соединения*).

Наиболее рациональной системой классификации О. с. является та, которая положена в основу распределения материала в [1], а также [2].

Анализ О. с. Исследование всякого О. с. требует предварительного получения его в химически чистом состоянии, т. е. выделения из обычно имеющейся в распоряжении исследователя смеси и полного освобождения от примеси других веществ. После этого задача сводится к идентификации вещества, т. е. доказательству его тождественности с тем или иным продуктом, уже известным и описанным в литературе; либо же—если вещество получено впервые—к установлению его химического состава и строения. При технич. анализе [3] хорошо известных О. с., изготовляемых в производственном масштабе, обычно ограничиваются определением (по стандартным методам) нек-рых физич. или химич. констант продукта, характеризующих его техническую пригодность, и содержания важнейших постоянных примесей.

Получение О. с. в чистом состоянии нередко бывает связано с большими трудностями. Для этой цели применяются такие физич. методы, как фракционная перегонка (часто в вакууме), перегонка с паром, экстрагирование растворителями, кристаллизация и др. [4]. В случае непригодности этих методов прибегают к специальным химич. способам разделения веществ: для этого последние переводят в такие производные, к-рые легче разделимы физически, и после разделения регенерируют О. с. обратным химич. процессом. Нек-рые сложные смеси близких по характеру О. с. вообще не поддаются полному разделению; таковы напр. природные битумы, нефти, смолы, каучуки, продукты пиролиза органич. веществ и т. п.

Химич. анализ индивидуального О. с. заключается в установлении его эмпирич. формулы, выводимой на основании элементарного состава вещества и его молекулярного веса. Элементарный состав определяют обычно по методу сожжения (см. *Анализ химический*); в случае надобности прибегают к отдельным определениям азота, серы, галоидов, металлов и т. д. *Молекулярный вес* (см.) определяется криоскопич. или эбулиоскопич. путем; за последнее время входит в практику упрощенное определение мол. в. по Расту [5]. После установления эмпирич. формулы имеется возможность найти данное О. с. в литературе и получить о нем исчерпывающие справки по первоисточникам. Для облегчения такого рода справок служит ряд специальных изданий, из к-рых основными являются [1] и [6]. Для идентификации О. с. производится определение важнейших физич. констант—чаще всего $t°_{пл.}$, $t°_{кип.}$, уд. в., показателя преломления и др., к-рые сравниваются с литературными данными. Экспериментальным подтверждением идентичности двух образцов твердых О. с. служит т. н. проба на смешение ($t°_{пл.}$ смеси не должна отличаться от $t°_{пл.}$ отдельного образца); при отсутствии же препарата для сравнения—природа О. с. подтверждается характерными химич. реакциями, указанными для него в литературе (см. [7]). Для вновь открытых О. с. необходимо устанавливать не только элементарную ф-лу, но и структуру молекулы, определяющую место данного вещества в общей системе О. с. Структура веществ, полученных синтетич. путем, часто вытекает из самого способа их получения. Для О. с. природного происхождения или полученных с помощью мало исследованных реакций структура устанавливается на основании детального изучения их химич. свойств, продуктов расщепления (гидролиза, пиролиза, окислительного распада), анализа производных, количественного определения типич. групп гидроксильной, метоксильной) и т. д.; ценные указания относительно структуры О. с. можно получить также из определения нек-рых физич. констант [молекулярная рефракция, абсорбционные спектры, вращательная способность, *паралор* (см.)] и из термохимич. данных (теплоты горения) [8].

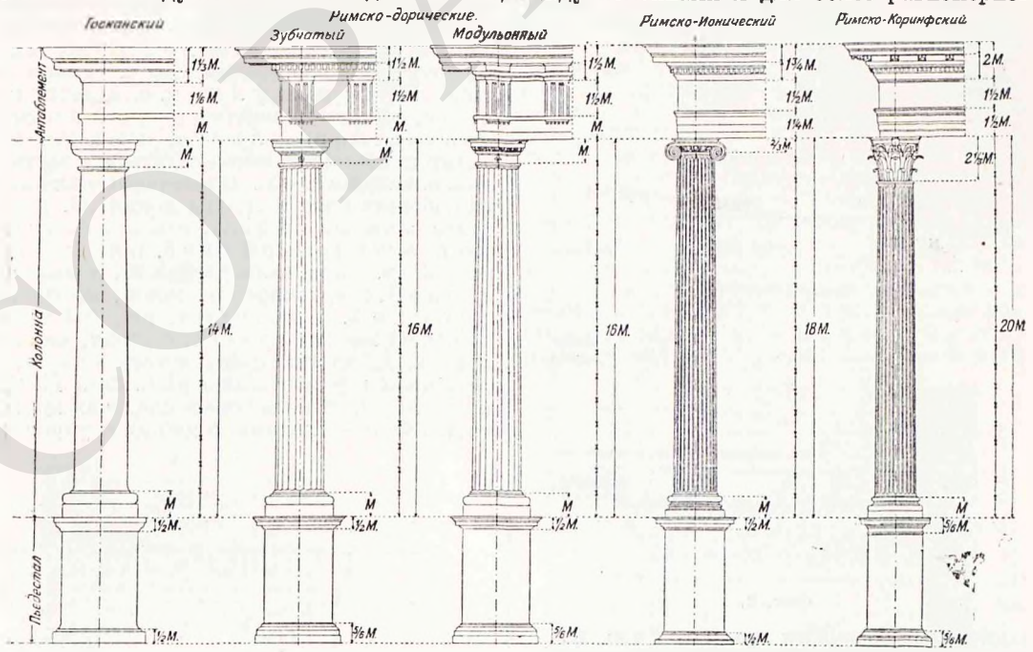
Лит.: [1]) Beilstein's Handbuch d. organischen Chemie, 4 Aufl., 1918—1930 (не закончено; это издание является наиболее полным справочником по О. с.); [2]) Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch d. org. Chemie, 2 Aufl., Lpz., 1922—29 (не закончено); [3]) Lunge G.—Berl E., Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 7 Aufl., B. 3, 4, Berlin, 1923—24; [4]) Houben J., Die Methoden d. organ. Chemie, Lpz., 1923—1925 (3-е изд. не закончено.); [5]) Rast, «B», 1922, B. 55, p. 1051; Houben J., «Journ. f. prakt. Chemie», Leipzig, 1923, B. 105, p. 27; [6]) «Chem. Zentralblatt», Berlin—Leipzig, Generalregister f. 1922—24 u. Formelregister ab 1925 (ежегодно); [7]) Rosenthaler L., Der Nachweis organischer Verbindungen, Die chemische Analyse, hrsg. v. B. Margosches, B. 19/20, 2 Aufl., Stuttgart, 1923; [8]) Meyer H., Analyse u. Konstitutionsermittlung organischer Verbindungen, 4 Auflage, Berlin, 1922.

В. Янковский.

ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ, удобрения, содержащие соединения или группы соединений органического происхождения (см. *Удобрение*).

ОРДЕРА (орден, чин), особый вид композиции, главнейшим и непременным элементом которой является колонна с сопровождающими ее частями. Слово «ордер» происходит от лат. ordo—ряд, порядок. О. берут свое начало примерно за 3 000 л. до нашей эры. Каждый О. состоит из ряда колонн и вышерасположенного и перекрывающего их антаблемента (антаблемана). В нек-рых видах О. колонны поставлены на добавочные части—пьедесталы, к-рые однако не являются безусловно необходимыми элементами О.—Различают О. по их архитектурным формам и пропорциям, предопределяющим художественный облик всей композиции в целом. Различаясь в своих деталях, все О. подчинены одному общему закону пропорциональности, в силу которого размеры всех частей О. находятся в простых кратных отношениях. Единицей меры чаще всего служит модуль—радиус нижней части колонны. Модуль делится на более мелкие части—парты, количество к-рых в модулях различных О. разное. В простых О. с крупными деталями модуль делится на 12 парт, в других, более богатых О., имеющих мелкие части, необходимо и более мелкое деление модуля, напр. на 18 парт.

О. возникли в древней Греции, в архитектуре к-рой колонна получила особо важное значение в применении к постройкам разнообразных общественных зданий. Известны О.: дорический, ионический и коринфский. Римская архитектура переработала греч. О. по-своему и дополнила еще двумя—тосканским и т. н. сложным. Т. о. были созданы пять римских О. (фиг. 1). В римских постройках колонна начинает уже утрачивать свое конструктивное значение: между колоннами вводится стена,



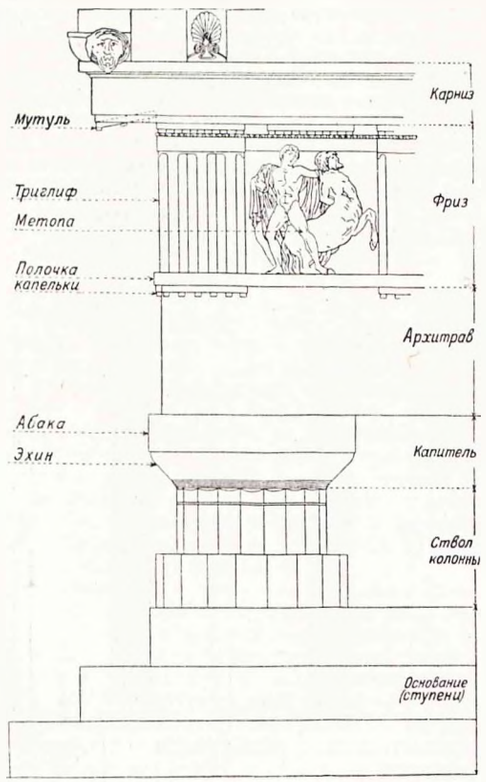
Фиг. 1.

могущая сама по себе нести вышележащую нагрузку, а нередко колонны выступают из нее на $^3/_4$ или даже на $^1/_2$ своей толщины. Вместе с тем римляне начинают применять О. для обработки аркад, в к-рых колонны служат опорами для арок и сводов, в таких напр. сооружениях, как цирки, мосты, виадуки и акведуки. С эпохи Возрождения (Ренессанса) колонна все больше и больше становится декоративным элементом, а О. начинают применяться как мотивы для убранства фасадов зданий, потеряв всякую связь с конструкцией здания и с его планом. Правила построения и применения пяти О. послужили предметом научных изысканий многих архитекторов в различных странах.

Греческие О. отличаются от одноименных с ними римских отсутствием пьедесталов и характером рисунка профилей, выполнявшихся от руки, а не по циркулю и линейке.

Среди греч. О. наиболее простым является дорический (фиг. 2). Колонна этого О., имеющая высоту, равную 4—6,5 нижним диаметрам, стоит непосредственно на ступенчатом возвышении—стилобате, общем для всего сооружения; колонна лишена той нижней части, которая называется базой и встречается в колоннах всех остальных существующих О. Стержень, или ствол, дорич. колонны утоняется постепенно кверху, т. ч. верхний диаметр составляет $^2/_3$ или $^3/_4$ нижнего, вследствие чего колонна получает коническую форму, а иногда и более сложную, когда профиль колонны очерчивается по некоторой слегка выпуклой кривой. Стержень обычно покрыт продольными желобками — каннелюрами в количестве 20 и 24. Верхняя, уширенная, часть колонны—капитель, заменяя собой отчасти подбалку, служит для уменьшения пролета между колоннами и для более равномерного распределения на колонну вышележащей нагрузки. Капитель колонны дорич. О. состоит из верхней квадратной плиты—абаки, облегчающей переход от круглой колонны к лежащему на ней прямоугольному архитраву; ниже абаки находится круглый выпуклый эхин; переходной частью к круглой колонне служит шейка капители, или трахилион, покрытый рядом кольцевых параллельных углублений. Архитрав представляет собой, как и во всех других О., не что иное, как каменную балку, стыки к-рой приходятся как-раз над осями колонн. Выше архитрава расположен фриз, состоящий из узких прямоугольников—триглифов, чередующихся с квадратами—метопами. Триглифы размещены в соответствии с осями колонн, и каждый из них имеет ряд вертикальных углубленных дорожек, а внизу—полочку, образуемую выступом идущего вдоль всего фриза узкого пояска, носящего название тении. Полочки украшены висящими под ними каплями в виде маленьких усеченных конусов. Подобными каплями снабжены и находящиеся над каждым триглифом и метопой плоские, слегка наклонные вперед, прямоугольные плиты, называющиеся мутулями. Метопы нередко украшались ба-

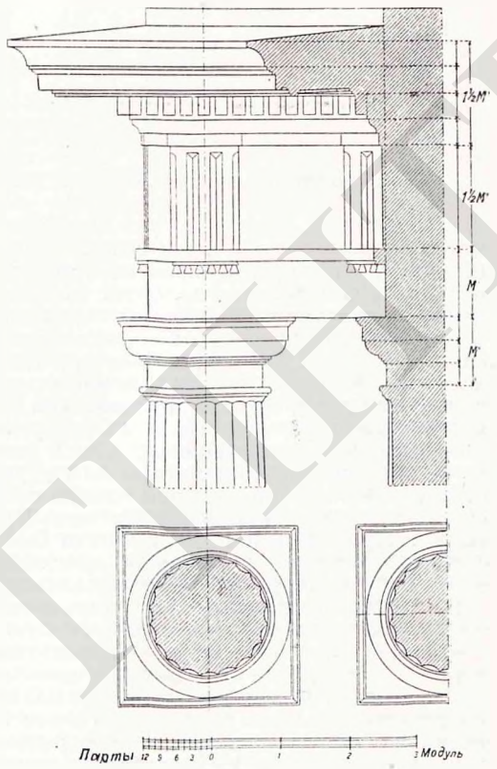
рельефами с изображением сцен из мифологии. Третья составная часть антаблемента—лежащий над фризом карниз—имеет сильно



Фиг. 2.

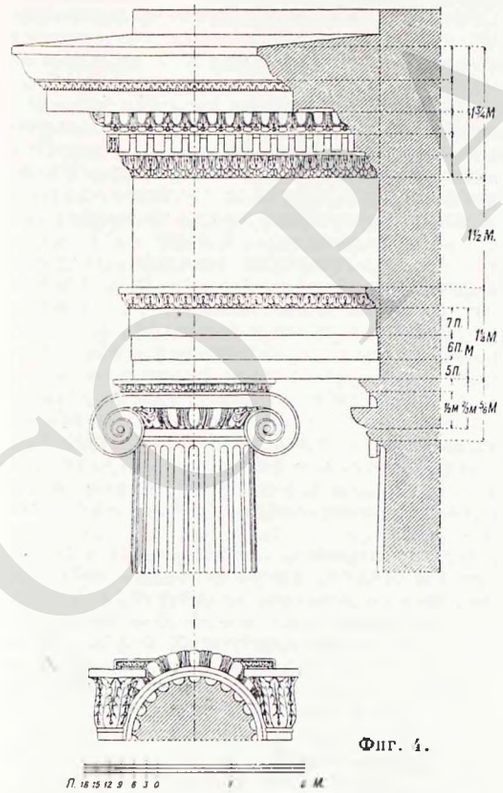
выступающую вперед выносную плиту, необходимую для отвода стекающей с крыши дождевой воды, возможно далее от стен здания; венчающей частью карниза служит покоящийся на выносной плите желоб с водосточными отверстиями, имеющими иногда форму львиных голов с открытой пастью. В дорич. О. очень редко и в весьма ограниченном количестве применялись скульптурные украшения деталей, чаще же различные части О. раскрашивались в разные цвета, а также покрывались живописным цветным орнаментом. В общем дорич. О.—самый простой, мощный, но в нек-рых своих образцах м. б. несколько суровый и тяжелый. В трактовке итал. архитекторов (эпоха Возрождения) дорич. О. получил более легкие пропорции и формы—колонны получили не только базы, но и пьедесталы. Выше триглифов, под выносной плитой карниза, появились новые части—зубчики (сухарики), а в другом видоизменении—модульоны, напоминающие собой мутули древнегреч. О. Таким путем создались две разновидности римско-дорич. О.: зубчатый (фиг. 3) и модульонный (фиг. 1).

Ионич. О., более поздний по происхождению, чем дорический, представляется более легким в пропорциях и более богатым в украшениях (фиг. 4). В нем, в его богатстве украшений, чувствуется влияние Востока. Особенностью этого О. является капитель его колонны, имеющая своеобразные, ей только присущие, спиральные завитки—волюты. Между волютами находится эхин, в данном О. уже в виде т. н. четвертного вала (очерченного $^1/_4$ окружности), обычно украшенного овоидальным (яйцеобразным) орнаментом, получившим название иоников. Капитель завершается сложной по своему профилю абакой. То обстоятельство, что капитель имеет различный вид спереди и сбоку, вызвало необходимость выработки особой ее формы для угловых колонн. Стержень колонны более стройный; высота ее равна 9 диаметрам, слегка конусовидная; каннелюры (24 шт.) разделены узкими плоскими дорожками. База, равная по своей высоте модулю, т. е. радиусу колонны, состоит из нижней опорной плиты—квадратного плинта, над к-рым находится кольцеобразная выпуклая часть—вал, или иначе тор. В нек-рых своих видоизменениях база колонны ионич. О. имеет более сложный профиль, как это имеет место в аттической базе, в которой два разной толщины вала разделены кольцевой впадиной, очерченной по кривой, именуемой скоцией. Антаблемент, высотой около $^1/_5$ общей высоты всего О., состоит, как и в других О., из архитрава, фриза и карниза. Архитрав горизонтально расчленен на три несколько свешивающиеся одна над другой части. Фриз—гладкий, а иногда и украшен-



Фиг. 3.

ный барельефом. Карниз, как в греко-, так и в римско-ионич. варианте, всегда обработан б. или м. богато. Верхняя часть карниза поддерживается рядом зубцов—дантикулей, выше к-рых проходит переходная часть, орнаментированная иониками с четками или бусами под ними. Карниз ионич. антаблемента завершался подобным



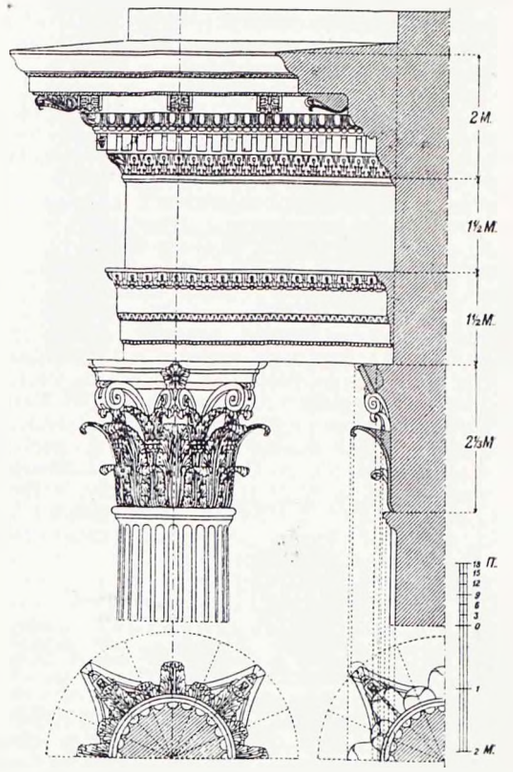
Фиг. 4.

же желобом, как и в дорическом О., но профиль его обычно был сложнее; часто он очерчивался по кривой (гусек). В ионич. О. широко применялись скульптурный орнамент, раскраска и живописный орнамент.

О. коринфский имеет много общего с предыдущим, отличаясь от него в деталях убранства. Капитель колонны этого О. напоминает собой высокую корзину с пробивающимися сквозь ее стенки красивыми, курчавыми листьями, усиками и стебельками растения аканта; высота капители равна диаметру колонны или даже несколько более его. Коринфская капитель имеет много вариантов, в которых встречаются и листья пальмы и разнообразнейшие виды завитков, похожих на маленькие волюты. Абака капители имеет довольно сложную форму в плане; можно сказать, что это квадрат с выпуклыми внутрь сторонами. Стержень колонны еще более стройный, чем в ионич. О.; высота его равняется 10 диаметрам (20 модулям). Нельзя не отметить, что подобное соотношение между толщиной каменной колонны и ее высотой является предельным; за этим пределом есть опасность подвергнуть материал колонны продольному изгибу, а не простому сжатию. В остальном стержень коринфской колонны вполне схож с таким же в ионич. О. В антаблементе римско-коринфского О. новостью, с к-рой нельзя встретиться в других О., являются модульоны в виде лежащих кронштейнов, поддерживающих верхнюю часть карниза (фиг. 5). В общем коринфский О., более богатый в деталях, с более мелкими членениями, часто применялся для архитектурной обработки сравнительно небольших сооружений или же для внутренней отделки зданий.

Тосканский ордер выработан в Италии (фиг. 6). Он отличается чрезвычайной простотой форм, отсутствием каких-либо украшений, в общем напоминает собой упрощенный дорич. О. Колонна имеет высоту, равную 7 диаметрам; нижняя ее треть цилиндрическая, выше она утоняется, т. к. верхний ее диаметр на $^1/_5$ ч. меньше нижнего. Переход от одного диаметра к другому совершается по особой плавной кривой. Стержень колонны совершенно гладкий. Капитель высотой в 1 модуль—простая по очертаниям своего профиля. Такая же простая и база. Антаблемент, как и в остальных О., составляет $^1/_5$ высоты всего О. и также состоит из архитрава, фриза и карниза.

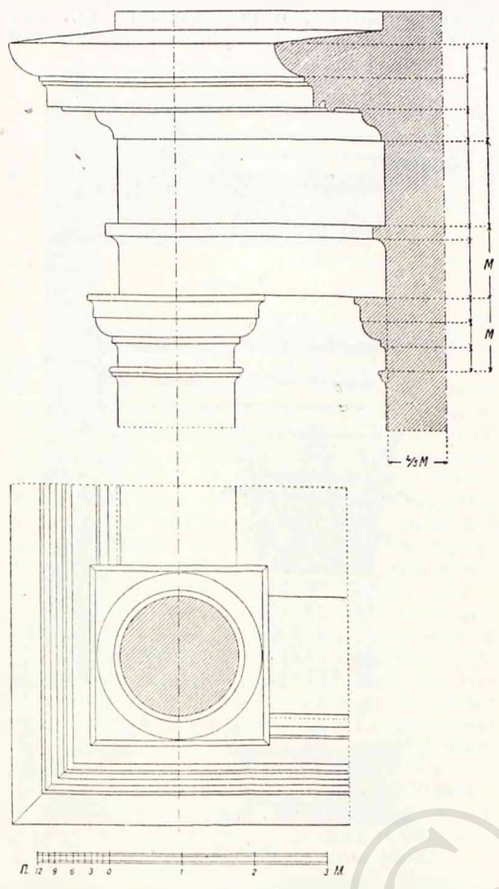
Сложный О. создан римскими зодчими и в сущности своей представляет комбинацию ионич. и коринфского О., отличаясь от них м. б. нек-рой чрезмерной пышностью в орнаментировке своих деталей и введением раскреповок, т. е. выступов антаблемента над колоннами. О. имеет чисто декоративное значение; римляне применяли его главным образом для архитектурной обработки триумфальных арок.



Фиг. 5.

Кроме пяти основных О. существуют еще две их разновидности — это О. к а р и а т и д и О. а т л а н т о в; в первом колонны заменены женскими фигурами, во втором — атлетическими мужскими фигурами. Оба эти О. принадлежат древнегреч. архитектуре, а в позднейшей встречаются редко.

Применение того или другого О. было связано с назначением и размерами сооружений. Так, для зданий монументальных, выраженных в крупных массах, к-рые при этом должны были производить впечатление величавой мощи, наиболее подходящим являлся дорич. О.; в архитектурных композициях сравнительно небольшого масштаба целесообразнее был ионич. О.; в тех же случаях, где требовалась большая деталировка, более мелкое членение всей композиции и богатство отделки, там незаменимым являлся коринфский О. В многоэтажных зданиях О. применялись поэтажно в соответствии с характером каждого из них. Так, в нижнем этаже часто встречается или тосканский или дорический О., выше—более легкий ионический и еще выше—коринфский или сложный. Для обработки фасадов



Фиг. 6.

многоэтажных зданий применялся также и т. н. к о л о с с а л ь н ы й О. Этот О. отличается от установившихся основных О. тем, что колонны его идут во всю высоту многоэтажного здания, заканчиваясь обычным антаблементом. Примеры подобных применений О.—в сохранившихся до нашего времени сооружениях древней Греции и Рима и в позднейшей архитектуре всех стран Европы и Америки.

Долгое время одним из основных материалов при выполнении какого-либо сооружения служил камень и для колонн и для перекрытий, но в более позднюю эпоху (18 в.) мы видим применение в качестве основного материала также и железа, завоевавшего внимание после постройки дворца для Лондонской всемирной выставки, а ближе к нашему времени получили развитие композиционные материалы, напр. железобетон и другие конгломераты. К тому же развитие теории сопротивления материалов давало возможность более уточненных и экономных способов использования их. Означенное, в связи с новыми бытовыми, экономич. и культурными требованиями жизни, привело к тому, что в наше время классич. О. не только пережили конструктивное значение их, но и потеряли возможность использования их в приложении к современным сооружениям, и если в иных случаях и теперь мы видим применение колонны, то она является лишь конструктивной частью сооружения.

Нужно отметить заслуживающие внимания изыскания, имевшие целью найти физич. начала классич. архитектурных форм; эти изыскания дают новое объяснение происхождению архитектурных форм, уделяя должное место влиянию деформаций на образование формы, напр. бочкообразной колонны, луковичных куполов и т. п.

Лит.: М и х а й л о в с к и й И. Б., Архитектурные ордера, Л., 1925; Н и к о л а е в Б., Физические начала архитектурных форм, Петербург, 1905; Д у р о в А., Архитектурные формы, каменные, кирпичные и деревянные, гл. 2, § 2, М., 1904; П а в л у ц к и й Г., Коринфский архитектурный ордер, Киев. 1891; Р о н ч е в с к и й К. И., Образцы древнегреческих ордеров, Москва, 1917; Ш у а з и А., История архитектуры, т. 1, гл. 11 и 12, пер. с франц., М., 1906; D u r m J., Die Baukunst d. Griechen, Handb. d. Architektur, hrsg. v. J. Durm u. E. Schmidt, 3 Aufl., B. 1, T. 2, Lpz., 1910; D u r m J., Die Baukunst d. Etrusker u. Römer, ibid., B. 2, T. 2, Leipzig, 1929; D u r m J., Die Baukunst d. Renaissance in Italien, ibidem, B. 5, T. 2, Leipzig, 1910; V i g n o l e, Traité élémentaire pratique d'architecture ou étude des cinq ordres, Paris, s. a.; V i g n o l e J. B., Règles des cinq ordres d'architecture de Vignole, Paris, 1764; R i c h a r d s o n G., A Treatise on the Five Ordres of Architecture, London, 1787; C h i p i e z Ch., Histoire critique des ordres grecs, Paris, 1876; A m a t i C a r b o, Ordini di architettura del Barrozi du Vignola, Milano, 1840; D 'E s p o n y H., Fragments d'architecture antique, Paris, s. a.; M a u c h J. M., Die architektonischen Ordnungen d. Griechen u. Römer, 8 Aufl., B., 1906; P r e s t e l J., Zehn Bücher über Architektur des Marcus Vitruvius Pollio, Strassburg, 1912.

И. Дюмулен.

ОРЕХ ГРЕЦКИЙ, Juglans regia, из сем. Juglandaceae, дерево с прямым стволом, достигающим 30 *м* высоты при диаметре до 120 *см*, с широкой, густой, развесистой кроной. Кора на стволе—в молодости гладкая с беловатыми чечевичками. Дико произрастает в Греции, М. Азии, в Закавказьи и в Туркменистане; в остальных местах З. Европы и у нас культивируется как плодовое дерево. Почки у О. г. зеленовато- или желтобурые, расположены на ветвях спирально. Крупная листва непарноперистая, 7—9 крупных продолговато-яйцевидной формы цельнокрайних листочков, содержит в своем составе эфирные масла. Цветет О. г. весною одновременно с распусканием листвы. Цветы раздельнополые: мужские собраны в сидячие повислые сережки, женские цветки одиночные или 2—3 в клубочках на вершинах новых побегов. Плод—костянка, с мясистым, нераскрывающимся околоплодником. Семя безбелковое, съедобное, содержит масла до 50% (см. *Ореховое масло*). Сочный околоплодник доставляет красящие и дубильные вещества (см. *Спр. ТЭ*, т. III). О. г. обладает быстрым ростом в молодости, требует для своего разведения защитных от заморозков мест, с легкой, богатой перегноем, не слишком влажной и холодной почвой. Плодоносить О. г. начинает на 8—10 году, когда урожай составляет 16,5 *кг* плодов (орехи) с одного дерева; к возрасту 25—40 лет дерево О. г. дает максимальный урожай в 26—31 *кг*. Древесина грецкого ореха с широкой грязновато-белого цвета заболонью и коричневато-бурым ядром. По годичным слоям древесины равномерно расположены сосуды. Объемный вес древесины в сухом состоянии 0,68; она плотна, упруга и дает прекрасный рисунок под полировкой, употребляется для изготовления фанеры в мебельном, столярном и экипажном производствах, а также для изготовления ружейных лож. На стволах О. г. образуются *наплывы* (см.) 1—2 *м* в поперечнике. Кроме О. г. в культуре у нас встречаются его сородичи из С. Америки: Juglans nigra L. и J. cinerea L. В Приамурьи произрастает J. mandschurica, а в горных лесах Туркестана Juglans phalax. Механич. испытания древесины различных пород ореха см. *Спр. ТЭ*, т. IV, стр. 24—79.

Лит.: М е д в е д е в Я. С., Деревья и кустарники Кавказа, 3 изд., стр. 281—286, Тифлис, 1919; П е н ь к о в с к и й В., Деревья и кустарники, как разводимые, так и дикорастущие в Европейской России, на Кавказе и в Сибири, ч. 5, стр. 84—89, Херсон, 1901.

Н. Кобранов.

ОРЕХОВОЕ МАСЛО, добывается прессованием очищенной от скорлупы и оболочек мякоти г р е ц к и х о р е х о в—Juglans regia, J. nigra, J. Sveboldiana и п е к а н о в—Carya alba, C. ovata. В СССР на Кавказе, в Крыму, в Туркестане грецкий орех растет в диком и культурном виде. Пеканы хорошо растут на Кавказе. Перед прессованием вполне зрелые орехи выдерживаются 2—3 месяца для удаления воды, т. к. свежие орехи дают плохо отстаивающуюся эмульсию. 100 *кг* свежих орехов дают 66 *кг* сухих ядер; 24 *кг* сухих ядер (с 45% масла) дают 12 *л* О. м. Свежее О. м. применяется в пищу, но обладает способностью легко прогоркать. О. м. содержит, по Эйбнеру, 28,8% олеиновой кислоты, 31,15% *α*-линолевой, 17,2% *β*-линолевой, 6,1% *α*-линоленовой, 9,7% *β*-линоленовой, 2,5% стеариновой и 5,1% пальмитиновой к-т. Масло пеканов содержит 80% олеиновой и 16% линолевой кислот. Иодное число = 95,7. Характеристика масла грецкого ореха:

D_{15}^{15}	0,923
Число омыления	186—197
Иодное число	142—152
Число Генера	95,4
Рефракция (40°)	1,469—1,4705
» по масл. рефрактометру	64—68
$t°_{заст.}$	−27°
Титр ($t°_{заст.}$ жирных кислот)	14—16°

О. м. применяется для приготовления клеевого мыла в мыловарении. Высокое иодное число О. м. позволяет применять его для приготовления олифы; но склонность пленки О. м. давать трещины понижает ценность О. м. для малярного дела и живописи. Ореховая пыль (с кондитерских заводов) м. б. использована для получения масла для технич. целей; 1 *т* пыли содержит 400—410 *кг* масла с кислотным числом 50—55.

Лит.: К а р д а ш е в К., Растительные масла, Москва, 1917; B a u e r K., Chemische Technologie d. Fette u. Öle, B., 1928; E l d s o n G., The Chemistry a. Examination of Edible Oils a. Fats, L., 1926; Ubbelohde's Handb. d. Chemie u. Technologie d. Öle u. Fette, B. 2, p. 426, Lpz., 1920.

С. Иванов.

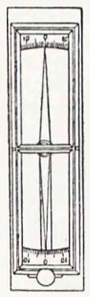
ОРЕШНИК, Corylus, деревья или кустарники из сем. Corylaceae, с очередными листьями, простыми, опадающими удвоенно-зубчатыми, с опадающими прилистниками. Цветы однодольные; мужские собраны в сережку, появляющуюся с осени, женские сидят в пазухах особых почек, из к-рых при цветении высовываются 2—3 красноватых рыльца. Плод состоит из 1—2 или 3 орехов, заключенных в листовую обертку, так наз. плюску. Семя безбелковое, содержит до 50% масла (см. *Ореховое масло*). Древесина без ядра, плотная и прочная, объемный вес 0,64. В пределах СССР встречается 6 видов О. Из них наиболее распространенный—л е щ и н а, Corylus avellana, кустарник, произрастающий в качестве подлеска в дубовых лесах и встречающийся на Кавказе, в М. Азии и Европе. В южных местах культивируется в целях получения орехов и образует большое количество разновидностей, отличающихся по форме и размерам орехов, содержанию в них семени, а также содержанию в семени масла. Размножается семенами, корневыми отпрысками и отводками, предпочитая плодородную свежую почву. Древесина его употребляется на обручи, плетни, тычины и для плетения корзин. C. colurna, м е д в е ж и й о р е х, встречается в Закавказьи, Турции и Юж. Европе, растет деревом, достигающим 24 *м* высоты, при диам. 60—90 *см*. Плотная древесина объемного веса 0,54 употребляется в столярном, мебельном и токарном деле. В Крыму и на юге разводится C. tubulosa, ф у н д у к, близкий вид к обыкновенной лещине, но его орехи вкуснее и он боится заморозков. В Сибири встречается C. heterophylla, невысокий кустарник; в Манчжурии растет C. mandschurica и на Кавказе небольшой кустарник C. colchica. Культуры О. при правильной их эксплоатации могут дать высокий доход.

Лит.: П е н ь к о в с к и й В., Деревья и кустарники как разводимые, так и дикорастущие в Европ. России, на Кавказе и в Сибири, ч. 2, стр. 128—134, Херсон, 1901; К и ч у н о в Н. И., Орехи и их культура, СПБ, 1905.

Н. Кобранов.

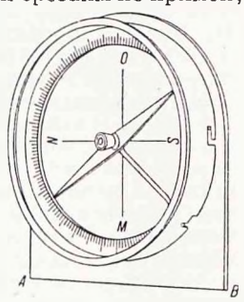
ОРИЕНТИР-БУССОЛЬ, *буссоль* (см.), применяемая для ориентирования *планшета* (см.) мензулы. Состоит из удлиненной четырехугольн. медной коробки (фиг. 1), закрытой стеклом, внутри к-рой помещается на шпиле магнитная стрелка длиной в 15—17 *см*. К коротким сторонам коробки прикреплены две части буссольного кольца, причем центр кольца совпадает с острием шпиля, на к-ром вращается магнитная стрелка. На этих частях нанесены полуградусные деления от

концов нулевого диаметра вправо и влево до 15—20°. Деления нанесены для того, чтобы можно было принять во внимание склонение магнитной стрелки, если ориентировать планшет надо по истинному меридиану. Для ориентирования планшета О.-б. совмещают наружным краем длинной ее стороны с линией рамки планшета, стрелку освобождают от аретира, после чего ей дают успокоиться. Затем, открепив становой или закрепительный винт мензулы, вращают планшет вокруг его вертикальной оси до тех пор, пока концы магнитной стрелки не совместятся с нулевыми делениями буссоли (ориентирование по магнитному меридиану) или с делениями, соответствующими величине магнитного склонения (ориентирование по истинному географич. меридиану).



Фиг. 1.

В некоторых *мензулах* (см.) для ориентирования планшета применяется обыкновенная буссоль без *диоптров* (см.). Она состоит (фиг. 2) из круглой коробки диам. ~ 12 *см*. Один или два противоположных наружных края основания коробки срезаны по прямой, параллельной диаметру *NS* лимба. Для ориентирования планшета мензулы эта буссоль помещается на планшете т. о., чтобы край *AB* коробки совпадал с линией рамки планшета, и вращают планшет сначала грубо, а затем микрометрич. винтом, до совпадения концов стрелки с диам. *NS* (ориентирование по магнитному меридиану). Для ориентирования мензулы по географическому меридиану следует учесть, как выше указано, магнитное склонение стрелки в данном месте и в данное время.



Фиг. 2.

При помощи круглой буссоли кроме ориентирования мензульного планшета можно решать с мензулой другие задачи, встречающиеся при мензульной съемке (см. *Съемка мензульная*). **Н. Степанов.**

Лит.: см. *Геодезия, Мензула, Геодезические приборы.*

ОРНАМЕНТ, см. *Стиль.*

ОРНИТОПТЕР, летательный аппарат тяжелее воздуха, поддерживающийся в нем благодаря реакции машущих крыльев. По тому, как движутся крылья О., воздействуя на воздух, О. можно разделить на два класса: 1) собственно орнитоптеры, у к-рых крылья подобно птичьим описывают довольно сложную кривую, и 2) ортоптеры, в к-рых крылья движутся в направлении, перпендикулярном движению аппарата. В последнем случае крылья дают только подъемную силу, и для продвижения всего аппарата вперед необходимо иметь еще какой-то двигательный прибор, тогда как в первом случае крылья служат одновременно и гребным аппаратом.

Собственно О. представляют большие конструктивные трудности для своего выполнения, т. к. сложное колебательное движение крыла требует сложных механизмов. В ортоптерах подъемная сила м. б. получена или колебательным движением простого крыла, у к-рого подъем кверху совершается медленнее, чем опускание, или колебательным движением крыла с клапанами. В обоих случаях крыло будет оказывать пропеллирующее действие (см. *Пропеллер*); будет создаваться некоторое количество движения в ограниченной струе, за счет чего и получается подъемная сила.

В истории авиации первые попытки осуществления орнитоптера были произведены Леонардо да Винчи. Опыты с моделями орнитоптера относятся к концу 19 в. и производились Татеном, Пишанкуром и другими, причем в этих моделях колебательное движение крыльев достигалось силой раскручивающейся резины. Все эти модели имели очень незначительные размеры; так например, первая «птица» Пишанкура весила всего 25 *г*, другая модель Пишанкура имела уже 675 *г* веса и могла пролетать расстояние до 25 *м*. Очень интересная модель О. была представлена в 1891 г. во французскую Академию наук Густавом Труве. Крылья этой машины были прикреплены к концам подковообразной трубки Бурдона; при увеличении давления воздуха в этой трубке она разгибалась и приводила в движение крылья; понижая и повышая последовательно давление в трубке, можно создать колебательные движения крыльев; повышение давления в этой трубке достигалось последовательными взрывами патронов, установленных на револьверном барабане. Модель аппарата Труве весила 3,5 *кг* и при взрыве 12 патронов могла пролетать расстояние 75 *м*. На опытах с моделями и закончились успешные попытки подражать гребному полету птиц. После Труве было построено большое количество О., однако все опыты с ними оканчивались неудачей—человек не мог подняться в воздух на таком аппарате.

Конструктивное выполнение О. очень затруднительно; наличие мощных шарниров, в к-рых должны крепиться крылья, сильно утяжеляет конструкцию; с другой же стороны, аэродинамически О. являются аппаратами менее выгодными, чем геликоптеры или аэропланы. При опускании в О. крыла вниз последнее движется нормально по отношению к воздуху; подобный случай положения пластинки, движущейся нормально к потоку, дает наибольший коэф. лобового сопротивления (см. *Аэродинамика*). Следовательно подъемная сила равна той силе сопротивления, к-рую приходится преодолевать мощностью машины, тогда как при наклонно движущихся крыльях сила сопротивления во много раз меньше, чем подъемная сила. Отсюда следует, что применение так наз. прямого удара крыльев является мало выгодным, почему О. и не получили до сего времени никакого распространения. Пропеллирующее действие при помощи винтов (см. *Геликоптер*), когда пользуются косым ударом воздуха, гораздо более выгодно и имеет бо́льшие перспективы для осуществления вертикального подъема.

В случае собственно орнитоптера, в котором осуществляется гребной полет, крыло все время встречает воздух под некоторым изменяющимся углом атаки, описывая в то же время некоторое сложное колебательное движение; конструктивное выполнение такого аппарата едва ли осуществимо. См. *Аэроплан.*

Лит.: Барш Г. З., Воздухоплавание в его прошлом и настоящем, Петербург, 1906; Александров В. Л., Аэропланы, Москва—Ленинград, 1930; Франк М., История воздухоплавания, ч. 2, Петербург, 1911. **В. Александров.**

ОРОГЕНЕЗИС, горообразование, вторая фаза геологич. цикла, заключающаяся в образовании на земной поверхности области возвышений (гор) и опусканий (низменностей) в результате движения земной коры. Самыми грандиозными движениями являются поднятия и опускания целых материков (эпейрогенетич. движения), захватывающие большие участки земной коры. Собственно О. захватывает значительно меньшие области, причем наиболее существенным является горизонтальное перемещение земной коры, в результате чего образуются складчатые (пликативные) горы большей или меньшей сложности, в зависимости от величины бокового давления. При особо сильном давлении отдельные части складок надвигаются друг на друга, образуя навалоки, или шарнажи. Обычно складкообразование сопровождается образованием в земной коре глубоких трещин (см. *Сбросы*), по к-рым отдельные участки земной коры опускаются, давая начало сбросовым (глыбовым, дизъюнктивным) горам. По этим же трещинам на земную поверхность прорываются из глубины расплавленные магмы, которые, разливаясь на поверхности и переслаиваясь с рыхлыми продуктами (вулканич. бомбы, пески, пеплы), нагромождают вулканич. горы. Этот тип гор носит название насыпных. К насыпным же горам относятся конечные нагромождения (морены) обломочного материала (глин, песков, валунов), приносимого ледниками и остающегося на месте таяния (среднерусские возвышенности—конечные морены). Горы размыва (или денудационные) получаются в результате деятельности текучей воды (ручьев, рек), размывающей высокое плоскогорье, образовавшееся в результате эпейрогенетич. движений земной коры. Вода промывает глубокие долины с отвесными склонами, снося весь раздробленный материал в низины или море, и после многовековой работы такое плоскогорие м. б. расчленено на отдельные горные вершины. **П. Тополь ницкий.**

Лит.: см. *Сброс.*

ОРТИТ, редкоземельный минерал моноклинной системы, сложного состава, содержащий церий, иттрий, лантан, дидим и др. Хим. ф-ла схематически м. б. выражена так: $3\,Ca(Ce, Al, Y)_2Si_2O_8 \cdot Ca(OH)_2$; встречается в виде вкрапленников, сплошных масс, а также и отдельных кристаллов (таблитчатых или вытянутых) в кислых горных породах: гранитах, сиенитах и пегматитах Норвегии, Швеции, Финляндии, Урала и др. Цвет преимущественно черный со смоляным блеском. Непрозрачен. Излом раковистый. Твердость 5—6; уд. в. 3,3—3,8. Перед паяльной трубкой сплавляется в черную магнитную эмаль. Нек-рые О. разлагаются HCl, с выделением студенистого кремнезема. На земной поверхности О. выветривается, причем редкие земли отщепляются от кремнезема, образуя сложные карбонаты. При обогащении нефелиновых сиенитов (миаскитов) О. получается в виде концентратов. О. служит сырьем для получения редких элементов.

Лит.: v. Kokscharow N., Über d. Epidot und Ortit, СПБ, 1860; Michel-Lévy A. et Lacroix A., Note sur un gisement français d'allanite, «Bull. de la Soc. Franç. de Minéral.», P., 1888, t. 11, *1*, p. 65.

ОРТОГОНАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ, система функций

$$\varphi_0(x), \varphi_1(x), \varphi_2(x), \ldots, \varphi_k(x), \ldots \qquad (1)$$

конечная или бесконечная, определенная в промежутке (a, b), удовлетворяющая следующему условию:

$$\int_a^b p(x)\,\varphi_m(x)\,\varphi_n(x)\,dx = 0 \text{ при } m \neq n, \qquad (2)$$

где $p(x)$—не отрицательная и интегрируемая в смысле Римана ф-ия в промежутке (a, b). Эту ф-ию $p(x)$ мы будем называть, следуя Стеклову, характеристической (нек-рые нем. авторы называют ее Belegungsfunktion). В частности характеристич. ф-ия может равняться 1. Если система ф-ий (1) является ортогональной, то очевидно и ряд функций

$$\sqrt{p(x)}\,\varphi_0(x), \sqrt{p(x)}\,\varphi_1(x), \ldots, \sqrt{p(x)}\,\varphi_k(x), \ldots \qquad (3)$$

образует ортогональную систему.

Нетрудно убедиться, что

$$1, \cos x, \cos 2x, \ldots, \cos kx, \ldots \qquad (4)$$

ортогональная система ф-ий в промежутке $(0, \pi)$ по отношению к характеристич. ф-ии $p(x) = 1$, т. е.

$$\int_0^{\pi} \cos mx \cos nx\,dx = 0 \text{ при } m \neq n. \qquad (5)$$

Точно так же система ф-ий

$$\sin x, \sin 2x, \ldots, \sin kx, \ldots \qquad (6)$$

удовлетворяет условию ортогональности в том же промежутке $(0, \pi)$ и по отношению к той же характеристич. ф-ии.

Одновременно с условием (2) ортогональности ф-ий рассматривают условие

$$\int_a^b p(x)\,\varphi_m(x)\,\varphi_n(x)\,dx = 1 \text{ при } m = n; \qquad (2')$$

система ф-ий (1), удовлетворяющая этому условию (2′), называется нормальной. Так, ортогональная система ф-ий (4) м. б. сделана нормальной, если ввести для этих функций постоянный множитель c_k и определить его из условия (2′); получаем ортогональную и нормальную систему ф-ий

$$\sqrt{\frac{1}{\pi}}, \sqrt{\frac{2}{\pi}}\cos x, \sqrt{\frac{2}{\pi}}\cos 2x, \ldots, \sqrt{\frac{2}{\pi}}\cos kx, \ldots \qquad (4')$$

При замене x через $\arccos \frac{y}{a}$ $(a > 0)$ система ф-ий (4′) обращается в

$$\sqrt{\frac{1}{\pi}}, \sqrt{\frac{2}{\pi}}\cos \arccos \frac{y}{a}, \sqrt{\frac{2}{\pi}}\cos 2 \arccos \frac{y}{a}, \ldots,$$

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}}\cos k \arccos \frac{y}{a}, \ldots, \qquad (7)$$

когда x изменяется от 0 до π, переменное y будет изменяться от $+a$ до $-a$. Ф-ии (7) являются полиномами Чебышева степени k от $\frac{y}{a}$, пропорциональными полиномам, наименее уклоняющимся от нуля в промежутке $(-a, +a)$. Обозначив эти полиномы через $T_k\left(\frac{y}{a}\right)$, преобразуем условие ортогональности ф-ий (4′) к переменному y:

$$\int_{-a}^{+a} T_m\left(\frac{y}{a}\right) T_n\left(\frac{y}{a}\right) \frac{dy}{\sqrt{a^2 - y^2}} = 0 \text{ при } m \neq n;$$

отсюда видно, что полиномы (7) образуют ортогональную систему ф-ий в промежутке $(-a, +a)$ по отношению к характеристической ф-ии

$$p(y) = \frac{1}{\sqrt{a^2 - y^2}}.$$

Очевидно полиномы Чебышева образуют и нормальную систему ф-ий.

Условие ортогональности ф-ий (6)

$$\int_0^{\pi} \sin mx \sin nx\, dx = 0 \text{ при } m \neq n$$

подстановкой $y = \cos x$ представится так:

$$\int_{-1}^{+1} \sqrt{1 - y^2} \cdot \frac{\sin m \arccos y}{\sin \arccos y} \cdot \frac{\sin n \arccos y}{\sin \arccos y}\, dy = 0,$$

откуда видно, что ф-ии вида

$$\varphi_k(x) = c_k \cdot \frac{\sin k \arccos x}{\sin \arccos x}$$

являются ортогональными в промежутке $(-1, +1)$ по отношению к характеристической ф-ии

$$p(x) = \sqrt{1 - x^2}$$

и нормальными.

Возьмем линейное однородное ур-ие:

$$(1 - x^2)\frac{d^2y}{dx^2} + [\alpha - \beta - (\alpha + \beta)x]\frac{dy}{dx} + n(n - 1 + \alpha + \beta)y = 0, \quad (8)$$

где α и β—любые положительные постоянные, а n—целое число. Введем полином $I_n(\alpha, \beta, x)$ n-й степени, коэф-ты к-рого $a_1, a_2, \ldots, a_n$ зависят от параметров α и β:

$$I_n(\alpha, \beta, x) = x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_{n-1} x + a_n.$$

Определим эти n коэф-тов при помощи ур-ий:

$$\left.\begin{aligned} &\int_{-1}^{+1} p(x)\, I_n(\alpha, \beta, x)\, dx = 0 \\ &\int_{-1}^{+1} p(x)\, I_n(\alpha, \beta, x)\, x\, dx = 0 \\ &\int_{-1}^{+1} p(x)\, I_n(\alpha, \beta, x)\, x^2\, dx = 0 \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &\int_{-1}^{+1} p(x)\, I_n(\alpha, \beta, x)\, x^{n-1}\, dx = 0 \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

где $p(x) = (1 + x)^{\alpha-1}(1 - x)^{\beta-1}$. Умножая каждое из уравнений (9) на произвольные постоянные и складывая, получаем ур-ие

$$\int_{-1}^{+1} p(x)\, I_n(\alpha, \beta, x) P_{n-1}(x)\, dx = 0, \quad (10)$$

заменяющее ур-ия (9) и вполне определяющее полином $I_n(\alpha, \beta, x)$; в этом ур-ии $P_{n-1}(x)$—произвольный полином $(n-1)$-й степени. Можно показать, что всякому целому числу n и данным значениям параметров α и β отвечает полином $I_n(\alpha, \beta, x)$, являющийся частным интегралом диференциального ур-ия (8); общий же интеграл получается квадратурой при помощи этого полинома. Придавая n значения $0, 1, 2, \ldots, n$, получаем бесчисленное множество полиномов соответствующих степеней; эти полиномы называются полиномами Якоби (гипергеометрическими). Из определения полиномов Якоби ур-ием (10) следует:

$$\int_{-1}^{+1} (1 + x)^{\alpha-1}(1 - x)^{\beta-1} I_m(\alpha, \beta, x)\, I_n(\alpha, \beta, x)\, dx = 0$$

при $m \neq n$, откуда видно, что полиномы Якоби образуют ортогональную систему ф-ий в промежутке $(-1, +1)$ по отношению к характеристич. ф-ии

$$p(x) = (1 + x)^{\alpha-1}(1 - x)^{\beta-1}.$$

Полагая $\alpha = \beta = 1$, получаем из $I_n(\alpha, \beta, x)$ полиномы Лежандра $P_n(x)$ (см. *Лежандра полиномы*), удовлетворяющие ур-иям

$$(1 - x^2)\frac{d^2y}{dx^2} - 2x\frac{dy}{dx} + n(n + 1)y = 0;$$

следовательно эти полиномы удовлетворяют условию ортогональности в промежутке $(-1, +1)$ с характеристич. ф-ией $p(x) = 1$. Тригонометрич. полиномы Чебышева могут быть получены из ур-ия (8) при $\alpha = \beta = 1/2$.

Ортогональные функции играют большую роль в вопросе разложения в ряды интегралов обыкновенных диференциальных ур-ий математич. физики. В. А. Стеклов ввел новые ф-ии, названные им фундаментальными, и выполнил это разложение по ортогонально-фундаментальным функциям.

Лит.: Стеклов В. А., Основные задачи математич. физики, ч. 1—2, П., 1922—23; Гагаев Б. М., К теории суммируемых ортогональных рядов, «Изв. Физ.-мат. об-ва», Казань, 1927—28; Стеклов В. А., К теории замкнутости систем ортогональных функций, зависящих от какого угодно числа переменных, «Изв. имп. Академии наук», СПБ, 1911, вып. 10; Haar A., Zur Theorie d. orthogonalen Funktionsysteme, «Mathem. Annalen», B., 1910, p. 69; Szego G., Beiträge zur Theorie d.toeplitzschen Formen, «Mathem. Ztschr.», B., 1920, B. 6, 1921, B. 9; Bochner S., Über orthogonale Systeme analytischer Funktionen, ibid., 1922, B. 14; Bergmann St., Über die Entwicklung der harmonischen Funktionen d. Ebene u. d. Raumes nach Orthogonalfunktionen, «Mathem. Annalen», Berlin, 1922, p. 86; Szego G., Entwicklung einer willkürlichen Funktion nach d. Polynomen eines Orthogonalsystems, «Mathem. Ztschr.», Berlin, 1922, B. 12; Szego G., Über d. asymptotischen Ausdruck von Polynomen, die durch eine Orthogonalitätseigenschaft definiert sind, «Mathem. Annalen», Berlin, 1922, p. 86; Szego G., Über orthogonale Polynome, die zu einer Kurve d. komplexen Ebene gehören, «Mathem. Ztschr.», 1921, 9; Walsh J. L., A Property of Haar's System of Orthogonal Functions, «Mathem. Annalen», Berlin, 1923, p. 90; Franklin Ph., A Set of Continuous Orthogonal Functions, ibid., 1928, p. 100; Tamarkine J., Sur quelques points de la théorie des l'équations differentielles linéaires ordinaires et sur la généralisation de la série de Fouriers, «Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo», Palermo, 1912, v. 34; Plancherel, Sur la convergence des fonctions orthogonales, «CR», 1913, t. 157; Haar A., Über die Multiplikationstabelle d. orthogonalen Funktionsysteme, «Mathem. Ztschr.». B., 1930. B. 1.

Д. Коляновский.

ОРУДИЯ И ОРУДИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, см. *Производство орудийное.*

ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ, породы, образовавшиеся в результате последовательного отложения минеральных продуктов *выветривания* (см.) осадков из различных растворов и осадков органического происхождения. О. п. благодаря такому образованию их обладают слоистостью в отличие от пород изверженных, преимущественно массивных. Слоистость обусловливается или периодичностью отложения осадков (отложения соли в морских бассейнах) или сменой петрографического характера пород. Мощность отдельных слоев может варьировать в широких пределах от незначительных прослойков мощностью в несколько *см*, до мощности в десятки и сотни *м*, когда слоистость наблюдается уже с трудом. Свежеотложенные породы рыхлы и пористы; в дальнейшем они уплотняются давлением отлагающихся над ними слоев и процессом цементации (диагенезис); происходит перекристаллизация породы, укрупнение зерна и выделение отдельных минералов (конкреции); нек-рые соединения теряют воду или растворимые в воде части; коллоидные частицы выкристаллизовываются. Т. о. те О. п., к-рые мы видим в обнажении, представляют собой уже измененный продукт первоначально отложившихся пород на дне моря. Процессы горообразования и вторжения в О. п. изверженных пород вносят еще более крупные изменения, носящие название метаморфизма. Представляя собой образования на поверхности земли, О. п. зависят от климатич. поясов. Так, в пустынях образуются О. п. как результат механич. разрушения (пески, песчаники, щебень) и химич. осадки (каменная соль, гипс); северные районы характеризуются ледниковыми отложениями, торфяниками, кремневыми отложениями диатомитов и трепелов, болотными и озерными рудами; тропич. поясы с большим количеством атмосферных осадков изобилуют породами, представляющими продукт сильного выщелачивания первоначальных пород (бокситы, латериты, красноземы).

По способу образования О. п. делятся след. обр. 1. Обломочные породы образуются в результате физич. *выветривания* (см.) горных пород на поверхности земли, раздробления их в щебень и песок, к-рые и накопляются на склонах гор. Дождевыми потоками, ручьями, ветром, ледниками эти обломки сносятся в долины и отлагаются там в виде конусов выноса, моренных отложений, осыпей. Накопления обломочного материала размываются реками, уносящими его (раздробляя по пути) в море. Уклон склонов накопления щебня зависит от величины, формы и характера поверхности обломков. Обломки более крупные, шероховатые, дают более крутой склон, в противоположность мелкозернистым, окатанным, с гладкой поверхностью. Приблизительно угол склона колеблется в пределах 30—37°. На устойчивость скопления щебня в значительной мере влияет задернованность и залесенность склонов. Корни растений закрепляют сползающие массы. Главные обломочные породы: глины, пески, гравий и галька, песчаники, конгломераты и брекчии. 2. Химические отложения, образовавшиеся в результате осаждения растворенных в морской и озерной воде различных солей (каменная соль, калийные соли, гипс, ангидрит, глауберова соль), в дальнейшем уцелевшие от растворения. 3. Органогенные породы — как результат накопления животных или растительных остатков, напр. известняки, мергеля, диатомиты, угли.

Благодаря особенностям своего происхождения О. п. характеризуются бо́льшим разнообразием структур и химич. состава, чем породы изверженные, поэтому для определения и изучения этих пород применяются особые методы исследования как на месте залегания пород, так и в лаборатории. Занимая на земной поверхности огромные пространства, О. п. играют важную роль как строительные материалы (глины, пески, гравий, песчаники, известняки, мергеля, гипс—идущие или непосредственно в дело или после переработки на известь, цемент, алебастр), огнеупорные (шамот, керамика, фарфор), стекольные, химические (каменная соль, калийные соли, глауберова соль, бурые угли, гипс) и топливо (антрацит, каменный и бурый уголь, торф). О. п., заключающие в себе остатки животных и растений (окаменелости) позволяют установить геологич. возраст отложений. См. *Ангидрит, Брекчии, Глина, Гравий, Гипс, Горные породы, Глауберова соль, Ископаемые угли, Известняк, Калийные соли, Конгломерат, Мергель, Песок, Песчаник, Поваренная соль, Стратиграфия.*

Лит.: Труды Карабугазской экспедиции, т. 1, СПБ, 1892; Глинка К. Д., Латериты и красноземы тропических стран, «Почвоведение», Петербург, 1903; его же, Исследование в области процессов выветривания, «Труды СПБ об-ва естествовед.», СПБ, 1906, т. 34, вып. 5; Чирвинский П. Н., Микроскопич. и химич. исследование меловых и третичных осадков, Новочеркасск, 1915; Самойлов Я. В., Очередные работы в области изучения осадочных пород, «Труды Ин-та прикладной минералогии и металлургии», М., 1923, вып. 3; Самойлов Я. В., К вопросу об единстве механич. характеристики осадочных пород, «Труды Ин-та прикладной минералогии и цветной металлургии», М., 1926, вып. 29; Заварицкий А. Н., Описательная петрография, ч. 2, Осадочные породы, Л., 1926; Клер М. О., Огнеупорные глины Урала, «Труды Ин-та прикл. минералогии и цветной металлургии», М., 1928, вып. 33; Зильберминц В. А. и Маслов В. П., К литологии каменноугольных известняков Донецкого бассейна, там же, М., 1928, вып. 30; Лучицкий В. И., Каолины Украины, там же, М., 1928, вып. 41; Смирнов Н. Н., Известняки Московского каменноугольного бассейна, «Труды Ассоциации исслед. ин-та 1 МГУ», М., 1929; Murray J. a. Irvine R., On Silica a. the Siliceous Remains of Organisms in Modern Seas, «Proc. of the Royal Society of Edinburgh», Edinburgh, 1892, v. 17; Piwowar A., Über Maximalböschungen trockener Schuttkegel und Schutthalden, Zurich, 1903; van't Hoff J. H., Zur Bildung d. oceanischen Salzablagerungen, v. 1, Braunschweig, 1905; Cayeux L., Structure et origine des grès du tertiaire parisien, Études des gîtes minéraux de la France, P., 1906; Hirschwald, Handb. d. bautechnischen Gesteinsprüfung, B., 1911—12; Hatch F. a. Rastall R., The Petrologie of the Sedimentary Rocks, London, 1923; Cayeux L., Introduction à l'étude petrographique des roches sédimentaires, P., 1916; Andrée K., Geologie d. Meeresbodens, B. 2, B., 1920; Holmes A., Petrographic Methods a. Calculations, v. 1—3, L., 1923; Trebold H., Über cyklische Meersedimentation, Lpz., 1925; Milner H. B., An Introduction to Sedimentary Petrography. 2 ed., L., 1929.

П. Топольницкий.

ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, см. *Световой прибор.*

ОСВЕЩЕНИЕ, совокупность методов использования и применения для технических и хозяйственных целей световой энергии, излучаемой естественным генератором ее, солнцем (естественное О.), и искусственными генераторами всех существующих видов (искусственное О., получаемое сжиганием осветительных материалов или действием электрич. энергии).

Содержание.

Общие сведения. А.—Естественное О. Б.—Искусственное О.: 1) закрытых помещений: а) ф-к и з-дов; б) общественного пользования, в) жилых помещений; 2) открытых пространств: а) улиц, проездов и дорог; б) заливающим светом; в) иллюминационное, декоративное и рекламное; 3) специальное освеще-

ние: а) на транспорте; б) воздушных линий и судов: в) рудников; г) театров и кино; д) для военных целей. В.—Источники света для искусственного О.

Общие сведения.

Световая энергия является крупным фактором, влияющим на жизнь органич. мира и важнейшим условием самого существования человечества. Рациональное ее использование для многообразных потребностей нашей культуры составляет задачу обширной и быстро развивающейся области прикладного знания—световой техники. По роду конечных задач световую технику можно разделить на две отрасли. 1) Осветительная техника имеет своей задачей создание наиболее благоприятных условий для *видимости* (см.) различных объектов, т. е. условий для рациональной работы *глаза* (см.). Сюда относятся: а) осветительная техника в узком смысле слова—техника О., задача к-рой—создание в данном освещенном пространстве (для целей пребывания в нем) наиболее благоприятных условий видения; б) осветительная техника особого назначения, задачей к-рой является создание особых условий видимости для различных специальных объектов (например световая сигнализация, проектирование изображений, театральные световые эффекты). 2) Световая техника особого назначения разрабатывает прочие виды применения световой энергии, не связанные непосредственно с видимостью объектов (например для лечебных целей—фототерапия; для различных фотохимич. процессов и пр.); эта отрасль световой техники здесь не рассматривается.

Самая возможность видения, т. е. переживания специфических, т. н. зрительных восприятий, обусловлена тем устройством человеч. глаза, к-рое в процессе борьбы за существование вырабатывалось на протяжении тысячелетий в условиях О. источником естественной световой энергии, солнцем. По мере развития материальной культуры естественное О. становилось недостаточным. В борьбе за расширение возможностей рабочего дня возникает техника искусственного О. К искусственному О. приходится прибегать или с целью полной замены естественного О. (полное искусственное О.) или с целью дополнения его (смешанное О.). Т. о. естественное и искусственное О. неразрывно связаны друг с другом и образуют единую проблему О. Рассматривая О. в широком смысле слова, мы различаем в нем следующие три основных группы элементов: 1) освещаемое пространство, поверхности к-рого являются объектом О., воспринимая падающий на них световой поток осветительного устройства; 2) осветительное устройство, являющееся средством, которое служит для создания светового потока и его первичного распределения; 3) освещение в узком смысле слова как результат, получаемый от действия осветительного устройства в данном освещаемом пространстве. Поверхности освещаемого пространства, будучи освещаемым объектом, вместе с тем являются и средством О., участвуя во вторичном и последующих перераспределениях потока и выполняя функции, аналогичные осветительному устройству. Эта тесная связь дает основание объединить осветительное устройство с освещаемым им пространством в одно понятие осветительной установки.

По роду применяемого источника света осветительные установки подразделяют на установки естественного и искусственного О., которые в свою очередь м. б. разбиты по роду освещаемого пространства на установки наружного и внутреннего О. Существенное различие между установками искусственного и естественного О. обусловлено прежде всего свойствами источника. В первом случае можно располагать источники в любом месте освещаемого пространства и регулировать их мощность (световой поток) по усмотрению. Во втором же случае имеем дело с источником переменной высоты подвеса и со световым потоком принудительного качества и количества; нам остается только использовать световой поток для наших целей наиболее рациональным образом.

Освещаемое пространство является наиболее сложным как по количеству, так и разнообразию составляющих его элементов не только в геометрическом (размеры и расположение его поверхностей) и в световом отношении (световые свойства поверхностей и его атмосферы), но и в смысле назначения отдельных его мест. Различают два рода мест: 1) места для работы (рабочие места); 2) места для временного пребывания и прохождения людей (нерабочие места). При рассмотрении рабочих мест нас могут интересовать следующие моменты, поскольку они прямо или косвенно характеризуют собой требования к *зрению* (см.) и условиям зрительной работы, возможное облегчение к-рой и должно составлять прямую задачу О.: 1) производственный процесс; 2) рабочие поверхности, т. е. те поверхности, на которые глаз по условиям работы должен смотреть; 3) общие условия обстановки труда; для нерабочих мест соответственно: 1) цели пребывания; 2) поверхности, на к-рых д. б. сосредоточено внимание; 3) общие условия обстановки. Не представляется возможным дать исчерпывающее перечисление разного рода рабочих и нерабочих пространств и мест, поэтому ниже рассмотрено О. лишь главнейших их видов.

Элементами осветительного устройства следует назвать следующие. 1) Источник света (световой трансформатор энергии), преобразовывающий прочие виды энергии в световую и служащий для создания светового потока. Получение источников с наибольшей световой отдачей составляет задачу техники свечения. 2) Осветительная арматура, основное назначение к-рой состоит в первичном распределении потока по освещаемому пространству. Сверх того арматура выполняет и ряд других назначений: а) укрепление лампы; б) подвод тока или горючего; в) защиту глаз от ярких частей лампы; в отдельных случаях также и г) защиту лампы от механич. повреждений; д) прикрытие частей лампы, имеющих высокую $t°$; е) украшение; ж) получение света желаемой окраски. Совокупность источника света и осветительной арматуры называется светильником. 3) Осветительная сеть, к-рая служит для питания светильников в случае центрального снабжения энергией. Получающиеся в результате распределения светового потока различные освещенности обусловливают собой в зависимости от коэф-тов отражения определенное распределение яркости, к-рая глазом лишь и воспринимается. Распределение яркости в поле зрения определяет собой условия видимости находящегося в нем объекта.

Осветительные установки, как и все другие технич. установки, должны подлежать особой регламентации (нормы и правила устройства и эксплоатации). Нормирование О. имеет большое значение с точек зрения: 1) безопасности (улицы, лестницы, рабочие поверхности у машин с движущимися частями); 2) общей гигиены (поддержания чистоты в помещениях); 3) гигиены глаза (предотвращения утомления и расстройства зрения). Особо важное значение имеет регламентация О. фабрик и з-дов, ж.-д. транспорта, так как рациональное О., улучшая и облегчая зрительную работу, содействует повышению производительности труда и качества продукции. Повышение уровня освещенности всегда тесно связано с увеличением затрат на оборудование и эксплоатацию осветительной установки; поэтому эффективность улучшения О. резче всего сказывается на работах, требующих тщательного контроля глаза. Свойства глаза предъявляют следующие общие требования к рационально устроенному О.: 1) достаточная освещенность на рабочих поверхностях; 2) равномерность О. (отношение наименьшей освещенности к наибольшей); 3) отсутствие блескости, т. е. свойства поверхностей, резко выделяющихся в поле зрения по своей яркости, производить слепящее действие; 4) отсутствие резких теней и контрастов; 5) отсутствие колебаний освещенности.

Методы О. тесно связаны со свойствами освещаемого пространства и с типом и расположением применяемых светильников. Различают следующие три рода О. 1) Общее О., при котором О. всех рабочих поверхностей или большей их части создается сравнительно небольшим числом мощных светильников. При этом несколько смежных светильников участвуют в О. одной и той же рабочей поверхности. Преимуществом этого рода освещения являются: а) независимость расположения светильников от расположения рабочих мест; б) наличие некоторой освещенности на стенах, а иногда и на потолке, и следовательно отсутствие больших контрастов между яркостями рабочих поверхностей и поверхностей помещения. 2) Местное О., при к-ром отдельный светильник освещает б. ч. одно рабочее место, обычно не освещая при этом потолка, стен и проходов. Одним из преимуществ его является меньшая стоимость эксплоатации. 3) Комбинированное О. (сочетание местного и общего О.), при к-ром освещенность на рабочих местах получается преимущественно от светильников местного О., а остальных поверхностей помещения — от сравнительно небольшого числа светильников общего О. По степени участия отраженного света от поверхностей помещения в создании освещенности на рабочей или иной освещаемой поверхности различают кроме того 3 следующие системы О. 1) Прямое О., при к-ром весь поток светильника или большая часть его непосредственно падает на освещаемую поверхность. Оно является целесообразным для помещений с поверхностями, имеющими малые коэфициенты отражения (стены и потолки с темной окраской, большие остекленные поверхности), а также быстро загрязняющимися. 2) Отраженное освещение, при к-ром освещенность рабочих мест создается только светом, отраженным от потолка и верхних частей стен, на к-рые направляется весь поток светильника. Это О. отличается большей равномерностью и отсутствием резких теней и контрастов. 3) Полуотраженное О.—сочетание обеих систем О. с преобладанием отраженного. Применение отраженного и полуотраженного О. предполагает наличие в помещении больших хорошо отражающих поверхностей. Отражение всегда связано с потерями светового потока; поэтому отраженное О.—наиболее дорогое. Полуотраженное О. в условиях правильной эксплоатации обходится немного дороже прямого.

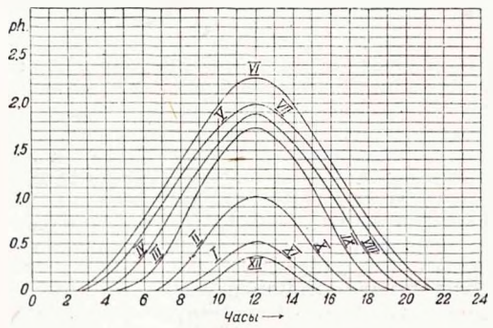
Для расчета О. необходимо прежде всего выяснить назначение освещаемого пространства и его особенности. Выбор освещенностей производится на основании правил и норм, относящихся к помещениям данного назначения. Остановившись на определенной системе О. (прямое, полуотраженное и отраженное) и роде О. (общее или комбинированное), выбирают затем соответствующие арматуры и высоты их подвеса, сообразуясь с требованиями устранения блескости. Далее намечают, руководствуясь опытом, предварительный вариант расположения светильников. Затем определяют путем расчета, или пользуясь кривыми освещенностей для выбранных светильников, получающиеся освещенности. Если эти освещенности не соответствуют требованиям, то составляют и проверяют дальнейшие варианты. Расчет О. требует большой опытности и м. б. только приблизительным. Во многих случаях, где это возможно, предпочитают осуществлять пробную осветительную установку и при помощи измерений *люксметром* (см.) подбирать требуемую освещенность и нужную мощность светильников. Для расчета освещенностей обычно пользуются двумя способами: 1) расчетом по силе света—в ответственных случаях, когда нужно гарантировать нек-рую наименьшую освещенность на рабочих поверхностях, и 2) расчетом по световому потоку, если достаточно найти лишь порядок средней освещенности в расчетной горизонтальной плоскости (обычно на уровне около 1 *м* над полом).

В. Зеленков.

А. Естественное освещение.

Отдел осветительной техники, посвященный естественному О., изучает те вопросы,

к-рые неразрывно связаны со световым климатом, т. е. с совокупностью природных условий О. под открытым небосводом. Вопросы естественного освещения тесно переплетены с вопросами искусственного О. и совместно образуют единую (в условиях социализма) проблему светового хозяйства, изучением к-рой занимается светотехника. Несмотря на то, что естественное О. играет важную роль с строительной, производственной и гигиенич. точек зрения, оно изучено очень слабо. Опыт крупного строительства, и в первую очередь промышленного, выдвинул вопросы естественного О. как серьезную экономич. и гигиенич. проблему. На базе успехов осветительной техники непрерывно повышаются требования к искусственному О., что неизбежно влечет за собой одновременное повышение требований и к естественному О. помещений, условия к-рого имеют независящий от нас оптимальный предел, а именно условия естественного О. под открытым небом. Планирование светового хозяйства должно базироваться на изучении природных световых ресурсов, т. е. светового климата нашего Союза. Освещенность естественным светом складывается из освещенности от прямых солнечных лучей и освещенности от рассеянного атмосферой солнечного света. Для характеристики световых условий, создаваемых в данный момент прямыми солнечными лучами, достаточно знать положение солнца и освещенность от нормально падающих его лучей (солнце в зените создает горизонтальную освещенность порядка 100—150 тысяч lx). Для характеристики осветительных условий, создаваемых в данный момент рассеянным светом неба, необходимо иметь распределение яркости по небосводу. Средний ход изменения освещенности для Слуцка дан



Фиг. 1.

на фиг. 1. По горизонтальной оси отложено время дня, а по вертикальной оси горизонтальная освещенность в фотах, ph (фот равен 10 000 lx), при заэкранированном солнце (римские цифры при кривых означают месяцы). По графику можно конечно судить лишь о средних величинах освещенности, действительный ход которой имеет чрезвычайно сложный и незакономерный характер.

Характеристикой условий естественного О. данного участка поверхности является отношение полученного им за год количества природной световой энергии к тому максимальному количеству, к-рое этот участок получил бы, будучи горизонтально расположен под открытым небосводом. Расположение сооружений на земельном участке производится с учетом характера инсоляции, т. е. условий поступления прямых солнечных лучей. При расчете же естественного О. внутри зданий освещенность, создаваемая прямыми солнечными лучами, обычно не принимается во внимание и берется в запас. Среднее за год значение отношения освещенности на данном месте к одновременной горизонтальной освещенности под открытым небосводом называется коэфициентом освещенности этого участка поверхности. Расчетный коэф-т освещенности вычисляется в предположении, что небосвод есть полусфера равномерной яркости. Центр полусферы помещают в той точке, в которой хотят найти освещенность. Радиус этой полусферы можно выбрать совершенно произвольно и его удобно принимать равным единице. Из ф-л теоретич. *фотометрии* (см.) вытекает, что освещенность E, создаваемая участком S неба яркости B, равна:

$$E = TB\sigma; \qquad (1)$$

здесь σ—площадь проекции действующего участка S небосвода на освещаемую плоскость, а T—коэф-т пропускания света световым отверстием. Из ф-лы (1) следует, что горизонтальная освещенность R под открытым небосводом равна

$$R = \pi B. \qquad (2)$$

Из ф-л (1) и (2) вытекает, что коэф. освещенности e равен

$$e = \frac{E}{R} = \frac{1}{\pi} T\sigma. \qquad (3)$$

Для случая любого многоугольного светового отверстия:

$$\sigma = \frac{1}{2} \sum \alpha \cos \beta, \qquad (4)$$

где α —углы, под которыми из точки P, где мы хотим найти освещенность, видны стороны светового отверстия, а β—углы, составляемые плоскостями углов α, т. е. плоскостями, проходящими через точку P и через стороны светового отверстия, с освещаемой плоскостью. Сумма взята по периметру светового отверстия, и каждое слагаемое соответствует определенной стороне последнего. Углы α выражены в радианах. Углы β нужно отсчитывать от наружных (по отношению к обхватывающей световое отверстие пирамиде) сторон плоскостей углов α. Простота расчетов естественного О. является необходимой предпосылкой для их внедрения в повседневную практику проектирующих органов. Это условие вполне удовлетворяется рядом приближенных методов расчета (измерительные диаграммы), выработанных в СССР.

Измерение естественного О. в существующих помещениях м. б. полезно в тех случаях, когда условия естественного О. трудно рассчитать (вследствие большой доли рассеянного внутренними поверхностями света, сильного затенения оборудованием и т. п.). Фактически измеренный коэф. освещенности не есть постоянная величина для данного места, т. к. отношение освещенности

на данном месте к одновременной наружной горизонтальной освещенности зависит от распределения яркости по небосводу. При измерении естественного О. обычно работают два фотометриста, один из которых измеряет люксметром освещенность внутри помещения, а другой одновременно измеряет величины горизонтальной освещенности на совершенно открытом месте. При измерении естественного О. могут быть также применены специальные фотометры, позволяющие непосредственно находить величину коэф-та освещенности путем сравнения освещенности на данном месте с светимостью видимого в окно участка небосвода. Применение специальных приборов, служащих для измерений чисто геометрич. величин (площадей проекций действующих участков небосвода), нерационально. При проектировании ответственных сооружений желательно изучение условий естественного О. на моделях помещений.

При проектировании сооружений необходимо учитывать, что создание и эксплоатация установки естественного О. (световых отверстий и связанных с ними устройств) влечет за собой ряд расходов. Единовременные расходы определяются экономич. значением необходимой дополнительной земельной площади, разностью в стоимости сооружения застекленного и глухого ограждения, стоимостью дополнительного отопительного устройства и т. п. Ежегодные расходы складываются из дополнительных расходов по амортизации, стоимости дополнительного затрачиваемого топлива (вследствие больших теплопотерь через остекление), стоимости ухода за остеклением и т. п. С увеличением площади остекления растут расходы по устройству и эксплоатации установки естественного О., но зато уменьшаются расходы по искусственному освещению. Экономически правильным представляется создавать такие условия естественного О., при к-рых суммарные расходы, вытекающие из потребности в освещении, являются минимальными. В типовых случаях требования, предъявляемые экономикой, не противоречат требованиям, которые выдвинуты гигиеной.

Психофизиологич. достоинства наружного естественного О. обусловлены высокими величинами освещенностей и биологически ценным спектральным составом естественного света. При обычных мало удовлетворительных условиях искусственного О. естественное О. помещений имеет ряд преимуществ перед искусственным. Для того чтобы в помещения проникла ценная для человеч. организма длинноволновая ультрафиолетовая радиация, необходимо застекление специальными сортами стекла. Требования к условиям естественного О. внутри помещений даются в нормах строительного проектирования. Они сводятся к регламентации размеров и расположения световых отверстий («геометрич. регламентация»). Для помещений с боковым светом фиксируется минимальная относительная площадь остекления (отношение площади окон к площади пола) и максимально допустимое заложение (отношение глубины помещения к высоте верхней точки окна над полом). Для помещений с верхним светом действующие правила разрешают отступать от нормируемых геометрических соотношений в тех случаях, когда в помещении обеспечены соответствующие коэф-ты освещенности («светотехническая регламентация»).

Под смешанным О. понимается результат совместного действия естественного и искусственного света. Допустимость смешанного О. встречает иногда ряд принципиальных возражений. Недостатки смешанного О. вытекают из того обстоятельства, что установки естественного света (световые отверстия) и искусственного света (светильники) располагаются без учета их совместного действия.

А. Гершун.

Б. Искусственное освещение.

I. О. закрытых помещений. а) Фабрики и заводы. На ф-ках и з-дах приходится иметь дело с чрезвычайным разнообразием обстановки труда и требований к зрительной работе. Освещение промышленных предприятий в СССР регламентируется «Временными правилами искусственного освещения фабрик и з-дов, мастерских и других рабочих и служебных помещений и мест работы» (обязательное постановление НКТ СССР от 17 сентября 1928 г., № 545). Эти правила нормируют наименьшие освещенности для разного рода работ в зависимости от тонкости работы и коэфициента отражения рабочих поверхностей и их деталей. «Временные правила» подразделяют работы по их тонкости на 4 разряда: 1) тонкая работа, связанная с различением деталей с угловым размером (отношение наименьшего размера детали к расстоянию ее до глаз) не более 1/1 000 или около 3,5′; 2) работа, требующая различения деталей с угловым размером более 1/1 000; 3) работа, не требующая различения мелких подробностей; 4) работа, не требующая рассматривания близколежащих поверхностей, если эти поверхности находятся далее 1,5 *м* от глаз. Самые рабочие поверхности разделяются по их коэфициентам отражения на 3 группы: 1) с коэф-том отражения менее 20%, темные; 2) 20—50%, светловатые; 3) более 50%, светлые. Чем тоньше работа и чем меньше *контраст* (см.) между поверхностью и деталями и чем темнее рабочая поверхность, тем выше требуемая наименьшая допустимая освещенность. Так например, для 1-го разряда а) при темных поверхностях требуется 100 lx, б) для светловатых 75 lx, в) для светловатых, но с темными деталями 50 lx; для 2-го разряда соответственно 60, 45 и 30 lx; для 3-го разряда 30, 25 и 20 lx; для 4-го разряда (для всех трех случаев) 15 lx; 5-й разряд предусматривает для опасных частей машин и обрабатываемых предметов, доступных для прикосновения: для частей, размером не более 5×5 *см*, —100 lx и для частей, размером более 5×5 *см*,—60 lx. Для вспомогательных помещений, проходов и наружных пространств установлены следующие наименьшие освещенности:

6-й разряд—уборные, умывальные, души	
а) на полу	50 lx
б) » стенах	15 »

7-й разряд—раздевальни

а) на полу . . . . . 25 lx
б) » стенах, по высоте 1,5 м от пола . . . . 10 »

8-й разряд—проходы в рабочих помещениях

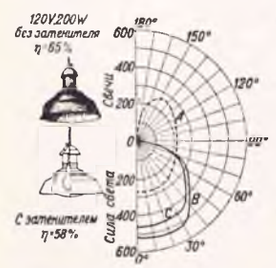
а) на полу . . . . . 10 lx
б) » стенах и станках, по высоте 2 м от пола 4 »

9-й разряд—проходные помещения, входы, выходы, лестницы и иные помещения внутри строений для временного пребывания или прохода людей

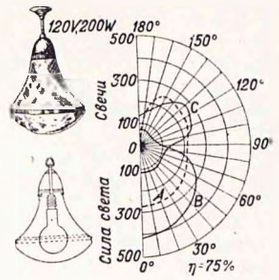
а) на полу . . . . . 8 lx
б) » стенах, на протяжении по высоте 1,5 м от пола . . . . . 3 »

10-й разряд—дворы, проезды, проходы и дороги снаружи здания в местах, где не исключена возможность пребывания или передвижения людей на земле или на полу . . . . . 2 lx

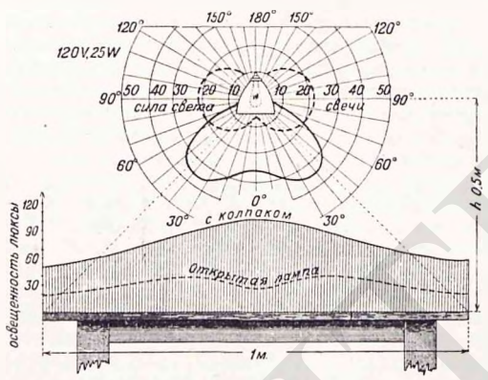
Во всех проходах, в рабочих помещениях к выходам, на лестницах, самих выходах и в проходах внутри дворов д. б. устроено о с в е щ е н и е б е з о п а с н о с т и по линии проходов, питаемое независимо от основного освещения и дающее освещенность не менее 0,5 lx внутри здания и не менее 2 lx снаружи. Выходные двери должны отмечаться лампами зеленого цвета, питаемыми также независимо от основных источников света. В «Правилах» содержится также ряд прочих требований к О. (соотношение между освещенностями от общего и местного О., равномерность О., тени, устранение блескости). С повышением освещенности улучшаются зрительные функции (контрастная чувствительность, острота зрения, быстрота различения, устойчивость ясного видения) и увеличивается производительность труда, а также улучшается и качество продукции. Освещенности, требуемые «Временными правилами», являются низшей границей О., допустимого без вреда для зрения. Требуемая ими наивысшая освещенность для тонких работ (100 lx) значительно ниже наиболее благоприятных освещенностей для большинства производственных работ (300—1 500 lx), осуществление к-рой рекомендуется, если оно не встречает технических и экономич. затруднений. В заводских помещениях с большими застекленными поверхностями, большой высотой подвеса и отсутствием белых потолков наиболее целесообразной является система прямого освещения. Чем выше высота подвеса, тем более д. б. концентрирован световой поток, даваемый светильником. При наличии светлых стен и потолков возможно применение и полуотраженного освещения. Рекомендуется пользоваться л о к а л и з о в а н н ы м О., и т. о. располагать светильники общего О. применительно к расположению станков, не стремясь однако к обязательной симметрии в расположении светильников. При симметричном расположении светильники размещают или правильными рядами или в шахматном порядке. Среднее расстояние между светильниками обычно равно высоте подвеса над рабочей поверхностью и доходит в отдельных случаях до 1,5—2,0 высоты подвеса. Для заводского О. в СССР преимущественно применяются следующие светильники, примерное распределение сил света к-рых дано на фиг. 2, 3, 4: 1) для общего прямого освещения: а) «Универсаль» (фиг. 2) для ламп 100, 150, 200, 300 и 500 W с затенителями из матированного или молочного стекла для ослабления блескости (*A* — кривая силы света для открытой лампы, *B*—для светильника без затенителя, *C*—для светильника с полуматовым затенителем); б) «Люцетта» (фиг. 3) для ламп в 100 и 200 W с верхним молочным и нижним матовым стеклами (кривая силы света обращенная книзу: *A*—для открытой лампы, *B*—для светильника). 2) Для полуотраженного О. пользуются



Фиг. 2.



Фиг. 3.

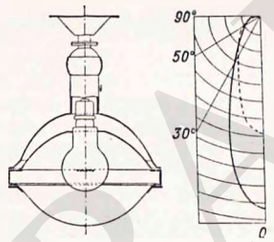


Фиг. 4.

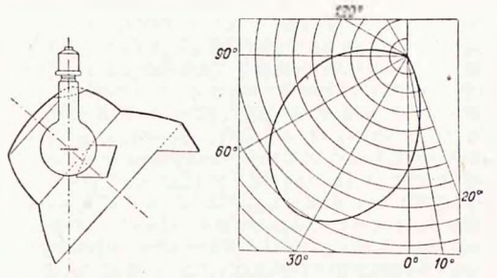
«Люцеттой» с верхним матовым и нижним молочным стеклами (кривая силы света обращенная кверху). 3) Для местного освещения «Альфа» (фиг. 4). Для высоких помещений следует применять светильники с вытянутой вниз кривой силы света, г л у б о к о с в е т ы, напр. зеркальный колпак Цейсса (фиг. 5). Для О. отвесных и наклонных поверхностей угловые колпаки, к о с о с в е т ы (фиг. 6). Для равномерного О. больших горизонтальных поверхностей ш и р о к о с в е т ы, дающие усиление силы света под углом к вертикальной оси симметрии светильника. Для осмотра и ремонта машин пользуются ручными лампами, присоединенными гибким проводом к штепсельной розетке.

б) О. помещений о б щ е с т в е н н о г о п о л ь з о в а н и я. О. помещений к о н т о р с к о - к а н ц е л я р с к о г о труда нормировано во «Врем. правилах». Для этих работ требуется 75 lx (разряд 1,б). Сюда следует отнести и б и б л и о т е к и, т. к. занятия в них бывают связаны с письменной работой. Весьма важное значение имеет О. помещений обществ. назначения, связанных с нов. бытом: к л у б о в, к р а с н ы х у г о л к о в, о б щ е с т в е н н ы х с т о л о в ы х,

п о м е щ е н и й д л я ф и з к у л ь т у р ы, о б щ е с т в е н н ы х с о б р а н и й, а т а к ж е м а г а з и н о в, в и т р и н, в ы с т а в о к т о в а р о в и пр. Для подобных помещений еще не имеется специальных правил и при О. их приходится руководствоваться общими принципами, содержащимися во «Временных правилах» О. фабрик. При этом надлежит особенно внимательно учитывать особенности архитектурной отделки помещений при выборе методов О. и арматур. Особенные трудности представляет О. м у з е е в и к а р т и н н ы х г а л л е р е й. Здесь при О. скульптур крайне важно уметь подобрать должное направление светового потока для получения соответствующей рельефности и собственных теней. При О. картин также весьма существенно выбрать такое направление падения света, при к-ром О. не давало бы неприятных бликов, препятствующих рассматриванию. Для решения возникающих здесь сложных задач нельзя дать готовых правил; можно только указать, что в целом ряде случаев м. б. с успехом применены методы О. большими светящимися поверхностями малой яркости в виде светящихся карнизов, пилястр и потолочных балок.


Фиг. 5.

В у ч е б н ы х з а в е д е н и я х производится работа, требующая значительного напряжения зрения и притом в большом числе случаев детьми, у к-рых зрительный аппарат еще находится в стадии развития и следовательно особенно чувствителен к вредным влияниям плохого О. Поэтому здесь приходится обращать главное внимание не только


Фиг. 6.

на количественную, но и на качественную сторону О. и считаться с влиянием последнего на психологию детей. 2-й Всесоюзной светотехнич. конференцией (1929 г.) рекомендованы к применению «Правила освещения учебных помещений», устанавливающие следующие наименьшие освещенности:

а) В классах и аудиториях на пюпитрах и столах учащихся . . . . . 75 lx
На черных досках . . . . . 75 »
На развешанных по стенам картах и диаграммах . . . . . 50 »
б) В лабораториях на рабочих местах и приборах . . . . . 50 »
в) В библиотеках и читальных залах, на столах . . . . . 50 »
На книжных полках в вертик. плоскости 30 »
г) В чертежных на досках . . . . . 100 lx
д) В спортивных залах, на полу . . . . . 30 »
е) В помещении для отдыха и собраний, на полу . . . . . 20 »
ж) В проходах, коридорах, на лестницах, на полу . . . . . 15 »
з) В раздевальнях (вертикальная освещенность) до высоты 1,5 м от пола . . . . . 15 »
и) В уборных, на полу . . . . . 50 »

В аудиториях, где занимаются исключительно взрослые (лица старше 17 лет), требуемая величина освещенности м. б. снижена до 50 lx. В учебных мастерских освещение должно удовлетворять «Временным правилам НКТ». В учебных помещениях рекомендуется применять общее О. Местное О. целесообразно только для классных досок или в отдельных специальных случаях (О. моделей для рисования). В виду необходимости избегать резких теней и контрастов удобнее всего прибегать к системе полуотраженного О. (напр. арматурами «Люцетта» с нижним молочным и верхним матовым стеклами). В классах и аудиториях, расположенных в виде амфитеатра, ученики, сидящие на верхних местах, при направлении взгляда на стол преподавателя имеют в своем нормальном поле зрения светильники. В этих случаях для защиты от блескости можно рекомендовать применение отраженного О. В очень высоких помещениях приходится прибегать к прямому О., причем светильники необходимо снабжать светорассеивающими колпаками или затенителями для защиты от блескости. Направление искусственного светового потока должно по возможности приближаться к направлению естественного светового потока, к-рый должен падать преимущественно спереди и слева. Потолок д. б. возможно более светлым (коэф. отражения не менее 70%) и стены окрашены в темные тона с коэф-том отражения 35—60%. Поверхности предметов, обычно видимые учащимися (доски пюпитров и столов, шкафы), д. б. матовыми и не слишком темными (коэфициент отражения < 35%), чтобы они не давали резких контрастов с белой бумагой книг и тетрадей и стенами. Особенно важна матовая окраска классных досок, во избежание их отраженной блескости («отсвечивания»).

В отношении л е ч е б н ы х з а в е д е н и й наиболее важным и ответственным является вопрос об О. хирургич. операционных. Здесь необходимо учитывать не только физиологическое, но и психологич. влияние О. Основным рабочим местом является поверхность раны и ее окружения с площадью, в среднем 100—200 $см^2$; поэтому главн. значение здесь имеет местное О. Общее О. является подсобным, но в то же время весьма сильно влияющим на улучшение условий работы оператора. Для О. операционного поля необходимо, чтобы: 1) горизонтальная освещенность на ране была не менее 2 000 lx, т. к. рана имеет малый коэф. отражения (около 0,1); 2) направление светового потока не создавало на ране резких теней от головы и верхней части туловища оператора и ассистентов; 3) было исключено вредное влияние тепловых излучений от источников света. Для обеспечения этих условий за границей разработан ряд специальных осветительных приборов типа прожекторов, дающих направленный световой поток (напр. параболичес-

кие зеркальные колпаки Цейсса с матированной лампой в 100 W), высоко подвешиваемых в количестве нескольких штук над операционным столом. Кроме того применяются также следующие специальные приборы. 1) «Пантофос» Цейсса с серебряным вогнутым зеркалом при молочной лампе в 150 W; прибор дает световой поток в виде сходящегося на ране конуса, которым можно создать на ране до 9 000 lx. Для поглощения тепла под лампой помещается зеленоватая стеклянная тарелка, поглощающая также и часть красных излучений и тем самым приближающая спектр прибора к спектру дневного света. 2) Лампа «Scialitique» с отражателем, состоящим из большого числа отдельных плоских зеркал, помещенных на внутренней поверхности металлич. колпака; в центре колпака имеется кольцевая френелевская линза; дает освещенность ок. 9 000 lx при расстоянии прибора от раны в 120 *см* и проекционной лампе 150 W. 3) Система Шуберта для гинекологич. операций (проекционная лампа в 1 000 W в параболич. колпаке) направляет световой поток на шесть плоских зеркал. Отраженные от зеркал световые потоки, которые направлены под разными углами, создают освещенности около 40—50 тысяч lx в глубоких полостях. Для поглощения тепла применяются водяные фильтры. Для облегчения зрения оперирующих весьма важно возможное уменьшение контраста между яркостью раны и окружением последней. С этой точки зрения желательна замена белых платков и простынь сероватыми. Для уменьшения контраста между операционным столом и окружающим помещением, необходимо достаточное общее освещение последнего. Рекомендованные 2-й Всес. светотехнич. конференцией (1929 года) «Правила искусственного О. лечебных помещений» устанавливают следующие наименьшие освещенности (табл. 1). Под общим освещением понимается О. в помещении во всех точках его на горизонтальной поверхности на высоте 0,8 *м*. Освещенности, требуемые для главных помещений, не обязательны для таких лечебных заведений, где необходимы особые нормы (глазные лечебные заведения, зубоврачебные кабинеты и пр.). В палатах д. б. предусмотрена возможность пользования лампами местного О. (не менее 60 lx). В «Правилах» кроме того содержится ряд прочих требований к О. (равномерность, тени, устранение блескости).

Особо оговорена необходимость О. безопасности (во всех главных помещениях, а также в коридорах, лестницах, лестничных площадках, проходах и входах), питаемого от независимого источника энергии или в крайнем случае от проводов, идущих от главного щита при вводе в здание. В операционных кроме того д. б. предусмотрена возможность простого и быстрого переключения основных источников на сеть О. безопасности. При отсутствии же независимого источника энергии (аккумуляторной батареи) в операционных во время работы в них должны находиться в действии независимые источники света (керосиновые, спиртокалильные, газовые и другие лампы). Освещенность, создаваемая О. безопасности, д. б. ⩽ 0,3 lx.

Табл. 1. — Наименьшие освещенности, допускаемые при освещении лечебных помещений.

Наименование помещений	Наименьшая освещенность в lx для О.	
	общего	местного
Главные помещения		
Операционные	100	2 000
Приемные покои, перевязочные	100	600
Лечебные кабинеты и кабинеты врачей	100	300
Палаты	20	—
Вспомогательные помещения		
Лаборатории, аптеки	100	300
Медицинские склады	100	—
Анатомические кабинеты	60	600
Кухни	60	—
Комнаты дежурного медицинского персонала	25	75
Уборные, умывальные, души и ванные:		
а) на полу (в горизонтальной плоскости)	50	—
б) на стенах (в вертик. плоскости) на протяжении по высоте 1,5 *м* от пола	15	—
Коридоры, лестницы, вестибюли, проходы, подъезды (на полу)	20	—
Прачечные	30	—
Бельевые склады	20	—
Регистратура	60	—
Покойницкие	20	—

В главных помещениях следует применять для стен матовую окраску мягких светловатых тонов (желтовато-зеленоватую, светло-серую) с коэф-том отражения ⩽ 40%, а для потолков — белую с коэфициентом отражения ⩽ 60%. Наилучшая система общего О. для главных помещений полуотраженное освещение и прямое с нижними светорассеивающими колпаками. Отраженное О. не имеет особых преимуществ по сравнению с другими системами.

в) О. жилых помещений. При О. жилых помещений обычно обращают главное внимание не на рациональность и экономичность осветительной установки, а на эстетич. сторону. Это объясняется, с одной стороны, незнанием требований, предъявляемых к рациональному О. и с другой — тем, что в прежнее время изготовлялось огромное количество арматур, пригодных больше для украшения комнат, чем для их рационального О. Наиболее часто встречающийся дефект в освещении жилых помещений — блескость, проистекающая благодаря применению арматур, не прикрывающих от глаз нитей лампы (напр. бракетов). Во всякой комнате д. б. общее О., дающее достаточную освещенность по всей комнате; для него следует применять светильники, совершенно исключающие блескость. Для столовых (для О. стола) можно рекомендовать лампу с широким колпаком из густого молочного стекла или из материи, натянутой на проволочный каркас; ее подвешивают на небольшой высоте над столом т. о., чтобы свет от лампы не падал в глаза сидящих за столом. Для О. комнаты к этой арматуре можно добавлять ряд ламп, расположенных почти под потолком на кронштейнах, к-рые выдвигают их на достаточное расстояние от оси нижнего колпака. В спальнях и детских надо применять арматуру, прикрывающую лампу снизу, чтобы прямой свет от лампы не падал в глаза лежащих на постели (напр. «Люцетту» с нижним молочным и верхн. матовым стеклами). Светильники в кухне надо располагать так, чтобы они не давали теней от готовящего пищу на плиту и на кухонный стол. Для местного О. (письм. столов, рабочих столов, ночных столиков у кроватей и пр.) применяют настольные переносные лампы с колпаком из зелено-белого стекла или из материи. Обычные стенные бра неэкономичны, недопустимы из-за блескости и дают малое использование светового потока. Бра следует применять только с густыми рассеивающими колпаками, напр. у зеркал, в ванных и уборных. Ниже приводятся рекомендуемые наименьшие освещенности для жилых помещений:

Столовые	35 lx
Детские, кабинеты, библиотеки	50 »
Спальни	30 »
Кухни	40 »
Уборные, ванные (на полу)	15 »
Коридоры, лестницы, входы и выходы	10 »

2. О. открытых пространств. «Временные правила искусственного освещения открытых пространств», одобренные Второй Всесоюзной светотехнической конференцией, предусматривают указанные выше наименьшие освещенности для открытых пространств разного назначения (табл. 2).

Табл. 2. — Наименьшие допускаемые освещенности при освещении открытых пространств.

№	Характеристика освещаемых мест	Наименьшая освещенность, lx	
		на горизонт. плоскости	на вертикальной плоскости
	I. Открытые пространства, на к-рых имеется движение людей и механизмов и производятся работы, не требующие различения мелких предметов		
1	Строительные и ремонтные работы, открытые трансформаторные подстанции, верфи и т. д.	3	15
2	Земляные работы, каменоломни, складские дворы с погрузкой материалов, пассажирские пристани, фабричные и заводские дворы, где не исключена возможность передвижения и пребывания людей, дежурное О. открытых подстанций и т. д.	2	5
3	Ж.-д. парки, маневровые пути, фабричные, заводские и складские большие территории и т. д.	0,2	0,5
4	Охранное О. складов и различных территорий	—	1,5
	II. Места спорта, игр, развлечений и собраний		
1	Народные гулянья, катки, скетинги, пруды для катанья на лодках и т. д.	1	—
2	Массовые игры, атлетика, крокет, купальные бассейны, пляжи и т. д.	2	—
3	Велодромы, ипподромы, автомобильные треки, дорожки для бега и т. д.	3	10
4	Волейбол, теннис, футбол, фехтование и т. д.	20	40

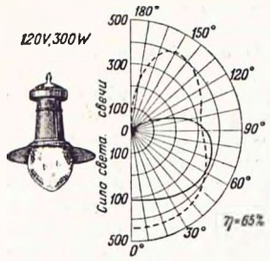
Равномерность О. д. б. такова, чтобы отношение наименьшей освещенности к наибольшей на всем протяжении между двумя светильниками была для I разряда не менее 0,1, для II и III разрядов не менее 0,04 и для IV и V разрядов не менее 0,02. С целью ослабления блескости высота подвеса светильников не д. б. менее 4 *м*. Яркость видимых излучающих свет частей светильника (колпа-

Равномерность О. должно быть во всяком случае достаточным для того, чтобы обеспечить безопасность движения. Для этого необходимо, чтобы возможно было различать всякого рода предметы, могущие служить препятствием для движения, неровности самого пути и силуэты движущихся людей и экипажей на фоне пути. Чем оживленнее движение, тем большие требования необходимо предъявлять к О. В крупных городах (с населением свыше 400 000 чел.) и на улицах с большим движением в городах с населением ок. 100 000 чел. желательно повышать требования к О. и создавать нек-рую освещенность на вертикальных поверхностях, облегчающую различение подробностей фасадов и движущихся людей и экипажей. Рекомендуются следующие наименьшие освещенности на земле, в горизонтальной плоскости в незатененных местах (табл. 3).

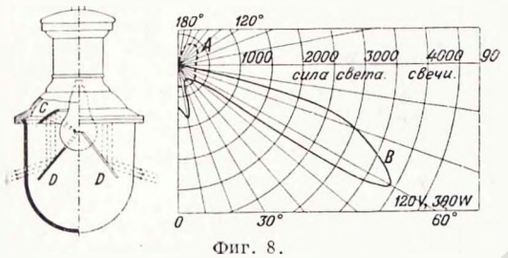
Табл. 3. — Наименьшие допускаемые освещенности при освещении улиц, проездов, дорог.

Разряд	Наименование освещаемых мест	Наим. освещенность, lx		
		В городах с насел. ⩾ 400 т. ч.	В городах с насел. ⩾ 100 т. ч.	В небольших гор. ф-ках и поселках
I	Вокзальные площади, улицы и проезды с особо большим автомобильным и трамвайным движением; базары, рынки, ярмарки; подъемы, спуски и лестницы на улицах	4	2	1
II	Улицы, проезды и дороги с большим автомоб. и трамв. движением; площади и места скопления общественных зданий, ф-к, з-дов, театров, клубов, домов культуры, кино и т. д.	2	2	1
III	Ул., проезды со средн. автомоб. и трамвайным движением	1	1	1
IV	Улицы и проезды с небольшим автомобильн. и трамв. движением	0,3	0,3	0,3
V	Улицы, проезды и дороги с редким движением (при отсутствии трамвая)	0,1	0,1	0,1

ков, шаров и пр.) не должна превышать 1 стильба (международная свеча на 1 $см^2$) для лучей зрения в пределах 0—10° над горизонтом. Светильник для наружного помещения, применяемый у нас, показан на фиг. 7. Сверху имеется колпак из эмалированного железа; снизу лампа защищена опаловым шаром. Эти светильники имеют тот недостаток, что при большом расстоянии между ними получается очень неравномерное освещение: у столбов, поддерживающих светильники, светлые пятна, а между столбами темные промежутки. Более равномерное О. дают светильники с вытянутой в стороны кривой распределения света, например английского производства светильник ВКЭ (фиг. 8). Лучи, отраженные от параболич. зеркала C, падают на два плоских зеркала DD и отбрасываются ими в стороны. Светильники подвешивают на столбах или на тросах, натянутых поперек улицы. Светильники м. б. расположены: 1) в один ряд вдоль оси улицы; 2) в два ряда по осям проезжих частей; 3) в два ряда вдоль тротуаров. При этом расположение м. б. правильными рядами (друг против друга) или шахматное, при к-ром достигается бо́льшая равномерность. Наилучшее освещение проезжей части, но в ущерб освещению тротуаров, получается при осевом расположении светильников. **В. Зеленков.**



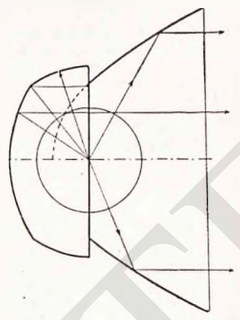
Фиг. 7.



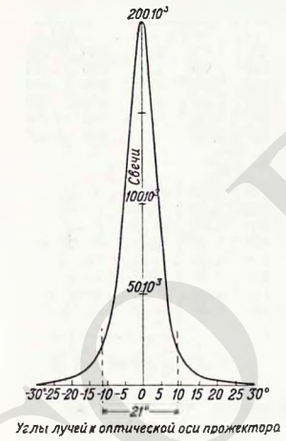
Фиг. 8.

б) О. заливающим светом (прожекторные установки). Под установкой заливающего света подразумевают совокупность устройств вместе с *прожекторами* (см.), имеющую своим назначением осветить на значительном расстоянии, в сравнении с обычными осветительными приборами, данное пространство, плоскость или предмет, причем это О. осуществляется как бы путем заливания указанных объектов световыми потоками, посылаемыми прожекторами. Установки заливающего света применяются в следующих случаях. 1) О. фасадов общественных зданий, фонтанов и т. п. При подобном О. рельефно выделяются все архитектурные детали освещаемых предметов. 2) О. мест для производства различных работ (строительн., земляных и т. п.). 3) Охранное О., имеющее своим назначением способствовать охранению данной территории с расположенными там различными постройками. Для примера можно указать на О. церабочей части аэродрома, состоящей из световой полосы вдоль ограды застроенной части по линии перед ангарами, ж.-д. мостов, складов, электрич. станций, открытых трансформаторных подстанций, доков, пристаней и т. п. 4) О. ж.-д. путей, вагонных парков и т. п. 5) О. вывесок, реклам, сигналов и т. п., имеющее преимущество над обычным О. в том, что позволяет избежать применения сложной электропроводки. 6) О. спортивных площадок стадионов, велодромов, ипподромов и т. п. 7) О. летного поля аэродрома. Последнее тоже можно причислить к О. заливающего света, однако для своего рационального осуществления оно требует специальных посадочных прожекторов. 8) О. выставок, народных гуляний, процессий, рынков и т. п. Из вышеизложенного видно, что О. заливающим светом находит широкое применение в различных условиях, тем более что оно во многих случаях практики в отношении первоначальных затрат и эксплоатационных расходов может оказаться дешевле и притом несомненно проще обыкновенного освещения.

Наиболее ходовые типы свето-оптич. систем прожекторов, применяемых для установок заливающего света, представляют собой комбинацию особого вида оптич. системы (фиг. 9) с первичным излучателем из газонаполненных электрич. ламп накаливания с концентрированной нитью. Как видно, оптика ее состоит из комбинации двух параболическ. поверхностей, передней и задней, с общим фокусом, и между ними сферическая поверхность с центром в той же точке фокусов. Подобная система 1) дает возможность, при малом фокусном расстоянии передней параболич. поверхности, поместить колбу газонаполненной лампы, имеющей довольно большие размеры; 2) увеличить угол обхвата оптики, а следовательно при равных прочих условиях увеличить кпд прожектора. Помимо этих систем могут применяться и разные другие, представляющие собою отражающие (катоптрические), преломляющие (диоптрические) и смешанные (катадиоптрич.) системы. К последним двум категориям относятся по преимуществу френелевские системы, имеющие большое применение при О. летного поля аэродрома. В качестве первичных излучателей помимо газонаполненных ламп различной мощности, от 200 W до 10 kW (посадочные аэродромные прожекторы), имеют применение и дуговые лампы с углями повышенной яркости в тех случаях, когда надо получить, при малых размерах тела накаливания, большой величины световой поток. Прожекторы, которые в настоящее время изготовляются нашей промышленностью, кроме специальных, представляют собой упомянутые системы с параболической и сферической поверхностями ⌀ 46 *см* типа XIV-1 без вентиляции и

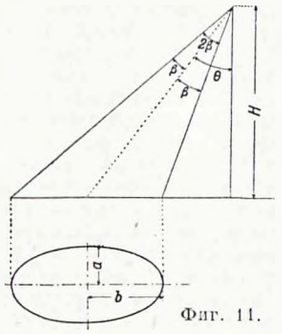

Фиг. 9.

типа XIV-4 с вентиляцией, причем отражатель в первом случае стеклянный, во втором — латунный, обычно хромированный. Источником света служит газонаполненная лампа на 1000 W с концентрированной нитью. Корпус отражателя делается из листового железа или же латунный. Кроме того изготовляется прожектор диам. 35 см с латунным хромированным отражателем с вентиляцией; корпус его сделан из листового железа; источником света служит газонаполненная лампа 300—500 W. Все эти типы прожекторов имеют фокусирующее приспособление шарового типа. На фиг. 10 представлена кривая светораспределения такого прожектора.



Фиг. 10.

Для расчета О. помимо метода коэфициента использования и точечного применяется метод эллипсов, сущность к-рого заключается в том, что световой пучок прожектора принимается за правильный конус в пределах полезного угла рассеяния прожектора, и тогда при пересечении этого конуса с горизонтальной плоскостью (фиг. 11) образуется эллипс. В действительности конечно никакого эллипса не получается. Заданной величиной является площадь эллипса S, к-рая предварительно вычисляется на основании метода коэф-та использования из данных средней освещенности и количественного значения светового потока прожектора в пределах полезного угла рассеивания. Кроме того задаются рациональной для заданного случая высотой установки прожектора H и полезным углом рассеивания 2β прожектора. На основании этих данных определяются по нижеследующим формулам (фиг. 11) угол θ (угол падения центрального светового луча) и полуоси эллипса a и b:



Фиг. 11.

$$\sin\theta = \sqrt{\frac{1-\frac{H}{a}\cdot\operatorname{tg}\beta}{1+\operatorname{tg}^2\beta}};$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{H\cdot S\cdot\operatorname{tg}\beta}{\pi}}; \quad a = \sqrt[3]{\frac{S^2}{\pi^2\cdot H\cdot\operatorname{tg}\beta}}.$$

Кроме аналитич. метода существуют графич. методы для определения светового эллипса, где известными величинами являются H, 2β и θ. После того как определены световые эллипсы, переходят к распределению последних на освещаемой территории, при условии возможно малого числа мачт. Практически приходится применять все три метода, упомянутых выше. Выбор наиболее удачного варианта определяется опытом проектирующего и последующим поверочным расчетом получающейся освещенности. **Г. Устюгов.**

в) Иллюминационное, декоративное и рекламное О. Электрич. О. значительно расширило возможность создания различного рода световых и цветовых эффектов. Разнообразные буквы и фигуры получают или посредством отдельных ламп, помещаемых на достаточно близком расстоянии друг от друга, или же изготовляют транспаранты с вырезанными буквами и фигурами, освещаемыми изнутри. В последнее время получили распространение газосветные трубки разнообразной формы, светящиеся различн. цветами в зависимости от рода наполняющего их газа (неон — красный, углекислый газ — белый, натрий — желтый). Разнообразнейшие эффекты м. б. получены помощью О. прожекторами с белыми и цветными лучами: памятников, фасадов зданий, фонтанов изнутри и пр. Декоративное освещение фасадов зданий, весьма распространенное за границей, м. б. осуществлено одним из трех приемов: 1) О. фасада снаружи с целью выявления его очертаний и рельефов (Anleuchtung); 2) О. окон здания изнутри (Durchleuchtung) и 3) О. основных контуров здания (Konturenleuchtung). «Временные правила искусственного О. открытых пространств» рекомендуют применять следующие

Табл. 4. — Нормы освещенностей для декоративного и рекламного освещения.

№	Характеристика освещаемых поверхностей	Средняя освещенность в lx при фоне		
		светлом	средн.	темном
	I. Фасады зданий и памятники			
1	Светлая поверхность (светлые изразцы, железобетон, светлосерый камень и т. п.)	60	40	30
2	Среднего цвета поверхность (серый камень, светл. терракота, серая окраска и т. п.)	100	80	50
3	Темного цвета поверхность (красный камень, темносерый камень, темная окраска и т. п.)	160	120	80
	II. Вывески, рекламы			
4	Светлая поверхность	200	—	100
5	Темная поверхность	300	—	200

освещенности для декоративного и рекламного О. (табл. 4). **В. Зеленков.**

3. Специальное освещение. а) О. на транспорте. Отдельные виды транспорта (ж.-д., автодорожный, водный и воздушный) имеют настолько субъективные особенности, что их осветительные устройства и установки выполняются далеко не одинаковыми методами и приемами. Вследствие этого О. того или иного вида транспорта рассматривается

и излагается самостоятельно. У всех видов транспорта различают: 1) внутреннее О. подвижного состава, 2) О. впереди лежащего пути, 3) О. трассы стационарными установками, 4) О. станционной площади, 5) внутреннее О. станционых зданий, 6) О. станционных мастерских, 7) О. станционных складов и дворов, наконец 8) светосигнальное освещение на станции, в пути и на подвижном составе.

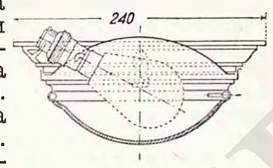
О. ж.-д. транспорта. Вследствие разнообразия условий на ж. д. находят себе применение свечные, масляные, керосиновые, спирто-калильные, газовые и электрич. источники света. Нормальным О. пассажирских вагонов в настоящее время признается только электрическое. Первоначально оно устраивалось от аккумуляторов, периодически заряжаемых на станциях. Теперь чаще всего применяется особая генераторная установка, состоящая из аккумуляторной батареи и специальной динамомашины, сцепленной с осью вагона. На остановках и при тихом ходе сеть питает батарея, в пути ток дает динамо, к-рая в то же время заряжает и батарею. Для саморегулирования эта установка, называемая «осевой системой», имеет специальное устройство, выполняемое различно, но всегда состоящее из следующих частей. 1) Включающий автомат, к-рый при достаточном числе оборотов включает машину на сеть и батарею на зарядку; при малых оборотах выключает машину. Включающие автоматы бывают центробежные и электромагнитные. 2) Переключатели полярности переключают полюсы машины при обратном ходе вагона; по конструкции бывают электромагнитные или в виде особого супорта на самой машине. 3) Регулятор машины регулирует постоянство напряжения на зажимах машины. Это достигается или при помощи скользящего ремня или особыми электромагнитными регуляторами. Иногда машина регулируется на постоянную силу тока, тогда для сети ламп ставится отдельный регулятор напряжения. 4) Регулятор зарядки батареи делается обычно электромагнитного типа. Выключает батарею, когда ее напряжение достигнет предела (2,6 V на свинцовый и 1,7 V на щелочной элемент). О. подвижного состава может производиться и от особого турбогенератора, устанавливаемого на паровозе, от к-рого ток распределяется по вагонам и подводится к вагонным батареям. Днем производится зарядка батарей, а ночью они работают на сеть. Электрифицированные составы обычно имеют моторгенераторы, к-рые питаются током от тролерного провода. На ж. д. СССР находят применение машины и аппаратура самых разнообразных фирм. За последнее время имеются вагоны, оборудованные з-дом «Динамо». Кислотные аккумуляторы производства ВЭО имеют емкость на 108—370 Ah при разрядном токе на 36—90 А. Щелочные аккумуляторы (Юнгнера) имеют емкость в 140—300 Ah при токе 17—38 А.

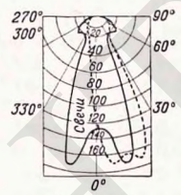
В среднем на вагон скорого поезда расходуется 550—600 W, что позволяет иметь освещенность в 20—40 lx. Нормальная вагонная арматура представлена на фиг. 12, 13, и 14.

Табл. 5.—Характеристика ламп для вагонного О. с металлич. нитью.

Тип	Напряжение в V	Мощность в W	Сила света в св.	Световой поток в lm	Удельное потребл. мощности в W/св.	Светоотдача в lm/W	Срок службы в часах	Срок жизни в часах
СССР	24	15	9,6	121	1,57	8,1	600	800
		25	16,7	210	1,50	8,4	600	800
	32	15	9,7	122	1,55	8,2	600	800
		25	13,7	212	1,48	8,9	600	800
	50	15	8,6	124	1,78	8,9	800	1 000
		25	17,3	216	1,45	8,8	800	1 000
США	30 и 34	15	11,8	148	1,27	9,86	—	—
		25	23,5	295	1,06	11,8	—	—
		50	59,5	727	0,87	14,5	—	—
		100	143,0	1 790	0,70	17,9	—	—
	60 и 65	15	10,8	185	1,39	9,0	—	—
		25	20,0	250	1,25	10,0	—	—
		50	49,0	615	1,02	12,3	—	—
		100	117,0	1 470	0,86	14,7	—	—

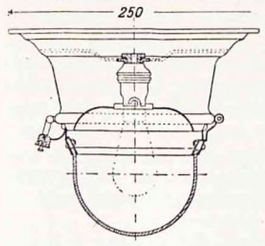
О. впереди лежащего пути с паровоза осуществляется при помощи паровозных фар. Дальнее О. производится т. н. лобовым прожектором. Светооптич. система его состоит из глубокого параболич. отражателя и газонаполненной лампы на 250 W. Максимальная сила света в зависимости от скорости движения берется порядка 250 000 св. Для О. ближайшего участка пути ставятся т. наз. буферные фонари, имеющие меньшие размеры и силу света. На фиг. 15 дан чертеж головной паровозной фары. О. пути стационарными установками делается обычно лишь вблизи станции и у переездов, что осуществляется при помощи обычных приемов наружного О. О. станционных путей делается или путем расстановки по территории станции отдельных светильников, чаще всего глубокоизлучателей, или при помощи прожекторов заливающего света. Высота подвеса для одиночных фонарей 10—20 *м*. Часто их подвешивают по нескольку на одном тросе (фиг. 16). Мачты для прожекторов заливающего света делаются высотою ок. 30 *м*. Расстояние между мачтами 200—300 *м*. На мачте устанавливают 3—8 прожекторов. На фиг. 17 представлена подобная установка. Средняя освещенность на станции 2—0,3 lx. О. платформ станционных помещений, складов, дворов и служб осуществляется обычными приемами (фиг. 18). Освещенность устанавливается в зависимости от помещения 30—1 lx. Следует заметить, что на малых станциях у нас до сих пор может встретиться еще керосиновое О., но нормальным следует признать электрическое (лампами накаливания). За границей находят себе применение и дуговые фонари. Светосигнальное О. выполняется при

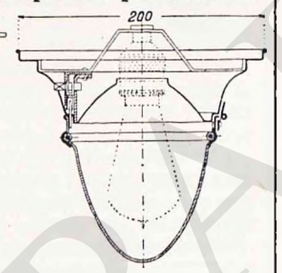


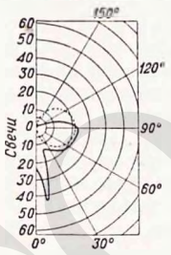


Фиг. 12.

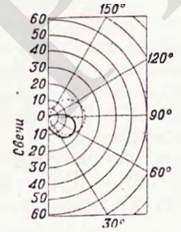
помощи светосигнальных фонарей. По конструкции их можно классифицировать на фонари с линзами, фонари с отражателями





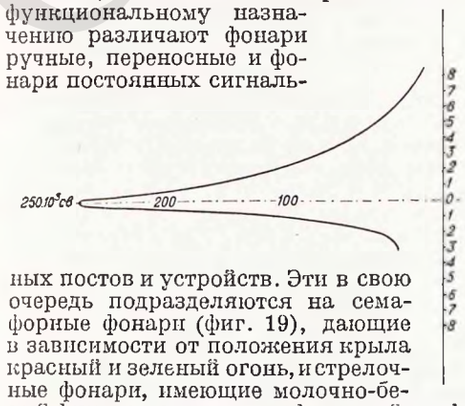


Фиг. 13.

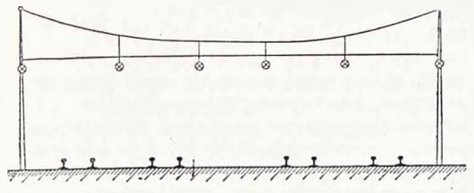


Фиг. 14.

и на фонари со смешанной оптикой. В качестве источника света в зависимости от функционального назначения применяются керосиновые, масляные и электрич. лампы. По функциональному назначению различают фонари ручные, переносные и фонари постоянных сигналь-

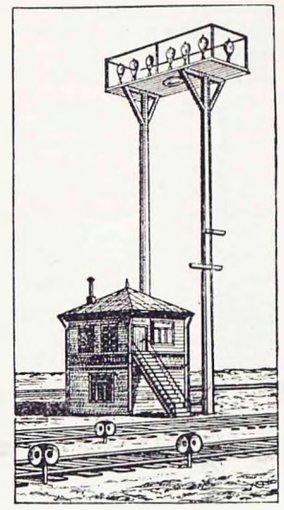


ных постов и устройств. Эти в свою очередь подразделяются на семафорные фонари (фиг. 19), дающие в зависимости от положения крыла красный и зеленый огонь, и стрелочные фонари, имеющие молочно-белый фильтр в сочетании с фигурной диафрагмой. В настоящее время в практику входят *светофоры* (см.)—светосигнальные устройства, к-рые и днем сигнализируют цветными огнями. Обычно светофорная мачта имеет 3 фонаря с красным, зеленым и оранжевым светом (фиг. 20). Лампы в них устанавливают 25—50 W, поперечник линз фонаря 15—25 *см*, максимальная сила света 5—6 тыс. свечей.



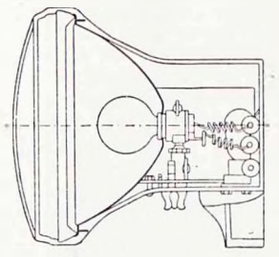
Фиг. 16.

О. автодорожного транспорта. Первоначально автомашины снабжались только фарами для О. впереди лежащего пути. Фары имели глубокий металлич. отражатель и источник света в виде ацетиленовой горелки. В настоящее время нормальным О. автомашины является только электрическое, причем пассажирские машины имеют также и внутреннее О. Вся система О. устраивается аналогично вагонной осевой системе, т. е. из сочетания динамомашины и аккумуляторной батареи. Лампы применяются обычно для напряжения 6—12 V на силу света от 2 до 30 св. Динамо берется мощностью 50—150 W, а батарея на 20—80 Ah. О. гаражей и мастерских в общем устраивается аналогично О. железнодорожного депо и мастерских. Сигнальное освещение является частью городского сигнального освещения и чаще всего устраивается в виде особых городских светофоров.

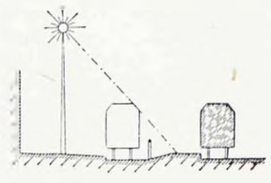


Фиг. 17.

О. водного транспорта. Собственное освещение корабля по обыкновению устраивается электрическими лампочками общего пользования. Ток для их питания берется от динамомашины. Небольшие буксирные речные пароходы еще до сих пор имеют керосиновое освещение. Освещение речных пристаней чаще всего осуществляется при помощи керосиновых ламп и керосино-калильных фонарей. Крупные пристани и морские порты освещаются электричеством, где система заливающего света может найти большое применение. Сигнализационные устройства на реках обычно действуют от керосиновых ламп, но встречаются также и электро-аккумуляторные установки. Мощные морские маяки имеют оптику в виде катадиоптрической системы и первичный излучатель в виде электрич. ламп того или иного устройства. В прежнее время большое распространение имела друммондова горелка, в к-рой свет излучался раскаленной магнезией в водородно-кислородном пламени. В настоящее время морские маяки выполняются аналогично аэромаякам. **В. Новиков.**



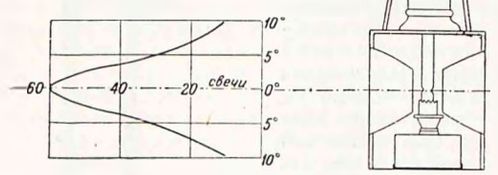
Фиг. 15.



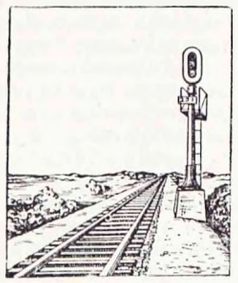
Фиг. 18.

б) О. воздушных линий и судов. К специальному О., применяемому на

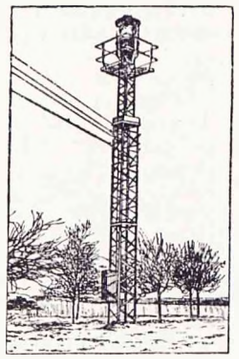
воздушных линиях, относится также и т. н. аэромаячное О., представляющее собой сигнализационное освещение, обеспечивающее воздушному судну правильность направления пути при ночных полетах. Аэромаячное освещение осуществляется при помощи световых приборов, располагаемых вдоль воздушной линии. *Аэромаяки* (см.) по своему местонахождению и по своей световой мощности делятся на: 1) аэропортовые, 2) аэродромные, 3) линейные, 4) промежуточные. Аэропортовые маяки—световые приборы большой световой мощности, доходящей по своей максимальной силе света до 2 млрд. св. и более (напр. в Дижоне близ Парижа). Аэродромные маяки устанавливаются на *аэродромах* (см.) или в зависимости от конфигурации местности вне аэродрома, но не далее 1,5 *км* от него. Аэродромные маяки — световые приборы, максимальная сила света которых доходит до нескольких десятков млн. св. Линейные аэромаяки устанавливаются вдоль



Фиг. 19.



Фиг. 20.



Фиг. 21.

самой воздушной линии на расстоянии 25—40 *км*, здесь же м. б. устроены и посадочные площадки на случай вынужденной посадки. Максимальная сила света линейных аэромаяков доходит до нескольких млн. св. При коэф-те прозрачности воздуха, равном 0,8—0,7, линейные аэромаяки м. б. недостаточно хорошо видимыми, и пилот, направляя судно над одним аэромаяком, может не заметить следующий за ним, и т. о. получится прерывистая световая трасса, не обеспечивающая правильного полета вдоль линии. Для создания более благоприятных условий ориентировки между линейными аэромаяками устанавливаются промежуточные аэромаяки (маршрутные) на дистанции 5—10 *км*. В нек-рых случаях световая трасса устраивается только из одних линейных аэромаяков (они же промежуточные), расположенных на дистанции ок. 10 *км* (световая трасса на сибирском ночном участке воздушной линии).

Для лучшей ориентировки пилота, на крышах различных строений, расположенных вдоль воздушной линии, устраиваются различные световые знаки (стрелы, буквы и т. п.), указывающие пилоту местонахождение судна и направление пути. Аэромаяки устанавливаются, в зависимости от высоты полета и конфигурации местности, на различных расстояниях и высотах. Установка аэромаяков производится на специальных вышках высотой около 15 *м* или же на крышах зданий, площадках башен и т. п. Примерное расположение аэромаяков представлено на фигуре 21.

Различают две дальности видимости аэромаяков: географическую и оптическую. Под географич. подразумевают предельное расстояние видимости, обусловливающееся шаровидностью земли, конфигурацией ее поверхности, высотой установки аэромаяка, высотой полета и рефракцией воздуха, но совершенно не зависящее от силы света аэромаяка и от качества глаза. Географич. дальность S с достаточной для практики точностью м. б. подсчитана по ф-ле:

$$S = 3\,830\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2},$$

в к-рой учтено среднее значение рефракции воздуха; S—выражена в *м*, h_1—высота полета судна в *м*, h_2—высота установки светового центра источника света аэромаяка в *м*. Обыкновенно h_2 мало в сравнении с h_1 и расчет может быть произведен по следующей формуле:

$$S = 3\,830\sqrt{h_1}.$$

Под оптич. дальностью видимости подразумевают предельное расстояние видимости аэромаяка, обусловливающееся характером распределения излучаемого им света, качеством глаза и степенью прозрачности воздуха (оценка дальности производится для среднего нормального глаза). Следовательно при прочих равных условиях оптич. дальность видимости будет меняться в зависимости от угла возвышения светового луча. Определение оптич. дальности аэромаяка производится при определенном коэф-те прозрачности воздуха, с учетом практич. порога раздражения глаза и исходя из максимальной силы света, излучаемой аэромаяком. Сила света I для данной оптич. дальности R при прозрачности воздуха t определяется с достаточным приближением из ф-лы:

$$I = 0{,}3\,\frac{R^2}{t^R},$$

где R—выражено в *км*. Из этой ф-лы нетрудно усмотреть, что при абсолютной прозрачности воздуха освещенность на зрачке получается равной $0{,}3 \cdot 10^{-6}$ lx. Если видимость аэромаяка сравнить с видимостью звезд, приняв во внимание, что невооруженный нормальный глаз видит звезды 6-й величины, причем освещенность на роговице в этом случае получается около $9 \cdot 10^{-9}$ lx, то нетрудно заключить, что «практич. порог раздражения глаза» взят с запасом. Этот запас берут, исходя из того, что глаз пилота сплошь и рядом адаптируется на сравнительно большую яркость окружающих воздушный путь земных объектов, а также на освещенные

поверхности, имеющиеся в кабине пилота. В нек-рых случаях практики приходится учитывать угол зрения, под к-рым рассматривается аэромаяк, так как от этого угла зависит предельная дальность видимости. Определение расстояния по силе света аэромаяков для определенных прозрачностей воздуха или, наоборот, по расстояниям требуемой силы света можно производить при помощи особых кривых (см. *Маяк*, фиг. 9). Распределение силы света аэромаяков д. б. таковым, чтобы пилот, находящийся на определенной высоте от поверхности земли, мог видеть аэромаяк на всей протяженности пути между аэромаяками. При этом слепящее действие д. б. устранено. Сила света I для различных углов α возвышения лучей аэромаяка, при различных прозрачностях воздуха t, м. б. вычислена по следующей ф-ле:

$$I_\alpha = 0{,}3\,\frac{\left(\frac{H}{\operatorname{tg}\alpha}\right)^2}{t^{\frac{H}{\operatorname{tg}\alpha}}},$$

где H—высота полета судна. Углы возвышения световых лучей принимаются в пределах 10°, т. к. для больших углов распределение силы света аэромаяка не играет существенной роли вследствие того, что при больших углах самолет будет находиться близко от аэромаяка, напр. при высоте полета 400 *м* расстояние по горизонтали до аэромаяка соответствует 2 *км*. Из этого следует, что аэромаяк должен испускать световой поток в небольшом телесном угле, т. е. направление светового потока д. б. гл. обр. в направлении, в котором сила света должна быть максимальная. Благодаря подобному светораспределению будет наиболее экономичное использование светового потока аэромаяка.

Аэромаяк не должен смешиваться с другими огнями. Это требование осуществляется или особым цветом огня или же периодич. потуханием и зажиганием света (проблеск). Воспроизведение цветного света большой силы посредством источника света, основанного на t^R-ном излучении, сопряжено с большой затратой мощности, так как значительная часть спектра поглощается фильтром, поэтому выгоднее устраивать «проблеск». Для аэромаяков применяются также люминисцирующие источники света, излучающие цветной свет (неоновые трубчатые лампы) и безэлектродные лампы, принцип действия к-рых основан на свечении газа (неона), при помощи быстропеременного электромагнитного поля. Безэлектродные лампы, требуя довольно сложного электрич. устройства, имеют тем не менее преимущество над неоновыми трубчатыми лампами в том отношении, что м. б. применены с оптикой и образовать т. о. светооптич. систему, дающую в определенном направлении увеличение силы света, тогда как неоновые трубчатые лампы исключают такую возможность вследствие больших габаритных размеров. Наибольшее применение для аэромаяков имеют источники света в виде мощных газонаполненных ламп с концентрированной нитью, причем для получения большой световой отдачи, а следовательно и для увеличения силы света, применяется перекал нити тела накаливания, вследствие чего срок службы лампы понижается до 200 час. Подобный источник света благодаря сравнительно небольшим своим размерам всегда применяется с оптикой, и поэтому световой поток излучается концентрированным в определенном заданном направлении. Применение дуговых ламп, обладающих свойством при сравнительно малом размере тела накаливания излучать достаточно большой световой поток, практикуется в тех исключительных случаях, когда необходимо создать мощный аэромаяк. В этих случаях газонаполненные лампы не могут сравниться с дуговыми, особенно если иметь в виду лампы с дугой повышенной яркости. Вообще же применение дуговых ламп неудобно в том отношении, что для полного использования светового потока они требуют постоянного тока, каковой на практике встречается редко. Затем для них необходимо иметь автоматич. регуляторы дуги, к-рые сложны и в работе не всегда надежны. Кроме того быстрое сгорание углей требует частой их замены, что сопряжено с затратами на обслуживающий персонал и др. эксплоатационные расходы.

Кроме электрич. источников света для аэромаяков применяются также источники света жидкого и газообразного горючего, как напр. керосино- и спирто-калильные, ацетиленовые, каменноугольного и нефтяного газа и т. п. Эти источники света применяются главн. образ. для промежуточных аэромаяков, т. к. вследствие сравнительно небольшой яркости тела накаливания сила света их мала. В качестве тела накаливания в большинстве случаев применяется *калильная сетка* (см.). Иногда устраиваются пламенные горелки, из особых малых отверстий которых выходит тот или иной газ, образующий при сгорании сравнительно яркое пламя. Аэромаяки с газообразным горючим позволяют устраивать сравнительно легко такие системы, к-рые автоматически включаются и отключаются для горения, причем, когда аэромаяк бездействует, то горит небольшое дежурное пламя. Подобные аэромаяки автоматически могут работать до шести месяцев, т. е. обходиться без обслуживающего персонала. Проблески аэромаяков устраиваются т. обр., что свет аэромаяка в определенном направлении или же во все стороны пространства периодически исчезает и появляется или же потухает и зажигается. Осуществляется это вращением светооптич. системы, шторки и т. п. или же потуханием и зажиганием самого источника света. При проблесках требуется сохранить определенные продолжительности света, темноты, а также продолжительность общего периода проблеска и пауз между периодами. Согласно американск. данным проблеск д. б. не короче 0,1 ск.; герм. практика (Гельголандский маяк) показывает, что проблеск м. б. укорочен до 0,033 ск. Общий световой период м. б. не менее 10% от длительности сигнала, причем с уменьшением световой мощности пучка аэромаяка световой период д. б. удлинен до 60%. Общая продолжительность цикла аэромаяка д. б. не более 10 ск. По герм. данным общая про-

должительность одного сигнала, включая и паузу до следующего сигнала, по возможности не должна превышать 6 ск. Это делается для того, чтобы избегнуть утомления внимания пилота при наблюдении за аэромаяком. Подачу сигналов удобнее всего производить по азбуке Морзе, т. к. таковая употребительна для всех стран.

Оптика аэромаяка по характеру излучения светового потока делится на два типа: 1) освещающая весь небесный свод и 2) освещающая только известный телесный (пространственный) угол в определенном направлении. Естественно, что при одинаковом в обоих случаях световом потоке, выходящем из оптики, максимальная сила света будет для второго варианта больше, так как для этого случая в данном телесном угле световой поток имеет бо́льшую плотность. Оптические системы того и другого типа могут быть разделены на: 1) катоптрические, 2) диоптрические и 3) катадиоптрические. К отражательным системам, как наиболее хорошо себя зарекомендовавшим, относятся параболические отражатели, получившие наибольшее распространение в США, где они являются стандартными установками. Аэромаяки с диоптрической системой, состоящей из линз Френеля, подразделяются на аэромаяки полизональной системы (см. *Маяк*, фиг. 8) и цилиндрической. Первые из них излучают световой поток в определенном телесном угле (захватывают только часть небосвода), а вторые освещают небосвод во все стороны, т. е. на 360°. Преимущество катадиоптрич. системы перед диоптрической заключается в большем угле обхвата, а следовательно и в большем световом потоке, падающем на оптику, а отсюда и в лучшем использовании светового потока первичного излучателя. Сила света аэромаяка с катоптрич. системой м. б. с нек-рым приближением определена по ф-ле:

$$I_{max} = I_a \frac{D^2}{d^2} k = B \frac{\pi D^2}{4} k,$$

где I_a—средняя сила света в угле обхвата отражателя, D—диам. отражателя, d—поперечина источника света, k—коэф. использования данного аэромаяка, B—яркость источника света. Для диоптрической системы (полизональной) сила света приближенно определяется по ф-ле:

$$I_{max} = \frac{\pi D^4}{4} Bk;$$

для цилиндрической

$$I_{max} = BHWk,$$

где H—высота цилиндрич. части, W—диам. цилиндрич. части.

О. посадочной площади аэродрома производится для случаев посадки в ночное время. В зависимости от типа судов и количества их, одновременно производящих посадку, требуется осветить ту или иную площадь поля аэродрома. По америк. данным следует освещать всю полезную площадь аэродрома, т. е. ту площадь, на к-рой можно совершить посадку в случае вынужденного спуска. В настоящее время наблюдается увеличение летного поля аэродрома в связи с увеличением размеров судна, а вместе с ними веса и естественно пробега по летному полю. Основные требования, предъявляемые к О. посадочной площади, остаются те же, что и вообще для рационально устроенного О., но кроме того особое внимание обращается на то, чтобы устранить слепящее действие от осветительных приборов, установленных на аэродроме (установка же этих приборов производится так, чтобы посадочное поле оставалось свободным). Требуется избегать теней, в особенности имеющих место при неровном поле. Наличие теней дает неправильное представление о поверхности поля, в результате чего судно при посадке м. б. выравнено не во время, и т. о. может произойти катастрофа. По америк. данным минимальная вертикальная освещенность летного поля не д. б. менее 1,5 lx. Для резервного О. (вспомогательный осветительный прибор на случай прекращения действия основного) минимальная освещенность д. б. не менее 0,35 lx. По данным проекта норм Общесоюзного стандарта средняя освещенность летного поля принимается в 1,5—2 lx. Освещение летного поля осуществляется при помощи посадочных прожекторов; в зависимости от световой мощности и системы расположения они м. б. одиночные или групповые, а сами установки—подвижные или стационарные. Выбор места стационарных установок в большой мере зависит от средней ночной розы ветров для данной местности и от рельефа поля аэродрома. Высота установки прожектора д. б. по возможности такова, чтобы глаз пилота во время посадки располагался выше светового пучка прожектора для устранения слепящего действия. В посадочных прожекторах в качестве светооптических систем применяются отражательные или преломляющие оптические системы, с газонаполненными или дуговыми лампами повышенной яркости. Последние применяются гл. обр. для одиночных систем, требующих большой световой мощности. Большое применение имеют отражательные параболич. системы и системы, состоящие из линз Френеля как в чистом виде, так и комбинированные с отражателями. Для посадочных прожекторов применяются преимущественно газонаполненные лампы, работающие обычно на переменном токе. Дуговые лампы, как требующие особого регулирования и ухода, применяются сравнительно редко. Расчет О. летного поля как большой открытой площади производится по методам коэфициента использования, точечному и методу эллипсов. Кроме того существует метод расчета, предложенный проф. В. С. Кулебакиным, по пространственному распределению яркости отраженного света от покрова летного поля.

Помимо электрического О. летного поля в исключительных случаях м. б. использованы костры, освещающие место посадки. Для костров употребляются противни из листового железа, на которых сгорают пакля или ветошь, смоченные керосином. Эти костры располагаются в количестве шести штук вдоль места посадки самолета. Для совершения посадки самолета кроме освещения летного поля употребляется способ

световых ориентиров, по створу которых фиксируется пилотом высота выравнивания самолета. Эти огни располагаются или же непосредственно на земле (горизонтальное расположение) или же в вертикальной плоскости на особых устройствах. Источниками света для указанных ориентиров служат электрические лампы накаливания. Световые ориентиры находят себе применение по преимуществу на посадочных площадках, а на аэродромах они являются дополнением к прожекторному освещению летного поля. Для определения направления ветра при посадке самолета служат устанавливаемые на аэродроме указатели направления ветра. Последние бывают следующие. 1) Подземные светящиеся колодцы; располагаются в количестве 8 шт. по окружности и девятый в центре. Направление ветра указывается зажиганием пяти из них, образующих в своем сочетании стрелу в виде буквы Т. Зажигание производится от флюгера, который, следуя направлению ветра, замыкает через реле соответствующие контакты. Колодец делается из бетона или же металлическим, и внутри его помещаются электрич. лампы накаливания. Сверху колодец прикрывается толстым матовым стеклом. В виду неудобства применения колодцев в зимнее время, а также трудности предохранить их от проникновения воды они постепенно выходят из употребления. 2) «Посадочное Т» относится к наиболее распространенному типу. Этот указатель располагается на аэродроме в удобном для видимости с судна месте и представляет собой большой вращающийся флюгер длиной около 5 *м*. Указатели м. б. окружены электрич. лампочками накаливания, обычно 25 W, с зелеными (устраиваются и другого цвета) водонепроницаемыми стеклянными колпаками, расположенными на расстоянии ок. 30 *см* друг от друга, или же неоновыми трубками, излучающими зеленые световые лучи (⌀ трубок 11—15 *мм* при силе тока 18—25 mA). Рекомендуется устраивать их так, чтобы при ветре скоростью 2 *м/ск* они автоматически возвращались в положение «безветрия». 3) «Световые конусы» длиной 3 *м* ⌀ 90 *см* устраиваются обычно из желтой ткани. Для внутреннего О. конуса требуется лампа в 200 W с соответственным рефлектором. Для его наружного О. применяются 4 рефлектора с лампами в 100 W. Вдоль всей посадочной площади аэродрома устанавливаются на расстоянии ок. 100 *м* друг от друга пограничные огни, питаемые от подземной распределительной сети. Эти огни дают указание пилоту о той площади, на которую можно беспрепятственно опуститься. Согласно америк. данным при использовании всей площади аэродрома употребляются белые или желтые пограничные огни, если же используется только часть всей площади, то границы посадочных дорожек обозначаются зелеными огнями. В пунктах, приближение к к-рым является опасным, устанавливаются красные пограничные огни. Для белых и для желтых огней применяются 25 W лампы, а для зеленых и красных 50 W лампы. Для предохранения от влияния атмосферных осадков лампы помещаются в водонепроницаемые, простые или призматические, стеклянные колпаки. Пограничные огни устанавливаются на высоте 1—0,75 *м*. В качестве дневных пограничных огней применяются различно окрашенные конусы ⌀ 90 *см* и высотой 60 *см*. Все возвышенности как естественные, так и искусственные, лежащие на пути движения воздушного судна, нужно обозначать заградительными огнями. К числу объектов, подлежащих обозначению, относятся: заводские трубы, башни, высокие строения, радиомачты, мачты высокого напряжения, горы и т. д. Особенное внимание приходится обращать на различные возвышения, имеющиеся на аэродроме. Устройство заградительных огней должно быть такое же, как и пограничных огней, в красных стеклянных колпаках. Заградительные огни устанавливаются выше препятствия в таком количестве, чтобы обеспечить видимость его во всех направлениях. Применяется также способ О. указанных построек прожекторами, при к-ром слепящее действие д. б. устранено.

Ангарные прожекторы находят большое применение в америк. практике, где создаются условия О. аэродрома, близкие к дневному. Эти прожекторы освещают наружные стены и крыши ангаров и других построек, находящихся на переднем фасаде поля аэродрома. Средняя освещенность ~ 25 lx является вполне достаточной для видимости этих построек в перспективе, что дает возможность пилоту определить высоту перед посадкой. Прожекторы эти—заливающего освещения (с электр. лампами накаливания в 200 W) устанавливаются на высоте ок. 3 *м* от поверхности крыши и на расстояниях 7—8 *м* в каждом направлении, а также по карнизам крыши т. о., чтобы не ослеплять пилотов и обслуживающий аэродром персонал. Окраска стен и крыш ангаров д. б. такова, чтобы коэф-т отражения был равен ок. 50%. Это О. является также достаточным для работы вокруг ангара. По крайней мере одна крыша ангара или иная подходящая поверхность используется для светового знака, обозначающего название аэродрома. Знаки д. б. видимы с высоты 600—700 *м*. Применяются три главные системы О. для воздушных опознавательных знаков. 1) Знак, нанесенный на поверхности, освещается при помощи прожекторов с рассеивающими свет стеклами, установленными т. о., чтобы создавать равномерную освещенность, доходящую до 200—250 lx по всей поверхности опознавательных знаков. 2) Прозрачные цветные стеклянные полосы, образующие опознавательный знак, служат фильтром для источников света, которые расположены под ними. 3) Контуры опознавательных знаков образуются обрамлением электрическими лампочками накаливания или неоновыми трубками, размещенными обыкновенно по центральной линии букв или знаков. Для обрамления лампами накаливания употребляются электрич. лампы в 10 W с белыми колпаками, размещенные на расстоянии 20 *см* друг от друга при буквах в 2 *м* и на 30 *см* при величине букв 4 *м*. При желтых колпаках применяются лампы в 15 W, а при зеленых и

красных в 25 W. Неоновые трубки рекомендуется брать ⌀ 11—15 *мм* при силе тока 18 и 25 mA.

Для определения высоты облаков служит потолочный прожектор. Высоту облаков необходимо знать перед вылетом самолета для того, чтобы оценить, на какой высоте в данное время можно произвести полет («определить потолок») или же вообще убедиться в возможности полета. Определение нижней части поверхности нависшего облака (высоты потолка) производится с помощью простой системы триангуляции. Так напр., если прожектор установлен под углом возвышения 45°, то высота потолка равна расстоянию от прожектора до точки на земле, лежащей под световым пятном облака, получающегося от светового потока прожектора. В качестве потолочного прожектора применяются светооптич. системы с параболич. отражателем диам. не менее 30 *см* и газонаполненной лампой на 250 W с концентрированной нитью и с углом рассеивания 5—7°. Подобный прожектор может применяться и с дуговой лампой. Более мощные потолочные прожекторы имеют параболический отражатель ⌀ 60 *см* с лампой 1 000 W.

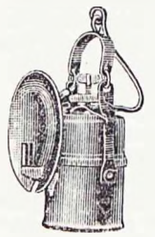
Для осуществления световой связи с находящимся в воздухе самолетом, служат командные огни. Эти огни д. б. видимы со всех точек полусферы на расстоянии не менее $1^1/_2$ *км*. Командные огни могут состоять из комбинации электрич. ламп накаливания не менее 10 W каждая, красного и зеленого цвета, расположенных по очереди на сторонах тетраэдра или каким-либо другим образом. Команда подается включением особого ключа, благодаря которому происходит загорание красных и зеленых огней. При помощи этих огней можно вести разговор по азбуке Морзе или по коду. Все световое оборудование должно управляться из центрального поста управления, где сосредоточены основные фидеры и откуда идет распределение электроэнергии. Наверху здания поста управления находится площадка, на к-рой сосредоточиваются командные огни и откуда идет управление по приему самолета. Центральный пост находится в таком месте аэродрома, в котором представляется наибольшая видимость прибывающих и производящих посадку самолетов.

Осветительное устройство самолетов состоит в следующем. 1) О. с самолета посадочной площадки, на которую он опускается, осуществляется при помощи особых посадочных фар с электрич. лампочками накаливания. Фары бывают различного устройства, но наибольшее применение имеют фары с параболич. отражателями, снабженными особыми рассеивателями диам. 25—30 *см* с лампой на 12 V и 100 W. Эти фары (и другие) устанавливаются на крыльях самолетов. Кроме фар для освещения посадочной площадки применяются подкрыльные факелы, содержащие в себе пиротехнич. составы, горящие ярким пламенем и освещающие довольно равномерно посадочную площадку. 2) Аэронавигационные огни служат для аэронавигации самолета и состоят из головного, хвостового и боковых огней. Распределение силы света у этих огней таково, что с любого направления в пространстве будет виден с самолета, идущего навстречу ему или сзади его хотя бы один огонь. Боковые огни—красного и зеленого цветов, а хвостовые и головные — белые. В качестве источников света применяются электрич. лампы накаливания в 15—25 W. Огни имеют особую осветительную арматуру с надлежащим распределением силы света. 3) О. приборов кабины летчика производится особыми арматурами исключительно направленного света, при этом освещенность д. б. довольно слабая вследствие того, что глаза пилота адаптированы почти на темноту и более чувствительны к яркости освещаемой поверхности, а поэтому способны различать показания приборов. Устройство О. приборов с большой освещенностью нежелательно вследствие того, что глаза адаптировались бы на большую яркость и не могли бы в достаточной степени различать проблески аэромаяков и ориентироваться по окружающей местности при лунном О. В качестве источников света могут применяться электрич. лампы накаливания в 3—5 W. В настоящее время разрабатывается вопрос О. приборов кабины при помощи цветного света. 4) О. пассажирской кабины производится при помощи потолочных плафонов. На больших самолетах освещенность д. б. такова, чтобы можно было читать печатный текст. Могут быть применены также настольные светильники особой конструкции, создающие местное освещение. 5) Чтобы знать, какой самолет летит, он должен иметь свои кодовые огни. Они устраиваются внизу корпуса самолета и имеют обычно два рефлектора с цветными фильтрами и лампочками накаливания. По цветам излучения света можно различать самолеты. В качестве генератора электроэнергии применяется динамо с аккумуляторами, работающими параллельно. Динамо приводится в действие от ветрянки или же от самостоятельного двигателя внутреннего сгорания, а также и от привода главного двигателя самолета. Напряжение электрич. установки на самолете 12—24 V. Осветительные установки, применяемые для О. дирижаблей,—см. *Дирижабль*.

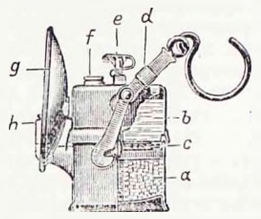
Г. Устюгов.

в) О. рудничное характеризуется тесной зависимостью от условий подземных работ; главные из этих условий: сравнительная теснота рабочего пространства и выработок, низкие отражательные свойства горных пород и крепления (коэф-т отражения для каменноугольной пыли 4÷5%, крепления 7÷20%; сланцев и песчаников 20÷30%; выработок, побеленных известкой, 65÷75%), постоянное перемещение и разбросанность основных рабочих мест, присутствие в воздухе взрывчатых и негодных для дыхания и горения газов. Последним вызываются широкое применение переносных светильников и связанная с транспортабельностью малая сила света их, что в свою очередь понижает общее количество света, получаемого организмом рабочего в целом. Недостаток света вызывает нарушения нормальной деятельности организма (повышение чувствительности нервной системы, изменения в жизнедеятельности нек-рых клеток тела, например особая пигментация кожи—серый цвет лица шахтеров и других), специфическую для подземных рабочих болезнь нистагмус и затрудняет наблюдения за состоянием кровли выработок, являясь причиной большинства несчастных случаев от обрушений кровли. Применение некоторых типов рудничных ламп вызывает в газовых шахтах взрывы *газа рудничного* (см.) и каменноугольной пыли: около 70% взрывов в шахтах связаны с применением светильников. Рудничные светильники обусловливают нагрев воздуха и обогащение его углекислотой (пламенные лампы). Значительное увеличение (свыше 150%) силы света рудничных ламп и улучшение их конструкций вызвали резкое уменьшение числа несчастных случаев, повышение производительности труда рабочих (до 25%), качества продукции (до 20%) и удешевление О. (25%). Для рудничного О. применяются светильники переносные, стационарные и полустационарные. По роду энергии различают лампы пламенные и электрические, причем электрическая энергия получается от аккумуляторов для переносных ламп, от общей осветительной или силовой сети или от турбогенераторов, работающих на сжатом воздухе для стационарных и полустационарных светильников. По отношению к рудничному газу рудничные светильники разделяются на предохранительные, или закрытые, и непредохранительные.

Пламенные лампы непредохранительные. Для разведочных работ и на небольших предприятиях применяются свечи и лампы масляные. Горючее—сурепное, конопляное, льняное, деревянное масла. Находят применение и бензиновые лампы упрощенного предохранительного типа. В шахтах рудных и негазовых каменноугольных широко распространены лампы ацетиленовые (фиг. 22—общий вид и фиг. 23: *a*—резервуар для карбида, *b*—резервуар для воды, *c*—войлочная шайба, *d*—предохранительное надвижное колечко *e*—регулирующий шпиндель, *f*—отверстие для воды, *g*—рефлектор, *h*—горелка с предохранительной гильзой). Сила света их 2—20 св.; продолжительность горения 5—14 час. в зависимости от емкости резервуаров; расход карбида кальция 0,1—0,4 *кг*; вес 0,75—1,5 *кг*; стоимость лампо-смены 13 коп.; стоимость свечи-смены 1,9 коп.

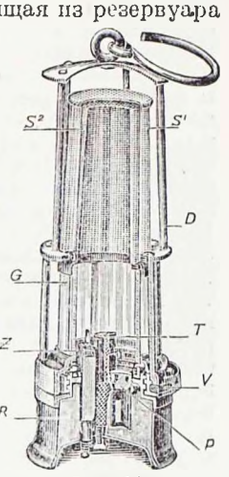


Фиг. 22.



Фиг. 23.

Предохранительные пламенные лампы построены на принципе рассеивания проволочными сетками тепла, выделяющегося при взрыве газа внутри лампы в окружающую атмосферу (Г. Деви, 1816). Наиболее распространенной предохранительной пламенной лампой является бензиновая лампа Вольфа (фиг. 24), состоящая из резервуара для бензина *R*, верхней части *D*, к-рая удерживает стекло *G*, и из наружной S^1 и внутренней S^2 сеток. Во избежание открывания лампы рабочими в шахте верхняя и нижняя части соединяются особыми затворами *V*. Резервуар вмещает около 50 *г* бензина, к-рого достаточно для горения в течение 14 час. Резервуар несет пробку *P* для наполнения его бензином и светильню *T*, регулируемую снаружи винтом. Иногда лампы снабжаются зажигателями *Z*: кремневыми (фиг. 25, *а*), действующими подобно обычным зажигалкам, или трения (фиг. 25, *б*) с парафинированной лентой, на которой наносятся капли фосфорной смеси, воспламеняемой трением зубчатой, приводимой в движение снаружи, рейки.

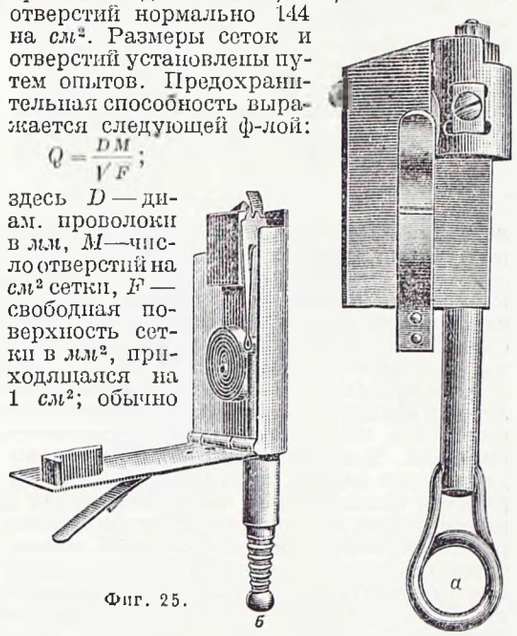


Фиг. 24.

Сетки лампы изготовляются из железной проволоки диам. ок. 0,3—0,4 *мм* с числом отверстий нормально 144 на *см*². Размеры сеток и отверстий установлены путем опытов. Предохранительная способность выражается следующей ф-лой:

$$Q = \frac{DM}{VF};$$

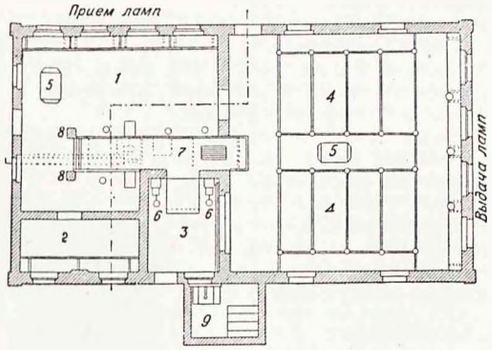
здесь *D* — диам. проволоки в *мм*, *M*—число отверстий на *см*² сетки, *F* — свободная поверхность сетки в *мм*², приходящаяся на 1 *см*²; обычно



Фиг. 25.

Q = 3—12. Высота сетки на безопасность не влияет. Увеличение диаметра сетки уменьшает ее безопасность. Однако значительному уменьшению диам. сеток препятствуют условия горения светильни. Обычные размеры сеток след.: наружных 45×100 *мм* и внутренних 40×90 *мм*. Проницаемость сеток для пламени обусловливается кроме их

размеров скоростью, направлением и составом газовой смеси. Взрыв газа внутри лампы не передается наружу, если скорость движения газовой смеси вне лампы не превышает 6 *м/сек*, а содержание в воздухе метана — 6%. Бо́льшие скорости при большем содержании метана лишают лампу ее предохранительных свойств. Наиболее опасно направление газовой смеси под углом в 45° к ней лампы сверху. При этом смесь вгоняется в лампу, вызывая нагрев стекла, которое лопается и пропускает пламя из лампы наружу. При больших скоростях движения воздуха лампы снабжаются железным шлемом, одеваемым на верхнюю часть лампы. Медные сетки вследствие их легкоплавкости опаснее железных. В последнее время за границей появилось вместо плетеных сеток перфорированное железо, повышающее предохранительные свойства лампы. Затворы ламп делаются или магнитные или пломбовые. Магнитный затвор помещается на верхней части лампы и состоит из камеры, в к-рой скрыт язычок, выступающий из кольца внутрь лампы и могущий заскочить в вырезы на винтовой нарезке резервуара под действием пружинки. Для открывания

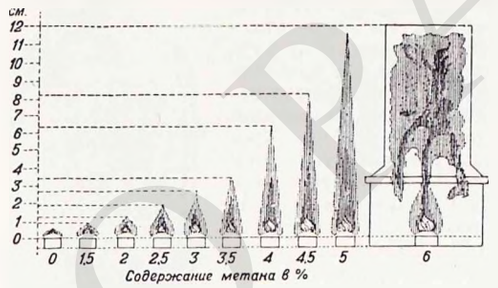


Фиг. 26.

лампы применяются магниты, полюсы которых прикладываются в определенных местах затвора; язычок последнего прячется внутрь камеры и позволяет отвинтить верхнюю часть лампы от нижней. Пломбовый затвор состоит из ушка и пластинки с отверстиями, укрепляемыми на резервуаре, и верхней части лампы. После свинчивания последних в отверстия вставляется свинцовый стерженек, концы которого сплющиваются щипцами. Для открывания лампы необходимо такую пломбу сорвать. Сила света бензиновой лампы (0,9—1 св.) понижается к концу работы. Лампы с внутренним цилиндром (Museler'a, Hailwood'a) явились результатом стремления улучшить условия сжигания горючего и повысить безопасность лампы. Идея их устройства заключается в разделении путей воздуха, идущего для горения, и его продуктов. Сила света новейших типов этих ламп несколько выше, чем у лампы Вольфа. На этом же принципе устроены лампы с нижним подводом воздуха, к-рый поступает к горелке через кольцо под стеклом, закрытом двойной сеткой (Marseau). Горючим веществом в этих типах ламп являются также масла, требующие горелок особой конструкции. Для работы масляные лампы менее удобны, чем бензиновые, так как требуют частой чистки и оправки нагорающего фитиля. Стоимость О. предохранительными пламенными лампами на лампо-смену 7,5 коп.; на свечу-смену 7,5 коп. Вес заправленной лампы 1,3—1,5 *кг*. Контроль пламенных ламп является необходимейшей мерой безопасности и заключается во внешнем осмотре ламп, гл. обр. сеток, и в продувке ламп струей воздуха в целях своевременного обнаружения неплотностей в соединениях частей лампы. Для продувки применяется аппарат Вольфа, состоящий из двух вставленных друг в друга цилиндров, между к-рыми проводится сжатый воздух, выходящий внутрь прибора. Лампа помещается в аппарат и в случае неплотного соединения частей тухнет или дает резкие колебания пламени.

Л а м п о в ы е для пламенных ламп должны в целях пожарной безопасности состоять из четырех отделений (фиг. 26): *1*—отделение для чистки, *2*—мастерская, *3*—наливочная, *4*—станки для хранения ламп, *5*—передвижные столы для перевозки ламп, *6*—наливочные аппараты, *7*—стол и приборы для чистки, *8*—магниты, *9*—подземная камера для хранения бензина. Чистка частей ламп ведется на приводных станках. Наполнение резервуаров бензином производится из аппарата Вольфа, автоматически регулирующего количество наливаемого бензина. Заправленные лампы хранятся на особых станках. Для предохранения сосудов и трубопроводов бензина от пожара применяют за границей сист. Мартина и Генека, использующую давление сжатой углекислоты для перекачки бензина из внешних его хранилищ в наливочные аппараты. Трубопроводы окружаются трубчатыми кожухами, под которые также проводится углекислота; в случае взрыва или пожара последняя препятствует кислороду воздуха проникнуть к бензину и тушит пламя пожара. Пары испарившегося бензина удаляются сильной вытяжной вентиляцией. Выдача ламп рабочим должна вестись так, чтобы можно было следить и за обращением с лампой и за ее износом. Наиболее совершенная система—индивидуальная; каждый рабочий пользуется всегда одной и той же лампой. Пламенные лампы как индикаторы рудничного газа и углекислоты имеют неоспоримое преимущество перед электрическими. В атмосфере, содержащей рудничный газ, пламя лампы удлиняется по мере увеличения содержания метана; при 5½—6% в лампе происходит взрыв газа, и лампа тухнет. Если пламя лампы уменьшено, то над ним появляется синеватый ореол (фиг. 27), позволяющий определить содержание газа в воздухе по его высоте. Пламенные лампы начинают тускло гореть при наличии в воздухе углекислоты, а при содержании ее 2—3% тухнут. Основными преимуществами пламенных ламп являются следующие: их небольшой вес, сравнительная простота устройства пламенных ламп и возможность обнаруживать рудничный газ и углекислоту. Недостатками пламенных ламп являются прежде всего их опасность в отношении рудничного газа, т. к. малейшая неисправность сетки или неплотность в соединениях частей лампы могут вызвать взрыв газа. Бензиновые лампы легко тухнут от сотрясений. Все предохранительные пламенные лампы дают очень малую силу света. Стоимость содержания их выше, чем электрических. Производство пламенных ламп в СССР организовано на з-де «Свет шахтера» в Харькове.

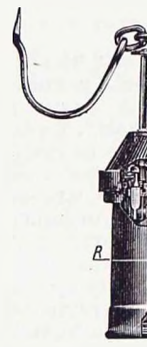
Э л е к т р и ч е с к и е л а м п ы аккумуляторные применяются исключительно в



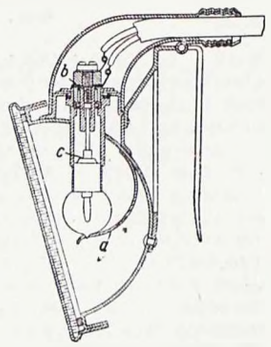
Фиг. 27.

качестве переносных. Аккумуляторы рудничных ламп кислотные или щелочные. В кислотных аккумуляторах во избежание проливания кислоты применяется некоторыми фирмами сгущенный электролит. Щелочные аккумуляторы—двух типов: Эдиссона и Вольфа. Аккумулятор Эдиссона имеет электроды: положительный—гидрат окиси никеля, отрицательный — железо; электроды помещаются в особые жестяные камеры с отверстиями. Аккумуляторы Вольфа на аноде несут гидрат окиси никеля, на катоде—металлический кадмий, которые с помощью сеток запрессовываются в рамки пластин. Аккумуляторы делаются разборными, чем облегчается и ускоряется их ремонт. Щелочные аккумуляторы рудничных ламп составляются обыкновенно из двух элементов, соединенных последовательно и дающих напряжение 2,6—2,8 V. В последнее время появились аккумуляторы с напряжением в 6 V. Сила тока 1,8—3 А. Емкость аккумуляторов рассчитана на продолжительность горения ламп 14—18 час. Время зарядки 5—10 час. По первоначальной стоимости свинцовые аккумуляторы дешевле щелочных, чем и объясняется их широкое распространение за границей. Однако по сравнению с последними они обладают более низкими показателями, а именно: 1) кислотные аккумуляторы выдерживают 300—400 зарядок, тогда как щелочные до 1 000 и даже больше; 2) кислотные аккумуляторы быстро саморазряжаются, напротив, щелочные сохраняют напряжение в течение многих месяцев; 3) вес кислотных аккумуляторов больше, чем щелочных при одинаковой емкости; 4) обращение и уход за кислотными аккумуляторами в виду присутствия в них свинца менее гигиеничны, нежели за щелочными; 5) чувствительность кислотных аккумуляторов к толчкам и внутренним коротким замыканиям больше, чем щелочных.

Конструкции ламп предусматривают либо ношение лампы в руках либо на голове, причем аккумулятор в этом случае носится на поясе и от него идет провод к световой части лампы (головные лампы). Ручные лампы независимо от рода аккумулятора по внешнему виду мало различаются. Лампа состоит обычно из 3 частей (фиг. 28): резервуара *R*, аккумулятора *A*, аккумуляторной крышки *B* с пластинами в верхней части, несущей лампочку *L* и контактные кольца. Последние так расположены, чтобы аккумулятор можно было включать поворотом верхней части относительно нижней. Лампочка накаливания прикрыта колпаком из толстого стекла *G* для защиты от повреждений. Вес лампы 2,9 *кг*; сила света—1,5 св. Гефнера; продолжительность горения 15—16 часов. Головные лампы (фиг. 29) состоят из аккумулятора преимущественно никель-железного или никель-кадмиевого, носимого в кожухе на поясе. Рефлектор с лампочкой носится на фуражке. Аккумулятор с патроном лампы соединен гибким изолированным проводом; лампочка прижимается сильной пружиной *a* к гильзе, соединенной с одним полюсом батареи, и к пружинному контакту *c*, присоединенному ко второму полюсу. В случае повреждения баллона лампы и предохранительного стекла пружина выталкивает ее, контакт нарушается и накал нити прекращается. Сила света—5 св.; вес лампы—2 *кг*; продолжительность горения 15 — 16 часов. Лампы для лиц надзора делаются преимущественно ручные с относительно большой силой света, достигающей 12 св. и больше, снабжаются специальными рефлекторами и иногда—индикаторами гремучего газа. Световые свойства аккумуляторных ламп значительно выше по сравнению с лампами пламенными. Здесь приходится принимать меры против блескости лампы и потери части лучей от поглощения крышкой. Рассеивание лучей, значительно повышающее



Фиг. 28.

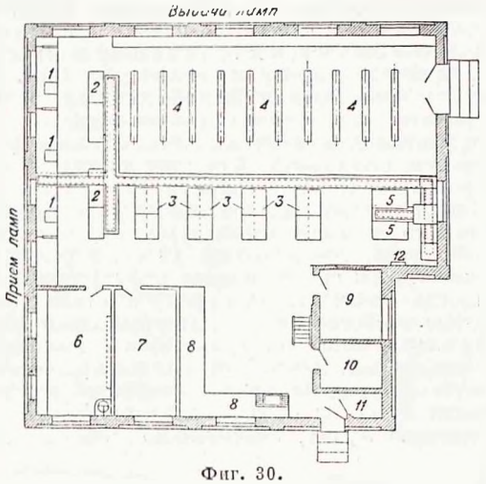


Фиг. 29.

гигиеничность аккумуляторных ламп, достигается или матировкой груши лампочки и предохранительного колпака или рифлением поверхности последнего. Для направления лучей ручных ламп перпендикулярно к их оси стеклам колпаков в верхней их части дают форму, способствующую полному внутреннему отражению лучей от верхней части стекла. Газобезопасность аккумуляторных ламп обусловливается диаметром нитей, их материалом и силой тока, к-рые подбираются т. обр., чтобы газ не мог быть

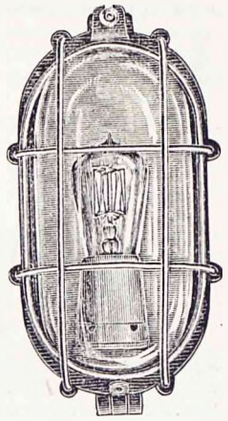
воспламенен нитью в случае разбивания стекол лампы. Кроме того лампы снабжаются предохранительными приспособлениями. Последние устраиваются так, что в случае разбивания стекла груша лампочки выбрасывается из патрона силой действия пружин, между к-рыми груша помещается, либо лампа снабжается легкоплавкими предохранителями, перегорающими в случае короткого замыкания частей лампы, вызываемого наклоном наружного колпака.

Ламповые для аккумуляторных ламп устраиваются т. обр., чтобы рабочие, получающие и сдающие лампы, не встречались друг с другом. Обозначения на фиг. 30 следующие: *1*—магниты, *2*—приборы и столы для чистки и мойки, *3*—станки для зарядки аккумуляторов, *4*—стойки для хранения ламп, *5*—мотор-генератор, *6*—камера для заправки пламенных ламп, *7*—измерительные приборы, *8*—верстаки для ремонта, *9*—контора, *10*—кладовая для материалов



Фиг. 30.

и *11* — кладовая для целлюлоидных частей. От общего зала ламповой отделяются ремонтная мастерская и отделение для наливки пламенных предохранительных ламп, к-рые в количестве 10% от общего числа аккумуляторов ламп выдаются замерщикам газа и лицам надзора для контроля за составом воздуха в шахте. Постоянный ток для зарядки аккумуляторов получается или от моторгенераторов или от ртутных выпрямителей. Для мойки и чистки аккумуляторов применяются приводные приборы. Растворение электролита должно вестись исключительно на дистиллированной воде, так же как и споласкивание аккумуляторов после мойки, почему ламповая снабжается установкой для дистилляции воды. Зарядка ведется группами на специальных станках. Электролит наливается с помощью приборов, автоматически указывающих необходимый уровень электролита. Заправленные лампы хранятся на станках, с которых на передвижных столах подаются к окнам для выдачи. Аккумуляторные ламповые должны иметь сильную вытяжную вентиляцию для отвода пыли при чистке ламп и водорода, выделяющегося при зарядке. Стоимость освещения аккумуляторными лампами на лампо-смену 9,3 коп.; на свечу-смену 4,7 коп. Результаты введения аккумуляторных ламп вместо пламенных бензиновых сказываются весьма быстро, давая резкое удешевление стоимости О. (25% и даже больше) несмотря на высокие капитальные затраты. Число несчастных случаев снижается. Так например, на шахте «Мария» в Донецком бассейне число несчастных случаев после введения аккумуляторных ламп снизилось на 18,7% из расчета на 1 000 занятых рабочих и на 34% из расчета на 100 000 *т* добычи. Количество несчастий от обрушений упало на 41,7%. Производительность рабочих поднимается: так напр., по той же шахте производительность забойщика увеличилась на 24%; производительность подземного рабочего поднялась на 11%. Аналогичные результаты наблюдаются также и за границей.



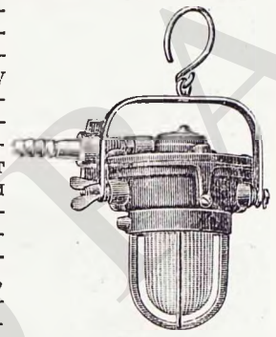
Фиг. 31.

Стационарное О. применяется главн. обр. в капитальных выработках (рудничные дворы, квершлаги, основные штреки, камеры и пр.). Для шахт негазовых применяются обыкновенные способы проводки, рассчитанные лишь на влагонепроницаемость. Напряжение тока 110—120 V. Трансформаторы делаются рудничного типа с масляными выключателями. Осветительным фидерам придается форма колец. Для шахт газовых д. б. предусмотрены меры предохранения против воспламенения газа искрами. Таковыми являются оболочки, могущие выдержать давление продуктов взрыва (до 8 *atm*) в случае его возникновения внутри арматуры и приборов, а также лабиринтовые устройства. Применяются также масляные защиты. Соединения проводов осуществляются с помощью штепселей, снабженных особой блокировкой, включающих ток благодаря пружинным контактам лишь после соединения оболочек. Кабели делаются трехжильные специальной конструкции, причем третья жила служит для заземления. Арматуры стенные и потолочные делаются также газобезопасными (фиг. 31). Полустационарное О. применяется гл. обр. в очистных работах (в забоях). Отдельные части кабеля, а также провода от арматур, соединяются между собой блокировочными газобезопасными штепселями. Арматура для развески представлена на фиг. 32. Перенос сети и арматур производится очень быстро самими рабочими в забое. Такое О. благодаря своей силе равномерности и гигиеничности является одним из лучших достижений рудничной осветительной техники.



Фиг. 32.

Электропневматическое О. применяется в шахтах, имеющих большое воздушное хозяйство, и позволяет наряду с устранением длинной электрич. сети дать электрический свет в любых местах шахты, куда подведен сжатый воздух. Сжатый воздух поступает в пневматич. турбину, вращающую ротор генератора тока, передающего ток в сеть, которая имеет длину 80—100 *м* с 30 лампами по 25 W. Турбогенератор Сименс-Шуккерт-Верке дает 750 W при 65 V и 3 000 об/м. Потребление воздуха, приведенного к атмосферному давлению, 116—170 *м³/ч*. В последнее время появились турбогенераторы, расположенные непосредственно в арматуре (фиг. 33) и присоединяемые в любом месте воздухопровода. Сила света, даваемая таким устройством, 50—300 св. Потребление воздуха 7—18 *м³/ч*. Арматуры делаются газобезопасными.



Фиг. 33.

О. прожекторами (заливающим светом) находит все большее и большее применение как для подземных, так в особенности для поверхностных горных работ. В подземных работах прожекторы дают лучшие результаты в просторных высоких выработках. Для низких выработок вследствие слепящего действия их рекомендовать нельзя. Для поверхностных работ при достаточно высоком расположении прожекторов получаются условия О., близкие к дневному свету. Устройство рудничных прожекторов по существу ничем не отличается от прожекторов для обычных целей.

Нормы освещенности для горных выработок:

Для выработок со слабым движением . . .	5 lx
» » с сильным »	15 »
Камеры и рудничные дворы	30 »
Очистные работы	20—30 »

Н. Левенец.

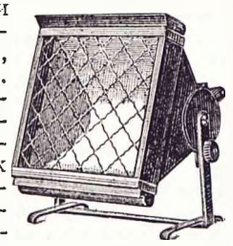
В связи с недостатком О. в подземных выработках у горнорабочих, гл. обр. углекопов, развивается профессиональная болезнь—нистагмус, характеризующаяся как общий невроз со специальным местным проявлением его в окуломоторном аппарате. Основной причиной нистагмуса считается недостаточное или неправильное О. подземных разработок, второстепенными—систематическое отравление малыми количествами окиси углерода, ненормальное и напряженное (например горизонтальное) положение головы и полуокружных каналов при работе в низких или узких выработках, общее напряженное состояние психики рудничного рабочего. Симптомами нистагмуса являются: непроизвольное дрожание глазного яблока, всей головы, мигание век, светобоязнь, куриная слепота, затрудненное восприятие черного цвета, нарушение первных рефлексов, расстройство походки и речи, головные боли, тошнота, потеря аппетита, бессонница, угнетенное или возбужденное состояние психики и прогрессирующее падение трудоспособности, которое в тяжелых случаях может кончаться полной ее потерей. Первый симптом обыкновенно встречается в зачаточных, быстро излечивающихся случаях нистагмуса; остальные могут проявляться все вместе или по отдельности при хронических, длящихся месяцами и годами формах нистагмуса с замедленным излечением. На возникновение нистагмуса также влияют наследственность и предрасположение. Лечение нистагмуса заключается прежде всего в переводе больного на работу в лучше освещаемое рабочее место или на поверхность; полное прекращение работы, необходимое в тяжелых случаях, может однако вызвать усиление невроза при легких формах нистагмуса. Далее рекомендуется правильное питание и общее укрепление первной системы. Профилактические меры сводятся к улучшению рудничного О. двумя путями: улучшение качества и рационализация расположения рудничных светильников и повышение отражательных свойств поверхностей в шахте. Малое распространение нистагмуса в Америке объясняется гл. обр. применением головных ламп со сравнительно большой силой света и прямым углом падения лучей на рабочее место, благодаря чему тени от поставленной сбоку от рабочего и затененной предохранительными колонками и стеклом ручной лампы отсутствуют. Также мало распространен нистагмус в негазовых шахтах, применяющих открытые лампы и свечи. Однако в виду того что светлая головная лампа действует слепяще и раздражающе на соседа по работе, лучшим решением проблемы следует считать применение стационарного, полустационарного и прожекторного освещения. Побелка крепи известью и осланцевание стен, кровли и забоя подземных выработок повышает коэфициент отражения света до 60—75%. Для такой побелки в настоящее время применяется специальная распылительная машина. В Бельгии, Франции и Англии нистагмусом больны около 1% углекопов. В последней болезнь распространена среди следующих профессий по убывающему признаку: забойщики, крепильщики, грузчики, откатчики, подрывщики; средний возраст заболевших 42,3 г., средняя продолжительность работ под землей—26 лет. В Англии, Бельгии и Германии нистагмус включен в число компенсируемых профзаболеваний. В СССР вопрос об изучении и статистике нистагмуса до сих пор не ставился. **В. Ходот.**

г) Театральное О., О. сцены зрительных зал, фойе и других помещений театра. О. сцены по своеобразию своих осветительных задач и способов разрешения их составляет специальный отдел осветительной техники, отличительной чертой которого являются особо высокие требования, предъявляемые к возможности управления светом и к гибкости осветительной установки. Для достижения различных художественных эффектов последняя д. б. способной создавать богатое многообразие различно направленных световых потоков широкого диапазона величин и любой окраски при условии скрытого от зрителя размещения осветительных приборов. Это достигается применением множества разнообразных осветительных приборов специального устройства, доходящего в средних театрах до нескольких сот единиц. Техника освещения сцены до настоящего времени стоит на пути опытного разрешения вопросов, не прибегая к элементам светотехнич. расчета: 1) вследствие ограниченной роли, которую играют в данной области вопросы экономики, и 2) вследствие исключительного значения пробных установок, оцениваемых по создаваемому ими художественному эффекту. С 80-х годов 19 в. электрич. О. является единственной широко применяемой системой О. сцены. По своему назначению оно м. б. разбито на две самостоятельных группы: основного О. и эффектного О. К осветительным устройствам основного О. относятся осветительные приборы, объединяемые в следующие группы. 1) Софиты и кулисы — горизонтальные и вертикальные ряды светильников, размещенные в каждом плане сверху и по бокам сцены и предназначенные преимущественно для О. верхних паддуг, боковых декораций и расписного задника, а также для О. лиц и предметов, находящихся на средних и задних планах сценич. площадки. 2) Рампа,

расположенная вдоль внешнего края планшета, и в ы н о с н о й с о ф и т, укрепленный на подвесных блоках над помещением оркестра, имеющие основное назначение смягчать резкие и нехудожественные тени на лицах и предметах, находящихся на первом плане и авансцене. 3) С н о п о с в е т ы — светильники, расположенные над сценой и предназначенные для создания горизонтальной освещенности на планшете. 4) П е р е н о с н ы е щ и т к и — устройства для местного освещения отдельных частей сценических установок. В современных сценах, оборудованных искусственным горизонтом, к перечисленным видам прибавляется еще особая батарея светильников г о р и з о н т н о г о О. Последняя состоит из большого числа приборов (фиг. 34), размещенных обычно на втором и третьем плане у светового мостика, а также ряда б е р е ж к о в ы х а п п а р а т о в, или ф у р о к (фиг. 35), расположенных на планшете за бережками и предназначенных для О. нижних частей горизонта. Введение в технику театральной сцены искусственного горизонта, представляющего плавно искривленную диффузную поверхность, образующую шаровой сегмент или цилиндр, обогатило новыми возможностями и технику сценич. О. Искусно освещенный горизонт кажется бесконечно удаленным небосводом, а сценич. пространство, освещенное отраженным от горизонта рассеянным светом, как бы наполняется воздухом, и характер О. сцены приближается к условиям, наблюдаемым в природе. Введение горизонта позволяет частично обходиться без верхних наддуг и боковых кулисных декораций; в этом случае значительно сокращается применение соответствующих осветительных приборов, софитов и кулис, и главной частью сценической осветительной установки становится осветительное устройство для освещения горизонта.

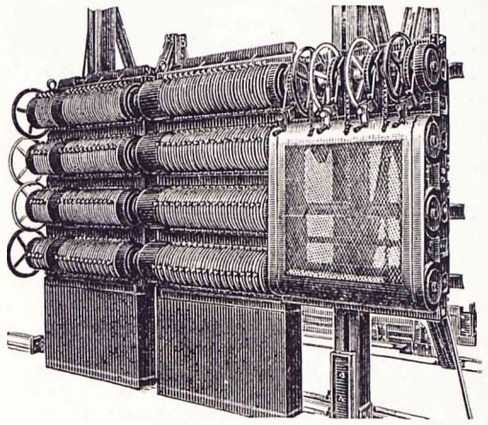


Фиг. 34.



Фиг. 35.

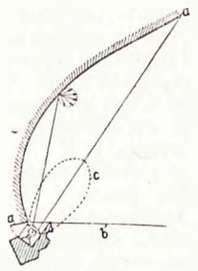
К осветительным приборам э ф ф е к т и в н о г о О. относятся гл. обр. прожекторы различной мощности, размещенные как в зрительном зале, так и на сцене: в портальных подвижных башнях, на сценич. световых мостиках, в подвесных люльках и кулисах. Также применяется специальная аппаратура для создания иллюзий различных природных явлений (молния, зарница, луна), а при наличии горизонта—проекционные аппараты для получения эффектов движущихся облаков, снега, радуги и т. д. Для получения цветного О. и создания плавных цветовых переходов находят употребление две различные системы: многоламповая и одноламповая, относящиеся к приборам основного и в том числе горизонтного освещения. Принцип м н о г о л а м п о в о й с и с т е м ы основан на том, что смешением в различных пропорциях цветов белого, красного и сине-зеленого можно получать большое многообразие различных цветов спектра. При многоламповой системе всякая отдельная часть осветительной установки (софит, рампа и т. д.) разбита на три группы приборов, каждая из которых имеет свои постоянные светофильтры одного из цветов системы и питается от особой сети с отдельным реостатом. В театрах с устарелым оборудованием вместо осветительных приборов с фильтрами применяются окрашенные лампы, и в



Фиг. 36.

этом случае при многоламповой системе каждая часть установки представляет ряд чередующихся разноцветных ламп. Уменьшая накал ламп в одних группах и увеличивая в других, можно достигать плавных переходов в окраске общего потока, излучаемого установкой. Имеет применение также четырехламповая система, в к-рой имеется еще четвертая группа с желтыми светофильтрами. Основным недостатком многоламповой системы является неполное использование всей установленной мощности, составляющее во время работы лишь 10—20% от всей мощности установки. При о д н о л а м п о в о й с и с т е м е каждый осветительный прибор снабжен серией различных сменных светофильтров, образующих обыкновенно или вращающийся вокруг лампы цилиндр с разноцветными полосами, или передвижную разноцветную ширму, или набор цветных кассет. Управление сменой светофильтров производится или системой тросов или с помощью большого числа размещенных в осветительной установке отдельных электродвигателей. При всех системах освещения управление всей сценической осветительной установкой, за исключением некоторых элементов эффектного освещения, производится из одного центра при помощи с ц е н и ч е с к о г о р е г у л я т о р а (фиг. 36). Последний помещается обычно в передней части трюма, непосредственно под сценой и представляет собою систему рычагов, соединенных тросовой передачей с реостатами отдельных групп осветительной установки. В том же помещении при одноламповой системе О. располагается особый рычажный регулятор, от которого идет система тросов к осветительной установке на сцену для смены светофильтров. Все управление освещением производится по особой с в е т о в о й п а р т и т у р е, к-рую ведет лицо, управляющее регулятором (так наз. осветитель), наблюдая за ходом представления через открытый люк в планшете. За последнее время за границей имеют место удачные опыты замены реостатов в осветительном устройстве сцены трансформаторами особого устройства, дающими по сравнению с существующей системой реостатов большую экономию в расходовании электрич. энергии.

При О. остальных помещений театра особенное внимание уделяется внешнему виду светильников, являющихся одним из декоративных элементов внутреннего убранства. Для О. з р и т е л ь н о г о з а л а применяется обычно система прямого О., создаваемого или подвешенной в центре люстрой больших размеров или рядом светильников, расположенных в соответствии с требованиями архитектуры по потолку и ложам зала. В последнее время находит применение также система освещения вкладными светящимися панелями, совокупность к-рых создает дополнительные архитектурные линии, а также цветное О., при к-ром светильники разбиваются подобно многоламповой системе О. сцен на отдельные цветные группы, и управление освещением зрительного зала производится по особым световым программам. Для О. зрительных зал к и н о т е а т р о в распространено применение системы отраженного О. Фиг. 37 представляет разрез верхней части помещения, оборудованного рядом скрытых светильников, расположенных вдоль верхнего карниза стен: *a*—дверца для ухода за светильником, *b*—линия зрения, *c*—продольная кривая распределения силы света светильника, *d*—середина потолка. Применением светильников с большим усилением и достаточно частым размещением их достигается равномерная яркость потолка и соответственно этому равномерная горизонтальная освещенность на креслах. Для О. ф о й е преимущественно употребительна система прямого О. Хрустальные люстры или граненые колпаки из прозрачного стекла преломляют во все стороны лучи света, а многократные отражения света от зеркал, паркета и обстановки зала увеличивают эффект О. созданием многочисленных бликов. Для смягчения отраженной блескости применяются лампы небольшой силы света за счет увеличения их числа. За последнее время в О. фойе находят также отражение описанные выше элементы световой архитектуры и цветного освещения. Для О. о р к е с т р а применяется исключительно система местного О. Светильники с цилиндрическими



Фиг. 37.

рефлекторами и диафрагмами в виде щелей переменной ширины укрепляются на нотных пультах, создавая освещенности на нотах порядка 30—50 lx. О. вспомогательных театральных помещений (коридоры, вестибюль, раздевальни, склады, парикмахерские и пр.) осуществляется одинаково с аналогичными помещениями в других зданиях общественного пользования. **Д. Лазарев.**

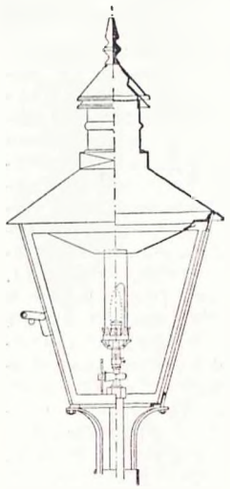
д) В о е н н ы е о с в е т и т е л ь н ы е у с т а н о в к и. Под понятием военных осветительных установок понимается как боевое О., так и О. оборонительных и необоронительных военных сооружений. О. необоронительных военных сооружений (казарм, складов, ж.-дор. станций и т. д.) выполняется обычными методами и приемами согласно установленным нормам и правилам. О. оборонительных сооружений выполняется применительно к существующим общепринятым нормам, причем в силу специфичности пользуются специальной осветительной арматурой и проводкой. Боевое О. выполняется *прожекторами* (см.), к-рые в зависимости от частных требований имеют весьма разнообразную конструкцию и световую мощность. Кроме осветительных световых приборов в военном деле большое применение находят различного рода сигнальные световые приборы и средства. Сообразно подразделению вооруженных сил на сухопутную армию, морской и воздушный флот рассматривают их световые средства самостоятельно. Осветительные средства военного флота в общем близки к таковым гражданского флота. Особенностью являются морские прожекторы, предназначенные для боевого освещения. Световая мощность их сообразуется с вооружением корабля и обычно обеспечивает дальность действия в 3—8 *км*. В армии боевое О. разделяется на: 1) О. дали для обзора: прожекторы-искатели ⌀ 150—200 *см*; 2) О. района для обстрела: прожекторы-сопроводители ⌀ 60—120 *см*; 3) О. подступов: противоштурмовые прожекторы ⌀ 25—40 *см*; 4) О. пространства для наблюдения и обстрела: прожекторы зенитные ⌀ 110—150 *см*. Искатели и зенитные имеют дугу Герца-Сперри, сопроводители — обыкновенную дугу, противоштурмовые—лампы накаливания. В крепостях прожекторы обычно устанавливаются стационарно часто в казематах и бронекуполах. Полевые прожекторы монтируются на ходу с конной или механич. тягой. Питание прожекторов осуществляется от самостоятельного генератора. К боевым осветительным средствам относятся и осветительные ракеты, применяемые разведчиками. Кроме осветительных средств в армии большое применение имеют светосигнальные приборы (см. *Оптические средства связи*). Большое применение имеют также различного рода сигнальные ракеты. **В. Новиков.**

В. Источники света для искусственного О.

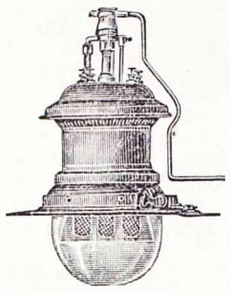
И с т о ч н и к и с в е т а для искусственного О. подразделяются на *источники света* (см.), в к-рых световая энергия получается сжиганием осветительных материалов (газа, керосина, спирта и пр.) или же действием электрич. тока. См. ниже сведения об ис-

точниках света первой категории. Об источниках света для электрич. О. см. *Дуговая лампа*, *Лампы электрические*.

Источники света для газового, керосино-калильного и спиртокалильного освещения. Источники света газового О. для каменноугольного, нефтяного, водяного карбюрированного или смешанного газов состоят из отдельных горелок или рожков или из их комбинаций, заключенных в отдельном кожухе, снабженном газовым краном, и остекленном для предохранения горелок от внешних атмосферных влияний; все это устройство называется фонарем (на фиг. 38*а*—

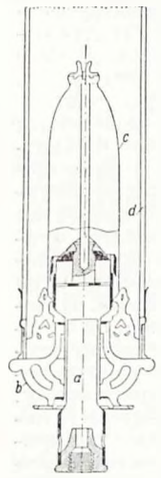


Фиг. 38а.



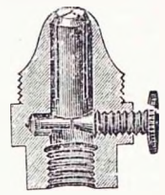
Фиг. 38б.

однорожковый фонарь с прямой горелкой, 38*б*—фонарь с инвертной горелкой). Конструкция горелок и фонарей зависит гл. обр. от способа питания их газом низкого или высокого давления. Первое получается от непосредственного соединения фонарей с сетью труб газового з-да, питаемых из *газгольдера* (см.). В этом случае давление газа зависит от удаленности расположения фонарей от газового з-да и высоты местности и колеблется от 100 до 25 *мм* вод. ст. В фонари для высокого давления газ поступает отдельной сетью труб, куда нагнетается с помощью компрессора; обычно давление газа в этом случае равно 110 *мм* Hg. Газовые горелки по принципу устройства разделяются на прямые и внизгорящие (инвертные). К прямым горелкам относятся все, пламя к-рых направлено вверх, напр. простой рожок, горящий светящимся пламенем, или же общеизвестная Ауэровская горелка с *калильной сеткой* (см.).

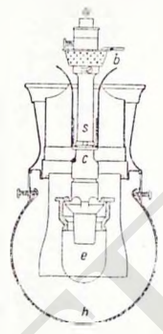


Фиг. 39.

Последняя до сих пор имеет распространение в городах (где есть газовые заводы) как для освещения улиц и внутренних помещений, так и для поддержания тепла (чайные, пивные, парикмахерские и т. п.). Главными составными частями Ауэровской горелки (фиг. 39) являются след.: бунзеновская трубка *a* для подачи газа к месту его горения и определенной порции воздуха, поступающего в бунзеновскую трубку из 4 боковых отверстий, коронки *b* для сжигания смеси газа с воздухом для накала калильной сетки *c*, укрепляемой на коронке сбоку или в центре на огнеупорном штифте (никелевом или магнезиальном), стекла *d* в форме цилиндра из огнеупорного сорта стекла, назначение которого сводится к созданию тяги и регулированию степени накала калильной сетки. По тому же образцу строятся и горелки для газа высокого давления с небольшими изменениями в размерах. Необходимой принадлежностью всяких горелок является наличие в них регуляторов для газа и воздуха. Первые устанавливаются под бунзеновской трубкой и разделяются по своему устройству на штифтообразные и щелевидные (фиг. 40). Как показывает само их название, регулировка притока газа производится или штифтом, имеющим форму конуса, движущимся в отверстии газовой форсунки, или сужением крестообразной щели, представляющей собою видоизменение форсунки. Регуляторы воздуха состоят из подвижной заслонки с 4 отверстиями цилиндрич. формы; они устанавливаются с наружной стороны бунзеновской трубки на уровне воздушных отверстий в ней. При передвижке заслонки можно прикрывать отверстия бунзеновской трубки и т. о. регулировать приток воздуха внутрь ее. Интенсивность света горелки зависит: 1) от правильного регулирования притока в горелку газа и воздуха для получения смеси их, подходящей к составу гремучего газа; 2) от нормальной тяги; 3) от калорийности самого газа и его давления и наконец 4) от качества калильной сетки. Инвертные горелки устроены по тому же типу с разницей, что направление струи газа изменено сверху вниз, и калильная сетка подвешена на бунзеновской трубке вниз с помощью магнезиального мундштука (фиг. 41, где *a*—вход газа в горелку с газовым регулятором, *d* и *e*, *b*—воздушные отверстия бунзеновской трубки, *s* и *c*—трубки для направления смеси газа с воздухом к месту горения, *e*—калильная сетка, заключенная в стеклянный цилиндр, *h*—молочный или опаловый шар). Сила света прямых горелок значительно ниже инвертных, и использование света их нижней полусферы для О. горизонтальных поверхностей и при одинаковой теплотворной способности газа представляет собою отношение 56 : 100. Газовое О. горелками без калильных сеток так наз. рожками силой света 10—12 св. производится в крайне редких случаях, например в местах, подверженных постоянной тряске, где калильная сетка неприменима, благодаря своей хрупкости. Расход газа в прямых и инвертных



Фиг. 40.



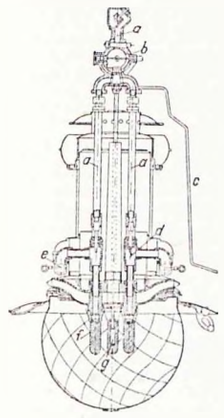
Фиг. 41.

горелках в однородных условиях примерно одинаковый и составляет ок. 126 *л/ч* при теплотворной способности газа от 4 800 до 4 900 Cal. Примесь водяного карбюрированного газа с содержанием инертного газа, азота, несколько повышает этот расход, в особенности в прямых горелках, что должно быть принимаемо в расчет в каждом отдельном случае в зависимости от калорийности газа.

Горелки для газа высокого давления (110 *мм* Hg) по принципу своего устройства ничем не отличаются от горелок для газа низкого давления, за исключением размеров своих частей. Калильные сетки для этих горелок благодаря повышенному давлению д. б. более прочными и изготовляться из тканей более прочного материала с большим числом ниток. Расход газа в этих горелках около 390 *л/ч*, сила света в нижней полусфере около 600 св.

Наиболее распространенный тип фонаря представлен на фиг. 42, где *a*—газопровод, *b*—коробка-автомат, в которой с помощью мембраны и пружины достигается автоматическое выключение запала при повышении давления газа в питающей сети и обратно автоматич. зажигание запала при прекращении повышения давления; *c*—кран; *d*—форсунка; *e*—трубка для притока воздуха; *f*—калильная сетка; *g*—запал.

Комбинации горелок осуществляются в фонарях, имеющих разнообразную форму в зависимости от их назначения. Для впуска газа фонари снабжены кранами или автоматич. приборами, позволяющими зажигать и гасить горелки во время, предусмотренное потребителем. Эти приборы по своему устройству разделяются на часовые, т. е. приводимые в действие часовым механизмом, и мембранные, действующие от повышения давления газа на газовом з-де, вследствие чего мембрана меняет свое положение в механизме и открывает или закрывает доступ газа к горелке или фонарю. Обе описанные системы в нашем климате не нашли применения благодаря сильным колебаниям $t°$ и засорению мембраны продуктами сухой перегонки зимой, когда влага газа в виде инея, бензол и нафталин окончательно засоряют автомат и действие его прекращается. Газовые фонари с 2, 3 и 4 горелками имеют нек-рое преимущество перед электрич. источниками света в отношении возможности их частичного выключения в часы, когда освещение м. б. безболезненно сокращено, напр. во вторую половину ночи в уличном освещении городов, когда интенсивность движения затихает. Устройство кранов фонарей позволяет выключать $^1/_2$, $^1/_3$ и $^3/_4$ горелок, но эта операция связана с расходованием рабочей силы, вручную производящей эту работу. Стоимость эксплоатации газового освещения значительно дороже электрического и по отчетам Московского коммунального хозяйства, в перечислении на стоимость эксплоатации 1 фонаря-часа и 1 000 св. в 1 час за 1930 г., составляет:



Фиг. 42.

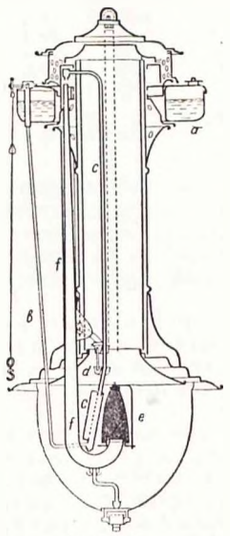
Род освещения	Фонарь-час, коп.	1 000 св. в час, коп.
Электрические дуговые	9,12	6,1
» лампы накал. .	1,95	12,4
Газовые инвертные	4,53	22,4
Ауэровские	2,46	46.5
Керосино-калильные	6,12	80,1
Всего в среднем по г. Москве . . .	2,59	16,9

Газовые фонари в зависимости от назначения подвешиваются на подвесках внутри зданий и на металлич. столбах, или тросах, на улицах. В последнем случае за границей питание фонарей газом производится гибкими трубами.

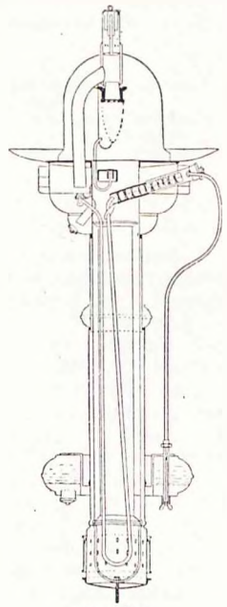
Для газового О. могут применяться кроме каменноугольного, нефтяного, водяного и смешанного газов и другие искусственно получаемые газы. К таковым относятся ацетилен, блау-газ, воздушно-бензиновые газы. Наибольшее применение ацетилен нашел в велосипедных фонарях и теперь редко встречается для освещения автомобильных фар. Блау-газ играет некоторую роль в О. мест, лишенных других возможностей О. (маяки, буи). Воздушно-бензиновый газ, получаемый путем просасывания воздуха через слой бензина, нашел себе б. ч. применение в провинциальных лабораториях как для О. их, так и для горелок для нагревания жидкостей и тиглей.

Источники света керосино-калильного и спирто-калильного О. находят себе применение в местностях, лишенных газа и электрич. энергии. В частности бесфитильные керосино-калильные источники света благодаря значительной концентрации света получили применение для О. магазинов, общественных собраний, улиц, ж.-д. станций, з-дов и т. п. Оба рода О. осуществляются фонарями, построенными по однородным схемам, которые м. б. разделены на две основные группы: 1) с искусственным давлением (сжатого воздуха, реже углекислоты) на поверхность жидкого горючего и 2) без давления, причем горючее, налитое в резервуар, находящийся выше места горения, поступает в горелку через испаритель самотеком. Независимо от этих систем фонарей, так наз. бесфитильных, в керосино-калильном О. и гл. обр. в спиртокалильном находят применение и мелкие горелки с фитилями. Фитильные керосино-калильные лампы представляют первую переходную ступню от обыкновенных керосиновых ламп, с которыми они по устройству имеют много общего. Керосин из резервуара передается фитилем к горелке, устройство к-рой отличается от обыкновенной керосиновой горелки лишь более обильным притоком воздуха для получения бесцветного пламени для

накала ауэровского колпачка. Не обладая высокой концентрацией света, эти лампы применяются только для комнатного О. Горизонтальная сила света 27—50 св. Гефнера при расходе 47—62 *г* керосина в час, т. е. удельный расход (расход осветительного материала на 1 св. в час) керосина в 2—3 раза меньше, чем в обыкновенных керосиновых лампах. В настоящее время предложено довольно много



Фиг. 43.



Фиг. 44.

конструкций ламп этой группы, незначительно отличающихся друг от друга. Наиболее распространенными в СССР системами керосино-калильных фонарей являются фонари без искусственного давления: «Автолюкс» двух размеров (фиг. 43), горизонтальной силой света 300 св. и 850 св., для производства к-рых построен специальный з-д в Харькове, и «Самосвет», отличающийся простотой конструкции и легкостью ухода (фиг. 44). Удельный расход керосина в фонарях без давления значительно больше, чем в фонарях с давлением, но имея в виду сложность ухода за последними и ненадежность их действия вследствие засорения клапанов или тонких керосиновых проводов, в практике предпочитают первые, так как они более дешевые в эксплоатации и не требуют высококвалифицированных рабочих. Схема действия керосино-калильных фонарей (фиг. 43) сводится к поступлению керосина из резервуара *a* в керосинопровод *b*, к-рым горючее направляется к месту его испарения, в испаритель *c*; из последнего пары и газы керосина поступают через фильтр в форсунку, из которой струя пара направляется в открытое отверстие смесительной трубки *f*; в ней происходит смесь керосиновых паров с воздухом, которая в дальнейшем и сгорает под калильной сеткой *e*. Для приведения в действие фонаря необходимо предварительно разогреть испаритель, что и осуществляется налитием порции спирта в чашку *d*, помещающуюся под испарителем, и зажиганием его снаружи через специальное отверстие фонаря. Удельный расход керосина в керосино-калильн. фонарях без давления 0,54—0,40 *г/ч* на 1 св. Спирто-калильные фонари в СССР имеются гл. обр. типа «Синумбра» с вниз-висящей сеткой, спирт обычно подается в испаритель фитилем. Горизонтальная сила света этого фонаря незначительна — около 50 св., благодаря чему промышленного значения не имеет и может употребляться лишь как освещение безопасности при отсутствии других источников света. Спирто-калильные фонари без фитилей, хотя их применение и имеет место за границей, но они являются экономически невыгодными вследствие незначительного светового эффекта, благодаря малой калорийности спирта по сравнению с нефтяными маслами, и большого удельного расхода горючего. **А. Умов.**

Лит.: Сиротинский Л. И., Электрич. освещение, М., 1924; Зеленцов М. Е., Световая техника, Л., 1925; Соколов М. В., Современная русская литература по электрич. освещению, «Электричество», М.—Л., 1928, *15—16*; СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 3, 17 отд., Л., 1928; «Труды Государственного Оптического Ин-та», 1929, т. 5, вып. 4, Л.; ibid., 1930, т. 6, вып. 58; Луговской Б. И., Применение прожекторов для освещения, «Железнодорожное дело и связь», Москва, 1927, *5—6*, *7—8*; Муралевич В. С., О расчете прожекторного освещения, там же, 1928, *1—2*; Робида Л., Электрич. освещение автомашины, пер. с фр., Л., 1923; Равич А. С., Электрич. освещение поездов, М., 1931; Шиманский С. В., Прожекторное освещение ж.-д. территории, Л., 1930; Устюгов Г. К., Специальн. осветит. установки для возд. флота, «Труды Ленингр. эксп. лаборатории», 1925, вып. 3; Луценко Н. Н. и Соков, Ночное оборудование аэролиний и аэродромов, «Известия Военно-технич. академии», Л., 1930, т. 2; Кулебакин В. С., «Вестник теоретич. и экспериментальной электротехники», М., 1928, *4*; Майзель С. О., «Электричество», М.—Л., 1926, *11*, стр. 468—474; Цейтлин Д. Л., О рациональном освещении подземных выработок каменноугольных шахт, «Труды II Всесоюзной светотехнич. конференции», М., 1929, вып. 4; Техника безопасности и санитарная охрана труда в каменноугольной промышленности под ред. И. Желтова, т. 1, вып. 3, М., 1931; Евреинов Г. Е., Электрическое освещение в рудниках, «Уголь и железо», Харьков, 1929, *42*; Терни горьев А. М., Рудничное освещение, Екатеринослав, 1903; Левенец И. Б., Рудничное освещение, М., 1931; Кифер В. П., Электрическое освещение забоев, «Уголь и Железо», Харьков, 1927, *25*; «Г. Ж.», 1924, *4—5*, стр. 402—406; Экскузович И. В., Техника театральной сцены в прошлом и настоящем, Л., 1930; Котомин А. А., Эволюция освещения сцены, «Электричество», М.—Л., 1928, *9—10*; Бретон Г., Полевые прожекторы, пер. с франц., Л., 1925; Умов А. В., Освещение городов, М., 1926; его же, Керосино-калильное освещение, М., 1912; Halbertsma N. A., Fabrikbeleuchtung, Mch.—B., 1918; Bloch L., Lichttechnik, Mch.—B., 1921 (имеется литература); Darmois E., L'éclairage, P., 1923; Luckiesh M., Light a. Work, N. Y., 1924; Cady F. a. Dates H., Illuminating Engineering, N. Y., 1925; «Transactions of the Illumination Engineering Society», N. Y.; «Illuminating Engineering», L.; «Licht u. Lampe», B.; «Lichttechnik» (приложение к «EuM»); «General Electric Review», Shenectedy; Transmission of Visual Radiation through the Atmosphere under Hardy Conditions; «Transaction of the Illuminating Engineering Society», N. Y., 1929, *4*, p. 385; Richie H. C., Modern Illuminating Devices for Air Ways, ibid., 1926, *5*, p. 469; The Lighting of Airports a. Airways, Papers, ibid., 1927, *9*; Department of Commerce Aeronautics-branch, Notes on Airport Lighting, Wsh., 1929; Artificial Light as an Aid to Aerial Navigation, «The Illuminating Engineer», L., 1927, April—May; Die Sicherheit im nächtlichen Luftverkehr, «Illustrierte Flugswoche», Berlin, 1927, H. 2; Luber J., Die Befeuerung von Nachtflugstrecken, «Ztschr. f. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt», Mch., 1929, H. 10; Walter H., Rollfeldbeleuchtung, «AEG-Mitteilungen», B., 1930, H. 12; Walter H., Bemerkenswerte neue Anlagen d. AEG f. Luftverkehrsbefeuerung, «Licht u. Lampe», Berlin, 1930, H. 7, 1929, H. 5, p. 271; Whitaker J. W., Mine Lighting, L., 1928; «Colliery Gardian», L., 1927, p. 1006—1007; Heyer, «Licht u. Lampe», B., 1928, H. 21; «Transactions of the Illumination Engineering Society», N. Y., 1929, *9*, p. 890—917; Elektrizität im Theater, B., 1925; Bertelsmann W., Lehrbuch d. Gasverwendung, B. 1—2, Stg., 1911; Ahrens F., Die Entwicklung des hängenden Gasglühlichts, Mch., 1907; Böhm C., Die Fabrikation d. Glühkörper u. Gasglühlicht, Halle a/S., 1910; Strache H., Gasbeleuchtung u. Gasindustrie, Brschw., 1913.

ОСВЕЩЕНИЕ РУДНИЧНОЕ, см. *Освещение*.

ОСИНА, Populus tremula L., дерево из сем. Salicaceae, широко распространенное во всей Европе, в сев. Африке и в Азии. В пределах СССР насчитывают до 12 млн. *га* древостоев с господством О. Осина — дерево преимущественно долин и низменностей, распространенное в значительной мере в сев. и сев.-вост. Европе, встречается также и в горах, напр. на Кавказе, поднимаясь здесь до высоты 1 800—2 100 *м* над уровнем моря. Ствол О. прямой и гладкий, очищенный на большую высоту от сучьев, круглый в поперечном сечении, по своей форме приближается к цилиндру. Кора на взрослых деревьях зелено-серая, а на молодых—пепельно-серая гладкая. Богатая корневая система О. обладает небольшим стержневым корнем и массой боковых поверхностных корешков. Листва широкотреугольная, заостренная к основанию, слегка сердцевидная, по краю выемчато-зубчатая. Форма, размер и опушенность листвы сильно варьируют. Листья обладают длинным черешком, сплюснутым в верхней части, что делает их легко подвижными при всяких колебаниях воздуха. О. принадлежит к двудомным растениям, у к-рых женские и мужские соцветия в виде длинных кистей расположены на отдельных экземплярах; цветет она весною до распускания листьев, плоды в виде длинностебельчатых, зеленовато-бурых коробочек, раскрывающихся двумя створками, созревают в мае, и после их раскрывания из них вылетают очень маленькие черные семена с пучком бело-серебристых волокон на вершине, разносимые ветром на весьма далекие расстояния. О. принадлежит к породам, произрастающим весьма хорошо на глубоких и рыхлых почвах, но встречается и на сыпучих песках и на торфяной почве. О. чрезвычайно быстро растет, достигая к 60-летнему возрасту высоты 18—21 *м* при диам. 43—50 *см* и дает высокую производительность (например, по данным Варгас де-Бедемара, 60-летнее осиновое насаждение в б. Симбирской губ. в 60-летнем возрасте обнаружило запас 550 $м^3$ при среднем приросте 9 $м^3$. Это дерево не долговечно (60—80 лет), после чего О. в сильной степени поражается грибком Fomes igniarius Fr., вызывающим сердцевинную гниль, поражающую до 70—90% стволов древостоя; однако встречаются отдельные экземпляры совершенно здоровые 140, 160 и даже 190 лет. Разводится О. семенами, а также посадкой корневых отпрысков. Древесина О. однообразно белого или желтовато-белого цвета, без ядра, за каковое иногда принимается бурая потемневшая часть поперечного разреза, представляющая собою сердцевинную гниль. Она составлена из длинных узких сосудов, отличающихся прямизной и параллельностью между собою. Заметной разницы между весенней и летней частью годичного слоя не наблюдается. Годичные слои—правильно округлой формы и равномерны как в продольном, так и в поперечных разрезах. По своим технич. качествам древесина О. отличается легкостью, мягкостью, упругостью и вязкостью, особенно после подсушки на корню, гибкостью после распаривания, прекрасной расколимостью и блеском. В сыром состоянии О. пилится трудно, в сухом—легко.

Объемный вес О. в сухом состоянии 0,52; крепость при сжатии вдоль волокон 450—560 *кг/см²*; модуль упругости 55 000—70 000; врем. сопротивление при изломе 660—800 *кг/см²*; тв. по торцу 200—240 *кг/см²*, тв. по радиусу 120—140 *кг/см²*, по тангенсу 120—150 *кг/см²*. Удельная теплотворная способность 1 934—2 293 Cal/*кг*. Поврежденная гнилью древесина обладает более низкими техническими показателями.

Употребление древесины О. чрезвычайно разнообразно; она идет как строительный материал; как материал для постройки судов; как поделочный материал в столярном деле, в производстве деревянной посуды, лопат, обуви, самопрялок и т. д.; в бочарном деле — для изготовления клепки для бочек, кадушек, ведер и тары для упаковки жидких и сыпучих тел; в щепном деле для изготовления кровельной *драни* (см.), *гонта* (см.), спичечной соломки; в древесномассном производстве для получения *древесной массы* (см.). Из осиновой коры добывают деготь, а иногда она идет для дубления тонких кож (см. *Спр. ТЭ*, т. III, Дубильные вещества). Листва О. употребляется в корм скоту. Быстрый рост О., ее многообразное применение и особенно ее экспортное значение в качестве материалов для производства спичечной соломки, для древесно-бумажной промышленности (см. *Древесина балансовая*) и для стружек (плашка). Крупное экономическое значение имеет О. в строительном деле для сельского хозяйства малолесных областей. Осина одна из главнейших древесных пород СССР.

Лит.: Нестеров Н. С., Значение осины в русском лесоводстве, 2 изд., М., 1894; Куницкий Б., Ботаническая и лесоводственная характеристика осины с заметками относительно ее употребления, «Ежегодник СПБ лесного ин-та», СПБ, 1888, год 2, стр. 57—171; Ванин С. И., Нек-рые новые данные о сердцевинной гнили осины, «Известия Ленинградского лесного ин-та», Ленинград, 1928, вып. 36, стр. 5—23; Перепечин Б. М., Технич. годность фаунной осины Бельского лесничества Боровичского округа, там же, стр. 56—98; Абутков Б. А., Лесохозяйственные предложения об эксплоатации осины, пораженной сердцевинной гнилью, в Лисинском лесничестве, Сборник «Природа и хозяйство учебно-опытных лесничеств Ленинградского лесного института», М., 1928, стр. 369—397; Никитин Н. И., Солечник Н. Я. и Комаров Ф. П., Химическое исследование древесины и целлюлозы осины, «Труды по лесному опытному делу», Л., 1930, вып. 2; Власов, Разведение семенной осины в питомниках, «Лесное хозяйство», Москва, 1929, *2—3*, стр. 23—37. **Н. Кобранов.**

ОСЛАБИТЕЛЬ, фотографический препарат, имеющий целью уменьшение плотности фотографич. изображения в целом или отдельных его частей (см. *Негатив*, *Ослабление*).

ОСЛАБЛЕНИЕ, в фотографии, процесс, приводящий к уменьшению плотности (см. *Негатив*) фотографич. изображения (обычно негативного) или отдельных его частей. В зависимости от того, требуется ли равномерно уменьшить плотность всего негатива как в темных местах («светах»), так и

в светлых («тенях»), или же ослабить преимущественно тени или света (для повышения или понижения контраста негатива), применяются различные рецепты для приготовления о с л а б и т е л е й.

Равномерное О. достигается марганцевокалиевым ослабителем по Намиасу (Namias); он применяется для О. нормально экспонированных, но перепроявленных негативов. Предварительно промытая пластинка обрабатывается раствором 0,5 *г* перманганата калия в 1 *л* воды с 5 *см*³ серной к-ты. Часть серебра изображения при этом окисляется и переходит в сернокислое серебро; затем пластинку погружают в раствор 150 *г* сернистокислого натрия (сульфита) и 30 *г* щавелевой к-ты в 1 *л* воды, где сернокислое серебро переходит в щавелевокислое серебро, темнеющее под действием света.

Наиболее распространенный ослабитель Ф а р м е р а (Farmer) ослабляет преимущественно светлые места негатива (тени), повышает контраст и обычно употребляется для снятия *вуали* (см.). Перед употреблением смешивают 100 *см*³ 10%-ного раствора гипосульфита ($Na_2S_2O_3$) с 8 *см*³ 10%-ного раствора красной кровяной соли [железосинеродистый калий, $K_3Fe(CN)_6$] и сейчас же погружают в эту смесь негатив; вынуть его из ослабителя следует прежде, чем достигнута нужная плотность, так как О. продолжается некоторое время и после; затем основательно промывают негатив. Повышение количества $K_3Fe(CN)_6$ против указанного повышает скорость действия ослабителя и контрастность полученного изображения. Этот ослабитель удобен тем, что м. б. применен непосредственно после фиксирования, без предварительного промывания.

Для понижения контраста в случае недодержки и долгого проявления пользуются Люмьеровским ослабителем, состоящим из 3%-ного раствора надсернокислого (персульфата) аммония ($(NH_4)_2S_2O_4$, к которому прибавляют 1 каплю крепкой серной к-ты на каждые 100 *см*³. О. прерывают 10%-ным раствором сульфита (Na_2SO_3), в котором негатив остается около 2 мин., после чего его моют. Действие этого ослабителя сводится к окислению и растворению металлического серебра там, где оно имеется в наибольшем количестве, т. е. в светах негатива; тени при этом почти не затрагиваются; поэтому получается значительное уменьшение контрастов. Другие рецепты ослабителей имеют значительно меньшее распространение.

Лит.: Э н г л и ш Е., Основы фотографии, М.—Л., 1927; C l e r c L. P., La technique photographique, 2 éd., t. 1, p. 437, P., 1926. **А. Рабинович.**

ОСМИЙ, элемент 8-й группы периодич. системы, принадлежащий вместе с Ir и Pt к числу т я ж е л ы х п л а т и н о в ы х м е т а л л о в (см. *Платина*). Порядковый номер 76. Ат. в. 190,9. В сплошном куске О.—блестящий металл серого цвета, а в порошкообразном виде—синеватого цвета. По кристаллич. строению О. относится к гексагональной системе. Уд. в. сплавленного 22,48 (при 20°). О.—самый тяжелый из элементов. Уд. в. О., получающегося в спекшемся виде после накаливания в пламени гремучего газа, 21,4, уд. в. порошкообразного О.—20,0. Атомный объем 8,4. Твердость по Мосу 7,0; $t°_{пл.}$ ок. 2 500°, $t°_{кип.}$ 4 450°. Коэфициент расширения (при 50°) $0{,}679 \cdot 10^{-5}$; теплоемкость в интервале 19—58° равна 0,0311 cal. Электропроводность при 20° составляет 10,5 10^1 мо, $t°$-ный коэф-т сопротивления в интервале 0—100° равен $420 \cdot 10^{-5}$. Магнитная восприимчивость 1,4 10^{-6}. По химическим свойствам О. наиболее близок к рутению. Кислоты очень слабо действуют только на мелкоизмельченный О.; в сплошном куске осмий не поддается даже действию царской водки. При сплавлении с перекисями металлов или со смесью едких щелочей с селитрой осмий переходит в растворимые соединения, при нагревании же он непосредственно вступает в реакцию с F, Cl, S и P. Мелкораздробленный осмий медленно окисляется при обыкновенной $t°$ и легко сгорает при 400°, образуя OsO_4; в сплошном куске он воспламеняется только при более высокой $t°$. Как и все платиновые металлы, О. легко поглощает водород; О., поглотивший водород, может воспламеняться при обыкновенной $t°$. О. в мелкораздробленном состоянии и нек-рые его соединения, например OsO_4, являются энергичными катализаторами. По данным Пааля и Амбергера достаточно содержания $0{,}91 \cdot 10^{-9}$ *г* коллоидального О. в 1 *см*³ воды для заметного ускорения реакции распада перекиси водорода.

О. встречается вместе с другими платиновыми металлами в составе платиновых руд, гл. обр. в виде зерен о с м и с т о г о и р и д и я, состоящего из сплава О. с иридием, имеющих состав от IrOs до $IrOs_4$. Содержание О. в осмистом иридии составляет 27,2—43,4%. Наибольшее количество осмистого иридия и О. добывается в СССР на Урале, а также в Австралии и в Калифорнии. В некоторых местах, например в Тасмании, осмистый иридий образует самостоятельные месторождения. Платиновые руды в Колумбии также служат источником добывания осмистого иридия и О. Кроме того О. вместе с другими платиновыми металлами добывается в месторождениях золота на Урале, в Вост. Сибири, в Витватерстранде в Африке и в золотых, медных и медно-никелевых месторождениях в США (в Калифорнии, Колорадо и на Аляске) и в Канаде. Нек-рые количества О. добываются на о. Борнео, в Японии и в других странах. Ежегодная мировая добыча осмистого иридия составляет не более 200—300 *кг* в год.

При обработке платиновых руд осмистый иридий отделяют (вместе с примесями некоторых минералов) в виде нерастворимого осадка путем действия на руду царской водки. Выделения О. из этого остатка достигают различными способами, сущность которых заключается в переводе О. в растворимые соединения путем сплавления осмистого иридия с перекисью бария или перекисью натрия, а также со смесью едкой или углекислой щелочи с бертолетовой солью или селитрой (см. *Платина*, а ф ф и н а ж). При обработке получаемых такими способами продуктов царской водкой О. переходит в OsO_4, к-рый благодаря своей летучести легко м. б. отогнан. Образование OsO_4 м. б. достигнуто также непосредственным нагреванием осмистого иридия в токе воздуха или кислорода, пропущенного предварительно через серную к-ту, а также путем нагревания смеси осмистого иридия с поваренной солью в токе влажного хлора. В последнем случае сперва образуется $OsCl_4$, к-рый под влиянием влаги превращается в OsO_4. Образующийся во всех этих случаях OsO_4 сгущается путем охлаждения и поглощается раствором едкой щелочи или спиртовым раствором поташа. Из OsO_4 металлич. О. м. б. получен различными способами, например восстановлением цинком или ртутью из раствора OsO_4 в соляной к-те, действием муравьинокислых солей щелочных металлов, слабым прокаливанием смеси OsO_4 с водородом или со смесью окиси углерода и углекислого газа, а также действием угля на OsO_4. В последнем случае металл получается в кристаллич. виде, в других случаях—в виде порошка. Если OsO_4 поглощается щелочью, то О. сперва осаждается Na_2S или $(NH_4)_2S$ или H_2S, и из образующегося при этом OsS_2 О. выделяется путем прокаливания в закрытых тиглях.

Одним из наиболее употребительных лабораторных способов получения металлич. О. из OsO_4 является следующий. Из водного раствора OsO_4 О. осаждается аммиаком, после чего к смеси прибавляют нашатырь и соду и все выпаривают досуха. Осадок слабо прокаливается и выщелачивается водой, причем О. остается в виде порошка. Применяют также и способ предварительного превращения OsO_4 в OsO_2 с последующим восстановлением OsO_2 в металлич. О. Для этого сперва нагревают кристаллич. OsO_4 в струе CO_2, улавливают образующиеся пары раствором NaOH, обрабатывают полученный раствор спиртом до появления запаха уксусного альдегида и нагревают на водяной бане. Выделяющийся при этом OsO_2 отфильтровывают, промывают горячей водой с примесью спирта и высушивают при $t°$ около 100° в токе чистого CO_2. Для получения металлического осмия сухой порошок OsO_2 нагревают в течение 1 часа в атмосфере смеси CO_2 и H_2, постепенно уменьшая количество CO_2 от 75% по объему до 0% и повышая $t°$ до 250°. В дальнейшем водород вытесняется углекислым газом, а CO_2 воздухом. Для получения О., обладающего наибольшей способностью к химич. взаимодействию с другими веществами, Р. Вильштеттер и Е. Зонненфельд предлагают нагревать в токе водорода до слабокрасного каления хлороосмиат аммония $(NH_4)_2OsCl_6$. При этом NH_4Cl улетучивается, а О. остается в виде сине-зеленого порошка. После охлаждения H_2 вытесняется углекислым газом. Из остатков, содержащих примеси углерода, О. получают путем нагревания их до красного каления в токе сухого кислорода. Углерод при этом сгорает в CO_2, а осмий в OsO_4. OsO_4 поглощают смесью обыкновенного спирта, нашатырного спирта и NH_4Cl, после чего жидкость выпаривают на водяной бане и сухой остаток осторожно восстанавливают водородом. Полученный мелкий порошок О. затем сильно нагревают в атмосфере водорода и подвергают охлаждению в токе свободного от кислорода CO_2. Из промывных вод, содержащих OsO_2 в виде золя, осмий м. б. получен следующим путем: OsO_2 переводят в гель действием хлористого калия, быстро промывают и окисляют в OsO_4 нагреванием в токе кислорода или воздуха. Получаемый OsO_4 поглощается смесью спирта, аммиака и NH_4Cl, жидкость выпаривают и сухой остаток нагревают в токе водорода.

Металлич. О. до недавнего времени находил довольно широкое применение для изготовления нитей в электрич. лампочках Ауэра. В настоящее время О. вытеснен в этом производстве более распространенными в природе и более дешевыми танталом и вольфрамом. Теперь О. находит применение гл. обр. в качестве катализатора в ряде химич. процессов; из них нек-рые имеют большое технич. значение (в синтезе аммиака по Габеру, в процессе разложения водного раствора формальдегида на CO_2 и метиловый спирт, в распадении H_2O_2 на H_2O и O_2). О. предложен для замены иридия при изготовлении сплавов платины, обладающих значительной твердостью и упругостью. Для этого к платине прибавляют 1—20% О., причем сплав д. б. приготовляем в отсутствии газообразных окислителей и не должен содержать даже незначительных количеств меди и железа. Природный осмистый иридий и сплавы О. с иридием обладают твердостью, превышающей твердость кварца, и потому применяются для изготовления концов вечных перьев, наконечников для компасных игол и т. п. Из природных соединений О. с иридием наиболее ценятся по своим качествам зерна осмистого иридия из Калифорнии.

Соединения О. Соединения осмия довольно многочисленны, вследствие того что он м. б. 2-, 3-, 4-, 5- и 6-валентным и благодаря его общей с другими платиновыми металлами способности образовывать разнообразные комплексные соединения. Во всех веществах, содержащих его в своем составе, осмий проявляет только очень слабо основные или весьма слабо кислотные свойства и легко выделяется в виде свободного металла при нагревании его соединений до сравнительно невысоких $t°$.

О к и с л ы О. и и х г и д р а т ы. Известно 4 окисла О.: OsO, Os_2O_3, OsO_2 и OsO_4. Все окислы О., за исключением OsO_4, обладают слабыми основными свойствами; OsO_3 можно отнести к слабо кислотным окислам. О к и с ь О., OsO, серовато-черный порошок, получается при прокаливании сульфита осмия $OsSO_3$ с содой в токе CO_2.—П о л у т о р н а я о к и с ь О., Os_2O_3, получается в виде черного порошка путем прокаливания сернистокислой соли трехвалентного О. с содой в токе CO_2; м. б. также получена восстановлением OsO_4; в последнем случае она имеет вид меднокрасных чешуек. — Д в у о к и с ь О., OsO_2, получается в виде синевато-черного порошка при прокаливании сернистокислой соли четырехвалентного осмия с содой в токе CO_2. Другим способом получения двуокиси О. является нагревание ее гидрата в токе CO_2. Чистая кристаллич. двуокись О. получается при нагревании тонкоизмельченного металлич. О. в парах OsO_4. Уд. в. при 20°=7,91. В отсутствии воздуха OsO_2 не подвергается изменениям, но, будучи смешана с горючими веществами, легко воспламеняется при нагревании. Легко воспламеняющаяся на воздухе т. н. п и р о ф о р и ч е с к а я двуокись О. приготовляется при помощи нагревания нейтрального, сильно разбавленного (1 : 2 000) водного раствора осмиата калия K_2OsO_4 на водяной бане, повторного декантирования (ок. 8 раз) с прибавлением нескольких *см*³ спирта и дальнейшего нагревания в токе сухого CO_2. Полученная т. о. OsO_2 синевато-серого цвета и металлич. вида. На воздухе она воспламеняется со взрывом. В нек-рых случаях взрыв происходит уже при высушивании пирофорической двуокиси О. в токе CO_2 при 50°.—Г и д р а т д в у о к и с и О., $OsO_2 \cdot 2H_2O$, получается путем действия раствора едкого натра на водный раствор хлороосмиата калия, K_2OsCl_6. Образующийся гидрогель OsO_2 осаждается длительным (ок. 8 часов) нагреванием жидкости на водяной бане, за-

тем промыванием переводится в состояние золя, который в дальнейшем свертывается действием раствора KCl. Полученный гидрат двуокиси О. высушивается и сплавляется в токе свободного от кислорода CO_2. Черный порошок при нагревании сильно уплотняется и меняет свой цвет на бурый. Воздушно-сухой дигидрат двуокиси осмия переходит в моногидрат ($OsO_2 \cdot H_2O$) при нагревании в течение 6 часов до 100°, а путем трехчасового нагревания при 200° может быть переведен в безводную OsO_2. На воздухе $OsO_2 \cdot 2H_2O$ постепенно окисляется, превращаясь в OsO_4.—Трехокись О., OsO_3, до сих пор не получена, но существуют данные относительно образования гидрата трехокиси О., или осмистой кислоты, H_2OsO_4, путем действия HNO_3 на осмиат калия, K_2OsO_4.—Четырехокись О., осмиевый, или осмовый, ангидрид, осмиевая кислота, OsO_4 (о способах получения его из осмистого иридия и остатков от обработки платиновых руд царской водкой см. выше), м. б. также получена действием царской водки на мелкоизмельченный металлический О. или на его низшие окислы. В лабораторных условиях OsO_4 часто получают путем нагревания до сильного красного каления смеси из 3 ч. осмистого иридия и 1 ч. селитры. После охлаждения образующейся тестообразной массы, ее растворяют в минимальном количестве воды, нейтрализуют раствор H_2SO_4 и быстро перегоняют OsO_4 в хорошо охлаждаемый сосуд. OsO_4 — блестящие, бесцветные, прозрачные кристаллы в виде игл; после расплавления OsO_4 застывает в желтоватую прозрачную кристаллическую массу моноклинной системы; $t°_{пл.}$ белой модификации 39,5° и желтой 41°; $t°_{кип.}$ расплавленной четырехокиси 100°; однако OsO_4 легко превращается в пары уже при обыкновенной $t°$. Пары четырехокиси О. обладают резким запахом, напоминающим запах хлора или брома, и очень ядовиты. Они раздражающе действуют на глаза, легкие и на кожу и вызывают воспаление слизистых оболочек и раны на коже. Уд. в. OsO_4 в твердом виде 4,91, в жидком 4,44. Белое видоизменение OsO_4 легко растворяется в воде (6,47 вес. ч. на 100 ч. воды при 20°); желтая модификация растворяется очень медленно. Водный раствор четырехокиси О. обладает едким вкусом и нейтральной реакцией и обнаруживает чрезвычайно слабые кислотные свойства. При действии на раствор OsO_4 сернистого ангидрида, он приобретает сперва желтый, потом бурый и наконец индиговосиний цвет. Со щелочами OsO_4 образует комплексные соли состава $OsO_4 \cdot 2MOH$ или $M_2[OsO_4(OH)_2]$, где M—одновалентный катион. По данным Чугаева могут быть получены соединения $OsO_4 \cdot KOH$, $OsO_4 \cdot RbOH$ и $OsO_4 \cdot CsOH$, также $2OsO_4 \cdot CsOH$ и т. п. Все указанные соединения в водном растворе в сильной степени гидролизуются. При действии чистой OsO_4 на раствор едкого кали и дальнейшем прибавлении спирта, выделяются фиолетовые кристаллы осмиата калия. В отсутствии спирта раствор остается бесцветным и содержит осмиевокислый калий (пересмиат калия); $KOsO_4$. При стоянии этот раствор приобретает бурый цвет, а при кипячении из него выделяются OsO_4 и кислород, в результате чего образуется осмиат калия. При действии OsO_4 на растворы соляной кислоты выделяется хлор, а при растворении четырехокиси в соляной к-те уд. в. 1,16 образуется $OsCl_4$. Четырехокись О. легко отдает свой кислород, благодаря чему является хорошим окислителем, но, с другой стороны, легко образуется путем окисления соединений О., в к-рых он обладает низшей валентностью. В целом ряде окислительных процессов OsO_4 играет роль энергичного катализатора. Распадение H_2O_2 также сильно ускоряется в присутствии OsO_4, особенно в щелочном растворе. Кроме случаев применения OsO_4 в качестве окислителя и катализатора, в лабораторной практике, она употребляется при микроскопич. исследовании животных и растительных тканей для их уплотнения и фиксирования, а также для обнаруживания присутствия в них жировых клеток, так как под действием жира OsO_4 восстанавливается до OsO_2, которая окрашивает капельки жира в черный цвет. Как упомянуто выше, OsO_4 применяется также для получения чистого металлич. осмия.

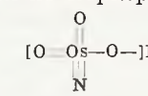
Соединения О. с серой.—Четырехсернистый О., тетрасульфид О., OsS_4, получается в виде бурого осадка при пропускании H_2S в раствор OsO_4 и при действии сернистого калия или сернистого аммония на щелочные растворы OsO_4.

Соединения О. с галоидами.—Фтористые соединения О., фториды О., получаются при действии газообразного фтора на металлич. О; получается смесь состава OsF_4, OsF_6 и OsF_8. Последнее является наиболее летучим и поэтому легко м. б. отделено от других. В чистом виде OsF_8—кристаллы лимонно-желтого цвета с $t°_{пл.}$ 34,5° и $t°_{кип.}$ 47,5°. Под действием воды OsF_8 образует бесцветный раствор, в к-ром он легко подвергается гидролизу с образованием гл. обр. OsO_4. Хлористые соединения О., хлориды, м. б. получены при нагревании металлич. О. в токе хлора.—Двухххлористый О., дихлорид О., $OsCl_2$, можно также получать путем нагревания треххлористого О. под давлением при $t°$ 500° с охлаждением образующихся паров до 50°; темнобурый нерастворимый порошок.—Треххлористый О., трихлорид О., $OsCl_3$, получается при нагревании в токе хлора хлоросмиата аммония $(NH_4)OsCl_6$ при 350°. Легко растворим в воде. При действии хлористых солей щелочных металлов и аммония образует двойные соли, хлоросмиты, или осмохлориды, состава M_3OsCl_6.—Четырехххлористый О., тетрахлорид О., $OsCl_4$, м. б. получен путем нагревания металлич. О. в токе хлора при низкой $t°$ и медленного охлаждения образующихся при этом желтобурых паров; получается также при нагревании металлич. О. в электрич. печи при $t°$ 650—700° в токе водорода, при одновременном медленном пропускании хлора; образующиеся пары охлаждаются. $OsCl_4$ образуется также при растворении OsO_4 в крепкой соляной к-те; черный порошок или обладающие металлич. блеском хрупкие, легко

отслаивающиеся чешуйки; в вакууме превращается в желтые пары. Под действием воды $OsCl_4$ медленно разлагается с образованием OsO_2 и HCl. Не обладает гигроскопичностью и не растворяется в обычных растворителях. С хлористыми соединениями щелочных металлов и аммония дает двойные соли, осмихлориды, или хлоросмиаты (гексахлоросмиаты), состава M_2OsCl_6. Бромистые и иодистые соединения О., бромиды и иодиды О., аналогичны по составу и свойствам хлоридам О. Из двойных солей известны осмибромиды, или бромосмиаты (гексабромосмиаты), напр. $(NH_4)_2OsBr_6$ уд. в. 4,09 при 20°. При действии иодистого водорода в момент выделения на соединения О. образуется соединение состава $OsJ_2 \cdot 2HJ$, носящее название иодоосмистой кислоты. Раствор этой к-ты красивого изумрудно-зеленого цвета, но на воздухе быстро становится красным. Соли иодоосмистой кислоты более постоянны и образуют неизменяющиеся на воздухе растворы зеленого цвета.

Соли О. Из солей О. были получены взаимодействием с сернистой и азотистой к-тами сульфиты и нитриты, напр. $OsSO_3$ и $Os(NO_2)_2$. Известны также двойные сернистокислые и азотистокислые соли О. и щелочных металлов.

Комплексные соединения О. Осмий входит в состав многочисленных комплексных соединений. К ним м. б. отнесены упомянутые выше соединения OsO_4 с гидратами окислов щелочных металлов, которые можно рассматривать как соли комплексной кислоты $H_2[OsO_4X_2]$ (где X—одновалентный кислотный остаток), хлоросмиты, хлоросмиаты и бромосмиаты, а также комплексные сульфиты и нитриты. Существуют также осмоцианиды состава $M_4[Os(CN)_6]$ и осминамовая кислота O_3OsNH, следующего строения по Вернеру



т. е. содержащая восьмивалентный О. К числу наиболее характерных для О. комплексных соединений принадлежат вещества, содержащие в своем составе радикал OsO_2, называется осмилом. Сюда относятся соединения состава $[OsO_24NH_3]X_2M_2[OsO_2X_4]$ и $M_2[OsO_2 \cdot O \cdot X_2]$. Известны также комплексные нитрилосоединения, образующиеся под действием к-т на соли осминамовой к-ты, нитрозосоединения, соединения типа $OsX_2 \cdot CO$, напр. $OsCl_2CO$, образующийся при действии CO на $OsCl_2$, и т. д.

Аналитическое определение О. Качественные реакции. При прокаливании в токе водорода все соединения осмия разлагаются с выделением металлического осмия. При действии H_2S на раствор $OsCl_4$ или K_2OsCl_6 выделяется осадок сернистого осмия темнобурого цвета, нерастворимый в $(NH_4)_2S$. Едкое кали, нашатырный спирт и поташ осаждают из этих растворов краснобурый осадок $OsO_2 \cdot 2H_2O$. При нагревании в присутствии HCl с дубильной кислотой или спиртом, названные растворы окрашиваются в темносиний цвет вследствие образования $OsCl_2$. Под действием KJ раствор становится темнопурпуровым. При пропускании в раствор едкого натра OsO_4 или при нагревании раствора четырехххлористого осмия разбавленной азотной кислотой, раствор едкого натра окрашивается в желтый цвет вследствие образования Na_2OsO_4. При подкислении этого раствора выделяется OsO_4, обнаруживаемая благодаря своему запаху. Если нагревать кислый раствор Na_2OsO_4 с небольшим количеством серноватистокислого натрия, то образуется осадок сернистого осмия бурого цвета. Растворы, содержащие OsO_4, обесцвечивают индиго; раствор $FeSO_4$ осаждает из них черную двуокись О.; под действием $SnCl_2$ они дают бурый осадок, образующий под действием соляной к-ты раствор бурого цвета. Чувствительной реакцией на О. является открытое Чугаевым действие на растворы, содержащие OsO_4 или $OsCl_4$, тиомочевины при нагревании в течение нескольких минут и при прибавлении нескольких капель соляной к-ты. Жидкость приобретает темнокрасный или розовый цвет, благодаря образованию соединения состава $[Os \cdot 6CS(NH_2)_2]Cl_3OH$. При помощи этой реакции можно открыть О. при содержании одной его вес. ч. на 1 000 000 вес. ч. воды.

Количественное определение О. Одним из наиболее точных способов количественного определения О. является следующий. На слабокислый раствор хлоросмиата действуют сульфатом стрихнина. Образуется желтый осадок состава $(C_{21}H_{22}O_2N_2)_3Os$, нерастворимый ни в горячей ни в холодной воде. Осадок отфильтровывают, промывают до полного удаления хлора, высушивают при 105° и взвешивают.

Лит.: Менделеев Д. И., Основы химии, 9 изд., т. 2, стр. 197—204, 456—476 и др., М.—Л., 1928; Меншуткин Б. Н., Курс общей (неорганич.) химии, 2 изд., стр. 487—497, М., 1929; Голлеман А., Учебник неорганической химии, пер. с нем., стр. 483, СПБ—Киев, 1912; Смит А., Введение в неорганич. химию, пер. с англ., вып. 2, стр. 467—470, М.—Л., 1929; Тредвелл Ф., Курс аналитич. химии, пер. с нем., 4 изд., т. 1, стр. 544—546, М.—Л., 1927; Тиграновг. Ф. и Ольп. В., Драгоценные металлы, «Богатства СССР», под ред. А. Арского, М.—Л., 1925, вып. 4, стр. 30—44; Годовой обзор минер. ресурсов СССР за 1926/27 г., Л., 1928; «ЖХП», 1930, т. 7, *11—12*, Рефераты, *665*, стр. 824; Thorpe E., A Dictionary of Applied Chemistry, vol. 4, p. 726—728, vol. 5, p. 325—329, L., 1928; Vanino L. Handb. d. präparativen Chemie, 3 Aufl., B. 1, p. 404—405, 785—791, Stg., 1925; Ephraim Fr., Anorganische Chemie, 4 Aufl., Dresden—Lpz., 1929; Ullm. Enz., B. 9, p. 179; «B», 1913, B. 46, p. 2954. **В. Горшешников.**

ОСМОЛ, или смолье, сильно просмолившаяся древесина хвойных (главн. обр. сосны), применяемая в промышленности для целей смолокурения или канифольно-экстракционного производства. Просмаливание древесины м. б. осуществлено или искусственным или естественным путем. Искусственное просмаливание в крупных промышленных размерах производится только в Северном крае путем так называемой русской *подсочки* (см.), в результате чего получается смольеподсочка, которая служит сырьем для смолокурения. Естественное просмаливание имеет место при продолжительном пребывании в земле сосновых пней—т. н. пневый О., или же в поваленных (после пожара, бурелома и т. п.) и долго пролежавших сосновых стволах—валежный О., колодняк; и в том и в другом случае смолою обогащается центральная часть пня или ствола, тогда как периферическая соответственно беднеет и обгнивает. В редких случаях используется еще так называемый волочковый О., вершинник, который образуется на вершинах сухостойных или пораненных сосен при участии грибка Peridermium pini. Из этих видов смолья наибольшее промышленное значение имеет пневый О.

Содержание смолистых веществ в смольеподсочке составляет 12—17%, причем в периферической части ствола доходит до 50—60%. Смолистость пневого осмола нашей обычной сосны—Pinus sylvestris колеблется в пределах 15—30%, в среднем—20%, хотя встречаются отдельные пни со смолистостью 40—50%. Степень смолистости О. зависит от климатич. и почвенных условий и вре-

мени пребывания пня в земле. Повышению смолистости способствуют: теплый, влажный климат, редкий лес, умеренно сухая, песчаная боровая почва и продолжительность пребывания пня в земле («созревание» пня). Практически можно корчевать пни, простоявшие не менее 8—12 лет, но предпочитают 20-, 40-летние и более, так как помимо повышения смолистости с возрастом пня—он легче выкорчевывается. Смолистые вещества в пневом О. концентрируются главн. обр. в пневой части и около шеек центрального корня и боковых отростков последнего, при этом заболонь всегда беднее смолою, нежели ядро; по данным Швальбе корень пня содержит 9,2%, ядро—19,0% и заболонь—8,3% смолистых веществ, поэтому перед использованием осмола всегда удаляют заболонную, обгнившую часть пня, в валежном же О. используют только комлевую, ближайшую к корню часть ствола.

Корчевание пней (см.) производится или вручную или подрывным способом при помощи аммонала; предлагавшиеся для этой цели корчевальные машины различных систем оказались мало практичными и в СССР распространения не получили. При ручном корчевании требуется от 0,7 до 1,2 чв-д. на 1 $м^3$ разделанного и уложенного в поленницы О.; при подрывном способе, который выгоднее применять при пнях более 50 *см*, расход рабочей силы сокращается на 40—60%. С 1 *га* сплошной сосновой вырубки практически выкорчевывают 15—25 $м^3$ пневого О. Вес 1 $м^3$ последнего, при нормальной влажности (15 — 20%), колеблется от 260 до 320 *кг* в зависимости от смолистости и плотности укладки.

Смолистая часть пневого О. состоит из 75—85% смоляных к-т, являющихся основой канифоли, и 15—25% скипидара; последний содержит до 20—30% окисливших терпенов, гл. обр. терпинеола и фенхилового алкоголя, количество которых повышается с возрастом пня. Общая добыча О. в СССР для 1929/30 г. составляла около 1 400 000 $м^3$ (включая сюда и смольеподсочку), из к-рых около 50 000 $м^3$ были использованы на канифольно-экстракционное производство, остальное же количество на смолокурение.

Лит.: Ногин К. И., Канифольно-скипидарное производство, Л., 1929; его же, Смолокуренно-скипидарное производство, Л., 1923; Любарский Е. И., Живой и мертвый терпентин, Владивосток, 1925; Нордштрем Э. и Семенов А., Смолоскипидарное производство, М., 1930; Austerweil G. u. Roth J., Gewinnung u. Verarbeitung von Harz u. Harzprodukten, Mch., 1917; Hawley L. F., Holzdestillation, B., 1926. **А. Деревягин.**

Процесс образования О. с физиологич. точки зрения изучен весьма недостаточно. Микроскопич. исследование просмоленной древесины обнаруживает заполненность полостей трахеид твердой смолой, к-рая, очевидно, проникла сквозь оболочку. Обыкновенно указывают, что пропитанные водой оболочки трахеид непроницаемы для смолы и что по мере испарения воды смола проникает в клеточные оболочки и полости клеток [1]. Эти указания являются не вполне правильными. При опытах введения воды и растворов в древесину сосны при помощи маленьких пробуравленных вдоль долотец (описание методики см. [2]) отверстие долотца нередко оказывается как раз в той части древесины, где имеется смоляной ход. В данном случае происходит следующая смена явлений. Первоначально наблюдается быстрое всасывание воды; затем внутрь канала долотца начинает поступать жидкая смола; если долотцо и соединенная с ним микропипетка заполнены водой или ртутью, то по передвижению мениска жидкости можно судить о выделении смолы и измерять скорость этого выделения. На фигуре



изображена кривая—результаты одного из наблюдений, произведенных непрерывно от 16 часов 6/VI 1929 года до 8 часов 9/VI 1929 года; на диаграмме деления ординаты даны в *мм* шкалы; каждое деление приблизительно соответствует 2 $мм^3$. Мы видим на этом примере, что выделение смолы постепенно замедляется и через некоторый промежуток времени сменяется обратным процессом всасывания. В данном случае совершенно очевидно, что всасывается именно смола, так как долотцо сплошь заполнено ею, и что всасываться она может и сквозь пропитанные водой клеточные оболочки. Прямыми опытами можно убедиться, что смола (канадский бальзам) легко всасывается сквозь перерезанные клеточные оболочки древесиной как хвойных, так и лиственных деревьев. Т. о. пропитанность оболочек водой не является препятствием к проникновению сквозь них смолы, и эта проницаемость оболочки является первым основным условием образования О.

Вторым фактором, играющим существенную роль при образовании О., является преимущественное скопление смолы в ядровой части древесины. Уже у нормально развивающегося дерева ядровая древесина значительно более богата смолой, чем древесина заболони. Так напр., в 1 $м^3$ сырой заболонной древесины 235-летней сосны было обнаружено 20,85 *кг* смолы; в таком же объеме ядровой древесины смолы оказалось почти вдвое больше (37,23 *кг*). Это накопление смолы в той части древесины, где большинство живых клеток уже отмерло, представляется интересным и нуждающим-

ся в объяснении явлением. В естественных условиях из неповрежденного здорового смоляного хода смола не поступает в окружающие ткани, так как этому препятствует слой живых клеток эпителия, выстилающий изнутри стенки смоляного хода. При отмирании живых клеток древесины, связанном с образованием ядра, непроницаемость эпителия, благодаря отмиранию его клеток, нарушается и смола получает возможность проникать в окружающие ткани, обусловливая их осмоление. В пользу такого предположения говорит тот факт, что при переходе из заболони в ядро полости смоляных ходов закупориваются пузыревидными выростами прилегающих живых клеточек (тиллами). Эту закупорку смоляного хода тиллами надлежит рассматривать как приспособление для защиты смолоносной системы растения от чрезмерного растрачивания смолы в ядровую древесину. Однако закупорка не настолько своевременна и совершенна, чтобы предупредить всякое проникание смолы в ядровую древесину.

Третьим фактором образования О. является усиленное смолообразование как результат поранения дерева. Громадная рана, к-рая наносится дереву при нек-рых способах *подсочки* (см.), напр. в СССР—на севере, особенно при валке дерева, влечет за собою энергичное смолообразование, что при наличии перечисленных выше условий является причиной пропитки древесины смолой. При этом надо иметь в виду, что пень срубленного дерева долго остается живым и функционирующим. Повидимому причиной образования О. могут быть и повреждения древесины, вызываемые паразитными грибками.

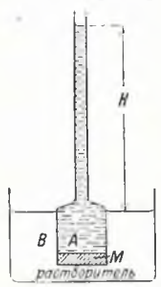
Лит.: [1]) Gayer K.-Fabricius L., Die Forstbenutzung, 12 Aufl., p. 35, 545, Berlin, 1921; [2]) «Вестник Института древесины», Ленинград, 1929, *2—3*, стр. 5. **В. Арциховский.**

ОСМОС, *диффузия* (см.) через перегородку в жидкостях или газах. Явления О. открыты Нолле (1748 г.). О. обусловливается разностью концентраций ($c_1 - c_2$) диффундирующего вещества по обе стороны мембраны. Перегородка (мембрана) м. б.: а) проницаемой как для растворенного вещества, так и для растворителя (в различной степени) или б) проницаемой только для растворителя и вовсе непроницаемой для молекул растворенного вещества. В особенности важен случай «б», т. наз. полупроницаемой мембраны, т. к. он дает средства прямого измерения *осмотического давления* (см.). Обычно осмотич. перегородки являются полутвердыми коллоидными осадками—гелями (см. *Коллоиды*) с капиллярной (микропористой) структурой. Такие осадочные мембраны были впервые изготовлены М. Траубе (для измерения осмотич. давления) из осадка железистосинеродистой меди, выделенного в порах глиняного цилиндра, содержащего раствор и помещенного в сосуд с чистым растворителем. Для получения таких полупроницаемых перегородок глиняную стенку пропитывают сначала раствором железистосинеродистого калия $K_4Fe(CN)_6$, а затем—раствором медного купороса $CuSO_4$. В случае пористого цилиндра один раствор м. б. налит внутрь, а другой помещен снаружи. Проникая в поры с обеих сторон, ионы Cu и $Fe(CN)_6$ образуют в них коллоидную мембрану $Cu_2Fe(CN)_6$. Мембраны Траубе непроницаемы для многих органич. растворенных веществ (сахар) и для нек-рых электролитов—солей. Такими же свойствами обладают мембраны из $Ni_2Fe(CN)_6$, фосфата кальция, берлинской лазури и др. Макроскопич. аналогом явлений О. через полупроницаемые перегородки в области грубодисперсных систем и коллоидных растворов является *фильтрование* (см.) и ультрафильтрование. При фильтровании поры фильтра непроницаемы для взвешенных в жидкости (или в газе) частиц порошка, капелек эмульсии или коллоидных частиц. В случае ультрафильтрования Бехгольд и Гатчек указали на связь между размером капиллярн. пор перегородки фильтра, радиусом продавливаемых сквозь эти поры деформируемых капелек масла (при ультрафильтровании эмульсий масла в воде), их поверхностным натяжением и давлением, под к-рым происходит «продавливание». Это может иметь значение для механич. модели проницаемости осмотич. мембран, хотя проницаемость последних отнюдь не является чисто фильтрационной, а обусловливается совокупностью явлений растворения (набухания), *сольватацией* (см.), *адсорбцией* (см.). Полупроницаемая коллоидная мембрана поглощает (растворяет) чистый растворитель, выделяя затем его на стороне раствора до тех пор, пока возрастающее гидростатич. давление, противодействующее осмотическому давлению, не воспрепятствует этому. Вполне аналогично действуют металлич. полупроницаемые мембраны при О. в газах (см. *Окклюзия*). Палладиевая пластинка при $t°$ ок. 300° окклюдирует водород и потому проницаема для него и непроницаема для других газов (воздуха). Каучуковая мембрана, непроницаемая для воздуха, проницаема для паров эфира, в к-рых она набухает. Мембраны из коллодия, животного пузыря, белковых веществ и др., проницаемые для растворенных молекул и ионов электролитов, непроницаемы для коллоидных частиц, на чем основан метод Грема очистки коллоидов *диализом* (см.). О. обусловлены явления, происходящие у поверхности соприкосновения растворов двух веществ, реагирующих с образованием осадочной полупроницаемой мембраны. Так напр., если в слабый раствор $CuSO_4$ поместить каплю концентр. раствора $K_4Fe(CN)_6$ (или кристаллик этой соли), то она окутывается пленкой $Cu_2Fe(CN)_6$, внутрь к-рой будет проникать вода из окружающего раствора (эндосмос). Пленка при этом лопается и вновь образуется, как бы разрастаясь. Подобные «древовидные» образования получаются при помещении кристаллика какой-либо соли тяжелых металлов в вязкий 10%-ный раствор растворимого стекла (K_2SiO_3), т. к. силикаты тяжелых металлов тоже дают полупроницаемые пленки. Если в конц. раствор $CuSO_4$ капать слабый раствор $K_4Fe(CN)_6$, то вода из капли проникает наружу (эксосмос), капля сжимается, а кругом нее появляются струйки более слабого раствора, поднимающиеся наверх. При равенстве осмотических давлений обоих растворов (так наз. изотонии) О. не происходит и капля не изменяется в объеме.

Явления О. и проблема проницаемости имеет огромное значение в физиологии и биологии при исследовании вопроса о проникании веществ через пограничный слой клеточной протоплазмы, внутренняя оболочка к-рой обладает в нек-рых случаях полупроницаемыми свойствами. Осмотич. давление клеточного сока, т. наз. т у р г о р, м. б. очень велико; оно и обусловливает нормальный размер клетки. При эксосмосе тургор уменьшается, и клетка сокращается в объеме (п л а з м о л и з). Аналогичные явления наблюдаются при помещении кровяных шариков в растворах солей (Гамбургер). Поэтому наблюдение над физиологическими объектами (клетками, кровяными шариками), помещаемыми в растворы солей, пользуются для определения изотонии.

Лит.: Х в о л ь с о н О., Курс физики, т. 1, Берлин, 1923; N o l l e t, Recherches sur les causes du bouillonnement des liquides, P., 1748; D u t r o c h e t R., «Ann. de chimie et physique», P., 1827, t. 35, p. 393; 1828, t. 37, p. 191; 1832, t. 51, p. 159; G r a h a m Th., «Phil. Trans. of the Roy. Soc. of London», London, 1854, v. 144, p. 177; T r a u b e M., «Ztrbl. f. d. mediz. Wiss.», Berlin, 1864, *39*; «Arch. f. Anat., Physiologie u. wissenschaftl. Mediz.», Lpz. — B., 1867, p. 129; H ö b e r R., Physikal. Chemie der Zelle u. Gewebe, Lpz., 1922; см. *Осмотическое давление.* **П. Ребиндер.**

ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ. Если раствор концентрации c, наполняющий сосуд A (см. фиг.), отделен от растворителя, налитого снаружи (в сосуд B), полупроницаемой перегородкой M, которая пропускает только растворитель и непроницаема для молекул и ионов растворенного вещества (см. *Осмос*), то чистый растворитель из B будет диффундировать в A сквозь перегородку до тех пор, пока возникающий при этом избыток гидростатического давления P с внутренней стороны перегородки M (P определяется высотой столба H) не воспрепятствует диффузии. При установлении равновесия (когда H достигло постоянного значения) величину P определяют как осмо ическое давление данного раствора конечной концентрации c.



Система из раствора и чистого растворителя, разделенных полупроницаемой перегородкой, м. б. в равновесии только при условии, что гидростатич. давление на перегородку M со стороны раствора (p') больше, чем со стороны растворителя (p''). В состоянии равновесия эта разность

$$P = p' - p'' \qquad (1)$$

и определяет О. д. Наличие этой разности давлений характерно для термодинамики таких систем. разделенных полупроницаемыми перегородками (см. *Термодинамика*, *Растворы*). Если $p' > p'' + P$, растворитель выжимается через перегородку из раствора; при $p' < p'' + P$ происходит обратное.

По Вант Гоффу, растворенные частицы вполне аналогичны газовым молекулам и стремятся равномерно распределиться по всему объему V растворителя. Причиной такой диффузии является неравенство О. д. в разных местах раствора. О. д. при этом вполне аналогично газовому (парциальному) давлению. Прямые измерения О. д. возможны только при наличии полупроницаемой перегородки, отделяющей раствор от чистого растворителя и позволяющей уравновесить О. д. измеряемым избытком гидростатич. давления. Строго полупроницаемые перегородки железистоцианистой меди были изготовлены Морсе электролитич. методом (см. *Осмос*). О. д. зависит от c раствора и от абсолютной темп-ры (T), и ур-не

$$P = f(c,T)\left(c = \frac{n}{V}\right)$$

называется у р а в н е н и е м с о с т о я н и я р а с т в о р а (n—число g-мол. растворенного вещества в V l раствора). Аналогия между растворами и газами заставляет принять, что слабые растворы подчиняются тому же уравнению состояния, что и идеальные газы:

$$P = RTc \qquad (2)$$

(Вант Гофф, 1885 г.). При этом R имеет то же значение (R=1,987), что у идеального газа, т. е. 1 g-мол. любого вещества, содержащаяся в 22,41 l раствора (в любом растворителе), вызывает при $T = 273{,}2$ ($t° = 0°$) О. д. P= 1 atm (закон Авогадро для слабых растворов) и P определяется только числом частиц растворенного вещества в 1 l раствора независимо от их природы. Т. обр. изотермы О. д. для слабых растворов являются прямыми линиями, т. е. P линейно зависит от c. При дальнейшем же увеличении c (при $c > 0{,}2$ g-мол/l, что отвечает О. д. в 4,5 atm при 0°) изотермы искривляются, причем отклонения от закона Вант Гоффа обусловлены молекулярными и ионными взаимодействиями растворенного вещества и растворителя. Линейность изотермы однако сохраняется, если вместо c ввести термодинамич. активность Льюиса-Бренштедта: $a = fc$; тогда

$$P = RTa = RTfc, \qquad (3)$$

где f—коэф. активности, являющийся ф-ней от c (см. *Криоскопия*).

В случае растворов электролитов, при вычислении О. д. надо учитывать как молекулы, так и свободные ионы, т. к. все растворенные частицы принимают одинаковое участие в создании О. д. В разведенных растворах слабых электролитов диссоциация на ионы, т. е. увеличение числа частиц, учитывается, как и при диссоцирующем идеальном газе (см. *Диссоциация*) введением коэф-та Вант Гоффа $i = n\alpha + (1 - \alpha)$ в ур-ие (2). Тогда будем иметь:

$$P = i\,RTc; \qquad (4)$$

i показывает, сколько частиц получается из 1 молекулы, если она диссоцинирует на n ионов при степени диссоциации α. Прямые измерения О. д. весьма затруднительны гл. обр. в виду медленности установления равновесия и трудности получения действительно полупроницаемой мембраны. По этой же причине не имеют практич. значения предлагавшиеся многими двигатели, основанные на явлениях О. д. Обычно для количественного суждения об О. д. определяют экспериментально одну из величин (осмотич. свойств), тесно связанных с О. д. раствора и легко измеримых (понижение $t°$ замерзания или повышение $t°_{кип.}$ или понижение упругости пара раствора). Производя эти

измерения при разных c, можно определить вид изотермы $P = F(c)$, а следовательно и зависимость активности a или коэф-та f растворителя от концентрации c раствора.

Термодинамически легко вывести ур-ие, связывающее О. д. с понижением давления насыщенного пара растворителя вызванным растворенным веществом:

$$P = \frac{1\,000}{M_0}\left[D - c\left(\frac{\partial D}{\partial c}\right)_T\right] RT \ln \frac{p_0}{p_c}. \qquad (5)$$

Экспериментальные данные для О. д. концентрированных растворов хорошо согласуются с этой формулой, как показывают следующие данные О. д. концентрированных растворов $Ca_2Fe(CN)_6$, вычисленного (P_b) и измеренного (P_e) по давлению насыщенного пара:

Конц. $Ca_2Fe(CN)_6$ в 1 000 g H_2O	Плотность раствора, D	Конц. в g-мол/l	$\left(\frac{\partial D}{\partial c}\right)_T$	$\frac{p_0}{p_1}$ экспер.	P_b в atm	P_e в atm
313,9	1,221	1,00	0,195	1,033	40,7	41,22
395,0	1,270	1,23	0,190	1,057	70,8	70,84
428,9	1,287	1,32	0,183	1,070	86,2	87,09
472,2	1,309	1,41	0,181	1,092	114	112,84
499,7	1,322	1,51	—	1,107	131	130,66

В достаточно разбавленных растворах можно принимать, что плотность раствора D—линейная ф-ия от c: $D = D_0 + kc$; тогда $D - c\frac{\partial D}{\partial c} = D_0$ и вместо (5) имеем:

$$P = \frac{1\,000}{M_0} \cdot D_0 RT \ln \frac{p_0}{p_c}, \qquad (6)$$

где M_3— молекулярный вес растворителя. Подставляя $P = RTc$, приходим к ур-ию Рауля (когда $p_0 - p_c$—понижение давления пара мало, можно положить: $\ln \frac{p_0}{p_c} = \frac{p_0 - p_c}{p_0}$):

$$\frac{p_0 - p_c}{p_0} = \frac{c}{c_0}.$$

Ур-ие (5) или для слабых растворов ур-ие

$$P = \frac{1\,000}{M_0} \cdot D_0 RT \cdot \frac{p_0 - p_c}{p_0} \qquad (7)$$

дают возможность определить О. д. раствора по измерениям p_0 и p_c—тонометрич. методом (см. *Тонометрия*).

Ур-ие (7) позволяет вычислять О. д. слабого раствора или по понижению его точки замерзания (см. *Криоскопия*) ΔT_0 или по повышению $t°_{кип.}$ (см. *Эбуллиоскопия*) ΔT_s; обе эти величины тесно связаны с понижением давления пара $\frac{p_0 - p_c}{p_0}$:

$$P_{T_0} = Q_0 \frac{\Delta T_0}{T_0}; \quad P_{T_s} = Q_s \frac{\Delta T_s}{T_s};$$

здесь Q_0, Q_s—теплота плавления и теплота испарения 1 l растворителя. В случае более концентрированных растворов приходится вводить слагаемыми при Q_0, Q_s тепло разбавления раствора Q_v. О. д. концентрированных растворов сахара было с большой точностью измерено Морсе, Фрезером и Беркли и Гартлеем. Оказалось, что изотерма Вант Гоффа $\frac{P}{c}$ = Const справедлива до значительно больших c, если c измерять не в g-мол. на 1 l раствора, а в g-мол. на 1 kg чистого растворителя. Кроме обычного метода измерения О. д., принцип к-рого уже описан, применяют измерения избыточного гидростатич. давления $p' - p''$, как раз необходимого, чтобы препятствовать проникновению растворителя в раствор. Динамически О. д. измеряется по скорости проникания растворителя в раствор измеряемой по перемещению жидкости в капилляре, замыкающем сосуд с раствором. Для калибрования прибора применяют повышение гидростатич. давления, вызывающее такую же скорость проникания жидкости (Беркли и Гартлей). Такими же методами были измерены весьма высокие О. д., до 28 atm и даже до 269 atm (в пересыщенных сахарных растворах) при разных температурах.

Растворы, обладающие одинаковыми О. д., называются и з о т о н и ч е с к и м и, или же и з о о с м о т и ч е с к и м и. Изотонию растворов можно определить нулевым методом де-Фриса-Гамбургера—микроскопически: в исследуемый раствор помещают напр. клетки водоросли Tradescantia discolor. Если О. д. раствора больше, чем внутриклеточное О. д., то клетка будет увеличиваться в объеме, в обратном же случае—сжиматься. Т. о. можно подобрать так c раствора, что он будет изотоничен с клеткой; делая эти опыты с разными растворами, можно определить их изотонич. концентрации. Подобными же индикаторами одинаковости О. д. могут служить кровяные шарики. В растворах, содержащих большое число растворенных веществ (как напр. в минеральных водах), О. д. обусловлено всеми ими, и, исходя из величины любого осмотич. свойства такого сложного раствора, можно вычислить суммарную, или «осмотическую» концентрацию раствора, т. е. ту c, какую должен иметь однокомпонентный раствор с тем же О. д.

Непроницаемые для коллоидов коллодийные и другие мембраны применяются для измерения О. д. водных растворов коллоидов—гидрозолей (Бильц, Дюкло). Эти О. д., как и соответствующие понижения точки замерзания и повышения точки кипения, весьма малы, т. к. частичный вес—мол. в. коллоидных частиц—очень велик, а следовательно малы молярные концентрации (даже при большом %-ном содержании растворенного вещества). См. *Коллоиды.*

Лит.: В а л ь д е н П. И., Теории растворов в их истор. последовательности, пер. с нем., П., 1921; В о з н е с е н с к и й С. А. и Р е б и н д е р П. А., Руководство к лабораторным работам по физич. химии, гл. 4, Осмотические свойства растворов, М.—Л., 1928; F i n d l a y A., Der osmotische Druck, Dresden—Lpz., 1914; J e l l i n e k K., Lehrbuch d. phys. Chemie, 2 Aufl., B. 2, p. 647, Stg., 1928; S a c k u r O., Thermochemie und Thermodynamik, 2 Aufl., Berlin, 1928; N e r n s t W., Theoret. Chemie, 15 Aufl., Stg., 1926; O s t w a l d W. u. L u t h e r R., Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physikochemischer Messungen, 4 Aufl., p. 90, Leipzig, 1925; L e w i s G. und R a n d a l l M., Thermodynamik, W., 1927; V a n ' t H o f f J. H., «Archives Néerlandaises», La Haye, 1886, v. 20 (1885), p. 239; Ostwalds Klassiker d. exakten Wissenschaft, Leipzig, 1900, *110*; «Ztschr. f. phys. Chem.», Lpz., 1887, B. 1, p. 481; P f e f f e r W., Osmotische Untersuchungen, Leipzig, 1877; R a m s a y W., «The Philosophical Magazine a. Journal of Science», London, 1894, series 5, v. 36, p. 206; M o r s e H. N. a. others, «American Chemical Journal», Baltimore, 1901—12 (например 1911, v. 45, p. 91, 554, 1912, v. 48, p. 29); F r a s e r J. G. W. and others, «Journal of the American Chemical Society», Easton, Pa, 1916, v. 38, p. 1912, 1921, v. 43, p. 102, 2497, 1923, v. 45, p. 1710,

2930; Earl of Berkeley a. Hartley, «Philosophical Trans. of the Roy. Soc. of London», L., 1906, v. 206 A, p. 481, 1909, v. 209 A. p. 177, 319, 1919, v. 218, p. 295; «Proc. of the Roy. Soc. of London», L., 1909, v. 82, p. 271; Vegard L., «The Philosophical Magazine a. Journal of Sciences», L., 1908, series 6, v. 16, p. 247, 396; Vries H., «Ztschr. f. phys. Chemie», Leipzig, 1888, B. 2, p. 415, 1889, B. 3, p. 103; Tammann G., «Ann. d. Physik», Lpz., 1888, B. 34, p. 299; «Ztschr. f. phys. Chemie», Leipzig, 1892, B. 9, p. 97; Raoult F. M., Tonométrie, «Scientia», Série phys.-math., P., 1900, *8*; Cryoscopie, ibid., 1901, *13*; Beckmann E., «Ztschr. f. phys. Chem.», Lpz., 1889—1914 (например 1914, B. 88, p. 13, 23); Sieverts A., Handbuch d. Arbeitmethoden in d. anorganischen Chemie, hrsg. v. A. Stähler, B. 3, Hälfte 1, p. 100—131, Berlin, 1913. **П. Ребиндер.**

ОСНОВАНИЯ, химич. соединения, отличающиеся способностью при взаимодействии с *кислотами* (см.) давать *соли* (см.).

Неорганические О.—окиси и гидраты окисей (гидроокиси) металлов—характеризуются особыми, т. н. основными свойствами: они растворимы в кислотах; растворимые в воде О. (щелочи) отличаются щелочным (мыльным) вкусом, окрашивают красный лакмус в синий цвет, бесцветный фенолфталеин—в малиновокрасный и метилоранж—в желтый (см. *Индикаторы в химии*). Типичными, сильными основаниями являются гидроокиси щелочных и щелочноземельных металлов, О. средней силы—гидроокиси аммония и магния, окись серебра; слабые О.—гидроокиси тяжелых металлов.

Собственно О. (в тесном смысле слова) являются гидроокиси металлов, характеризующиеся присутствием в молекуле гидроксильной группы OH, которая при взаимодействии с кислотами дает воду по следующей схеме:

$$AcH+B\cdot OH=AcB+H_2O,$$

где Ac—кислотный, а B—основной остаток. По теории Аррениуса О. в водных растворах распадаются, диссоциируют на отрицательно заряженный гидроксилион OH′ и положительно заряженный ион металла. Степень распада, или степень диссоциации, для каждого О. является величиной характерной для него и служит мерой силы электролита (при данных $t°$-ных условиях она постоянна); она характеризуется т. н. константой диссоциации k, выражающей отношение степени ионизации электролита к разбавлению (см. *Диссоциация электролитическая*). Ниже приведены константы диссоциации для некоторых оснований (при температуре 25°). Аммиак водный $NH_4\cdot OH$—$1{,}8\cdot10^{-5}$, гидрат гидразина $NH_2\cdot NH_2$—$3\cdot10^{-6}$, гидроокись цинка $Zn(OH)_2$—$1{,}5\cdot10^{-9}$, окись мышьяка As_2O_3—$1\cdot10^{-14}$. Сильные электролиты в водных растворах диссоциируют полностью на ионы (см. *Едкие щелочи*). Общими признаками сильных О. является их способность давать прочные соли; они легко образуют кислые соли и не дают основных солей; слабые О. дают основные соли и легко образуют двойные с солями щелочных металлов. Между основными и кислотными окислами нет резкой границы; промежуточными являются *амфотерные* (см.) окислы, совмещающие в себе кислотные и основные свойства, например гидрат окиси алюминия $Al(OH)_3$: с соляной к-той он дает соль по ур-ию

$$Al(OH)_3+3\,HCl=AlCl_3+3\,H_2O;$$

наряду с этим известна алюминиевая к-та AlOOH, дающая с металлами соли—алюминаты. По числу гидроксильных групп, входящих в молекулу О., различаются одно-, двух-, трех- и четырехэквивалентные О., как $Na(OH)$, $Ba(OH)_2$, $Al(OH)_3$ и другие, причем число гидроксильных групп чаще всего равно валентности металла.

Существуют О., в к-рых функции металла исполняют различные сложные радикалы; простейшими из них является гидроокись аммония NH_4OH, диссоциирующая на NH_4^+ и OH'; подобно группе аммония функционируют группы фосфония, иодония, оксония и другие, дающие ряд О.; при замещении водорода этих групп органич. радикалами можно получить сложные комплексные О. (см. *Оксониевые соединения*).

Органические О. в большинстве характеризуются присутствием азота; к ним относятся: алкалоиды, амины, имины, мочевина, пурин и его производные, аминокислоты и гетероциклич. соединения с атомами азота в цикле; к О. можно также причислить органич. замещенные аммония, сульфония, фосфония и др., а также металлорганич. соединения мышьяка, сурьмы и олова. Сложные органич. соединения, содержащие как кислотные, так и основные радикалы в своей молекуле, обладают наряду с кислотными и основными свойствами; таковы например аминокислоты, содержащие аминогруппу NH_2 и карбоксил COOH. **Н. Ельцина.**

ОСНОВАНИЯ, см. *Фундаменты и Основания*.

ОСНОВНОЙ ПРОЦЕСС, процесс получения стали в печах с основной футеровкой (из доломита или из магнезита) в присутствии основного флюса (известняка или жженой извести). О. п. введен в металлургич. практику в 1879 г. англичанином С. Томасом, выработавшим способ продувки фосфористого чугуна в конвертере с доломитовой набойкой в присутствии жженой извести. С 1880 года стали делать основные поды в мартеновских печах чем было положено начало быстрому развитию мартеновского процесса, задерживавшемуся раньше необходимостью иметь чистые в отношении фосфора и серы исходные материалы для получения хорошей стали (см. *Кислый процесс*). О. п. теперь ведется как в основных конвертерах (томасовский конвертер), так и на поду мартеновских и электрических печей. Но продувка в конвертере требует чугуна определенного состава (малокремнистого с 1,8% P), который м. б. получен из руд немногих месторождений, тогда как мартеновские печи перерабатывают всякого рода *лом металлический* (см.) с чугуном разнообразного состава, причем соотношение между чугуном и мягким металлич. ломом меняется в самых широких пределах, находясь в зависимости от экономич. условий. Для чугунов, загрязненных фосфором и серой, выработаны различные методы работы, гарантирующие получение продукта, удовлетворяющего требованиям спецификаций. О. п. в электрических печах служит пока для производства сравнительно незначительного количества высококачественной стали, почти лишенной серы и фосфора. **М. Павлов.**

ОСНОВНЫЕ ЦВЕТА. Общепринятого определения, какие цвета надлежит считать основными, нет. Ответ зависит от того, какое содержание мы вкладываем в понятие «основной цвет». С описательной точки зрения О. ц. являются цвета, в которых не находим сходства одновременно с двумя другими цветами; таковы (не считая белого и черного) четыре цвета: красный, желтый, зеленый и синий—в отличие от цветов неосновных, или «переходных», как оранжевый, зеленовато-желтый, фиолетовый и др. С точки зрения теории цветного зрения Геринга О. ц. будут цвета, не меняющие своего цветового тона при изменении интенсивности раздражителя и при рассматривании их периферич. частями сетчатки и кроме того соответствующие 4 основным фотохимич. процессам *глаза* (см.). Такими являются согласно теории пурпурновато-красный, желтый (около 570 $m\mu$), зеленый (ок. 500 $m\mu$) и синий (ок. 470 $m\mu$). По теории зрения Гельмгольца, кладущей в основу всех цветовых ощущений возбуждение трех видов нервных аппаратов—красно-, зелено- и фиолетовоощущающего, основными будут три цвета, наиболее соответствующие отдельному возбуждению каждого из этих аппаратов. Разными исследователями эти цвета определялись несколько различно. Так, по Гельмгольцу, это: карминно-красный, зеленый (540—560 $m\mu$), ультрамариново-синий; по Кенигу и Дитеричи: пурпурновато-красный, зеленый (508 $m\mu$), синий (475 $m\mu$); по Аллену: красный (конец спектра за 660 $m\mu$), цвет между синим и желтым (470—570 $m\mu$), фиолетовый (конец спектра за 420 $m\mu$). Красный, зеленый и фиолетово-синий являются О. ц. слагательного смешения цветов (как например в цветной фотографии). Имея в виду наконец цвета тех трех красок, из к-рых можно наилучшим образом воспроизвести все прочие оттенки спектра путем вычитательного (субтрактивного) смешения цветов, в качестве основных красок обычно берут цвета—пурпурный, желтый и голубой. Ими пользуются как основными, напр. при трехцветном печатании.

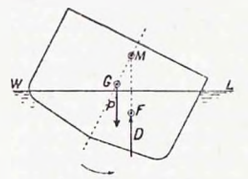
Лит.: Рихтер Л., Основы учения о цветах, пер. с нем., М.—Л., 1927. **С. Кравков.**

ОСОБЫЕ ТОЧКИ, см. *Кривые*.

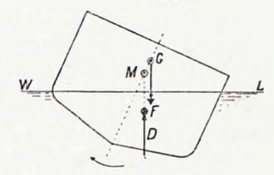
ОСОКОРЬ, Populus nigra, из семейства Salicaceae, крупное дерево со стволом, достигающим высоты 30 *м* при ⌀ в 2 *м*, покрытым в молодости гладкой серой корой, а в старшем возрасте черной трещиноватой корой. Крона у О. объемистая и образована толстыми, далеко отстоящими крупными сучьями. О. распространен в южной и средней Европе, северной Африке и западной Азии; в пределах Европейской части СССР он растет в средней и южной полосе, в Крыму и на Кавказе; в Сибири встречается до Алтая, произрастает также в Туркестане. О. распространяется преимущественно по долинам больших рек в их пойменной части с влажной рыхлой почвой, образуя иногда чистые насаждения. О. быстро растет и потому считается вполне пригодным для низкоствольного безвершинного и подсечного хозяйства. Предпочитает свежую, глубокую, богатую перегноем почву, светолюбив и размножается преимущественно черенками и кольями, а также семенами, порослью, корневыми отпрысками. Древесина О. крупного сложения, лоснящаяся, с буроватым ядром и желтоватой заболонью, непрочная, мягкая и легкая, с объемным весом в сухом состоянии 0,45; она идет для холодных построек, иногда на половые доски благодаря их белизне, на изгороди и виноградные тычины и употребляется в токарном и столярном деле. Из О. изготовляют лодки, корыта, желоба для водоносов, лопаты. Кора О. содержит дубильные вещества. Из коры О. делают поплавки для рыболовных снастей. **Н. Кобранов.**

ОСТОЙЧИВОСТЬ СУДОВ. Остойчивостью называется способность судна возвращаться в первоначальное положение по прекращении действия силы (или пары сил), вызвавшей наклонение его.

1) Основные понятия. Судно, как и всякое тело, находится в покое, если действующие на него силы удовлетворяют условиям: $\Sigma P=0$ и $\Sigma M=0$, т. е. находятся в равновесии. Судно не будет опрокидываться, если внешняя сила или пара сил, выводящая его из состояния покоя (возмущающая сила, опрокидывающий момент), вызовут такую перегруппировку действовавших ранее сил, что образовавшийся от этого восстанавливающий момент будет достаточным для возвращения судна в исходное положение, по прекращении действия возмущающей силы или пары сил. Кроме того во избежание опрокидывания до прекращения действия возмущающей силы, опрокидывающий момент должен нарастать по мере наклонения судна медленнее, чем момент восстанавливающий, а при уменьшении последнего—убывать быстрее. При этих условиях судно может плавать в любом (до известного предела) наклонном положении, сохраняя в этом положении устойчивое равновесие (напр. на волне, при крене под парусами). На судно, наклоненное до нек-рого угла и затем предоставленное самому себе, действуют две силы: 1) сила тяжести P (фиг. 1), приложенная в ц. т. судна G, и 2) сила поддержания D, равная предыдущей, но направленная в противоположную сторону и проходящая через ц. т. F объема подводной части корабля (центр величины—ц. в.). Обе эти силы либо образуют пару сил с плечом h либо лежат на одной прямой и т. о. взаимно уравновешиваются; пара сил может стремиться вернуть судно в исходное положение (фиг. 1) или будет опрокидывать его дальше (фиг. 2). Оба эти случая определяются положением относительно центра тяжести точки пересечения M (метацентра) линии действия силы поддержания с диаметральной плоскостью судна: если M лежит выше G — судно остойчиво, если M лежит ниже

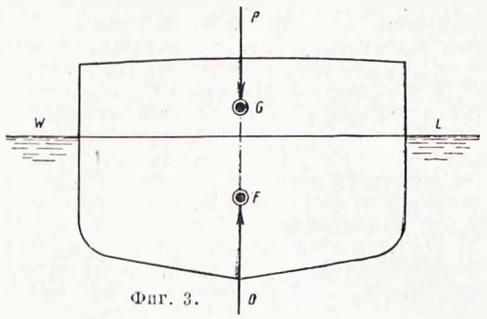


Фиг. 1.



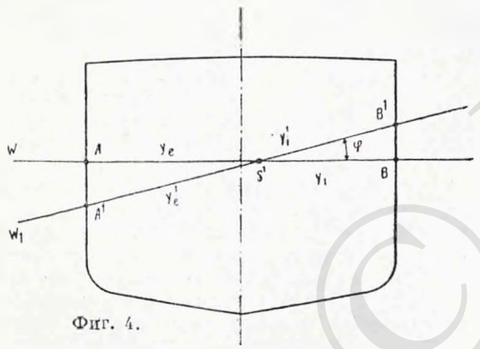
Фиг. 2.

G — судно не остойчиво и если M совпадает с G — судно находится в состоянии безразличного равновесия. Для случая судна, стоящего в прямом положении на тихой воде (фиг. 3), мы имеем дело только с двумя указанными силами, направленными по одной вертикали: силой поддержания и веса, и ур-ия равновесия сведутся к одному: $\Sigma Z = 0$,



Фиг. 3.

или, расшифровывая, $D = P$ — уравнение пловучести. Устойчивость судна в таком случае зависит от положения точки M при наклоне судна на бесконечно малый угол в ту или другую сторону, т. е. от так наз. начальной остойчивости судна. Если на судно подействуют новые силы, например давление воды на винт, боковой ветер, залп по борту, давление воды на руль (при перекладке его), набегающая волна,—то судно выходит из положения равновесия. Всякая система сил, как известно, может быть представлена в виде одной силы, приложенной в любой точке (в нашем случае в центре тяжести судна), и пары сил; разлагая их по трем основным направлениям, получаем три силы, вызывающие поступательное движение судна [ход вперед или назад, дрейф (боковое перемещение), всплытие или погружение], и три пары сил, поворачивающих судно вокруг трех осей (крен, диферент и изменение курса). Для удобства исследуют действие каждой из составляющих отдельно; при этом направленные горизонтально силы и действующая в горизонтальной плоскости пара сил, как не изменяющие осадки и не наклоняющие судна, для изучения О. с. интереса не представляют. Наибольший интерес представляет пара сил, плоскость действия к-рой лежит перпендикулярно продольн. оси



Фиг. 4.

судна,—кренящая пара сил. Т. к. мы рассматриваем действие одной пары сил, то объем подводной части судна должен оставаться неизменным при повороте его на любой угол. При наклонении частично погруженного тела на малый угол φ (фиг. 4) новая ватерлиния $A'B'$ пересечет старую AB в некоторой точке S'; положение этой точки можем найти из условия равенства погрузившегося ($BB'S'$) и вышедшего из воды ($AA'S'$) объемов; называя y_i и y_e ординаты погрузившейся и вынырнувшей части первонач. ватерлинии, а y_i' и y_e' соответственные ординаты новой ватерлинии от линии их взаимного пересечения, обозначая длину (т. е. направление, перпендикулярное плоскости чертежа) через L, а дифференциал длины через dx и полагая, что участки AA' и BB' — прямые линии, имеем

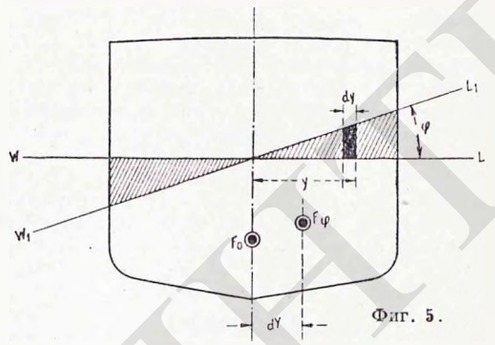
$$\frac{1}{2}\int_0^L y_i y_i' \sin\varphi\, dx - \frac{1}{2}\int_0^L y_e y_e' \sin\varphi\, dx = 0 =$$

$$= \frac{1}{2}\sin\varphi \int_0^L (y_i y_i' - y_e y_e')\, dx,$$

т. е. интеграл равен 0. При весьма малом угле наклонения $y_i \cong y_i'$ и $y_e \cong y_e'$, и т. о.

$$\frac{1}{2}\int_0^L (y_i^2 - y_e^2)\, dx = 0.$$

Левая часть этого выражения представляет статич. момент площади ватерлинии относительно оси S'; т. о. получаем, что обе смежные ватерлинии, получающиеся при наклонении тела на очень малый угол, пере-



Фиг. 5.

секаются в общем ц. т. площадей их. Во время поворота тела на конечный угол крена ряд последовательных ватерлиний опишут внутри тела нек-рую цилиндрич. поверхность—подвижную аксоиду (неподвижной аксоидой является поверхность воды), причем каждая ватерлиния касается ее по прямой, параллельной длине судна и проходящей через ц. т. мгновенной ватерлинии. Изменение формы погруженного объема при крене вызовет соответственное изменение положения ц. в., который перейдет из F_0 в F_φ. При наклонении плавающего тела (фиг. 5) одна часть корпуса будет входить в воду, другая—выходить из нее (входящий и выходящий клин); перемещение ц. в., вызванное таким изменением формы погруженной части корпуса судна, м. б. определено из того условия, что момент массы для нового положения ц. в. равен алгебранч. сумме моментов масс изменений объема. Полагая, что оси X и Y являются главными

осями инерции, получаем по общему свойству главных осей инерции

$$V\,dX = \int x\,dv = d\varphi \int\int xy\,dx\,dy = 0$$

$$V\,dY = \int y\,dv = d\varphi \int\int y^2\,dx\,dy = I_x\,d\varphi$$

$$V\,dZ = \int z\,dv = \frac{1}{2}d^2\varphi \int\int y^2\,dx\,dy = \frac{1}{2}I_x\,d^2\varphi$$

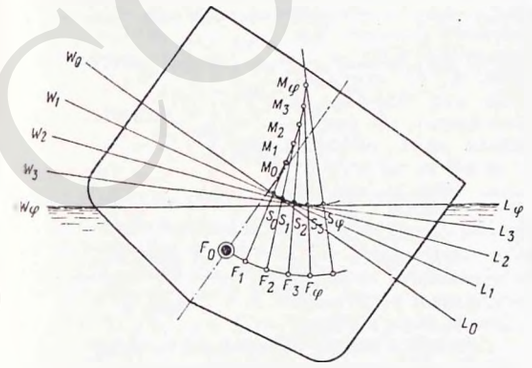
(т. к. $z = y\,d\varphi$), где X, Y, Z и x, y, z соответственно координаты ц. в. и ц. т. дифференциала объема dv; пренебрегая dZ, как бесконечно малой высшего порядка малости сравнительно с dY, имеем

$$dX = dZ = 0;\ dY = \frac{I_x}{V}\,d\varphi = ds,$$

где ds—бесконечно малая дуга перемещения ц. в.; замечая, что радиус кривизны всякой кривой $\varrho = \frac{ds}{d\varphi}$, получаем

$$\varrho_\varphi = \frac{I_x}{V} \text{ и } dY = \varrho_\varphi\,d\varphi.$$

ϱ_φ называется истинным метацентрич. радиусом для любого наклонного положения плавающего тела.



Фиг. 6.

Т. о., резюмируя вышесказанное, получаем следующую картину физич. явлений при наклонении плавающего тела парой сил: последовательные ватерлинии обкатываются по нек-рой цилиндрич поверхности S_0S_φ (фиг. 6), касаясь ее всегда своим ц. т.; в то же время ц. в. перемещается все время т. о., что касательная к кривой перемещения параллельна соответствующей ватерлинии и радиус кривизны в каждой точке равен истинному метацентрич. радиусу для того же угла крена. Зная положение ц. в. при любом угле крена, мы легко определим положение метацентра и прочие элементы О. с.

2) Начальная О. при крене. Пусть (фиг. 7) корабль накренен опрокидывающим моментом $M_R = R \cdot b$ на угол φ, грузовая ватерлиния его GWL перешла при этом из положения W в положение W_1, а ц. в. из положения F_0 в положение F, зависящее как от угла крена, так и от формы корабля; при этом ц. т. останется на месте (G_0), но направление сил тяжести и поддержания по отношению к кораблю изменится из показанного пунктиром в показанное сплошными линиями D и P. Тогда величина восстанавливающего момента M получится из ур-ия $M_R = M = P \cdot h$. Продолжая силу D до ее пересечения с диаметральной плоскостью корабля в точке M_0, назыв. метацентром, из фиг. 7 получим, что плечо h равно

$$h = \overline{M_0G_0}\sin\varphi.$$

Метацентрическая высота

$$\overline{M_0G_0} = \overline{M_0F_0} - \overline{F_0G_0},$$

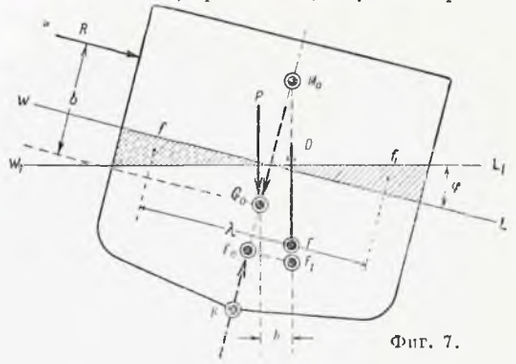
где $\overline{M_0F_0}$—поперечный метацентрический радиус ϱ_0, а $\overline{F_0G_0}$—высота ц. т. над ц. в., равная a_0. Т. о. имеем:

$$M = P(\varrho_0 - a_0)\sin\varphi, \qquad (1)$$

т. н. метацентрическую формулу остойчивости. Величина M определяет способность к выпрямлению данного корабля при данном угле наклонения. Из ур-ия (1), зная кренящий момент $M_R = R \cdot b$, можно определить угол крена из ур-ия:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Rb}{P(\varrho_0 - a_0)}.$$

Сама величина $P(\varrho_0 - a_0)$ характеризует абсолютно сопротивляемость наклонению различных кораблей в данном положении, а $\varrho_0 - a_0$ относительную величину этой сопротивляемости на m водоизмещения. Величина ϱ_0 остается практически постоянной лишь для небольших углов крена (5 — 10°), так как вообще $\varrho = f(\varphi)$ зависит от формы корпуса корабля; величина $a_0 = \text{Const}$ при неизменном расположении весов корабля; поэтому ф-ла (1) может применяться лишь для небольших углов наклонения и характеризует начальную остойчивость корабля. Изменение формы объема подводной части корабля при крене состоит в переносе клина объема v, заштрихованного на фиг. 7 пунктиром, в положение, заштрихованное сплошными линиями; при этом ц. т. f этой призмы



Фиг. 7.

перемещается в f_1 на расстояние λ а ц. в. F_0 перемещается в направлении движения ц. т. призмы на величину $\delta = \frac{v}{V}\lambda$. Если λ—проекция перемещения ц. т. клина на плоскость первоначальной ватерлинии, то $\varrho_0 = \frac{v \cdot \lambda}{V \cdot \sin\varphi}$ и ф-ла (1) м. б. заменена

$$M = D\left(\frac{v \cdot \lambda}{V \cdot \sin\varphi} - a_0\right)\sin\varphi = \Delta(v \cdot \lambda - V \cdot a_0 \sin\varphi)$$

(ф-ла Атвуда), где $\Delta = \frac{D}{V}$ — плотность воды. При малых углах наклонения заштрихованные на фиг. 7 тр-ки можно считать равными, и объем клина при бесконечно малом φ, или вертикальных бортах, по всей длине корабля

$$v = \frac{1}{2}\int_0^L y^2 \sin\varphi\, dx,$$

© ЭБС ГАНГ

где y—ордината грузовой ватерлинии, и интеграл берется по всей длине корабля L. Величина проекции перемещения ц. т. элемента клина λ м. б. принята при тех же условиях равной $2 \cdot \frac{2}{3} y$; тогда получаем, что проекция перемещения точки F_0 на направление параллельное GWL, т. е. $\overline{F_0F_1}$, будет:

$$\overline{F_0F_1} = \frac{\frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2} \int_0^L y^3 \sin\varphi \, dx}{V},$$

где V—объем подводной части судна, а т. к. $\varrho_0 = F_0F : \sin\varphi$, то

$$\varrho_0 = \frac{\frac{2}{3} \int_0^L y^3 \, dx}{V}. \qquad (2)$$

Обозначая числитель—момент инерции грузовой ватерлинии—через I_x и замечая, что $I_x = \frac{2}{3} \int_0^L y^3 \, dx$, имеем $\varrho_0 = I_x : V$. Т. к. $I_x = S \cdot r^2$, где S—площадь грузовой ватерлинии GWL, а r—радиус инерции ее, пропорциональной ширине корабля: $r = kB$, то

$$\varrho s_0 = k_1 \frac{B^2}{T}.$$

Приближенные значения величины k_1 для различных типов кораблей можно найти в справочниках. Точная величина ϱ_0 получается вычислением табличным способом интеграла I_x по правилам приближенного интегрирования. Напр., пользуясь правилом трапеций, имеем

$$\varrho_0 = \frac{1}{3h} \frac{\Sigma_0 y_i^3}{\Sigma_0 \Sigma_0 y_i}, \qquad (3)$$

где h—расстояние между теоретич. ватерлиниями, величина $\Sigma_0 \Sigma_0 y_i$ берется из расчета *плавучести* (см.), а величина $\Sigma_0 y_i^3$ получается вычислением, расположенным в табл. 1, в которую ординаты y заносятся с теоретического чертежа.

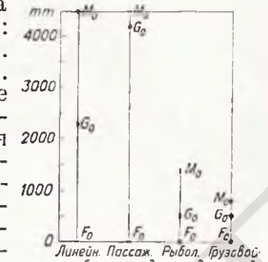
Табл. 1.—Форма таблицы для расчета начальной остойчивости.

№ шпангоутов	Ординаты действующей ватерлинии	Кубы ординат
0	y_0	y_0^3
1	y_1	y_1^3
2	y_2	y_2^3
.	.	.
.	.	.
.	.	.
$n-1$	y_{n-1}	y_{n-1}^3
n	y_n	y_n^3
Сумма $\sum y_i^3 =$		
Поправка $\frac{1}{2}(y_0^3 + y_n) =$		
Исправленная сумма $\sum_0 y_i^3 =$		

При пользовании одним из правил Симпсона или Чебышева, как ф-ла (3), так и форма табл. 1 изменяются. Величину a_0 определяют, зная G_0K (фиг. 7), находимое из таблицы нагрузок, и $\overline{F_0K}$, получаемое при расчете плавучести. Для данного корабля при неизменной нагрузке $a_0 = \text{Const}$. Нек-рые численные значения $\varrho - a_0$, характеризующие сравнительную сопротивляемость различных кораблей наклонению, даны ниже.

Тип судна	$\varrho - a$ в м
Речные пароходы большие	1,0—3,0
» » малые	0,5—1,0
Линейные корабли	0,9—1,8
Линейные крейсеры	0,8—1,6
Крейсеры, эскадренные миноносцы	0,7—1,0
Парусные яхты малые	1.0—1,5
» » большие	1,0—2,5
Парусные суда	0,6—0,9
Рыбачьи суда	0,7—0,8
Товаро-пассажирские пароходы	0.3—0,7
Буксиры, ледоколы	0,5—0,6
Грузовые пароходы	0,3—0,6
Трансатлантич. пароходы	0,2—0,5

Сравнительное положение точек F_0, G_0 и M_0 для нек-рых судов дано на фиг. 8. Если метацентрич. высота M_0G_0, а вместе с ней и восстанавливающий момент $M > 0$, то судно остойчиво; если $M < 0$—судно не остойчиво; если $M = 0$, судно валко. Знак M зависит от знака $\varrho_0 - a_0$; отсюда вытекает условие О.с.: метацентр (M_0) д. б. выше ц. т. корабля. Если это условие не выполнено, M увеличивает крен корабля до момента опрокидывания или до некоторого предела. Для подводных судов при полном погружении F_0—неподвижно, понятие метацентра отсутствует и т. о. $M = -Pa \sin\varphi$, т. е. остается лишь остойчивость веса; при этом $M > 0$, если G_0 лежит ниже F_0. В момент погружения имеют место обычные условия, осложняемые приемом жидкого груза при заполнении цистерн. Т. к. вообще в надводном положении G_0 лежит выше F_0, то при погружении точка F_0 должна пройти через G_0, и в этот момент лодка находится в положении неустойчивого равновесия. Это обстоятельство требует при конструировании подводных лодок тщательного изучения условий их остойчивости в момент погружения (см. *Подводные суда*).



Фиг. 8.

Для приближенного вычисления ϱ_0 применима формула

$$\varrho_0 = \frac{B^2}{11{,}4T} \frac{\gamma^2}{\delta},$$

где B и T—ширина и углубление судна, γ—коэфициент полноты площади грузовой ватерлинии и δ — коэфициент водоизмещения. Эта ф-ла с достаточной степенью точности м. б. принята в следующем виде:

$$\varrho_0 = \frac{B^2}{12T}.$$

3) О. с. при больших углах крена. Ф-ла (1) остается и в этом случае в силе, но величина ϱ переменна, определяясь формой корабля и углом φ, поэтому можно написать, что

$$M = P(\varrho_\varphi - a_0)\sin\varphi. \qquad (4)$$

До входа кромки палубы в воду $\varrho_\varphi \cong \varrho_0$.

Так как можно принять $P = \text{Const}$. то О. с. можно охарактеризовать величиной

$$h_\varphi = \frac{M}{P} = (\varrho_\varphi - a_0)\sin\varphi$$

плечом статической остойчивости. При вычислении ϱ_φ сделанное выше допущение о равенстве тр-ков, заштрихованных на фиг. 1, не будет иметь места, а потому приведенные выводы следует приложить отдельно к входящему и выходящему клину. Поэтому ф-ла (2) примет такой вид:

$$\varrho'_\varphi = \frac{1}{3V} \int_0^L (a_i^3 + b_i^3)\, dx,$$

где a_i—ординаты входящей, а b_i—выходящей из воды части грузовой ватерлинии. Кроме того мгновенная ось вращения, проходящая всегда через ц. т. грузовой ватерлинии, сместится на величину

$$\xi_\varphi = \frac{1}{2S_\varphi} \int_0^L (a_i^2 - b_i^2)\, dx,$$

где S_φ — площадь действующей грузовой ватерлинии, равная $S_\varphi = \int_0^L (a_i + b_i)\, dx$. Поэтому получим

$$\varrho_\varphi = \varrho'_\varphi - \frac{S_\varphi \cdot \xi_\varphi^3}{V},$$

где ϱ'_φ — поперечный метацентрический радиус, вычисленный без учета смещения оси вращения на величину ξ_φ. Само вычисление ϱ_φ для каждого наклонения производится по форме, данной в табл. 2.

Табл. 2.—Форма для вычисления остойчивости при конечном угле крена.

№ шпангоутов i	Входящие ординаты a_i	Выходящие ординаты b_i	$\frac{a_i^2}{100}$	$\frac{b_i^2}{100}$	$\frac{a_i^3}{1\,000}$	$\frac{b_i^3}{1\,000}$
1						
2						
.						
.						
.						
9						
Суммы	Σa_i	Σb_i	Σa_i^2	Σb_i^2	Σa_i^3	Σb_i^3

Знаменатели 100 и 1 000 вводятся для упрощения расчета, в к-ром следует выписывать лишь четыре значащих цифры. По правилу Чебышева (при 9 ординатах) получим:

$$S_\varphi = \frac{L}{9}\left(\sum a_i + \sum b_i\right);$$

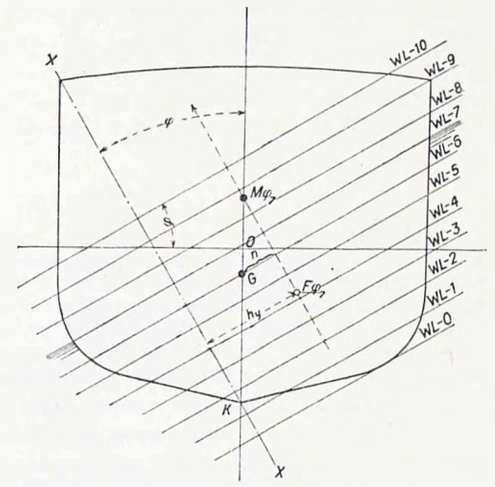
$$\xi_\varphi = \frac{100}{2} \frac{\Sigma a_i^2 - \Sigma b_i^2}{\Sigma a_i + \Sigma b_i};$$

$$\varrho'_\varphi = \frac{L \cdot 1000}{3 \cdot 9 \cdot V}\left(\sum a_i^3 + \sum b_i^3\right).$$

Для низкобортного корабля, когда кромка борта входит в воду, ординаты a_i и b_i, снятые с чертежа от точки O (фиг. 9), вызовут ошибку в результате; поэтому предварительно определяют изменение осадки, к-рое необходимо сделать для каждого угла крена, чтобы сохранить $V = \text{Const}$, т. к. при неравенстве клиньев входящего и выходящего это условие нарушается. Величина изменения осадки выражается следующим равенством:

$$\varepsilon_\varphi = \frac{v_a - v_b}{S_\varphi};$$

само вычисление производится по таблицам методом приближенного интегрирования. Проведя новую ватерлинию выше или ниже прежней, снимают ординаты a'_i и b'_i от точки пересечения грузовой ватерлинии и действующей; дальше вычисление производят как указано выше. Описанный метод Barnes'a, обработанный академиком А. Н. Крыловым, не единичен. Не касаясь методов инженера Р. А. Матросова и инженера Н. К. Арцеулова [1], остановимся кратко на способах Fellow и Middendorf'a. При первом



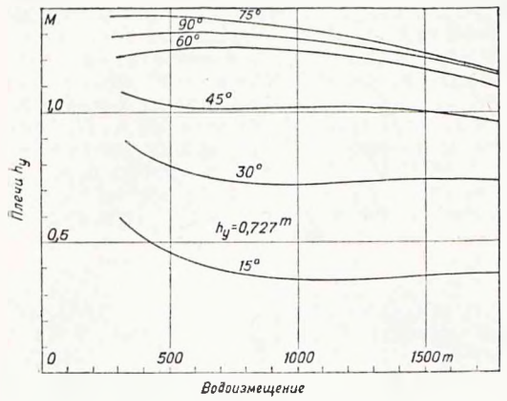
Фиг. 9.

способе на теоретич. чертеж накладывают две восковки: одну с градусной сеткой через 10° центром на точку K, другую с серией ватерлиний перпендикулярно оси наклонения XX (фиг. 9). Для каждого угла наклонения φ и каждой ватерлинии измеряют интегратором подводные площади шпангоутов и их моменты относительно оси XX. Затем находят водоизмещение и момент его относительно той же оси для каждой ватерлинии; деля второй на первое, получают плечи h_y объема подводной части судна для данного угла крена и данной ватерлинии относительно точки K. Откладывая их как ординаты на абсциссах, соответствующих водоизмещению для измеренного случая, и, соединяя точки для одного угла крена, получают серию поперечных кривых остойчивости (фиг. 10). Откладывая по оси абсцисс углы крена, а по оси ординат плечи и взяв в качестве параметра водоизмещение, получают для каждого водоизмещения кривую плеч h_y в функции угла крена. Для получения величины плеча остойчивости $h_\varphi = (\varrho_\varphi - a_0)\sin\varphi$ пользуются следующей формулой

$$h_\varphi = h_y - GK \cdot \sin\varphi.$$

Этот способ дает серии плеч остойчивости для различных осадок. Для военного корабля проще вычислить значения ϱ_φ по способу, предложенному Barnes'ом, а поправки к ним по способу академика А. Н. Крылова.

Способ Middendorf'а основан на следующем свойстве интегральной кривой. Если (фиг. 11) от киля построить кривую водоизмещения до действующей ватерлинии, то отстояние ц. в. F_0 от последней l будет равно

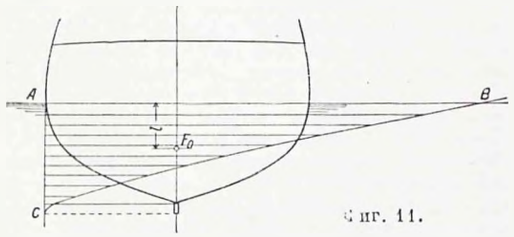


Фиг. 10.

площади ABC, деленной на абсциссу кривой AB. Построив для каждого наклонения по две кривых водоизмещения—одну от киля по диаметральной плоскости и другую от точки A по ватерлинии, определяют положение (фиг. 12) F_φ как точку пересечения отстояний F_φ от AB и BC. Зная положения F_φ для разных наклонений, легко вычислить ϱ_φ и ординаты кривых поперечной остойчивости. Само вычисление ординат кривых водоизмещения производится планиметром или табличным способом. Для вертикальных прямых бортов можно пользоваться приближенной ф-лой:

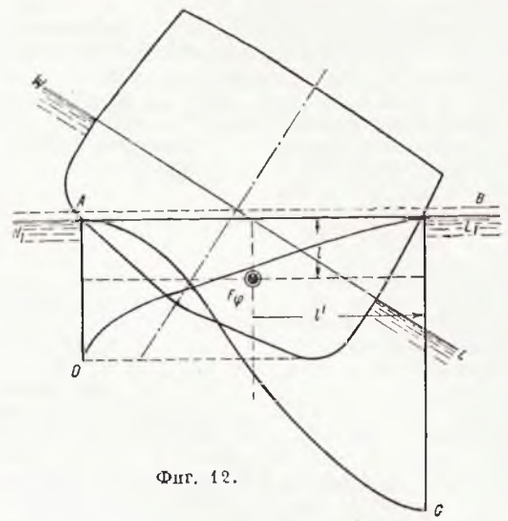
$$h_\varphi = (\varrho_0 - a_0)\sin\varphi + \varrho_0 \sin\varphi \frac{\operatorname{tg}^2\varphi}{2}. \qquad (5)$$

4) Диаграмма Рида. Отложив по оси абсцисс углы наклонений, а по оси ординат соответствующие плечи остойчивости,



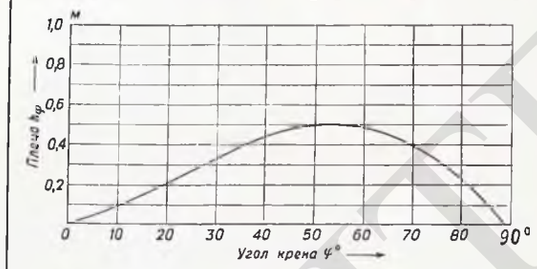
Фиг. 11.

получим кривую изменения плеч остойчивости в зависимости от угла наклонения, т. н. диаграмму Рида, или диаграмму статич. остойчивости (фиг. 13). Эта диаграмма дает полную характеристику остойчивости корабля при различных углах наклонения для данных водоизмещения и положения ц. т. корабля; ее ординаты пропорциональны выпрямляющему моменту, поэтому она представляет способность корабля к выпрямлению. Из фиг. 13 например видно, что восстанавливающий момент растет по мере увеличения угла наклонения до ~52°, далее он начинает уменьшаться, и при 89° восстанавливающий момент равен 0, т. е. при этом угле крена после прекращения действия возмущающей силы корабль остается в положе-



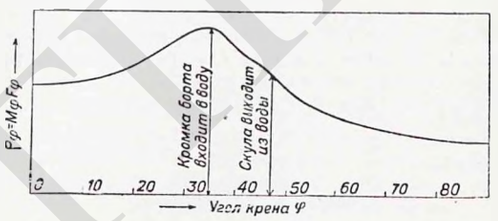
Фиг. 12.

нии безразличного равновесия, а если на него подействует новая сила, то корабль опрокидывается. Так как член $a\sin\varphi$ в основной ф-ле (1) возрастает до 90°, то падение кривой зависит от формы кривой пер-



Фиг. 13.

вого члена $\varrho_\varphi \sin\varphi$. Кривая значений ϱ_φ в зависимости от угла крена дана на фиг. 14, из которой видно, что падение кривой ϱ_φ начинается после входа в воду кромки борта, выход из воды скулы противоположного борта



Фиг. 14.

еще более усиливает падение кривой. Таким образом правильно построенный и нагруженный корабль не переворачивается и безопасен до крена, при котором кромка палубы входит в воду.

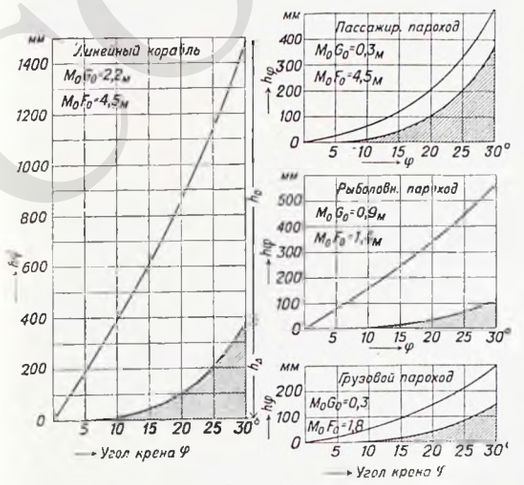
Ф-ла (5) м. б. представлена т. о.: $h_\varphi = h_0 + h_\Delta$; член h_0—плечо начальной метацентрич. остойчивости [$h_0 = M_0G_0 \sin\varphi = (\varrho_0 - a_0)\sin\varphi$] и

h_Δ—плечо добавочной остойчивости формы разно влияют на характер кривой Рида. На фиг. 15 вычерчены кривые h_φ для одних и тех же значений h_Δ, но для различных положений ц. т., т. е. для различных M_0G_0. Пле-



Фиг. 15.

чо начальной остойчивости h_0 определяет величину статической остойчивости, характер же изменения остойчивости при конечных углах крена зависит от члена h_Δ. Влияние этого члена у судов различных типов на плечо остойчивости h_φ



Фиг. 16.

видно из фиг. 16. Наибольшую остойчивость имеет судно при большом $\varrho_\varphi - a_0$ и большом ϱ_φ, однако это вызывает резкую качку, поэтому значение величин ϱ_φ и $\varrho_0 - a_0$ ограничивается известными пределами, смотря по типу и условиям службы корабля. Для военных судов обе величины д. б. большими, учитывая боевые повреждения (это однако влияет на меткость стрельбы при качке), океанские суда должны иметь большое ϱ_φ и небольшое $\varrho_0 - a_0$. Рыбачьи суда, учитывая прием рыбы, должны иметь большую $\varrho_0 - a_0$ и малое ϱ_φ, наконец обычные грузовые суда могут иметь обе величины небольшими. На фиг. 15 обе нижних кривых показывают, что судно может не опрокидываться, имея $(\varrho_0 - a_0) < 0$ до некоторого угла крена $M < 0$, но далее он увеличивается, корабль в этом случае имеет лишь в положении свободного равновесия нек-рый постоянный угол крена. На фиг. 17 дано взаимное отношение членов h_0 и h_Δ. Зависимость между величинами $\varrho_0 - a_0$ и h становится еще яснее из фиг. 18. Угол наклона кривой Рида в точке H м. б. вычислен из соотношения:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\delta h}{\delta\varphi},$$

а так как

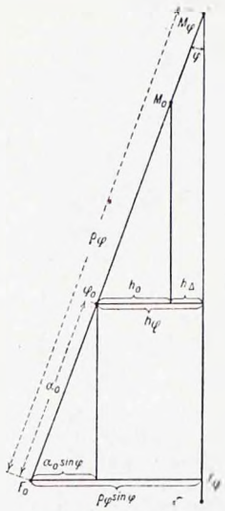
$$h = (\varrho_\varphi - a_0)\sin\varphi,$$

то $\operatorname{tg}\alpha = \frac{(\varrho_\varphi - a)\sin\varphi}{\delta\varphi}$; при малом угле наклонения от точки H:

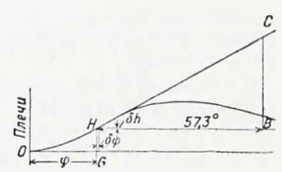
$$\varrho_\varphi - a_0 = \text{Const и } \operatorname{tg}\alpha = (\varrho_\varphi - a_0)\frac{d\sin\varphi}{d\varphi} =$$

$$= (\varrho_\varphi - a_0)\cos\varphi;$$

при $\varphi = 0$, $\operatorname{tg}\alpha = \varrho_\varphi - a_0$, т. е. тангенс угла наклона кривой Рида к оси абсцисс в любой точке есть метацентрич. высота для данного наклонного положения корабля. Если отложить по прямой HB, параллельной оси абсцисс, отрезок, равный 1 радиану (57,3°), то отрезок CB будет равен $\operatorname{tg}\alpha$ или $\varrho_\varphi - a$. Сделав построение в точке O, найдем $\varrho_0 - a_0$, начальную метацентрическую высоту (фиг. 19) для разных кривых статич. остойчивости MG_1, MG_2, MG_3. Из фиг. видно как

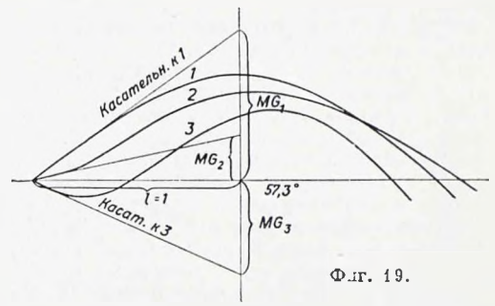


Фиг. 17.



Фиг. 18.

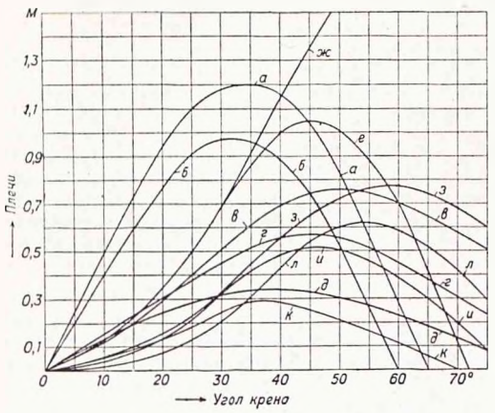
$\varrho_0 - a_0$ определяет характер кривой. Для суждения об остойчивости при постоянном угле крена φ нужно исходить из точки H, соответствующей этому углу крена (фиг. 18). Величина $\varrho_\varphi - a_0$ характеризует относительную сопротивляемость корабля дальнейшему на-



Фиг. 19.

клонению при разных углах крена. Серия кривых Рида для судов разных типов приведена на фиг. 20: *а*—броненосный крейсер, $V = 30\,000$ *т*, $M_0G = 2{,}7$ *м*; *б*—линейный корабль, $V = 26\,000$ *т*, $M_0G = 2{,}1$ *м*; *в*—малый крейсер, $V = 6\,000$ *т*, $M_0G = 0{,}66$ *м*; *г*—миноносец при $V = 2\,000$ *т*, $M_0G = 0{,}88$; *д*—то же судно при $V = 1\,600$ *т*, $M_0G = 0{,}80$ *м*;

е—крупный пассажирский пароход, $M_0G=0{,}66$ *м*; *эс*—то же судно, но принимая при расчете во внимание наличие палубных надстроек; *з*—средний товаро-пассажирский пароход, $M_0G\cong 0{,}3$ *м*; *и*—грузовой пароход, $M_0G=0{,}2$ *м*; *к*—употребительная в Англии форма кривой для грузовых пароходов средней величины, $M_0G=0{,}25$ *м*; *л*—грузовой пароход с нагруженным на палубе лесом при плавании по Балтийскому морю, $M_0G=0$,



Фиг. 20.

вследствие чего получается очень медленная качка, не интерферирующая с короткими волнами моря.

Первоначальное понятие о начальной метацентрической высоте ϱ_0-a_0 и начальном метацентрич. радиусе ϱ_0 при $\varphi=0°$ расширяется до общего понятия метацентрич. высоты $\varrho_\varphi-a_0$ и метацентрич. радиуса ϱ_φ. Эти понятия связываются геометрически с формой корабля, единственным геометрическ. свойством которого является симметрия относительно диаметральной плоскости. Проводя ряд плоскостей, отсекающих от корабля один и тот же подводный объем V при разных углах наклонения и построив огибающую этой системы плоскостей, мы получим цилиндрич. поверхность плавания — поверхность W, к-рая будет касаться ватерлиний в ц. т. их площадей и т. о. явится геометрич. местом ц. т. ватерлиний, отсекающих от корабля один и тот же подводный объем. Каждой ватерлинии будет отвечать определенный центр величины, а геометрич. место центра величины образует кривую ц. в. F. Касательные к этой кривой параллельны соответствующей ватерлинии. Нормали, являющиеся направлением силы поддержания при данном наклонении, образуют систему прямых, расположенных в одной плоскости. Точки пересечения этих нормалей образуют эволюту кривой F, к-рая называется метацентрической кривой и является геометрич. местом центров кривизны кривой F. Т. о. истинный метацентрич. радиус является радиусом кривизны кривой F. Метацентры, находясь на метацентрич. кривой, не лежат на одной прямой, и т. о. определение метацентра как точки пересечения силы поддержания с диаметральной плоскостью правильно только в отношении начального метацентра, а в общем случае истинный метацентр есть центр кривизны кривой F. Опуская из ц. т. корабля перпендикуляры на метацентрические радиусы и найдя геометрич. место их оснований (подножная кривая метацентрич. кривой), получим т. н. полярную диаграмму остойчивости, дающую величины h_φ чисто геометрически.

5) О. с. при наклонениях около осей, не совпадающих с главными осями инерции площади ватерлинии. При дифференте происходят качественно те же явления, что и при крене. Также имеем: продольный метацентр, продольный метацентрич. радиус, высоту метацентра над ц. т. судна и продольную метацентрическую высоту. Начальная остойчивость характеризуется восстанавливающим моментом:

$$M_l=P\,(R_0-a_0)\sin\psi,$$

причем $R=\frac{I_y}{V}$, где I_y—момент инерции грузовой относительно поперечной оси, проходящей через ее ц. т. Вычисление элементов продольной остойчивости производится аналогично с элементами поперечной остойчивости, учитывая различное положение осей симметрии в обоих случаях. Для приближенного вычисления R применима следующая формула

$$R=\frac{L^2}{14T}\frac{\gamma^2}{\delta}\simeq\frac{L^2}{14T}.$$

Так как величина M_l значительно больше M, то практически поперечная остойчивость имеет решающее значение, и вопросы продольной остойчивости возникают в исключительных случаях службы корабля.

Наклонение около произвольной оси, проходящей через ц. т. площади ватерлинии, сводится к наклонениям поперечному и продольному; здесь также получаем аналогичную ф-лу для начальной остойчивости, причем момент инерции относительно оси наклонения будет

$$I_a=I_x\cos^2\alpha+I_y\sin^2\alpha,$$

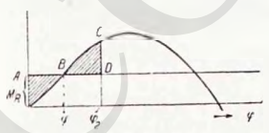
а угол наклонения

$$\theta=\varphi\cos\alpha+\psi\sin\alpha,$$

где α—угол наклона оси наклонения к диаметральной плоскости (оси X). Геометрич. рассмотрение вопроса приводит к заключению, что поверхность центров (т. е. поверхность, касательная к ватерлинии при различных наклонениях корабля) имеет плоскость наименьшей и наибольшей кривизны, к-рые совпадают с диаметральной и поперечной плоскостью, проходящей через ц. т.

6) Динамическая О. с. Изложенная выше часть учения об О. с. рассматривает вопрос, исходя из условия равновесия между моментами кренящим и восстанавливающим. Если первый M_R больше второго M, то судно продолжает крениться до достижения равенства $M_R=M_\varphi$, при некотором угле крена φ. Если $M_R<M_\varphi$, то судно выпрямляется до угла крена φ_1, удовлетворяющего равенству $M_R=M_{\varphi_1}$. Зная максимальную величину M_R для данного судна в его районе плавания, легко определить достаточность остойчивости этого судна. В действительности уравновешивание моментов

происходит динамически, в движении, что вносит в учение об остойчивости нек-рые поправки. Для этого рассматривают не только силы и моменты, действующие на корабль (статику вопроса), но и движения самого корабля (кинематику) и связь между ними (динамику остойчивости). Т. к. возмущающая сила и опрокидывающий момент вызывают качку корабля, то кинематика остойчивости относится к учению о качке (см. *Теория корабля*). Динамич. подход к вопросу будет состоять в рассмотрении работы, как опрокидывающего, так и восстанавливающего моментов. Если откладывать по оси абсцисс путь, пройденный телом (углы поворота корабля), а по оси ординат—действующие величины силы (величины, пропорциональные восстанавливающим моментам,—плечи остойчивости), то площадь между кривой нарастания силы, осью абсцисс и ординатой на нек-ром участке пути даст (в нек-ром масштабе) работу силы. При наклонении любым переменным по времени кренящим моментом M_R (фиг. 21) корабль приходит к положению статич. равновесия B с нек-рой конечной живой силой, равной разности работ на данном участке кренящего и восстанавливающего моментов (т. е. площадь OAB); в силу инерции корабль продолжает крениться дальше до угла φ_2, пока вся живая сила не будет истрачена на преодоление работы восстанавливающего момента, т. е. пока площадь $BДC$ не будет равна OAB. Затем корабль начнет выпрямляться, перейдет снова с той же живой силой точку равновесия и отклонится до начального положения и т. д., пока в действительности вся энергия не будет затрачена на преодоление различных необратимых сопротивлений (трения, волнообразования и т. п.). Площадь диаграммы статич. остойчивости до ординаты φ даст работу A_m, затраченную на накренивание корабля на этот угол. Из фиг. 22 имеем:



Фиг. 21.

$$A_m=\int_0^\varphi h_\varphi\cdot d\varphi=P\int_0^\varphi(\varrho_\varphi-a_0)\sin\varphi\,d\varphi.$$

Для малых углов $\varrho_\varphi=\varrho_0$ и

$$A_{m_0}=\int_0^\varphi P(\varrho_\varphi-a_0)\sin\varphi\,d\varphi=$$

$$=P\,(\varrho_0-a_0)\sin\varphi\,\mathrm{tg}\,\tfrac{\varphi}{2}.$$

Связь между M и A_{m_0} будет такая:

$$A_{m_0}=M\cdot\mathrm{tg}\,\tfrac{\varphi}{2}. \qquad (6)$$

Аналогично моменту статич. остойчивости можно написать:

$$A_m=P\cdot r_\varphi,$$

где r_φ называется плечом динамич. остойчивости.

7) Практическое значение диаграммы Рида. Нормальные условия плавания корабля не должны допускать крена большего, чем угол, соответствующий максимуму диаграммы Рида, нисходящая ветвь к-рой предназначается для погашения случайных динамических моментов. Площадь кривой Рида д. б. достаточна для погашения энергии возможного на практике опрокидывающего момента. При динамическом исследовании О. с. существенное значение имеет избыток работы крепящего момента по сравнению с восстанавливающим на протяжении того же угла крена. Поэтому если корабль уже был ранее наклонен некоторым моментом M_R до угла φ_1 и после этого к нему был приложен увеличенный момент M'' (напр. порыв ветра), то увеличение крена (до φ_2, по условию равенства площадок A_1' и A_1) будет значительно меньше, чем в том случае, когда этот увеличенный момент начал бы действовать на непакрененный корабль (до угла φ_3, по условию равенства площадок A_2 и A_2'). Особенно опасным для корабля является тот случай, когда он накренен моментом M_R'' на один борт, а затем моментом M_R''', напр. силой шквала с подветра, он будет переложен на другой борт. В этом случае (начальный угол крена φ_1) кинетич. энергия корабля выражается всей площадью A_3 и легко возможно, что незначительные сами по себе углы наклона могут повести к перевертыванию корабля, т. к. площадь A_2' может оказаться недостаточной для поглощения всей живой силы корабля. Для такого случая судно с отрицат. остойчивостью в прямом положении может оказаться более надежным, т. к. при равном запасе динамич. остойчивости расходование ее на переворачивание судна на другой борт меньше, опасность опрокидывания тоже меньше. Отсюда понятно, что О. с. характеризуется не только h_{max}, но и φ_{max}, при к-ром плечо статич. остойчивости вновь становится равным нулю. Эти характеристики приведены в табл. 3.



Фиг. 22.

Табл. 3.—Характеристики остойчивости судов различного типа.

Класс или тип судна	h_{max}, *м*	φ_{max}, град.
Малые грузовые и рыбачьи суда	0,30	70
Парусные суда	0,40	75
Грузовые »	0,50	75
Товаро-пассажирские	0,70	75
Трансатлантики	1,00	72
Эскадренные миноносцы	0,35	75
Легкие крейсеры	0,75	75
Линейные корабли	1,00	60
Крейсеры	1,20	65

8) Изменение О. с. при изменении первоначальных условий. Приведенные ф-лы и расчеты дают возможность вычислить элементы остойчивости для любого корабля при проектной нагрузке. На грузовых судах однако нагрузка резко изменяется по величине и распределению при погрузке и выгрузке грузов. Поэтому знания величины ϱ_0-a_0 недостаточно, и необходимо еще иметь диаграмму, позволяющую быстро определять ϱ_0-a_0 для различ-

ных случаев нагрузки. Для этой цели для грузовых судов изготовляют диаграмму, дающую положение точек F_0 и M_0 при различной осадке, и на ней же наносят положения точки G_0 при погрузке различных грузов. Эта т. н. метацентрич. диаграмма позволяет сделать без затруднений все необходимые подсчеты. Точно так же при изменении нагрузки изменяется и диаграмма Рида. Если корабль принимает груз больший, чем 12—15% водоизмещения, то необходимо весь расчет остойчивости сделать заново, учитывая новое положение центров G_0 и F_0. Если принятый груз меньше указанного %, то добавочный расчет упрощается, т. к. действующие ватерлинии при одном и том же угле крена будут весьма близки друг к другу и их моменты инерции можно считать равными. Это обстоятельство позволяет получить новые значения метацентрического радиуса умножением на $\frac{V}{V+\Delta V}$, что делается просто на счетной линейке. Если корабль принимает жидкий груз, то дело усложняется тем, что при крене он переливается, а следовательно в расчетные ф-лы следует ввести поправку на перемещение ц. т. корабля при крене. Так как перемещение клиньев на фиг. 7 вызывает увеличение восстанавливающего момента M, а перемещение жидкого груза вызовет увеличение опрокидывающего момента, то можно считать, если жидкий груз вода, что

$$\varrho_1 = \varrho_0 - \Delta\varrho = \frac{I}{V} - \frac{i}{V},$$

т. к. определение Δ_ϱ аналогично определению ϱ_0, если i—момент инерции свободного уровня жидкого груза; отсюда

$$\varrho_1 = \frac{I-i}{V}.$$

Если жидкий груз появляется в результате затопления всего или части отсека, то изменение метацентрич. высоты будет след.:

$$\Delta\overline{M_0G} = (\varrho_1 - a_1) - (\varrho_0 - a_0),$$

где a_1—новое возвышение ц. т. над ц. в. Если вода заполнила отделение целиком и не имеет сообщения с забортной, то

$$\Delta\overline{M_0G_1} = \frac{p}{P+p}\left[T - (\varrho_0 - a_0) + \frac{\varepsilon}{2} - z\right]. \quad (7)$$

При тех же условиях, но если вода в отделении переливается, то

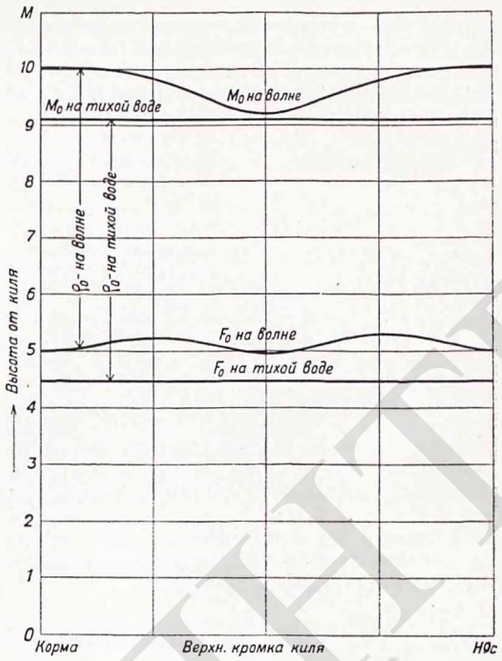
$$\Delta\overline{M_0G_2'} = \Delta\overline{M_0G_1} - \frac{i}{V};$$

если вода имеет сообщение с забортной, то

$$\Delta\overline{M_0G_3} = \frac{p}{P}\left(T + \frac{\varepsilon}{2} - z\right) - \frac{i + sb^2}{V}.$$

Во всех ф-лах P и V—первоначальный вес и подводный объем корабля, p—вес воды и z—высота относительно G_0 ц. т. объема влившейся воды, ε—переуглубление, T—основное углубление судна, i, s и b—момент инерции, площадь и расстояние ц. т. свободной поверхности жидкости в затопленном отделении от ц. т. корабля. На южноамериканских трансатлантиках громадный расход угля к концу рейса понижает начальную и статич. остойчивость, во избежание чего по борту устраивают специальные наделки, части к-рых служат наружными цистернами Фрама; действие этих наделок максимально при φ=0°. Другим способом увеличения О. с. является приемка балласта, понижающая положение ц. т. корабля; это средство дает максимальный эффект при 90° крена; т. о., целесообразно комбинируя оба средства, можно достигнуть желаемых результатов.

Вначале было упомянуто, что изменение других мореходных качеств влияет на О. с. Так, изменение пловучести, т. е. увеличение или уменьшение осадки, зависящее от приема или расходования груза, уже рассмотрено. Изменение силы поддержания на волнении вследствие инерции поднимающегося и опускающегося ц. т. корабля имеет большое значение при боковой качке. На вершине волны благодаря этому О. с. уменьшается, на подошве—возрастает. Для средних грузовых пароходов при падении силы поддержания на 8—10% метацентрическая высота уменьшается иногда до нуля, что особенно опасно для рыбачьих судов.



Фиг. 23.

Изменение формы грузовой ватерлинии и положения ц. в. при килевой качке особенно сильно при волне, идущей от носа к корме. Вообще это изменение повышает положение ц. в. Момент инерции грузовой ватерлинии на вершине уменьшается, на подошве увеличивается, и ϱ в среднем остается неизменным, а $\overline{MG}$ — увеличивается; фиг. 23 дает картину изменения положения центров при этом в зависимости от положения гребня волны относительно длины судна. Влияние хода корабля на остойчивость зависит от волн, поднимаемых на ходу, и динамич. действия частиц воды. При увеличении волнового сопротивления на больших ходах численно изменение положения метацентра достигает, напр. у эскадренных миноносцев, 10 *см*, у глиссеров и амфибий значительно больше. Кроме того работа винтов создает некоторый опрокидывающий момент. Влияние поворотов сказывается в создании крена, изменяющего начальные условия остойчивости. Рассмотрение условий остойчивости, особенно при больших углах крена, приводит к заключению о значительном благоприятном влиянии на остойчивость надводных частей и надстроек корабля, входящих в воду по мере увеличения крена.

Особо следует остановиться на изменении остойчивости при дифференте, когда часть палубы заливается водой. В этом случае I может настолько уменьшиться, что судно перевернется. Поэтому для сохранения остойчивости необходимо избегать возможности этого устройством водонепроницаемых отсеков и гл. обр. доведением переборок до главной палубы (см. *Непотопляемость*).

9) Факторы О. с. Влияние главных размеров корабля: L—длины, B—ширины и T—углубления м. б. учтено след. образом. Из ф-лы $\varrho_0 = I : V$, пользуясь ее приближенным значением

$$\varrho_0 = Sr^2 : V$$

при изменении ширины B на $B_1 = nB$, получаем

$$\varrho_0' = Sn(rn)^2 : Vn;$$

отсюда

$$\varrho_0' : \varrho = n^3 : n = n^2.$$

Т. е. метацентрич. радиус, а при a = Const и метацентрич. высота возрастают пропорционально квадрату увеличения B. Точно так же можно получить, что изменение L не влияет на ϱ_0 и $\varrho_0 - a_0$, и эти величины возрастают обратно пропорционально увеличению осадки. Если изменяются одинаково все размеры, то

$$\varrho_0' = Sn^2(rn)^2 : Vn^3 = n\varrho_0.$$

Точно так же восстанавливающий момент M^{I} при изменении ширины будет:

$$M^{\mathrm{I}} = Vn \cdot hn^2 = Mn^3,$$

т. е. изменится пропорционально кубу изменения B.

При изменении одного L имеем $M^{\mathrm{II}} = Mn$, т. е. M^{II} меняется пропорционально изменению L.

При изменении осадки T имеем: $M^{\mathrm{III}} = M$ и при изменении всех размеров: $M^{\mathrm{IV}} = Mn^1$. При изменении подводных обводов судна при одновременном увеличении водоизмещения точка M_0 опускается и момент остойчивости уменьшается тем в большей степени, чем острее судно, и обратно: M_0 поднимается и момент остойчивости возрастает тем в большей степени, чем полнее судно. Если водоизмещение не меняется, то момент остойчивости остается постоянным, но M_0 опускается тем больше, чем обводы судна острее, и поднимается тем больше, чем полнее обводы судна. Из ф-лы (7) следует вывод о влиянии приема и расходования груза на $\varrho_0 - a_0$. Величина $T + \frac{\varepsilon}{2} - (\varrho_0 - a_0)$ представляет высоту над килем такой горизонтальной плоскости, к-рая лежит настолько же ниже средней ватерлинии, насколько M_0 лежит выше G_0. В случае если груз принимается ниже этой плоскости, $\varrho_0 - a_0$ увеличивается, если выше—уменьшается; в случае расходования груза—наоборот.

10) Использование результатов. Учение об О. с. имеет применение, кроме обычных условий службы корабля, в различных случаях его жизни, позволяя определять дальнейшее поведение корабля. Так, при посадке корабля на камень, если нос поднялся на n *м*, корма на k *м* и судно получило крен φ и дифферент ψ. то абсциссы точки дна, к-рой корабль сидит на камне, будут следующие:

$$x = (R_0 - a_0)\frac{V}{Q}\psi \text{ и } y = (\varrho_0 - a_0)\frac{V}{Q}\varphi,$$

где Q—сила давления на камень $= \gamma S \frac{n+k}{2} m$,

γ—плотность воды и S—площадь грузовой ватерлинии. Точно так же место касания корабля к мели м. б. определено по изменению осадки дифферента, равно как и опасность опрокидывания. Пользуясь величиной $R_0 - a_0$, можно определить давление на блоки при постановке в сухой док. Помимо судов расчет остойчивости производится для пловучего крана и дока. Особое значение имеет остойчивость при спуске на воду судна не вполне законченного постройкой (см. *Судостроение*), когда неправильные расчеты могут повести к опрокидыванию судна в момент спуска на воду.

Лит.: Шиманский Ю. В. и Гарденин М. Ф., Справ. книга для корабельных инженеров, П., 1916.—Крылов А. Н., Учебник теории корабля, СПБ, 1913; Фан-дер-Флит А. П., Теория корабля, ч. 1—3, СПБ, 1911—16; Biles J. H., The Design a. Construction of Ships, 2 ed., v. 2, L., 1923; Herner H., Die Theorie d. Schiffes, 2 Aufl., Lpz., 1921; Pollard J. et Dudebout A., Architecture navale, t. 1, P., 1890; Bataille L., Problèmes de stabilité, de déplacement et d'assiette du navire, 2 éd., P., 1925; Cowell, The Stability of Ships in Practice, 2 ed., London, 1919; Hillhouse P., Ship Stability a. Trim, L., 1919; Rondeleux M., Stabilité du navire en eau calme et en mer agitée, P., 1911; Johow-Foerster E., Hilfsbuch f. d. Schiffbau, 5 Aufl., B., 1928; Schmidt A., Die Stabilität von Schiffen, B., 1892.

Р. Тишбейн.

ОСУШЕНИЕ почвы, один из приемов мелиорации, имеющий целью понижение уровня воды в почве и грунте, устранение в них чрезмерной влажности в целях прекращения роста болот и последующей эксплоатации их под сел.-хоз. культуры или оздоровления местности, а грунтов—в целях возможности заложения в них оснований и фундаментов сооружений. Объектом осушительных работ м. б. минеральные почвы с тяжелыми глинами, расположенными в пониженных местах рельефа, имеющих непроницаемую подпочву, и разного рода болота и заболоченные угодья (см. *Заболачивание*) и всякого рода грунты, подверженные постоянному или периодич. *затоплению* (см.). Со строительной точки зрения необходимость О. грунтов вызывается тем обстоятельством, что основания сооружений, находясь в условиях попеременной сухости и влаги, быстро разрушаются или дают неравномерную осадку, вследствие чего в сооружениях появляются трещины. В агрономич. отношении избыток влаги в почве влечет ряд неблагоприятных условий, заключающихся в следующем. 1) Вода, занимая промежутки между частицами почвы, затрудняет и останавливает химико-биологич. процессы перехода органического вещества в минеральное, усвояемое растениями. 2) Испарение из почвы, богатой водой, идет сильнее, а пото-

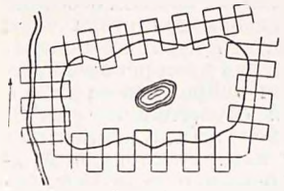
му сильнее охлаждаются почвы и вследствие этого замедляются процессы превращения органич. вещества в усвояемые минеральные соли, прорастание семян идет медленнее, культурная растительность развивается слабо, а сорная – сильнее, и наконец заморозки более часты и более губительны. 3) Чрезвычайно затруднена и запаздывает с.-х. обработка влажных полей, что влечет сокращение напр. в северной и центральной части СССР вегетационного периода для ценных с.-х. культур. 4) Переувлажненные луга и пастбища дают сено на корм низкого качества. 5) Нек-рые растения в определенные моменты вегетационного периода совершенно не могут мириться с повышенной влажностью в почвах. 6) Обилие болот и заболоченных пространств не только препятствует проведению правильно устроенных дорог, но и делает заболоченные пространства недоступными для прохода и проезда. 7) Заболоченные районы вызывают эпидемические заболевания человека и животных (малярия, печеночные глисты и т. д.). 8) Высыхая в засушливые годы, торфяные болота являются крайне опасными в пожарном отношении. 9) Территории с близкими почвенными и грунтовыми водами мало пригодны для застройки. 10) При наличии избытка влаги болота растут как в ширину, так и в высоту, завоевывая удобные земли.

В зависимости от причины заболачивания, рельефа поверхности и цели О. применяются следующие типы осушительных работ: 1) нагорные канавы для перехватывания вод, стекающих в болото или в заболоченное пространство с его водосбора и бассейна, и дальнейшего сброса их за пределы осушаемой площади в водоприемники; 2) регулирование стока и отвод за пределы осушаемой площади верховой (атмосферной) воды сетью открытых каналов; 3) регулирование стока и отвод воды, заболачивающей почву, за пределы осушаемой площади посредством открытых каналов или *дренажа* (см.); 4) устранение природных и искусственных заграждений на реке (мели, плотины, узкие мосты) или водотоке, повышенный горизонт которых оказывает чрезмерное повышение уровня в почвах и грунтах прилегающей к реке поймы; 5) ограждение затопляемой речной водой поймы *дамбами* (см.) с выпусками воды во время низкого стояния горизонта воды в реке или с механич. перекачиванием ее в реку (см. *Обвалование*); 6) кальматаж или насыпка земли; 7) вертикальный дренаж; 8) посадка растений, сильно испаряющих воду.

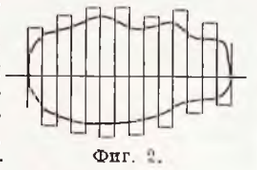
Способы последующей за О. культуры болот м. б. экстенсивными и интенсивными. К экстенсивным способам относятся: 1) затопление, 2) выжигание и 3) удобрительное орошение. К интенсивным способам относят: 1) культуру верховых болот посредством фен и немецкий способ культуры моховых болот, 2) культуру низовых болот посредством черной культуры и по способу Римнау. Затопление практикуется гл. образом в Швеции и Финляндии и реже в СССР и состоит в том, что один раз в год низовые болота (см. *Заболачивание*) во время весеннего паводка и 2—3 раза подряд верховые болота затопляются и обогащаются за счет зольных и органических веществ, находящихся в воде, вследствие чего моховой покров постепенно заменяется осоковым и отчасти разнотравным. Выжигание практикуется гл. обр. на незатопляемых болотах и состоит в том, что ранней весной с слегка подсушенного болота снимают верхний слой мха (очеса), собирают в круги и сжигают. Получившуюся золу запахивают, затем сеют рожь, овес или картофель в продолжение 7—10 лет, после чего в течение 10—20 лет оставляют болото под зеленью. Целесообразным также при экстенсивных культурах является выжигание прошлогодней травы. Феновые культуры применяются на болотах со снятым слоем торфа. Обычно поверхность болота планируется, «очес», собранный с поверхности болота, сжигается, и получившаяся зола вместе с минеральным грунтом запахивается. Феновая культура в отличие от выжигания требует системы осушительных каналов с возможностью регулирования в них стока воды. Немецкий способ культуры болот состоит в предварительной подсушке болот, фрезеровании его (см. *Фрезы*) с легким обжиганием и вспашке с внесением минеральных туков и навоза. Таким способом обрабатываются моховые болота в Восточной Пруссии под культуру картофеля. Культура низинных болот встречается в двух типах: экстенсивная, когда поверхностное улучшение подсушенных болот состоит только в бороновании, и интенсивная (черная культура), когда болото вспахивается, боронуется дисковыми боронами, засевается травами и прикатывается катками. В Германии кроме того практикуется еще способ Римнау: на поверхность торфяного слоя мощностью не более 1 *м* наносится слой минерального грунта в 10—12 *см* толщины; этот слой перепахивают (но не смешивают с торфом) и засевают травами. Минеральный грунт для засыпки обычно берется со дна осушительных каналов. На осушенных болотах возможны посевы ржи, овса, озимой пшеницы, гречихи, льна, конопли, турнепса, картофеля, капусты, кормовой свеклы и моркови.

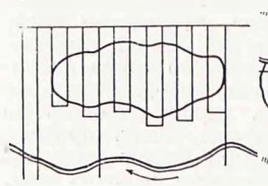
В целях составления проекта осушительных работ производят изыскания, к-рые м. б. подразделены на общие и специальные. О б щ и е изыскания обычно производятся на больших массивах и определяют возможность и целесообразность О. и приблизительную стоимость его. Если площадь предполагаемых осушительных работ незначительна, общие изыскания ограничивают осмотром, при к-ром выясняют: 1) тип болота, 2) причины заболачивания и состояние водоприемников, 3) направление магистральных каналов, 4) границы землепользования, 5) существующие способы мелиораций, 6) обоснования необходимости и целесообразности осушительных работ, 7) величину и характер водосборной площадки, 8) внутреннюю ситуацию общего плана осушительных работ, 9) тип и состояние сооружений, заболачивающих пойму. Специальные изыскания состоят из: 1) подготовительных работ, 2) полевых исследований, 3) камеральных работ по обработке материалов изысканий,

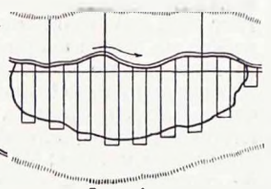
4) проектирования и составления сметы на осушительные работы. Полевые работы при изысканиях на осушение состоят из 1) рекогносцировочного осмотра местности, 2) обследования и изыскания на водоприемнике, 3) съемки, нивелировки и зондировки территорий осушительн. работ, 4) экономико-хозяйственного и статистич. обследования, 5) разбивки магистральных каналов и составления рабочего плана.


Фиг. 1.

Рекогносцировочный осмотр местности имеет своей целью определить причины заболачивания, а также возможности осушения. При исследовании водоприемников, рек, озер и других протоков выясняют гидрометрич. данные (см. *Гидрометрия*) и возможность подпора. Топографические, нивелировочные и зондировочные работы имеют целью получение плана осушаемой местности с границами и горизонталями ее поверхности и подстилающего грунта. При нивелировке болот пикеты обычно забивают по ходовым линиям через каждые 50—100 *м*, отмечая точки на местности кольями (пикетами). Направление ходовых линий для нивелировки и зондировки берут в зависимости от типа болот. Фиг. 1 и 2 представляют начертание ходовых линий для сфагнового болота, фиг. 3 и 4—для низинного болота, фиг. 5—при наличии подпорных сооружений, фиг. 6—для ключевого болота, фиг. 7—для болота с выходом к реке, наконец фиг. 8—для болота, осушаемого вертикальным дренажем. Зондировку производят металлическим зондом. Форма наконечника и общий вид зонда показаны на фиг. 9. Кроме зондировки путем буровых скважин выясняют геологич. строение. Точность нивелировки принимают для магистральных ходовых линий с ошибкой (невязкой) $\Delta = 0{,}006\sqrt{2} + 0{,}0006\,L$; для боковых ходов: $\Delta = 0{,}01\sqrt{2} + 0{,}001\,L$, где L — число пройденных *км*. Магистральные ходы на каждых 500 *га* закрепляются временными или постоянными *реперами* (см.). Экономико-хозяйственное и статистич. обследование имеют целью собрать сведения 1) о степени обеспеченности

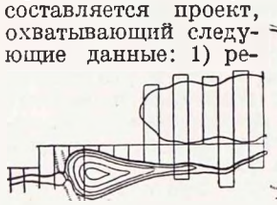

Фиг. 2.

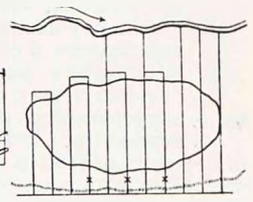

Фиг. 3.


Фиг. 4.

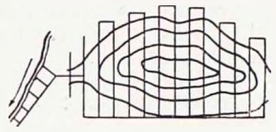
кормами, 2) о характере существующих и целесообразн. приемов использования осушаемых угодий, 3) о теперешней и будущей доходности хозяйства на осушенном болоте. Рабочий план, составленный в результате изысканий включает 1) направление ходовых линий с указанием №№ пикетов и отметок поверхности дна болота, 2) контуры рек, озер и отметки горизонтов воды в них, 3) пункты, где установлены постоянные и временные репера, 4) горизонтали поверхности через 0,2 *м*, а на болотах с глубиной торфа более 2 *м*—горизонтали минерального дна, 5) горизонтали дна открытых водоемов, 6) горизонтали (гидроизогипсы) уровня воды в почве.

Для определения метода О., стоимости и рентабельности осушительных мелиораций составляется проект, охватывающий следующие данные: 1) рельеф местности с горизонталями через 0,2—0,5 *м*, 2) рельеф дна болота, 3) рельеф поверхности подземных вод, 4) геоботаническая карта осушаемой площади, 5) данные физико-химических свойств торфов и грунта, 6) карта водосборов с указанием экспликации сел.-хоз. угодий, 7) отметки бытового, меженного и паводкового горизонтов, 8) гидрологич. данные, 9) метеорологич. данные, 10) гидрогеологич. данные, 11) статистико-экономич. данные, 12) существующие на осушаемом болоте канавы, шлюзы, мосты и пр.

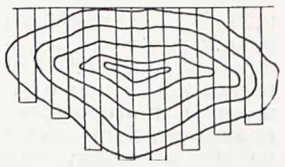

Фиг. 5.


Фиг. 6.

Законченный проект имеет 1) план с горизонталями поверхности дна болота и подземных вод, 2) профили каналов и водоприемников, 3) данные водомерных постов на водоприемнике, 4) ведомости с подсчетом земляных работ, 5) выкопировку водосборной площади осушительной системы с карты наиболее крупного масштаба, 6) поперечные профили водоприемников, 7) чертежи всех сооружений, 8) ведомости единичных цен на рабочую силу и материалы, 9) смету на все работы, 10) пояснительную записку к проекту.


Фиг. 7.

Выбор метода О. зависит от 1) экономических и с.-х. условий, 2) степени влажности заболоченной почвы, 3) рельефа поверхности болота, 4) величины площади водосбора, ее орографии и распаханности, 5) водопроницаемости почв и грунтов, 6) наличия на месте работ разного рода материалов, 7) качества воды, заболачивающей пойму, 8) высоты бытового горизонта в водоприемнике.


Фиг. 8.

При составлении проектов осушительных систем обычно руководствуются следующими нормами. При О. торфяных болот откры-

тыми канавами берут глубину осушителей 0,75—0,80 *м*; глубину канав более высокого порядка (боковых 2-го и 1-го порядка и магистральных) получают прибавлением по 0,15—0,10 *м* к глубине канав предыдущего порядка. Характер работы по О. определяется целью осушения и свойствами почв. 1) Для отвода поверхностных вод в целях создания доступности заболоченных лесов и лугов для эксплоатации—ограничиваются расчисткой и углублением существующих водотоков. 2) Для О. болота с последующей вырубкой кустарника, срезкой кочек и т. п. в целях улучшения условий эксплоатации болота в естественном состоянии производят расчистку и углубление существующих водотоков и создают искусственные пониженные места поверхности. 3) При принятой средней длине осушителей в 200 *м* расстояние между боковыми канавами 2-го порядка назначают: при одностороннем впуске осушителей 225 *м* и при двустороннем — 450 *м*. 4) Для О. угодий в целях создания на них многолетнего культурного луга (вспашка, внесение удобрений, искусственный посев трав и т. п.) расстояние между осушителями берут от 100- до 200-кратной глубины осушителей. 5) Для осушения угодий в целях эксплоатации под полевые и огородные культуры—расстояние между осушителями должно равняться от 50- до 100-кратной глубины осушителя. Продольные уклоны для магистральных канав и для канав 1-го и 2-го порядка по возможности делают равными естественному уклону местности и при скоростях течения воды в руслах с песчаным грунтом не выше 0,91 *м/сек*, плотным песком 1,06 *м/сек*, с глинистым дном 1,22 *м/сек* и в торфяном грунте 1,00 *м/сек*. Для избежания возможности заиления и зарастания канав избегают скоростей, меньших 0,5 *м/сек*. Откосы в торфяном грунте берут от $^1/_2$:1 до 1 : 1; в глинистом от 1 : 1 до $1^1/_2$: 1 и песчаном от $1^1/_2$: 1 до 2 : 1. Ширина магистральных и боковых канав по дну определяется согласно гидравлическим расчетам при условии отвода через них паводковых вод.


Фиг. 9.

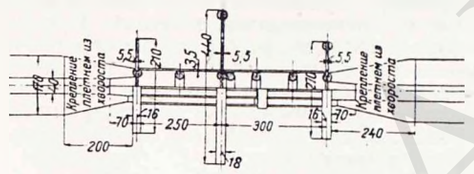
Для проверочных подсчетов норму стока (см. *Гидромодуль*) определяют по ф-ле:

$$q = \frac{0{,}15\, p\, \sigma}{\sqrt[x]{\omega}},$$

где p—средняя интенсивность осадков; σ—коэф. стока; x—показатель корня, изменяющийся от 2 до 6; ω—площадь водосбора. Независимо от реперов ширину канав по низу назначают: для осушительных—не менее 0,20—0,25 *м*, для боковых 2-го порядка—0,30 *м*, для боковых 1-го порядка—0,40 *м* и магистральных—0,50 *м*. Гидравлический расчет канав при осушаемой под луговые, полевые и огородные культуры местности производят в предположении работы канала полным сечением, производя проверку на средние летние воды с тем, чтобы горизонт воды в канале не достигал 0,4 *м* от поверхности земли.

При осушении почв дренажем на торфяных болотах допускают фашинный, жердяной, ящичный (Бутца) и гончарный дренажи, а на минеральных почвах—дренаж из гончарных труб. Применение деревянных дренажей на минеральных почвах, особенно в условиях перемежающегося стока воды из них, следует считать нерациональным. При выборе направления дрен рекомендуется руководствоваться направлением гидроизогипс, располагая осушительные дрены параллельно гидроизогипсам, а коллекторы перпендикулярно к ним. Расстояние между осушительными дренами определяют графич. методом Блаута на основании данных механич. анализа почв. Закладку осушительных дрен производят на глубине залегания водоносных горизонтов и ниже глубины промерзания. Минимальная допустимая глубина заложения 0,8—1,0 *м*. Модуль внутреннего стока принимают от 0,3 до 1,5 *л/сек* с 1 *га*, в зависимости от характера грунта и степени водоносности.

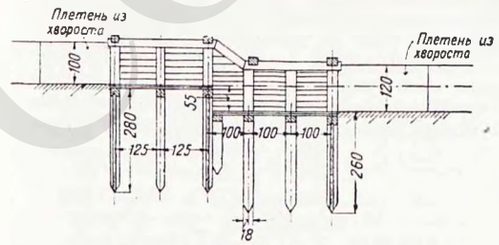
Для отрывки осушительных каналов пользуются тремя способами: ручным, машинным и смешанным (машинно-ручным) способом. Работу ручным способом ведут с устьевой части магистрального канала или в некоторых случаях с расчисткой водоприемника ниже устья магистрального канала. Для облегчения работы, если местность допускает, устраивают выше по течению временную запруду и отрывку ведут под ее прикрытием, периодически спуская накопившуюся перед запрудой воду или направляя ее в обход места работ. Работу по отрывке канала ведут уступами, т. е. когда нижняя группа рабочих отрыла канал на полную глубину, выше ее стоящая группа отрывает на половину глубины, а еще—выше только на одну четверть глубины. Вынутая из каналов земля складывается по обе стороны в кавальеры, в к-рых в пониженных местах рельефа прокапываются воронки (канавки), служащие для отвода скапливающейся за кавальерами воды. Воронки делают длиной 5—10 *м*, глубиной у бровки канала 0,5 *м*, шириной по дну 0,3 *м* с уклоном $^1/_{10}$ и откосами $^1/_2$: 1. Если кавальеры складываются с низовой стороны канала, то воронки в них не делаются. Отрывку каналов ведут обычными лопатами, из которых наиболее распространенные так наз. «рыдлевки»; при работах в рыхлом грунте железные лопаты заменяют деревянными с железным наконечником. Отрывку открытых каналов и регулирование водоприемников машинным способом производят при помощи *экскаваторов* (см.), землечерпалок и землесосов. Достоинства машинного способа работы по сравнению с ручным следующие: 1) машина работает при глубокой воде, человек же может работать только при небольшой глубине; 2) применение человеческого труда сопряжено с некоторой опасностью для здоровья человека; 3) машина может работать до глубокой осени, человек же—очень короткий промежуток лета; 4) при работе машиной не испытывается недостатка рабочих рук. К недостаткам машинной работы относятся: 1) машина работает плохо при наличии топляков, завалов и пр.; 2) машина не всегда проходит под мостами и другими искусственными сооружениями; 3) стоимость единовременных затрат на машину весьма высока, и кроме того требуются весьма большие затраты на перевозку; 4) требуются дополнительные работы вручную; 5) машиной



Фиг. 10.

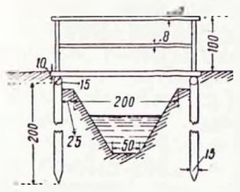
невозможна отрывка каналов шириной менее 5 *м*. Смешанный машинно-ручной способ применяется при наличии свободной рабочей силы и необходимости проведения сети мелких каналов.

Как бы правильно и удачно ни была спроектирована и выполнена осушительная система, она требует периодич. ремонта. Порча каналов происходит от природных условий и от искусственных причин. Ремонт каналов различают беглый, производящийся через 3—4 года, и ремонт капитальный—через 5—8 лет после того, как каналы дали полную осадку, а последующий ремонт производится через 15 лет.



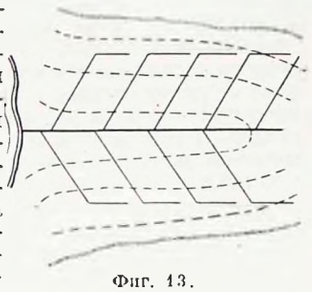
Фиг. 11.

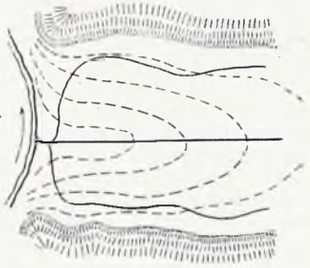
Для правильной, регулярной и длительной службы осушительная система снабжается сооружениями: *шлюзами* (см.), *перепадами* (см.), мостами, переездами и дорогами. Ш л ю з ы строятся на каналах для регулирования стекающей с болота воды и для задержания воды во время сухого лета, чтобы не переосушить болото и сделать его в пожарном отношении безопасным. При больших уклонах во избежание размыва дна и откосов канала делают п е р е п а д ы. Типы деревянных перепадов указаны на фиг. 10 и 11. М о с т ы делаются обычно деревянные, балочной системы на свайном основании (см. *Мосты*). П е р е х о д ы устраиваются исключительно для пешеходного движения. Один из чаще встречающихся типов переходов представлен на фиг. 12. Береговые лежни берут длиною 2 *м* и основывают обыкновенно на сваях, загнанных на глубину примерно в 2 *м*. Ширину настила делают равным 1 *м*: размер бревен для настила согласуется с пролетом. Перила имеют обыкновенную высоту в 1 *м*. Б о л о т н ы е д о р о г и бывают трех типов: 1) легкий полевой—временного пользования (сеновозные дороги), 2) средний тип б. или м. постоянной полевой дороги (местные дороги) и 3) тяжелый тип дороги (транзитного пользования).



Фиг. 12.

К специальным способам осушения относят 1) нагорные канавы, 2) кальматаж, 3) обвалование, 4) правильное регулирование стока, 5) О. плавней, 6) О. лесов, 7) О. торфоразработок и 8) О. населенных мест. Нагорные канавы делаются по периферии болота и служат для перехватывания вод, стекающих с водосборной площади. Перехватывая воды водосборной площади, они естественно уменьшают расход воды в главном водоприемнике, рассекающем болото, отчего последний м. б. сделан или отрегулирован при меньшем поперечном сечении. Расположение нагорных канав указано на фиг. 13—14. К достоинствам способа нагорных канав относят следующие: 1) возможность уменьшения поперечного сечения основного водоприемника; 2) наиболее удобное детальное О. поймы, прилегающей к обеим сторонам нагорной канавы; 3) использование нагорных канав при наличии в них постоянного и обильного течения как источника водоснабжения или водных путей. К недостаткам нужно отнести то, что 1) нагорная канава подвергается заилению и засорению осадками впадающих в нее ручьев и речек с более сильным падением, 2) нагорная канава не обладает устойчивыми откосами, так как пролегает по местам с наибольшим количеством выклинивающихся подземных вод; 3) исполнение нагорных канав допустимо только с устьевой части, в то время как регулирование главного водоприемника может быть только частями.


Фиг. 13.


Фиг. 14.

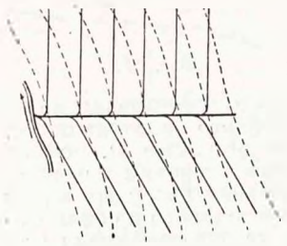
К а л ь м а т а ж заключается в том, что, пропуская из какого-либо водоприемника воду со взмученными и взвешенными в ней наносами на пониженное место поймы, производят осаждение этих наносов и т. о. повышают затопляемую водой поверхность и выводят ее из сферы затопления и заболачивания. В элементарном случае площадь, подлежащая кальматажу, состоит из ряда бассейнов или лиманов; разность уровней воды в двух смежных лиманах равна 0,10—0,15 *м* (фиг. 15). Выпуск воды из одного лимана в другой производят при посредстве водосливов. В СССР кальматаж возможен по рекам, берущим начало в горах и имеющим в низовьях п л а в н и: Рион, Кубань. Параллельно с кальматажем возникает однако необходимость следующих

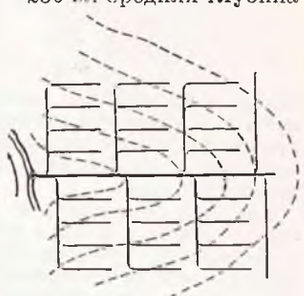
мероприятий: 1) образование дополнительного русла для сброса паводков, 2) сброс избытка воды в соседние бассейны, 3) отвод воды на друг. кальматируемую площадку; 4) образование водохранилищ, а также регулирование сброса воды из него.



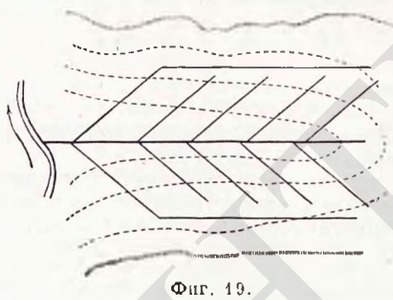
Фиг. 15.

О. при помощи обвалования сводится к устройству заградительных валов, которые предохраняют пониженные места от затопления при разливе рек (см. *Обвалование*). К недостаткам О. при помощи обвалования относятся следующие: 1) во время паводков объем воды в реке увеличивает опасность прорыва дамб; 2) взвешенный в воде материал, представляющий прекрасное естественное удобрение, остается за пределами обвалованной площади; 3) с обвалованной территории затруднен выпуск воды, а следовательно рациональное устройство осушительной системы; 4) вследствие отложения на дно реки наносов (кальматаж дна) пропускная способность понижается, и река в качестве осушителя уменьшает свое действие. Метод регулирования стока основан на принципе ускорения отвода верховой воды, для чего осушители трасируют параллельно горизонталям, а боковые канавы и магистрали — по линии наибольшего падения. Основные типы расположения каналов осушительной системы в зависимости от горизонталей местности указаны на фиг. 16—20. Регулирования стока устраивают только на таких болотах или заливаемых поймах, которые и пользуются под луга и сенокосы и не боятся периодич. затопления. Обводнение, регулирования стока и кальматаж применимы совокупно при осушении плавней, т. е. пойм, часто затопляемых речной водой. Осушение болот при торфоразработках элеваторным способом производят по следующей схеме. Траспируют магистральный или валовой канал по наиболее глубокому месту минерального дна болота и по кратчайшему расстоянию к водоприемнику (дно канала совпадает с дном торфяной залежи). Перпендикулярно к магистральному каналу проводят (или, вернее, получают из карьера) т. н. карьерные каналы длиной ок. 100 — 200 *м*; полоса между карьерными каналами шириной около 220 *м* служит для стилки и сушки торфа. Полоса между карьерными каналами осушается каналами глубиной 1 *м* и шириной в 0,4 *м* (откосы зависят от свойств торфа) и проведенными параллельно магистральному каналу. Полосы между метровыми каналами осушаются кроме того 2—3 так наз. картовыми каналами, глубиной 0,7 *м*, шириной по дну 0,2 *м*, с вертикальными откосами. При разработках гидроторфа осушительные работы производят обычным способом. Поля сушки пересекают сетью магистральных (валовых) каналов через 200—250 *м*. Средняя глубина валовых каналов 1,75 *м*, ширина по дну 0,35 и ширина по верху 2,0 *м*. Картовые каналы для осушения гидромассы проводятся параллельно между собой и перпендикулярно к валовым каналам через 25—30 *м*. Средняя глубина картовых каналов 1 *м*, ширина по дну 0,2 *м* и ширина по верху 1 *м*. Для предупреждения проникновения гидромассы каналы снабжают валами (картовые — высотой 0,35 *м*, валовые—0,50 *м*).

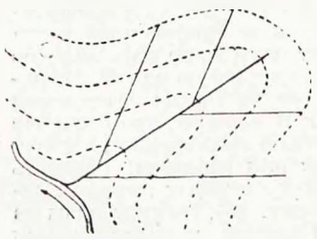

Фиг. 16.


Фиг. 18.

Осушки лесных площадей производятся таким же путем, как и других заболоченных угодий, но только здесь расстояния между осушителями берутся в 2—4 раза больши-


Фиг. 19.

ми. Магистральным каналам дают направления магнитного меридиана или же направление, близкое к углу в 90° к меридиану. Глубина осушителей берется 0,70—0,80 *м*. При проектировании магистральных каналов необходимо иметь в виду использование их для водных путей, а полосы вдоль них—для сухопутных путей (см. *Лесосплав* и *Лесосплавные пути*).


Фиг. 17.


Фиг. 20.

При О. населенных мест применяют г. о. способы обвалования и регулирования стока. Открытые каналы (коллекторы) проводят только в малонаселенных и малоскученных кварталах, временно рас-

полагая их по возможности вне площади застройки. Детальное осушение почвы и грунтов производят путем закладки дренажа.

Стоимость О. болот с последующим с.-х. использованием зависит от многих факторов, из к-рых главнейшими являются: 1) состояние поверхности болота, его облесенность и степень пнистости; 2) наличие водоприемника и его состояние; 3) степень интенсивности осушки; 4) стоимость регулирования водоприемника (колеблется на 1 *км* от 1 000 до 10 000 руб.); 5) стоимость устройства дорог и искусственных сооружений и их ремонта; 6) эксплоатационные расходы при культуре растений на осушенной площади, слагающиеся из стоимости обработки семян и удобрений; 7) стоимость производства изысканий и составления проекта; 8) ежегодные отчисления на погашение капитала, вложенного в мелиорацию, и уплату % по ссуде на проведение мелиорации. Рентабельность мелиорации по проф. Костякову в среднем составляет для Полесья—19,7%, для Сев.-зап. области—11,9%, для Сев. области—7,1%, Украины—26,5%, быв. Центрально-промышленной области—12,6%.

Лит.: Костяков А. Н., Основы мелиорации, М., 1927; его же, Перспективы мелиорации в СССР, М., 1925; Дубах А. и Спарро Р., Осушение болот открытыми канавами, 2 изд., М.—Л., 1929; Спарро Р., Инструкция для производства изысканий и составления проектов в целях осушения болот и заболоченных земель открытыми канавами, М., 1928; Брудастов А. Д., Осушение болот и регулирование водоприемников, М., 1928; Krüger E., Kulturtechnischer Wasserbau, Handb. für Bauingenieure, hrsg. v. R. Otzen, T. 3, B. 7, B., 1921. **А. Калабугин.**

ОСУШЕННОЕ ДУТЬЕ, дутье, лишенное путем охлаждения значительного количества атмосферной влаги. О. д. впервые было применено 29 августа 1904 г. в доменной печи Изабелла (у Питтсбурга) по инициативе Д. Гели (James Gayley), патентовавшего О. д. для доменных печей и конвертеров. Сообщение Д. Гели в 1904 г. о полученных им удивительных, не находивших себе до того объяснения, результатах (сокращение расхода кокса с 0,958 до 0,771 на единицу выплавленного чугуна и увеличение суточной выплавки с 364 до 457 *т* при понижении влаги в дутье с 13 до 4 *г*/*м*³) вызвало сенсацию в кругах металлургов и породило обширную литературу, в к-рой можно найти и статьи, отрицавшие как самую возможность работы доменной печи с расходом кокса 0,771 (по недостатку будто бы тепла), так и расчеты теплового баланса печи Изабелла, указывающие большой избыток тепла после покрытия всех статей расхода; расчеты эти однако основаны на невозможном составе газа, данном Д. Гели (16% CO_2 при 19,9% CO). Специальная комиссия Общества Франклина, присудившая Д. Гели золотую медаль, устанавливает как факт твердо доказанный сокращение расхода кокса от осушения дутья в 15%; на некоторых американских и европейских з-дах, перешедших на работу на осушенном дутье, это сокращение оказывалось меньшим,—часто не более 10%, увеличение же суточной производительности наблюдалось самое разнообразное: и меньше 10% и значительно больше, например до 30%. Последнее до настоящего времени сообщение о результатах применения О. д. (1927 г. завод Уишо в Шотландии) отмечает сбережение горючего на 5,2% (среднее за 4 месяца) и увеличение выплавки чугуна на 15%. Подобные результаты побудили некоторые заводы отказаться от О. д., так как выгоды от него не окупали издержек по содержанию соответствующей установки. В первоначальной установке Д. Гели осушение дутья производилось охлаждением его в камерах с железными трубками, в которых циркулировал соляной раствор, охлажденный испарением аммиака до темп-ры ниже 0; на трубках оседал слой льда и, понятно, действие камер было не непрерывное (необходимо оттаивание льда и перевод дутья в другую камеру). Это увеличивало стоимость установки и ее содержания.

В 1909 г. было предложено осушение дутья производить при помощи хлористого кальция; способ (Daubiné und Ray) был испытан в Германии, но оставлен. Наконец в последнее время было осуществлено осушение дутья гелем кремнезема. В высушенном состоянии это вещество обладает огромной поглотительной поверхностью (высокая пористость и чрезвычайно мелкие размеры пор); поглотивши воды до 20% своего веса, гель легко теряет ее при нагревании (до 340°) и снова делается активным осушителем. Осушка дутья производится в аппарате, представляющем башню с ситами, на которых насыпан кусковой гель в количестве 32 *кг* на 1 *м*³/*мин* дутья. Перевод, или активизация, геля делается через $1^1/_2$ часа работы продувкой его горячим газом. Эта сравнительно простая установка осложняется наличием фильтров, через к-рые проходит как дутье, так и газ, служащий для осушения геля. Газ, проходя через фильтр, освобождается от пыли, к-рая могла бы засаривать мелкие поры осушителя. Расходы по содержанию установки с гелем значительно ниже, чем при других способах охлаждения дутья.

Объяснение причин сбережения горючего от осушения дутья, данное в свое время Д. Гели, остается единственно верным и в настоящее время. Обычно доменные техники работают с некоторым избытком горючего, чтобы гарантировать себя от получения неудовлетворяющего условиям поставки чугуна (низкого содержания кремния, высокого—серы) при охлаждении горна, что может произойти и от повышения влажности дутья. Подавая в печь постоянное количество дутья в единицу времени при постоянной температуре его и влажности, можно устанавливать совершенно ровный ход печи, что позволяет работать с наименьшим для данного сорта чугуна расходом горючего. Сообщенные Д. Гели данные о составе чугуна, полученного на О. д., действительно свидетельствуют о постоянстве содержания в нем кремния и серы за длительный промежуток времени.

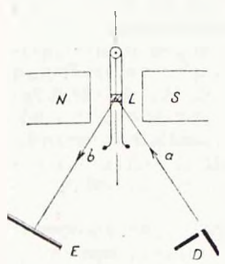
О. д. теперь нельзя считать одним из величайших изобретений последнего времени, как казалось прежде, но оно несомненно (по свидетельству всех работавших с ним) облегчает управление доменной печью, дает более однородный продукт. Применяется оно в данное время всего на несколь-

ких заводах, но новейшая установка для осушения с помощью геля повидимому окупается даже небольшими сбережениями топлива (5%), которое идет на выплавку чугуна.

Лит.: Павлов М. А., Металлургия железа в периодич. литературе 1905 г., «Известия Политехнич. института», СПБ, 1906, стр. 527—544; Gayley J., Application of Dry Blast to the Manufacture of Iron, «Journ. of the Iron a. Steel Instit.», L., 1904, 2, p. 274; 1905, 1, p. 256; 1909, 2, p. 150; Ehrenworth J., The Economy of Dry Blast, ibid., 1919, 1, p. 118; Lewis E., The Use of Silica Gel as a Medium for Drying Blast, ibid., 1927, 2, p. 43. **М. Павлов.**

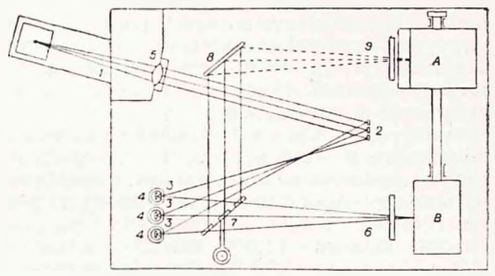
ОСЦИЛЛОГРАФ, в общем смысле слова прибор для записи различных колебаний (механич., акустич., электрич. и пр.). Практически О. в большинстве случаев называют приборы для записи электромагнитных колебаний. Применяется при исследовании электрич. явлений преимущественно непериодич. характера, а также периодич. явлений высокой частоты; в радиотехнике—также в качестве ваттметров и измерителей сдвига фаз (по снятым осциллограммам). Современные О. могут быть разделены на 4 класса: 1) электромагнитные (петлевые, реже струнные); 2) электростатические; 3) электронные: а) с холодным катодом, б) с горячим катодом, в) с тлеющим разрядом; 4) клайдонографы.

О. электромагнитный. Предложенная Блонделем в 1893 г. [1] идея и теория электромагнитн. осциллографа заключается в следующем. Между двумя полюсами электромагнита постоянного тока (фиг. 1) натянута в виде петли тонкая проволока, к к-рой прикреплено маленькое зеркальце L (размером около 1 *мм*²). Зеркало сбоку освещается сильным источником света, обыкновенно вольтовой дугой D (луч a) и отражает от своей поверхности световой пучок b, к-рый падает на экран E. Если через петлю (шлейф) начать пропускать какой-либо ток, то в силу взаимодействия между магнитным полем и проводником, несущим ток, произойдет поворот шлейфа на некоторый угол, а вместе с ним повернется и зеркальце. Благодаря этому световой луч a будет падать на зеркало под другим углом, и следовательно отраженный пучок также изменит свое направление; т. о. световое пятно, «зайчик», переместится на экране в нек-рую другую точку. Если ток, протекающий через шлейф, будет беспрерывно меняться, совершая напр. периодич. колебания, то в беспрерывном колебательном движении будет находиться и зеркало. Это означает, что на экране будет получаться нек-рая освещенная полоска. Для того чтобы воспроизвести на экране закон изменения тока в шлейфе, необходимо сообщить самому экрану нек-рое движение в направлении, перпендикулярном к перемещению по нему светового зайчика. В результате этих двух движений на экране получится нек-рая кривая, повторяющая кривую изменения силы тока в шлейфе.



Фиг. 1.

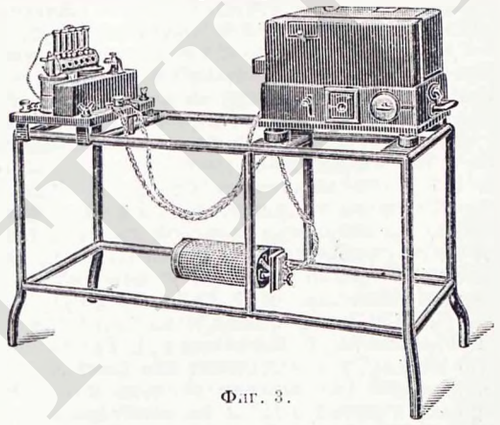
Принцип Блонделя выражен в различных конструкциях: одной из лучших является аппарат, построенный фирмой Сименс и Гальске в Германии. На фиг. 2 изображена принципиальная схема такого электромагнитного О. Он имеет 3 шлейфа, т. е. может быть применен для одновременного фотографирования трех явлений. Свет дуговой лампы *1* падает сначала на собирательную линзу *5*, перед которой находятся 3 вертикальные щели. Параллельные пучки света, проходящие через эти вырезы, падают на



Фиг. 2.

зеркала *2*, далее на зеркальца *3*, шлейфы *4*. Отсюда, благодаря отражению зеркал *7* и *8*, через линзу *9* падают на специальный экран. Этот экран A, а также сидящий на одном валу с ним барабан B могут приводиться в равномерное вращение от моторчика. Если зеркала 7 откинуть, то лучи будут проходить через линзу *6* и падать на барабан B, на который надевается светочувствительная бумага для возможности фотографирования явлений. В конструкциях Сименса распространены 3- и 6-шлейфовые О.; общий вид последнего (переносная модель) дан на фиг. 3.

Основными данными, определяющими работу О., являются его чувствительность и собственное число колебаний шлейфа. Чувствительность характеризуется величиной


Фиг. 3.

тока, протекающего через шлейф, при к-ром зайчик на экране смещается на 1 *мм*. Ниже в таблице приводятся некоторые величины чувствительности различных шлейфов. Чем меньше период собственных колебаний шлейфа, тем точнее воспроизводит он кривую и тем легче следует за изменениями осциллографируемого тока. Нередко погружают колеблющуюся часть шлейфа в трубку и заливают маслом; при этом увеличиваются 1) момент инерции шлейфа, а вместе с тем и продолжительность колебания, и 2) приблизительно на 30% отброс зеркальца на шкалу вследствие преломления световых лучей в масле. Чем сильнее натянут шлейф тем большей частотой собственных колебаний он обладает и тем меньшей чувствительностью. Вообще частоту собственных колебаний шлейфа возможно повысить до 10 000 — 12 000 пер/ск. и редко — до 20 000 пер/ск. Однако уверенная работа О. достигается при записи колебаний, с частотами, не выше: а) 10 000 пер/ск. для шлейфов без масла, б) 6 000 пер/ск. для шлейфов, погруженных в масло [2].

Струнный электромагнитный О. (с железной плоской ленточкой), предложенный Блонделем, по существу своего действия не отличается значительно от только что описанного петлевого О.

При помощи электромагнитных О. производятся изучения самых разнообразных явлений, протекающих в электрич. цепях. Сюда относятся: исследование форм кривых токов и эдс разнообразных генераторов, исследование различных реле, измерительных инструментов, машин и проч. О. применяется и в медицине—например для записи эдс, даваемых сердцем (так наз. электрокардиограф). Осциллографировать можно вообще всякие колебания и движения, которые м. б. переведены в колебания электрич. тока (например запись звука при помощи микрофона, преобразующего звуковые колебания в электрические). Однако диапазон колебаний, к-рые м. б. воспроизведены электромагнитным О., ограничивается наличием у шлейфа некоторой массы с присущей ей инерцией. При записи колебаний с числом периодов большим числа периодов собственного колебания шлейфа, наступают резонансные явления, и воспроизводимая кривая не повторяет вида изучаемого колебания. Поэтому максимальная изучаемая частота для электромагнитного О. выражается числом порядка десяти тысяч периодов в ск. (см. таблицу) [3]. Обыкновенно скорость

Величины чувствительности различных шлейфов.

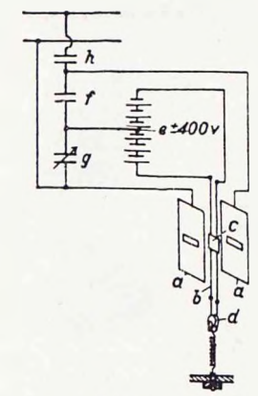
Тип шлейфа	Ток в шлейфе *	Собств. число пер/ск. шлейфа
1	$3 \cdot 10^{-3}$ A	6 000
2	$5 \cdot 10^{-3}$ A	12 000
5	$7 \cdot 10^{-5}$ A	2 000

* При отклонении зайчика на барабане на 1 *мм*.

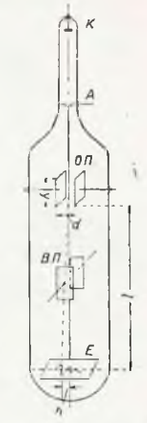
движения светочувствительной бумаги колеблется в пределах 0,3—6 *м/сек*. Ваттметрич. измерительные шлейфы [4], позволяющие делать запись кривых мощности, еще не получили конструктивного оформления, допускающего их практич. применение.

Электростатические О. (менее употребительные, чем электродинамические) используют переменное действие электростатически заряженных тел одно на другое. Действие их понятно из фиг. 4, где a — пластина с окошком для пропуска света, b—металлич. нити, изолированные друг от друга и заряженные, c—зеркальце, d—пружинящее закрепление, e—вспомогательная батарея, f—постоянный параллельный конденсатор, g—переменный параллельный конденсатор, h—делитель напряжения. Употребление их рационально там, где имеется уже высокое напряжение и где измерительный прибор не должен вызывать расхода энергии. При напряжении вспомогательной батареи e в 400 V, переменное напряжение ~ 2 000 V дает на расстоянии 1 *м* от зеркальца кривую с отклонениями порядка 3 *см*.

О. электронный (катодный) с холодным катодом. Осциллографирование колебаний большей периодичности производится электронным О. Принцип электрон-



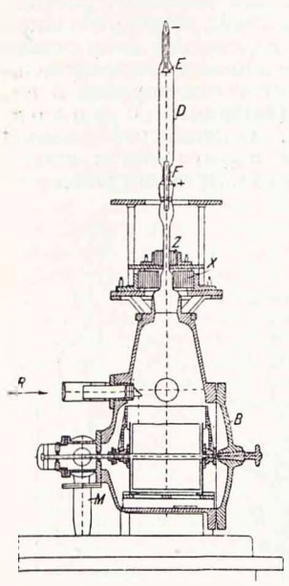
Фиг. 4.



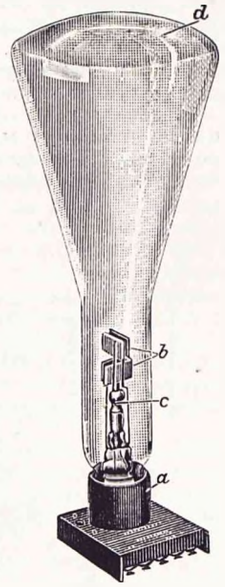
Фиг. 5.

ного О., предложенный впервые Ф. Брауном, заключается в следующем [5]. Электронный луч подвергается отклонениям по двум взаимно перпендикулярным направлениям, одно из которых дается изучаемым колебанием, а другое производится искусственно и играет роль временной развертки; полученная в результате этих отклонений кривая фиксируется на фотографич. пластинке или на флуоресцирующем экране. В отличие от шлейфового О., электронный О. имеет пишущий орган с исчезающе малой инерцией, благодаря чему им легко записываются чрезвычайно быстрые колебания. Отклонение катодного луча м. б. произведено магнитным или электрич. полем. Первое производится соленоидальными катушками, второе конденсаторами. На фиг. 5 изображена принципиальная схема катодного О. Между двумя электродами K и A, находящимися в вакууме (степень разрежения около 0,005 *мм* Hg), при приложении к ним постоянного тока с напряжением в несколько десятков тысяч V, образуется пучок летящих из катода по направлению анода электронов, т. н. катодный луч. Последний проходит между двумя парами параллельных пластинок, образующих 2 небольших конденсатора, установленных на нек-ром расстоянии друг от друга взаимно перпендикулярно. Одна пара пластинок *О.П.* (отклоняющие пластины) присоединена к изучаемому напряжению, другая пара *В.П.* (вре-

менные пластины) присоединена к нек-рому напряжению, меняющемуся по известному закону,—например увеличиваясь пропорционально времени. Катодный луч, проходя между пластинами, испытывает отклонения от своего первоначального направления, притягиваясь к положительно заряженной пластине, тем значительнее, чем больше ее потенциал; при этом катодный луч будет



Фиг. 6.



Фиг. 7.

получать смещения во взаимно перпендикулярных направлениях; т. о. он будет чертить некоторую кривую на экране E. Если предположить, что напряжение на пластинах $O.П.$ изменяется по нек-рой синусоидальной кривой, а в то же время на пластинах временного отклонения ($B.П.$) напряжение нарастает от нуля до нек-рого значения пропорционально времени, то луч, перемещаясь по флуоресцирующему экрану или по фотографич. пластинке, воспроизведет на них соответствующее синусоидальное колебание. Величина отклонений луча зависит от геометрич. соотношений их расположения и от напряжения, при котором возникает электронный луч. Она определяется по ф-ле [6]:

$$h = \frac{e}{m}\frac{E}{c^2}\frac{\lambda}{d}\left(l + \frac{\lambda}{2}\right), \qquad (1)$$

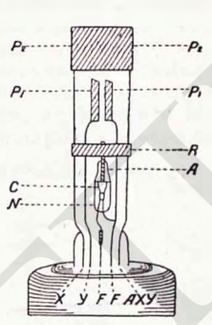
где λ, d, l—величины, указанные на фиг. 5; $\frac{e}{m}$ —отношение заряда электрона к его массе, E—сила электрич. поля между пластинами, h—величина отклонения катодного луча на экране, c—скорость полета электрона, выражаемая через напряжение V_a, при к-ром получен катодный луч ф-лой

$$c = 5{,}95\sqrt{V_a}\cdot 10^7 \ см/сек. \qquad (2)$$

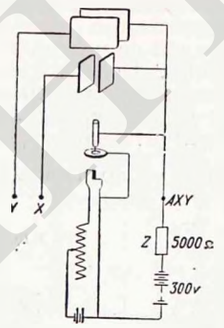
Из ф-л 1 и 2 вытекает, что при прочих равных условиях отклонение обратно пропорционально напряжению V_a. В среднем чувствительность отклонения луча выражается порядком десятков V на *мм*.

В действительности, конструкция катодного О. значительно сложнее схематически изображенной на фиг. 3. Для получения возможности записывать весьма большие частоты порядка сотен млн. пер/ск. или единичные явления, длящиеся стомиллионные и даже миллиардные доли ск., необходимо создать весьма интенсивный электронный пучок, а это требует целого ряда добавочных устройств [7,8,9]. На фиг. 6 дан поперечный разрез катодного О. Дюфура, послужившего прототипом для многих других фирм; с помощью его фотографировались колебания с частотой до $22\cdot 10^7$ пер/ск. На фиг. 6: B—бронзовая камера (снабжена снимающейся крышкой), D—катодная трубка, E—поверхность катода, F—диафрагма, R — наблюдательное окошечко, X и Z—отклоняющие катушки (вместо конденсаторов), M—приключение молекулярного насоса. **И. Стекольников.**

О. электронный с горячим катодом [10,11,12]. Значительный шаг вперед в развитии О. электронного сделан Венельтом в 1905 году, предложившим пользоваться не газовым разрядом для получения потока свободных электронов, а термоэлектронами, испускаемыми накаленным катодом. Использование накаленного катода позволяло значительно уменьшить напряжение ускоряющего движения электронов поля (порядка сотен V); поэтому [см. ф-лы (1) и (2)] его чувствительность значительно больше, чем у О. с холодным катодом. Среди ряда конструкций таких О. рассмотрим тип з-да «Светлана» ВЭО [13] (общий вид на фиг. 7), где a — цоколь, b—две пары отклоняющих пластин конденсаторов, c — стеклянная капсюля. Внутренняя поверхность дна d покрыта тонким слоем препарата сернистого кадмия (преимущественно в О. для визуального наблюдения) или кремнекислого цинка (гл. образом в О. для фотографирования), дающих яркую флуоресценцию при ударе электронов,



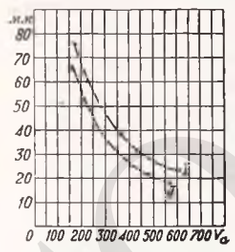
Фиг. 8.



Фиг. 9.

имеющих скорость [см. ф-лу (2)] не ниже 80 V. В узкой части сосуда впаяна под цоколем стеклянная ножка (фиг. 8). Главной частью ножки является маленькая стеклянная капсюля N, в верхний конец которой впаяна платиновая трубочка A, открытая с обеих сторон. Конец трубки A является анодом О. Катодом C служит маленькая спираль из Pt-Ir проволоки, покрытой слоями Ba и Sr. Две пары пластинок отклоняющих конденсаторов P_1P_1 и P_2P_2 имеют: по одной пластинке, соединенной с анодом A через

зажимной хомут R и по одной—имеющей изолированный отдельный вывод в ножку прибора; всего в цоколе пять выводов: два от катодной спирали—FF, один от продольного конденсатора—X, один от поперечного—Y и один общий—AXY для анода и обоих конденсаторов. Для большей ясности на фиг. 9 приведена схема соединений внутренних частей трубки вместе со схемой питания прибора. Фокусировка (управление шириной) катодного пучка может производиться как изменением тока, накаливающего спираль (и следовательно изменением магнитного поля), так и специальной (к прибору не прилагаемой) катушкой («фокусирующей»)—помещаемой вокруг шейки О., сужающей поток электронов. При диаметре канала анода в 1 *мм* получается резко очерченное светящееся пятно диаметром от 0,5 до 1 *мм*. Для питания О. применяются два источника напряжения постоянного тока: а) для цепи накала катода—аккумулятор 4—6 V, б) 250—400 V—аккумуляторы, гальванические элементы или машина постоянного тока—для ускоряющего поля. Кроме того в анодную цепь О. включается балластное сопротивление Z порядка 5 000 Ω для предупреждения возникновения дугового разряда между катодом и анодом при перекале катода. Из ур-ия (1), выражая скорость c через величину ускоряющего поля V_a и принимая во внимание, что $\frac{1}{2}mv^2 = eV_a$,



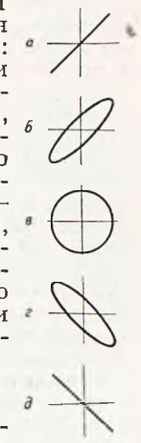
Фиг. 10.

$$h = \frac{E\lambda}{2V_a d}\left(l + \frac{\lambda}{2}\right)$$

(при обозначениях по фиг. 5). Величина отклонения луча изменяется пропорционально измеряемому напряжению (приложенному к пластинам конденсатора). На фиг. 10 даны экспериментальные кривые, указывающие величину h (в *мм*) в зависимости от действующего значения E (в V) на пластинках ближней к аноду пары конденсаторных пластин,—для двух значений ускоряющих напряженностей V_a. Чувствительность О. с нагретым катодом колеблется в пределах 0,025—0,1 *см*/V, т. е. напряжение в 1 V на пластинах отклоняющего конденсатора дает отклонение от 0,025 до 0,1 *см*—в зависимости от конструкции осциллографа; осциллограф реагирует на процессы, длящиеся от 10^{-6} до 10^{-7} ск.

Фигуры, получаемые в электронных О. Первоначальное применение прототипа электронного О. — трубки Брауна—измерение амплитуд напряжения или силы тока легко осуществляется с помощью описанных типов электронных О. путем использования какой-либо одной пары конденсаторных пластин, с последовательным приложением к ней исследуемого напряжения и известного измерения отклонений (по той или другой оси координат). Если же пучок электронов подвергается воздействию эдс от двух пар конденсаторов (расположенных перпендикулярно), то в зависимости от соотношения амплитуд, фаз и частот управляющих напряжений получаются на экране электронного О. разнообразные фигуры. На фиг. 11 изображены последние, при предположении равенства амплитуд и частот для различных фазовых соотношений: *а*—равенство фаз (наклон линии зависит от соотношения амплитуд); *б*—45°, сдвиг фаз; *в*—90°, сдвиг фаз (если амплитуды неравны, получается тоже эллипс, но с осями, совпадающими с координатными); *г*—135°, сдвиг фаз; *д*—180°, сдвиг фаз. В общем случае, если движение электронного пучка обусловливается двумя воздействиями, имеющими лишь общую частоту, т. е. если $x = a\cdot\cos\omega t$ и $y = b\cdot\cos(\omega t + \varphi)$, уравнение кривой, получающейся на экране:

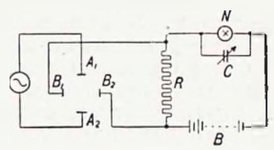
$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{2xy}{ab}\cos\varphi = \sin^2\varphi.$$



Фиг. 11.

Если две частоты не точно равны, то путь, описываемый пучком электронов, представляется как бы большим семейством концентрических эллипсов, вписанных в один и тот же прямоугольник; можно рассматривать орбиту как вписанный эллипс, вращающийся равномерно со скоростью, равной разности частот. Если частоты находятся в сравнительно простых соотношениях (напр. 2 : 1, 3 : 2, 4 : 3, 3 : 1 и т. д.), то получаются сравнительно простые и легко распознаваемые фигуры Лиссажу; пользуясь этим, можно измерять частоту исследуемых колебаний, давая одной паре пластин О. потенциал вполне определенной частоты [14].

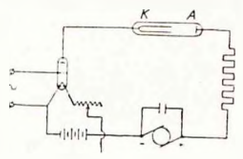
Для развертки по времени получаемых фигур (т. е. превращения их из полярных координат в ортогональную систему, причем по оси абсцисс д. б. время) предложено много способов, ни один из к-рых не является вполне удовлетворительным. В качестве примера приводится только диск, применяемый фирмой Western Electric Co. [15]. Исследуемое напряжение подводится к пластинам О.—A_1A_2 (фиг. 12); пластины B_1, B_2 включены к клеммам сопротивления R; N—неоновая лампа, параллельно к-рой расположен переменный конденсатор C. При питании этой цепи батареей B наступает известный колебательный разряд. Неоновая лампа ниже определенного напряжения не пропускает тока, конденсатор C заряжается через сопротивление R до потенциала зажигания лампы N, после чего происходит снова его частичный разряд, лампа тухнет и т. д. Так. обр. к клеммам R прикладывается эдс, возрастающая прямолинейно с течением некоторого времени, чтобы в следующий период внезапно упасть до меньшего значения; так получают пропорциональный по времени сдвиг электронного пучка. Посредством соответствующей установки R или C настраи-



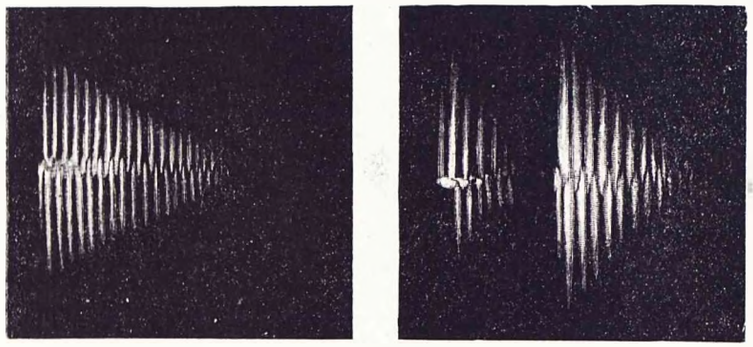
Фиг. 12.

вают частоту контура лампы N на основную частоту или гармоники ее исследуемого периодич. процесса; при наступлении такого резонанса, форма кривой остается на экране постоянной, неподвижной.

О. с тлеющим разрядом. Этот осциллограф, впервые осуществленный Герке [16], основан на явлении, открытом Хелем и Вильсоном: в трубке Гейслера существует пропорциональность между силой разрядного тока и поверхностью свечения, тлеющего на электродах. В современной трубке Герке анод A (фиг. 13), сделанный из алюминиевых полос, имеет крестообразную форму, катод K— из двух никелевых пластинок (10×60 *мм*²) с расстоянием в 1,5 *мм*. Катодное свечение возникает между этими пластинками и имеет резко ограниченные края. Для снятия кривой переменного тока на переменное напряжение накладывается постоянное такой величины, чтобы оно служило границей начала свечения (см. такой же прием в клайдонографе). Явление катодного свечения разворачивается затем вращающимся зеркалом и или наблюдается визуально или принимается на фотопластинку. Недостатком такого прибора является требующаяся сравнительно большая сила разрядного тока (30—40 mA), почему их часто применяют с усилителем (см. фиг. 13); находит применение между прочим в радиотехнике для исследования токов в антенне и в других цепях с предельн. частотой до 300 кц/ск. Пример осциллограммы (затухающих колебаний с f, равной 300 кц/ск.) приведен на фиг. 14.



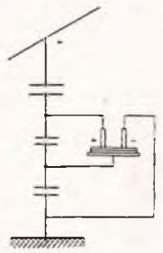
Фиг. 13.


Фиг. 14.



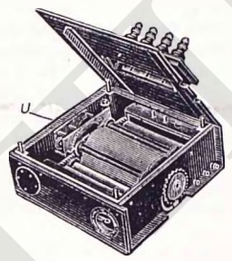
Фиг. 15.

Клайдонограф. К системе О. можно причислить прибор, который позволяет обнаруживать и (грубо) измерять кратковременные перенапряжения; учет последних (по величине, времени и направлению) производится клайдонографами. Принцип их основан на получении фигур Лихтенберга (1777 г.), получающихся от искры на пластинках, покрытых серной пылью (Schwefelstaub). Практически эта идея вылилась в технич. конструкцию в 1924 году (Петерс, фирма Вестингауз К⁰ [17]). На фиг. 15: D—фотографич. пластинка, покрытая нек-рым слоем сверху, расположенным между острием P и пластинкой B. При напряжении, зависящем от толщины пластинки (не менее 2,5 kV амплитудных), из острия истекают светящиеся нити различной толщины, длины и формы. Длина их, в пределах до 18 kV, увеличивается линейно с напряжением. С помощью емкостного делителя напряжения устанавливают клайдонограф так, чтобы напряжение, на которое последний начинает реагировать, было немногим больше нормального рабочего. Наибольшая возможная длина L световых пучков, по Теплеру, при стеклянных пластинках толщиной a *см* определяется формулой:


Фиг. 16.

$$l_{max} = 4{,}2\sqrt{a}$$

для пучка, исходящего из отрицательного полюса, l_{max} равно $8\sqrt{2}$ для пучка, исходящего из положительного полюса. Часто применяется ± включение, понятное из фиг. 16; при этом противоположный электрод уже не заземляется, но присоединяется между двумя уравнительными конденсаторами. Описанная конструкция Вестингауза для случая трехфазной сети дана на фиг. 17; передвижение фильмы происходит при помощи часового механизма U. С помощью клайдонографов (дающих практич. точность ±25%) возможно фиксировать следующие величины: 1) время наступления перенапряжения (по отметкам времени на фильме); 2) полярность перенапряжения (по характеру фигуры); 3) величину перенапряжения (по длине пучка); 4) форму фронта волны (при двух аппаратах с ± включением); 5) направление движения блуждающей волны и 6) разность времен между двумя непосредственно следующими разрядами [18].



Фиг. 17.

Лит.: [1]) Blondel A., «CR», 1893, t. 116, p. 502, 748; [2]) «Z. d. VDI», 1930, B. 74, 8, p. 239—242; [3]) Siemens & Halske, Oszillograph mit drei Messchleifen, Brickschrift, MS 8; [4]) Strigel, Fachbericht der 32 Jahresversammlung d. Verbandes Deutscher Elektrotechniker 1927, p. 116, B., 1927; [5]) Braun F., Methode für Demonstration u. s. w., «Wiedemanns Annalen», 1897, Leipzig, B. 60, p. 552; [6]) Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 5, стр. 310, Берлин, 1923; [7]) Dufour A., L'oszillograph cathodique pour l'étude des basses, moyennes et hautes frequences, Paris, 1923; [8]) Wood A., The Cathode Ray Oscillograph, «Journal of the Institution Electr. Engineers», London, 1925, v. 63, p. 1046; [9]) Gábor, Kathodenoszillograph, «Archiv für Elektrotechnik», Sonderheft der Forschungshefte der Studiengesellschaft für Hochspannungsanlagen, Berlin, 1927, H. 1; [10]) George, R. H., A New Type of Hot Cathode Ray Oscillograph, «JAIEE», 1929, p. 534; [11]) Sommerfeld A., Über ein Kathodenoszillograph hoher Spannungsempfindlichkeit, «Archiv für Elektrotechnik», Berlin, 1928, H. 5/6, p. 607; [12]) Rogowsky W. und Baumgart, Ein Glühkathodenoszillograph für Vakuumaufnahmen, ibid., H. 4, p. 521; [13]) Векшинский С. А., «Электросвязь», Ленинград, 1927, 3, стр. 9—14; [14]) Hazen a. Kenyon, Primary Radio Frequency Standartisation by Cathode Ray Oscillograph, «Bull. Bureau of Standards», 489; [15]) «The Electrician», L., 1924, v. 92, p. 631; [16]) Г. П. 162725; [17]) Peters J. F., «Electr. World», N. Y., 1924, v. 83, p. 769; [18]) Lee E. S. a. Foust C. M., «JAIEE», 1927, v. 46, p. 149; Muller-Hillebrand, «Siemens Zeitschrift», Berlin, 1927, Jg. 4, p. 547.—Стекольников И. С., Катодный осциллограф, «Вестник экспериментальн. и теоретич. электротехники», М., 1929, т. 2, 3—4 (имеется библиография).

ОСЦИЛЛЯТОР, в общем смысле любая колеблющаяся система. В теоретической физике обычно О. называют линейную колеблющуюся систему, например электрон, совершающий колебания по прямой линии относительно определенного положения равновесия. Если сила, заставляющая О. колебаться, пропорциональна удалению от положения равновесия, то О. называют гармоническим, или квазиупругим, в противном случае О. будет ангармоническим. Гармонич. О. является простейшей идеализированной моделью колебаний в атомах и молекулах и постоянно применяется при рассмотрении процессов распространения света в веществе и т. д. Ур-ие движения О. в классич. механике выражается так:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx \qquad (1)$$

(x—смещение, m—масса, k—постоянная квазиупругой силы). Решение этого уравнения чисто гармоническое:

$$x = A\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}\cdot t + \alpha\right). \qquad (2)$$

Частота колебаний отсюда

$$\omega = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}; \qquad (3)$$

она (в этом теоретич. простота О.) не зависит от энергии движения, или амплитуды A. Энергия О. равна кинетич. энергии его при прохождении через положение равновесия (потенциальная энергия здесь равна нулю):

$$E = \frac{m}{2}A^2\frac{k}{m} = 2\pi^2 m\omega^2 A^2. \qquad (4)$$

В теории *квантов* (см.), развитой Планком и Бором, вопрос о колебаниях О. получил иное освещение. По основному постулату Бора, фазовый интеграл:

$$I = \oint p\,dx = nh \qquad (5)$$

(где p — импульс, h — постоянная Планка, n=0, 1, 2, 3, ...). Из ур-ий (2), (3) и (4) следует, что для О. $I = \frac{E}{\omega}$, т. е.

$$E = nh\omega, \qquad (6)$$

иными словами, энергия О. должна быть кратной целого кванта $h\omega$.

В новой квантовой механике теория О. изменяется. Основное волновое ур-ие Шредингера (см. *Кванты*) принимает в данном случае вид:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2}\left[E - \frac{kx^2}{2}\right]\psi = 0. \qquad (7)$$

Непрерывное и исчезающее в бесконечности решение этого ур-ия возможно только для дискретного ряда значений энергии:

$$E = \left(n + \frac{1}{2}\right)h\omega. \qquad (8)$$

В отличие от прежней теории квантов (6) здесь входят половинные значения квантовых чисел. Этот результат согласуется с экспериментальными спектроскопическими данными.

Лит.: Дарроу К., Введение в волновую механику Шредингера, «УФН», 1929, вып. 9, стр. 437; Sommerfeld A., Atombau und Spektrallinien, Wellenmechanischer Ergänzungsband, Braunschweig, 1929; Planck M., Vorlesungen über d. Theorie d. Wärmestrahlung, 5 Aufl., Lpz., 1923. **С. Вавилов.**

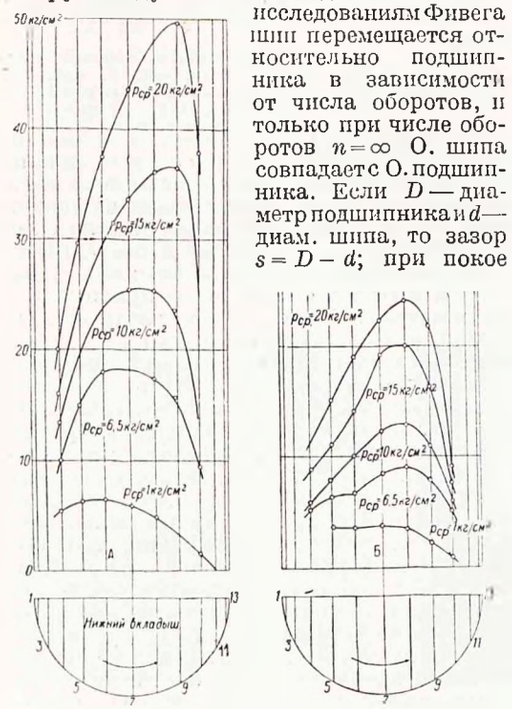
ОСЬ в машиностроении, деталь, на которой укрепляют вращающиеся части машин и которая осуществляет их геометрич. ось вращения. В отличие от вала О. не передает крутящих усилий и подвергается нагрузке только от веса посаженных на нее частей и от тех сил, которые приложены к этим частям. Конструктивно различают О., вращающиеся вместе с наглухо посаженными на них частями, и О. неподвижные, служащие лишь опорой для свободно посаженных на них и вращающихся тел. Неподвижные О. подвергаются действию нагрузки, не меняющей своего направления; вращающиеся О. подвергаются действию изгибающих сил, все время меняющих по отношению к О. свое направление. Те части вращающейся О., к-рыми она опирается на опоры (подшипники), называются цапфами, или шипами, если они расположены по концам оси, и шейками, если расположены где-либо по середине оси. Если главная нагрузка направлена вдоль оси, то опорный ее конец называется пятою. Опоры, поддерживающие шипы или шейки О., осуществляют вращательную пару. Для предотвращения продольного относительного перемещения шипы снабжаются заплечиками; для правильной установки целесообразнее снабжать один шип двумя заплечиками, другой же заплечиками не снабжать. В отдельных случаях, учитывая специальные условия работы, предусматривают возможность нек-рого продольного разгона О.

Шипы оси выполняют цилиндрической, а реже конической формы. При силе P *кг*, действующей на шип, среднее напряжение p *кг/см*² на изнашивание определяется из ур-ия $p = \frac{P}{ld}$, где l—длина шипа в *см* и d его диаметр в *см*. Напряжение p не распределяется равномерно по поверхности шипа, но изменяется как по его длине, так и в зависимости от положения точки поверхности на окружности шипа. На фиг. 1, А даны диаграммы напряжений p_1 в каждой точке шипа для шипа длиною l=400 *мм* и d=200 *мм* при 3 000 об/м. для различных средних давлений $p_{ср.}$, диаграмма А относится к сечению, проведенному через середину длины шипа, а диаграмма Б — к сечению на расстоянии 50 *мм* от края. Распределение давления p_1 в зависимости от окружной ско-

рости при одном и том же среднем давлении $p_{ср}=6{,}5$ *кг/см²* дано на фиг. 2, А и Б для того же шипа и для тех же сечений. Коэф. трения μ_1 шипа О. зависит от ряда факторов; согласно исследованиям Гюмбеля:

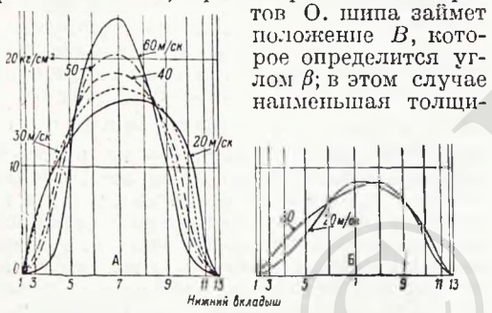
$$\mu_1 = 0{,}0023\xi\sqrt{\frac{\eta\cdot n}{p_{ср}}}\cdot\sqrt{\frac{4d}{l}+1};$$

η—*кг·ск/м²*—абсолютная вязкость смазки, n—число об/м. О. и ξ—коэф., зависящий от положения шипа в подшипнике и от отношения наименьшей толщины слоя смазки к зазору между шипом и подшипником. По исследованиям Фивега шип перемещается относительно подшипника в зависимости от числа оборотов, и только при числе оборотов $n=\infty$ О. шипа совпадает с О. подшипника. Если D — диаметр подшипника и d— диам. шипа, то зазор $s=D-d$; при покое



Фиг. 1.

эксцентриситет e О. шипа и подшипника будет $=s$ *см*; при вращении О. шипа будет перемещаться по некоторой кривой ABM (фиг. 3), где M — центр подшипника и $AM=\frac{s}{2}$. При покое О. шипа находится в A, при $n=\infty$—в M; при нек-ром числе оборотов О. шипа займет положение B, которое определится углом β; в этом случае наименьшая толщи-

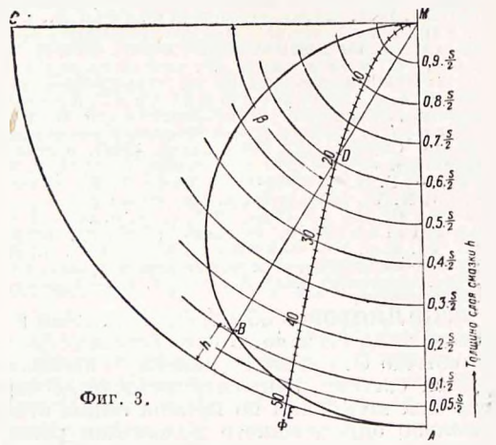


Фиг. 2.

на смазки будет равняться величине h. По Гюмбелю положение О. шипа определяется

$$\Phi = \frac{191\,000p\cdot s^2}{\eta\cdot n\cdot d^2}\cdot\frac{d+l}{l}.$$

Эти величины Φ, будучи изображены в полярных координатах угла β, дают кривую EDM. Определив значение Φ и проведя



Фиг. 3.

прямую через M и точку кривой EDM, соответствующую найденному значению Φ, до пересечения с кривою ABM пути центра шипа, определим искомую точку B положения О. шипа и наименьшую толщину h слоя смазки.

В табл. 1 сведены результаты опытов, дающих значения Φ, угла β и коэф-та ξ в зависимости от отношения $\frac{h}{s/2}$.

Табл. 1.—Зависимость Φ, угла β и коэфициента ξ от $\frac{h}{s/2}$.

$\frac{h}{s/2}$	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
Φ	39.6	20,5	13.6	10,5	8,5	7,2	6,1	5,3
β	67,4°	59,7°	53,8°	49,0°	45,2°	41,8°	38,3°	35,5°
ξ	2.67	2,61	2,41	2,31	2,23	2,17	2,13	2,09
$\frac{h}{s/2}$	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
Φ	4,7	4,1	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0	1,7
β	32°	29,2°	26,5°	23,4°	20,7°	17,7°	14,7°	12,4°
ξ	2,06	2,05	2,06	2,08	2,17	2,19	2,28	2,47

Из таблицы следует, что наименьшее значение $\xi=2{,}05$ получается при отношении $\frac{h}{s/2}=0{,}5$; при этом значении ξ коэф. трения

$$\mu_{min} = 0{,}0047\sqrt{\frac{\eta\cdot n}{p}}\cdot\sqrt{\frac{4d}{l}+1};$$

в среднем можно считать $\xi=2{,}4$ и

$$\mu_1 = 0{,}0055\sqrt{\frac{\eta\cdot n}{p}}\cdot\sqrt{\frac{4d}{l}+1.}$$

Зависимость коэф-та трения μ_1 от числа оборотов и давления характеризуется диаграммой фиг. 4, вычерченной для шипа, опирающегося на подшипник Селлерса с кольцевой смазкой. Резкое увеличение значения μ при

малых числах оборотов объясняется недостаточной толщиной h смазки, в виду увеличения эксцентриситета оси шипа и подшипника, так что шип работает полусухим. Кроме того коэф. μ_1 зависит от t, от системы смазки, от формы и материала подшипника. Секундная работа A_R трения будет равна

$$A_R = P\cdot\mu_1\cdot\frac{d}{2}\cdot\omega = P\cdot\mu_1\cdot v = p\cdot l\cdot d\cdot\mu_1\cdot v.$$

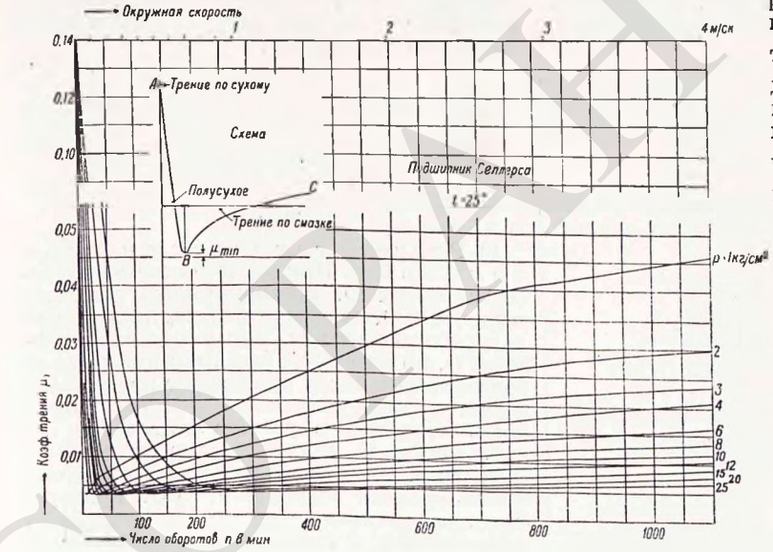
Удельная работа трения, т. е. работа, отнесенная к единице поверхности шипа, равняется

$$a_R = \frac{A_R}{\pi\cdot d\cdot l} = \frac{p\mu_1\cdot v}{\pi}.$$

Работа трения почти целиком превращается в теплоту, причем количество Q теплоты, выделяемой в 1 ск., будет равно

$$Q = \frac{A_R}{427} = \frac{P\mu_1\cdot v}{427}\ \text{Cal/ск.}$$

При расчете шипов О., последние проверяют на среднее давление $p=\frac{P}{dl}$; величина p для тех случаев, когда имеет место полусухое трение (фиг. 4), при работе стали по бронзе берется равной 50 *кг/см²*, для закаленной и шлифованной стали по бронзе $p=80$ *кг/см²* и для той же стали по баббиту $p=90$ *кг/см²*. В тех случаях, когда износ шипа не играет роли, эти величины м. б. взяты в 2—3 раза большими. Для паровозных О. допускают $p=150\div300$ *кг/см²*. Наиболее



Фиг. 4.

опасным местом в смысле возможного излома является сечение у корня шипа, которое подвергается действию изгибающего момента $M_b=\frac{P\cdot l}{2}=k_bW$, где k_b— допускаемое напряжение на изгиб в *кг/см²* и W *см³*— момент сопротивления сечения, равный $\frac{\pi d^3}{32}$, следовательно для d получим:

$$d = \sqrt[3]{\frac{P\cdot l\cdot 32}{k_b\cdot 2\cdot\pi}} = \sqrt[3]{\frac{5Pl}{k_b}};$$

а так как

$$P = \frac{k_b\cdot d^3}{5l} = p\cdot d\cdot l,$$

то

$$\frac{l}{d} = \sqrt{\frac{k_b}{5p}}.$$

В табл. 2 приведен ряд значений напряжения k_b в зависимости от давления p и от отношения $\frac{l}{d}$.

Для того чтобы шип О. не нагревался выше допустимой нормы, необходимо, чтобы все образуемое тепло было от шипа отведено; а так как для a_R имеет место след. соотношение:

$$a_R = \frac{p\mu_1 v}{\pi} = \frac{p\mu_1}{\pi}\cdot\frac{\pi dn}{60}\cdot\frac{1}{100},$$

где v дано в *м/ск* и d в *см*, то

$$pv = \frac{P}{ld}\cdot\frac{\omega\cdot d}{2}\cdot\frac{1}{100} = \frac{P\cdot\omega}{200l} = \frac{P}{ld}\cdot\frac{\pi dn}{60}\cdot\frac{1}{100},$$

и длина шипа должна быть не меньше

$$l = \frac{P\omega}{200pv} = \frac{Pn}{2000pv}.$$

В зависимости от условий работы допускают различные значения для pv, напр. для вагонных О. $pv\cong50\ \frac{кг}{см^2}\cdot\frac{м}{ск}$, для паровозных О. $pv=65\div130\ \frac{кг}{см^2}\cdot\frac{м}{ск}$.

Расчет О. 1) Случай статически определимой О. (фиг. 5). Для определения сил реакций A и B подшипников построим силовой многоугольник с полюсным расстоянием H; строя *веревочный многоугольник* (см.) $A_1C_1D_1B_1$ и проводя далее из полюса O луч, параллельный A_1B_1, получим величины сил реакции A и B подшипников. Величина изгибающего момента для каждого сечения О. определяется как произведение из ординаты веревочного многоугольника на полюсное расстояние H, на величину m_k масштаба сил и на величину m_l масштаба длины. В точке C изгибающий момент

Табл. 2.—Значения напряжения k_b в зависимости от p и l/d (в *кг/см²*).

l/d \ p	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	150
1,0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	750
1,2	72	144	216	288	360	432	504	576	648	720	862	1 080
1,5	89	178	267	356	445	534	623	712	801	890	1 068	
1,8	162	324	486	648	810	972	1 130	1 296				
2,0	200	400	600	800	1 000	1 200						
2,2	242	484	725	967	1 210							
2,4	288	577	865	1 150								

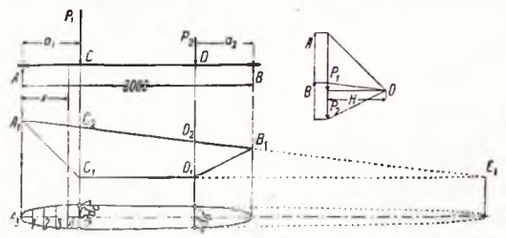
$M_b = C_1C_2 \cdot H \cdot m_b \cdot m_k$. Для любого другого сечения оси на длине участка AC изгибающий момент будет равен $A \cdot x$; если нужно спроектировать ось равного сопротивления, то пользуемся ур-нем:

$$k_b = \frac{Ax}{W} = \frac{Ax \cdot 10}{d^3} = \frac{10Ax}{8r^3} = \text{Const},$$

где r радиус сечения; следовательно

$$r = \sqrt[3]{1{,}25\frac{Ax}{k_b}} = \sqrt[3]{k \cdot x},$$

т. е. при осях равного сопротивления радиус последней будет изменяться по закону

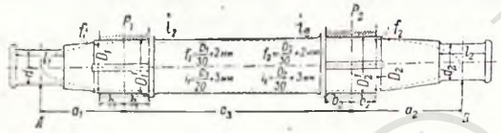


Фиг. 5.

кубич. параболы; это будет справедливо для всех тех участков О., для которых ординаты веревочного мн-ка ограничены прямыми линиями. Вершина параболы для участка AC будет лежать на вертикали, проходящей через точку A_1 пересечения сторон C_1A_1 и C_2A_1 веревочного многоугольника, для участка BD—на вертикали, проходящей через точку B_1, и для участка О. CD—на вертикали, проходящей через точку E_1. Для определения диаметра всех сечений О. достаточно определить диаметр в сечениях C и D; деля затем О. параболы на одинаковое число частей, например на 10 ч., определяют соответствующие диам. из ур-ия $d' = d\sqrt[3]{\frac{x}{10}}$, где x—длина в долях всего участка; на основе этого уравнения составлена следующая зависимость d' от x:

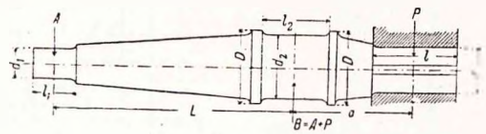
$x=$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$d'=$	0,46d	0,59d	0,67d	0,74d	0,79d	0,84d	0,89d	0,93d	0,97d	1d

При конструктивном выполнении в целях облегчения обработки отдельные участки О. выполняют не параболическими, а коническими, причем те места О., на к-рые д. б. посажены детали, выполняют цилиндрическими. Эти части О. называются н а с а д к а м и. Диаметр насадки D выполняется равным $d+2f$, где d—расчетный диаметр О. в данном сечении и $f = \frac{d}{30} + 2$ *мм* (фиг. 6). На фиг. 6 дано изображение конструктивного очертания оси указанием относительных



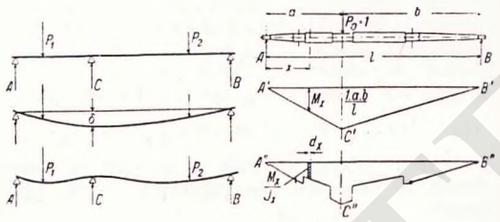
Фиг. 6.

размеров, пунктирная кривая дает параболу равного сопротивления. Пользуясь этим методом или чисто аналитически, легко можно рассчитать оси, нагруженные в одном месте вне опор (фиг. 7).



Фиг. 7.

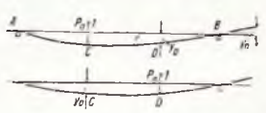
2) Р а с ч е т с т а т и ч е с к и н е о п р е д е л и м о й О. При расчете статически неопределимых О. предварительно задаются размерами О. на основе опыта и наблюдений над работающими О. или определяют размеры О. по одному из приближенных способов расчета и затем производят поверочный расчет по нижеуказываемому методу. Сущность поверочного расчета статически неопределимой О. заключается в следующем: если напр. у О., лежащей на трех опорах, отнять средний подшипник, то О., прогнувшись, даст в этом месте стрелу прогиба δ, сила реакции C среднего подшипника предотвращает этот прогиб, как это схематически изображено на фиг. 8. Для определения величины C рассмотрим действие силы P_0=1 *кг*, приложенной взамен C; в этом случае величина прогиба δ в любом сечении, отстоящем на расстоянии x от середины левой опоры, м. б. определена из следующего ур-ия:



Фиг. 8.

$$\delta = a\int \frac{M_x \cdot x \cdot dx}{J_x},$$

где a—коэф. удлинения, J_x—момент инерции сечения оси. Построив для силы $P_0 = 1$ *кг* веревочный мн-к $A'B'C'$, можно по его ординатам, дающим величину M_x, подсчитать выражение $\frac{M_x}{J_x}$ и построить соответствующую этому последнему выражению диаграмму $A''B''C''$. Беря элементы площади $\frac{M_x}{J_x}dx$ по диаграмме $A''B''C''$ и представляя эту элементарную площадь в виде некоторой силы, приложенной в ц. т. элемента площади, можно построить для этих элементарных сил силовой и веревочный мн-ки, ординаты которых и дадут в масштабе величину прогибов для каждого сечения О. Полученный таким путем веревочный мн-к является упругой линией для на-



Фиг. 9.

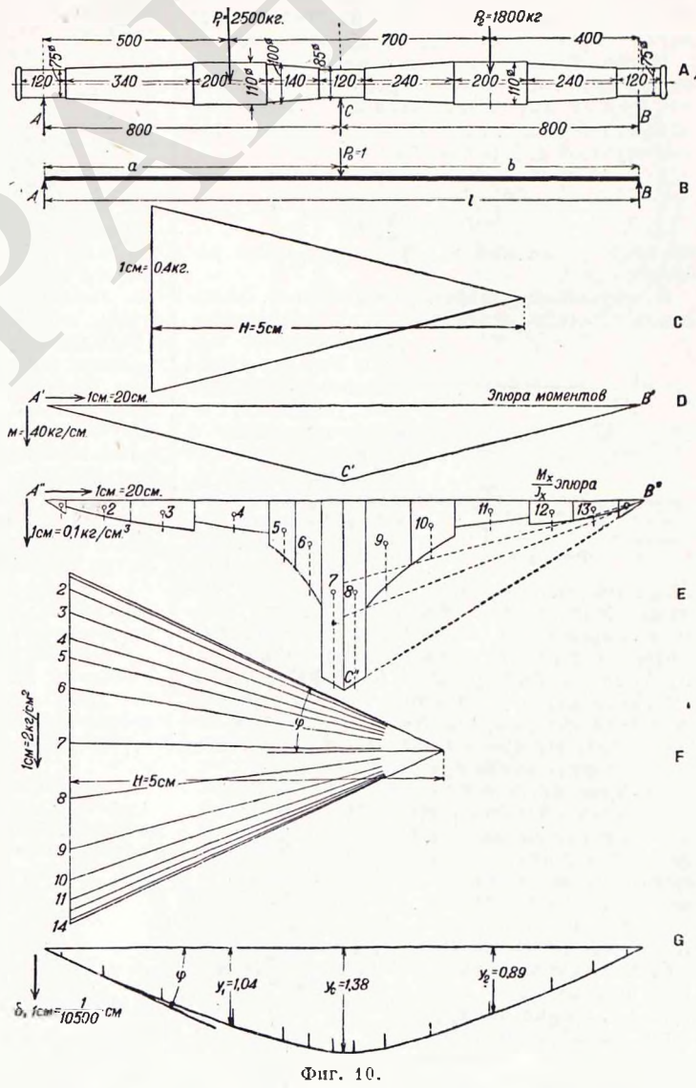
грузки в точке C рассматриваемой О. Согласно теореме Максвелла упругая линия для нагрузки в точке C является в то же время *линией влияния* (см.) для той же точки C и дает возможность определить силу реакции в этой точке; т. е. если сила $P_0 = 1$ *кг*, приложенная в точке C, вызывает прогиб в точке D, равный y_D (фиг. 9), то та же сила $P_0 = 1$ *кг*, будучи приложена в точке D, даст прогиб в точке C также равный y_D. Если в точке D будет приложена сила P_1 *кг*, то прогиб в точке C будет равен $P_1 \cdot y_D$. Следовательно для того случая, когда на ось будут действовать силы P_1 и P_2, сумма их действий должна уравновешиваться влиянием силы реакции C, т. е.

$$Cy_C = P_1y_1 + P_2y_2,$$

или, в общем виде,

$$C \cdot y_C = \sum Py;\ C = \frac{\Sigma Py}{y_C}.$$

Для случая, когда сила P приложена снаружи опор A или B, в расчетное уравнение соответствующую ей ордината y_n (фиг. 9) вводят с отрицательным знаком. Для примера на фиг. 10 дано в масштабе графич. определение силы реакции среднего подшипника для О., нагруженной силами P_1=2 500 *кг* и P_2= =1 800 *кг*. Масштабы построения указаны непосредственно на чертеже. Порядок построения следующий: строим для силы P_0=1 *кг* силовой многоугольник (план сил) с полюсным расстоянием H=5 *см* (фиг. 10, C), после этого строим веревочный мн-к, $A'C'B'$, который является эпюрой моментов (фиг. 10, D), а затем эпюру $\frac{M_x}{J_x}$; при построении эпюры $\frac{M_x}{J_x}$ для частей О., имеющих одинаковые моменты инерции J, напр. для трех шеек A, B и C, имеющих $\varnothing$=75 *мм*, достаточно отложить величину $\frac{M_{bmax}}{J_x}$ на вертикали, проходящей через точку приложения силы P_0, и полученную точку C'' соединить прямыми с точками A'' и B'', эти прямые ограничат площади $\frac{M_x}{J_x}$ для всех сечений с одинаковыми моментами инерции J, т. к. изгибающий момент M_x изменяется от A' до C' по закону прямой. Аналогичным способом определяют значения $\frac{M_x}{J_x}$ для конических частей оси; определив $\frac{M_{bmax}}{J_x}$ для сечения по середине конич. части (напр. для сечения с диам. 92,5), наносят полученное значение на ту же вертикаль, проходящую через P_0, и полученную точку соединяют с A'' и B'' до пересечения с соответствующими ординатами взятых се-



Фиг. 10.

чений, как это изображено в правой части фиг. 10, E. Для данного примера достаточно определить $\frac{M_{bmax}}{J_x}$ (в *кг/см*³) для следующих пяти диаметров О.:

Диаметр О. в *см*	7,5	8,5	9,25	10,0	11,0
$\frac{M_{bmax}}{J_x}$ . . .	$\frac{40}{155}$=0,258	$\frac{40}{256}$=0,156	$\frac{40}{361}$=0,111	$\frac{40}{491}$=0,0815	$\frac{40}{719}$=0,0556

Построив эпюру $\frac{M_x}{J_x}$, делим площадь ее на 14 ч. и по полученным площадям строим силовой мн-к (фиг. 10, F), по к-рому получаем упругую линию, или линию влияния, для C от силы P_0=1 *кг*. Для данного примера и данных масштабов y_1=1,04, y_2=0,89,

$y_C = 1{,}38$ *см*, откуда получаем следующее значение C:

$$C = \frac{P_1 y_1 + P_2 y_2}{y_C} = \frac{2\,500 \cdot 1{,}04 + 1\,800 \cdot 0{,}89}{1{,}38} = 3\,050 \text{ кг}.$$

После определения C, силы реакции A и B легко определяются из ур-ий моментов.

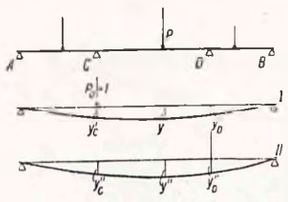
В том случае, когда О. имеет более трех опор, то предполагая опоры C и D отнятыми, строят две линии влияния I и II для единичной нагрузки в C или в D (фиг. 11) и получают два расчетных ур-ия:

$$C \cdot y'_C + D y'_D = \sum P y',$$

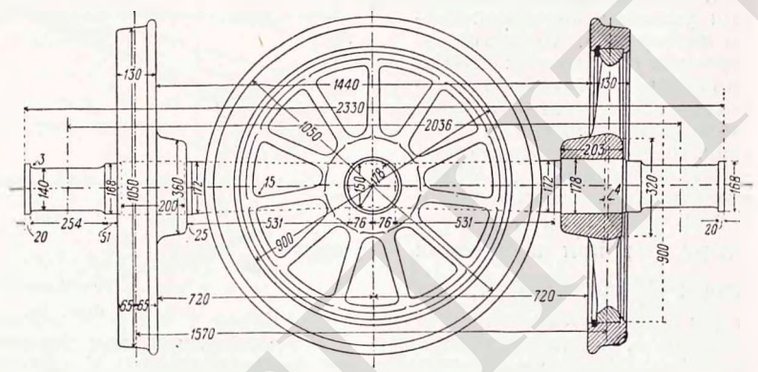
$$C \cdot y''_C + D y''_D = \sum P y'';$$

из этих уравнений и определяют силы реакции C и D.

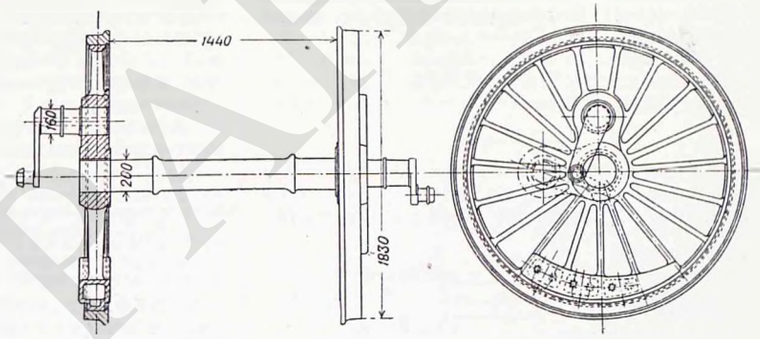
О. паровозные, тендерные и вагонные. Паровозные О. в зависимости от их назначения разделяют на ведущие, непосредственно связанные с шатунами, сцепные, связанные с ведущими О. при помощи спарников, и бегунковые (см. *Паровозы*). Ведущие и сцепные оси подвергаются как изгибающим, так и скручивающим усилиям. Материалом для изготовления прямых паровозных О. служит мартеновская сталь (марка Ст5 повышенная) с врем. сопротивлением на разрыв $R \geq 5\,000$ *кг/см²* и относительным удлинением $\geq 20\%$ (содержание фосфора допускается $\leq 0{,}07\%$); для коленчатых О. применяют также никелевые и хромоникелевые стали с временным сопротивлением $\geq 6\,000$ *кг/см²* и относительным удлинением $\geq 18\%$. Выкованные из болванок заготовки после отжига поступают для обточки на токарные станки. Обточке подвергается вся поверхность прямых О., шейки полируют и накатывают. При изготовлении прямых О. на каждой О. должен быть с головной части болванки предусмотрен припуск для изготовления пробы; для нескольких О., выковываемых из одной болванки, достаточно иметь один припуск; для коленчатых О. припуски обязательно оставлять с обеих сторон оси. О. без припусков приемке не подлежат. На каждой О. д. б. выбита марка з-да, время изготовления, номер плавки и литерные обозначения изготовленной О., а именно: В—на О., изготовленной из верхней части общей болванки или из одиночной болванки; ВВ—для следующей О. из той же болванки, ВВВ—для третьей О.; литерные обозначения ставят у конца, соответствующего верхней части болванки; кроме того на О. выбивается заводской номер О. В центре О. должны быть просверлены отверстия глубиною 20 *мм*, $\varnothing = 6$ *мм* с расточкой на конус в 60°. При изготовлении паровозных О. для ж. д. СССР допускаются следующие отступления от размеров чертежа. Для прямых осей в черном виде: по длине $+25$ *мм*, по диам. $+5$ *мм*; для полуобточенных осей—в местах полуобточенных по диам. $+3$ *мм*; для окончательно обработанной О.: по длине $+2$ *мм*, по диаметру шеек $+0{,}2$ *мм*, по диаметру подступичной части $+1$ *мм*, по длине шеек $+0{,}5$ *мм*, по расстоянию между внутренними бортами шеек $\pm 0{,}5$ *мм*, по диам. средней части $+2$ *мм*, по диам. буртов $+0{,}5$ *мм*, по радиусу галтелей $+1$ *мм*. Для О. коленчатых то же, что и для прямых О. и, кроме того для поперечных размеров колен $+2$ *мм* и по радиусам колен ± 1 *мм*. Образцы паровозных О. должны быть подвергнуты испытаниям на разрыв и на удар. Длинный образец ($\varnothing = 20$ *мм*, длина $l = 50$ *мм*) должен показать $R \geq 5\,000$ *кг/см²*, $i \geq 28\%$; для испытания на удар установлены: вес бабы в 25 *кг*, высота падения 2 *м*, расстояние между опорами 160 *мм*. Образец выполняют квадратного сечения 30×30 *мм* и длиною 200 *мм*; после 15 ударов бабою не д. б. надрывов, трещин, изломов и других пороков. О. вагонные и тендерные могут иметь следующие допуски в черном виде: по диаметру средней необтачиваемой части $+5$ и -1 *мм*, по диаметру обтачиваемых частей $+5$ *мм*, по длине О. $+15$ *мм*; в чистом виде: по диаметру в частях необтачиваемых $+5$ и -1 *мм*, по диам. шейки $+0{,}5$ *мм*, по длине шейки $+1$ *мм*, по толщине буртика $+2$ *мм*, по диам. буртика $+2$ *мм*, для расстояния между серединами шеек ± 1 *мм*, по диам. подступичной части $+1$ *мм*. Испытание О. широкой колеи в целом виде производят на удар пятью ударами бабы весом в 1 000 или 500 *кг*, падающей с высоты H, определяемой из уравнения $PH = aD^2$, где P—вес бабы в *кг*, H—высота в *м*, D—диам. середины О. в *мм*, a—коэфициент, равный 0,20 для бабы весом в 1 000 *кг* и 0,18 для бабы весом в 500 *кг*. Расстояние между опорами 1,5 *м*; после 1-го и 3-го удара О. должна быть повернута на 180°. О. узкой колеи испытывают пятью ударами бабы весом в 500 *кг* с высоты $H = 0{,}054\ D^2/l$, где H в *м*, D—диам. средней части в *мм*, l—расстояние между опорами, равное ширине колеи в *см*. На фиг. 12 дано изображение и указаны размеры вагон. О. американского типа D, на фиг. 13—пассажирской нормальной О. Расчет О. представляет затруднение вследствие того, что неизвестны в точности величины действующих сил, в том числе и величины силы давления рельса на реборду колеса во время хода поезда по закруглению. При расчете принимают, что боковая сила $K = 0{,}4P$, где P—нагрузка на О. в спокойном состоянии. Под действием силы K давление на шейку О. увеличится на величину $p = \frac{h}{L} \cdot K$ и сила давления на колесо увеличится на величину $q = \frac{h + 0{,}5D}{s} \cdot K$, где D—диам. колеса, h—высота ц. т. вагона над серединою О., s—расстояние между точками опоры колес, L—расстояние между серединами осевых шеек. Зная силы P, K, p и q, ведут расчет О. на изгиб, проверяя сечения у корня шейки, у основания подступичной части и сечение по середине длины оси. Для определения предельных размеров осевых шеек и подступичной части можно пользоваться следующими рекомендуемыми НКПС формулами: $a^3 = 8l : \pi k_{bs} P$ и $d_1^3 = 16 l_1 : \pi k_{bm} P$, где d—диам. шейки, d_1—диам. подступичной части, l—длина шейки, l_1—расстояние середины шейки до круга катания, k_{bs}—напряжение на изгиб в шейке ≤ 550 *кг/см²* для пассажирских вагонов и ≤ 700 *кг/см²* для товарных вагонов, k_{bm}—напряжение на изгиб в подступичной части ≤ 400 *кг/см²* для пассажирских вагонов и ≤ 560 *кг/см²* для товарных вагонов. Основные размеры вагонных осей на железных дорогах СССР представлены в табл. 3 (в *мм*).



Фиг. 11.



Фиг. 12.



Фиг. 14.

Табл. 3.—Размеры вагонных осей на дорогах СССР.

Типы осей	Расстояние между серединами шеек	Диам. шейки	Длина шейки	Диам. предподступичной части	Диам. подступичной части	Диам. средней части
Нормальная товарная . .	2 114	100	170	120	135	126
Усиленная товарная . . .	2 114	105	170	120	145	136
Пассажирская нормальная	2 114	115	210	135	155	145
Пассажирская усиленная	2 114	125	230/240	145	165	155
Американского типа D . .	2 036	140	254	168	178	149

Паровозные оси, ведущие и сцепные, для паровозов с внутренней рамой и с цилиндрами, расположенными снаружи, имеют очертание, изображенное на фиг. 14. Ведущие и сцепные О. подвергаются при работе изгибу от веса паровоза и от силы давления пара на поршень, передаваемой на ведущие колеса с помощью шатунов и спарников. Размеры шеек определяют по формулам для Wk_b: для ведущей оси:

$$Wk_b = \sqrt{\left[Pl + 0{,}4(P + 1\,000)\,\frac{D}{2}\right]^2 + \left[0{,}3Pl + \frac{\pi d_0^2}{4} p_k \left(l_1 - \frac{n-1}{n}\right)\right]^2 + (0{,}15P \cdot D)^2};$$

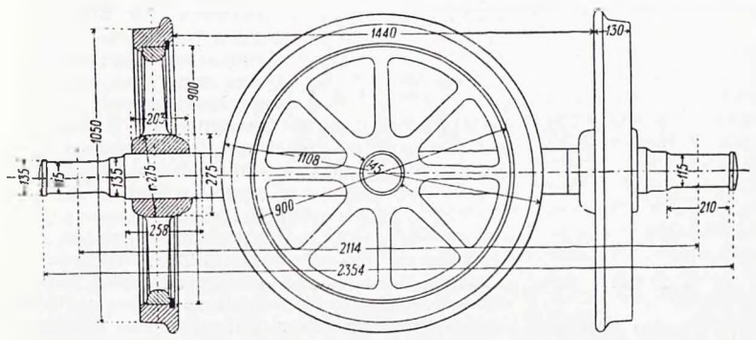
для сцепных осей:

$$Wk_b = \sqrt{\left[Pl + 0{,}4(P + 1\,000)\,\frac{D}{2}\right]^2 + \left[0{,}3Pl + \frac{\pi d_0^2}{4} p_k \cdot \frac{l_2}{n}\right]^2 + (0{,}15P \cdot D)^2};$$

для бегунковых осей:

$$Wk_b = Pl + 0{,}4(P + 1\,000)\,\frac{D}{2},$$

где P—сила статич. давления колеса на рельс в *кг*, l—расстояние от середины шейки до круга катания в *см*, l_1—расстояние от середины шейки О. до геометрич. О. цилиндра в *см*, l_2—расстояние от середины шейки оси до середины сцепной цапфы, p_k—давление пара в котле в *кг/см²* и d_0—диаметр парового цилиндра в *см*, D—диаметр колес по кругу катания в *см*, n—число спаренных О.; k_b—допускаемое напряжение на изгиб



Фиг. 13.

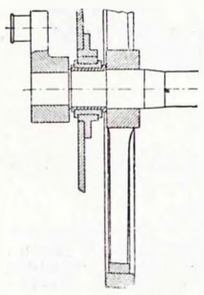
$\leq 1\,000$ *кг/см²* для ведущих и 700 *кг/см²* для сцепных и бегунковых осей, W—момент сопротивления сечения О. в *см³*. Предельные напряжения изношенных ведущих осей $\leq 2\,000$ *кг/см²*, для сцепных и бегунковых $\leq 1\,700$ *кг/см²*. Боррис дает эмпирич. ф-лы: для ведущей оси:

$$d = 6\sqrt[3]{P(D + 500)},$$

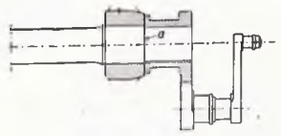
для бегунковой оси:

$$d = 6\sqrt[3]{P},$$

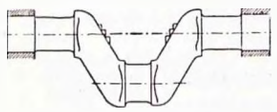
где d—диам. шейки оси в *мм*, D—диам. колеса в *мм*, P—нагрузка от веса паровоза на О. в *т*. При упрощенных расчетах принимают $W = 0{,}1\,d^3$ для сплошной оси и $W = 0{,}1\,(d^3 - d_0^3)$ для полой. Диам. подступичной части выполняют больше диам. новой шейки на 8—10 *мм*; диаметр средней части



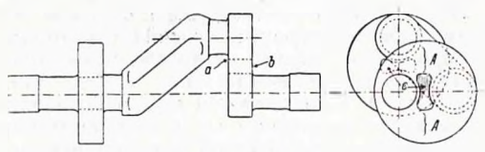
Фиг. 15.



Фиг. 16.

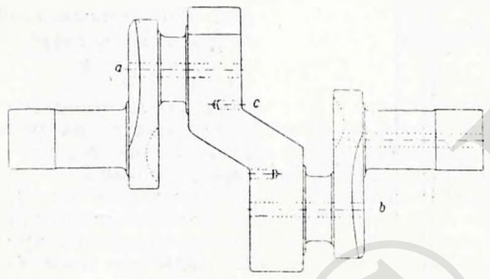


Фиг. 17.



Фиг. 18.

оси меньше диаметра подступичной части на 10—15 *мм*. На фиг. 15 и 16 даны конструкции О. для паровозов с внешней рамой, в этом случае О. снабжается кривошипом; конструкция О., изображенной на фиг. 16, имеет относительно меньшую длину, но зато наиболее опасное сечение *a* недоступно

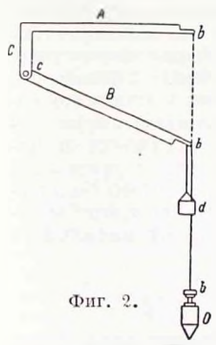


Фиг. 19.

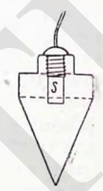
осмотру, т. к. для осмотра нужно каждый раз снимать кривошип, что невозможно. Конструкция ведущей оси для паровоза с тремя цилиндрами, из которых один лежит внутри рамы, дана на фиг. 17. Ведущая О. 4-цилиндрового французск. паровоза изображена на фиг. 18. Для предотвращения появления трещин в наиболее трудно проковываемой части ab щек О. последние выполнены с вырезами c, так что крутящие усилия передаются через хорошо прокованные части AA щек О. Трудность отковки таких осей привела к изготовлению коленчатых паровозных О. из нескольких отдельно выкованных и затем соединенных частей. Примером может служить О., изображенная на фиг. 19, составленная из трех частей a, b и c. Конструктивное выполнение—см. также *Паровозы*.

Лит.: Сидоров А. И., Курс деталей машин, ч. 1, 2 изд., М.—Л., 1927; Бобарыков И. И., Детали машин, часть общая, М.—Л., 1926; Кестнер Е. Г., Курс паровозов, М., 1922; Кестнер Е. Г. и Николаев И. И., Динамика и паропределение паровозов, М., 1931; Rötscher E., Maschinenelemente, B. 2, B., 1929. **Б. Шпринц.**

ОТВЕС, приспособление, состоящее из тонкой бечевки и грузика на конце ее, позволяющее судить о правильном горизонтальном или вертикальном положении нек-рых частей инструментов и принадлежностей к ним. От действия силы тяжести бечевка, называемая нитью О., принимает вполне определенное постоянное направление, называемое отвесной линией. Оконечность грузика должна точно находиться на продолжении натянутой бечевки; для этой цели грузику придают вид опрокинутого конуса, поставленного на цилиндр; в основание цилиндра ввинчивается маленький цилиндрик так, чтобы центры их совпадали; в центральное отверстие последнего пропускается бечевка с узлом на конце (фиг. 1). Для более быстрой установки нити в отвесное положение применяется двойной отвес с противовесом d (фиг. 2). Для центрирования *мензулы* (см.), т. е. для установки точки на планшете мензулы над определенным пунктом на местности (на одной отвесной линии с ним), О. прикрепляют к в и л к е, сделанной из дерева или из металла и состоящей из трех планок A, B и C. Планки A и C скреплены неподвижно, а планка B (длиннее A) вращается на шарнире c. Нить с грузиком O закрепляется у нижней планки B; ее продолжение bb' проходит через носик b' верхней планки A, когда B отогнута и планка A горизонтальна. Чтобы произвести центрирование мензулы, ее сначала центрируют и устанавливают в горизонтальное положение наглаз. Затем вилку кладут на планшет так, чтобы бо́льшая часть планки A помещалась на планшете. Удерживая носик вилки у центрируемой точки на планшете, передвигают планшет по подставке мензулы до тех пор, пока вершина конуса О. установится над точкой местности (будет «бить» в точку местности), означенной колом или иным образом. Вилка применяется при съемке мензулой в масштабе 1/1 000 и крупнее; при съемках же в мелких масштабах центрировку мензулы производят на-глаз, без вилки, так как в этих случаях погрешность, которая происходит от неправильной центрировки над точкой стояния, не превосходит предельной величины отрезка прямой на плане, которую можно различить невооруженным глазом (так назыв. г р а ф и ч е с к о й т о ч н о с т и). Кроме указан. применений О. пользуются при нивелировках для установки реек в вертикальном положении. Отвес применяется также в простейшем нивелире—*ватерпасе* (см.) и в угломерных инструментах для установки центра *лимба* (см.) над точкой местности. Недостаток отвеса тот, что им нельзя пользоваться при сильном ветре.



Фиг. 2.



Фиг. 1.

ОТДАЧА АРТИЛЛЕРИЙСКИХ ОРУДИЙ, импульс силы давления пороховых газов на затвор орудия, равный количеству движения, приобретаемого орудием в процессе выстрела. По закону сохранения движения ц. т. свободной группы тел остается в покое или движется прямолинейно с постоянною скоростью до тех пор, пока действующие силы, перенесенные в ц. т. группы, остаются в равновесии. Закон этот применим ко всякому огнестрельному орудию, т. к. каждое из них можно рассматривать как группу тел (снаряд, само орудие и т. д.), взаимное положение к-рых изменяется под влиянием сил давления пороховых газов, т. е. сил, которые, будучи перенесены в ц. т. группы, остаются в равновесии. Силу трения орудия о землю, не превышающую в обычных условиях 0,01 доли силы давления пороховых газов, можно не принимать в расчет. Если орудие перед выстрелом находилось в покое, то и во время выстрела ц. т. группы останется в покое, т. е. перемещение тел группы будет происходить во взаимно-противоположных направлениях и расстояние каждого из них от начального положения будет обратно пропорционально массе этого тела. Если например масса орудия в 100 раз больше массы снаряда и тел, движущихся вместе с ним, то перемещение снаряда вперед будет приблизительно в 100 раз больше перемещения орудия назад. Это движение орудия—явление нежелательное.

В интересах правильности наводки, скорости стрельбы, избежания наката и новой наводки после каждого выстрела и т. д. необходимо было бы, чтобы орудие оставалось во время стрельбы неподвижным. Требование это практически невыполнимо, так как давление пороховых газов, обусловливающее движение орудия назад, настолько велико, что для закрепления последнего в неподвижном состоянии потребовались бы чрезвычайно прочные сооружения. В полевых орудиях напр. сила давления порохов. газов обычно превышает 125 000 *кг*. В условиях, при к-рых приходится действовать полевым орудиям, никакое закрепление их в неподвижном состоянии при этих громадных силах давления невозможно. Величина движения орудия назад во время выстрела обусловливается двумя факторами: действием силы давления пороховых газов и продолжительностью этого действия, т. е. импульсом давления пороховых газов, передаваемым орудию в направлении, противоположном движению снаряда. Импульс этот, называемый отдачею орудия, выражается интегралом

$$\int_0^t P\,dt,$$

где P—сила давления пороховых газов и t—продолжительность в ск. действия ее на орудие. Сила P определяет собою величину ускорения движения орудия во время выстрела и равна $\frac{G}{g}W$, где G—вес орудия в *кг*, g—9,81 *м/ск²*—ускорение силы тяжести и W *м/ск²*—ускорение движения орудия. Таким образом:

$$\int_0^t P\,dt = \int_0^t \frac{G}{g}W\,dt = \frac{G}{g}\int_0^t dv = \frac{G}{g}v, \qquad (1)$$

где v *м/ск*—скорость, приобретенная орудием к концу выстрела. Отдача орудия равна следовательно тому количеству движения, которое приобретает орудие к концу выстрела.

Энергия пороховых газов тратится на движение орудия, снаряда, самих пороховых газов и того воздуха, к-рый находится в канале ствола до выстрела. Т. к. до и после выстрела канал ствола оказывается заполненным приблизительно одинаковым количеством газов, то в дальнейшем расчете влияние воздуха в канале ствола на отдачу можно не принимать в соображение. Такой же по величине импульс, который передается пороховыми газами орудию, передается ими также массе снаряда и пороховых газов. Как и в предыдущем случае, оказывается, что импульс силы давления пороховых газов равен тому количеству движения, к-рое массы снаряда и пороховых газов (вес последних равен весу порохового заряда) приобретут к концу выстрела, т. е.

$$\int_0^t P\,dt = \frac{Q}{g}V + \int_0^t \frac{dp}{g}U = \frac{Q}{g}V + \frac{p}{g}U, \qquad (2)$$

где Q—вес снаряда, V—скорость, с которой снаряд вылетает из ствола орудия, p—вес порохового заряда и U—средняя скорость, с которой пороховые газы оставляют канал ствола. Величины Q, V и p для всякого орудия точно известны, тогда как скорость U лишь с большим трудом поддается учету. В тот момент, когда снаряд вылетает из ствола орудия, пороховые газы начинают также оставлять ствол, причем скорость их становится значительно больше скорости снаряда. Если бы превращение энергии пороховых газов в их живую силу происходило при этом целиком в канале ствола, то определение скорости U не представляло бы затруднений. Ее можно было бы определить из

$$\frac{pU^2}{2g} = \frac{pV^2}{8g} + A,$$

где A—потенциальная энергия, которою обладают пороховые газы в тот момент, когда снаряд вылетает из ствола, и $\frac{pV^2}{8g}$—кинетическая энергия этих газов в тот момент, когда они обладают среднею скоростью $\frac{V}{2}$. По закону адиабатич. расширения газов работа A определится из ур-ия

$$A = \frac{q \cdot a}{k-1}\left(1 - \frac{1}{q^{\frac{k-1}{k}}}\right).$$

Этот закон вполне применим для данного случая, но он не применим во время движения снаряда в стволе орудия потому, что во все это время пороховой заряд лишь постепенно переходит в газообразное состояние, развивая энергию; в тот момент когда снаряд вылетает из ствола, почти весь заряд перешел уже в газообразное состояние, и пороховые газы переходят в такое состояние, когда энтропия их становится величиною постоянною, т. е. когда дальнейшее расширение пороховых газов происходит по закону адиабатич. расширения.

Подставляя в это уравнение адиабат вместо объема a канала ствола выражение $\frac{\pi d^2}{4} l$, где d—калибр орудия и l—длина ствола, и вместо k—1,41, получим:

$$A = 1{,}915\, qd^2 l\left(1 - \frac{1}{q^{0{,}29}}\right),$$

где q—давление пороховых газов в тот момент, когда снаряд выходит из канала ствола. То обстоятельство, что к концу движения снаряда в стволе незначительная часть порохового заряда еще не превратилась в газ и продолжает переходить в газообразное состояние в то время, когда пороховые газы оставляют канал ствола, оказывает нек-рое влияние на величину A тем, что, понижая коэф. k, увеличивает A. Определить, как велика эта еще не перешедшая в газообразное состояние часть порохового заряда, и вместе с этим учесть влияние этого обстоятельства на величину A, оказывается пока невозможным, так как на это обстоятельство влияет не только состав пороха, но и вес снаряда и длина ствола, от которых гл. обр. и зависит продолжительность перехода порохового заряда в газообразное состояние, а вместе с тем и б. или м. полное завершение этого процесса. Итак, допустив полный переход потенциальной энергии пороховых газов в кинетическую по закону адиабатич. расширения газов, мы получим:

$$\frac{pU^2}{2g} = \frac{pV^2}{8g} + 1{,}915\, qd^2 l\left(1 - \frac{1}{q^{0{,}29}}\right).$$

При $V = 500$ *м/сек*, $p = 0{,}645$, $q = 350$ *atm*, $d = 7{,}62$ и $l = 2{,}3$ *м* средняя скорость U, с к-рой газы оставляют канал ствола, будет равна 1 560 *м/сек*. Подставляя эту величину в ур-ие (2), мы определим отдачу орудия.

Вычисленная т. о. отдача орудия оказывается больше наблюдаемой. Объясняется это тем, что не вся работа A превращается в канале ствола в кинетич. энергию пороховых газов, т. к. газы эти выходят из ствола орудия в виде струи, упругость к-рой значительно выше атмосферного давления. Т. о. только часть работы A превращается в кинетич. энергию пороховых газов в канале ствола и этим влияет на отдачу, увеличивая ее. Решающее влияние на превращение потенциальной энергии газов в кинетическую при истечении их в среду более низкого давления оказывает форма отверстия, через к-рое происходит это истечение. По законам термодинамики [1], при истечении эластичных жидкостей через обыкновенные цилиндрич. насадки, скорость истечения в конце насадки не может превысить скорости звука, соответствующей состоянию жидкости в насадке, и давление в последней понижается поэтому лишь до давления немного большего половины начального. Более точно зависимость конечного давления от начального выражается ур-ием

$$q_1 = q\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}} = 0{,}53q.$$

Полное превращение давления газа в его скорость происходит только при истечении газа через конич. насадки. Применяя этот закон для данного случая, мы найдем, что при истечении пороховых газов из канала ствола, передний конец к-рого не расширен в виде конуса или борт отверстия к-рого не закруглен, давление этих газов в конце канала ствола понижается лишь до 0,53 того давления, к-рое господствует в канале ствола во время истечения. Дальнейшее понижение давления происходит вне ствола и поэтому не влияет на увеличение интересующей нас скорости U, а следовательно и на отдачу орудия. Т. о. только 0,47 давления газов в стволе превращается в их скорость внутри ствола. Поэтому и в кинетическую энергию газов внутри ствола превращается только 0,47 A. То обстоятельство, что развитие интересующей нас скорости U происходит внутри ствола, нисколько конечно не противоречит тому факту, что наибольшая скорость отдачи соответствует положению снаряда вне ствола, так как самое развитие скорости U происходит в то время, когда снаряд находится вне ствола.

На основании высказанных соображений построено нижеследующее ур-ие, служащее для определения скорости U:

$$\frac{pU^2}{2g} = \frac{pV^2}{8g} + 0{,}9q\, d^2 l\left(1 - \frac{1}{q^{0{,}29}}\right).$$

Для давлений q в пределах 200—600 *atm* величина выражения в скобках колеблется в пределах 0,80—0,86. Приняв его равным 0,83 и подставляя вместо $g = 9{,}81$, мы получим:

$$U = \sqrt{\frac{V^2}{4} + 14{,}66\frac{q}{p} d^2 l},$$

где U и V—в *м/сек*, q—в *atm*, p—в *кг*, d—в *см* и l—в *м*. Ур-ие отдачи принимает т. о. следующий вид:

$$\int_0^t P\, dt = \frac{Q}{g} V + \frac{p}{g}\sqrt{\frac{V^2}{4} + 14{,}66\frac{q}{p} d^2 l}. \quad (2')$$

Употребление выведенных ур-ий затрудняется тем обстоятельством, что конечное давление q в канале ствола не во всех случаях известно. Там, где имеются данные относительно этого давления, результаты вычисления отдачи по ф-ле (2′) вполне соответствуют действительности. Вычисляя скорость U по выведенной ф-ле для случаев, чаще всего

встречающихся на практике, и для давлений $q = 250$—500 *atm*, мы найдем, что скорость U колеблется в пределах $1{,}7V \div 2{,}1V$. В отдельных случаях U доходит до 2,6 V.

Принимая для U среднее значение равным $1{,}9V$, мы получим вместо ф-лы (2′) более простую и годную для приблизительных вычислений во всех случаях ф-лу:

$$\int_0^t P\, dt = \frac{Q}{g} V + 1{,}9\frac{p}{g} V = \frac{Q + 1{,}9p}{g} V. \quad (3)$$

Автор настоящей статьи имел возможность проверить все высказанные относительно отдачи соображения на опытах с обыкновенным ружейным стволом. Опыты эти показали, что: 1) при обыкновенном цилиндрическом отверстии ствола скорость $U = \sim 1{,}9$ V; 2) при закруглении борта отверстия, причем радиус закругления был 1—2,5 *мм*, скорость U доходит до 2,25 V; 3) при конич. отверстии ствола, причем длина конуса доходила до 60 *мм* и диаметр переднего конца конуса—до 13 *мм*, U делается равной 2,8 V и больше. По предложению Пьобера (Piobert) при вычислении О. а. о. к весу снаряда прибавляют половину веса порохового заряда и приравнивают отдачу выражению $\frac{Q + 0{,}5p}{g} V$.

Предлагая эту ф-лу, Пьобер принимал, что на величину отдачи пороховой заряд влияет только до тех пор, пока он не превратится в газ. Начиная свое движение вместе со снарядом, пороховой заряд постепенно переходит в газообразное состояние, чтобы к концу движения снаряда в стволах окончательно превратиться в газ. Т. о. в среднем вместе со снарядом движется лишь половина порохового заряда и поэтому лишь половина заряда влияет на О. а. о. Р. Вилле [2] находит, что предложенный Пьобером коэф. 0,5 слишком мал и что по данным опыта величина этого коэф. д. б. принята равной скорее 1 или даже 2. При этом Вилле считает, что «обе эти величины не могут соответствовать действительности», т. к. уже коэф. этот, равный 1, показал бы, что «во все время движения снаряда в стволе орудия пороховой заряд совершенно не переходит в газообразное состояние, что очевидно невозможно». Таким обр. и Р. Вилле принимает, что пороховой заряд влияет на отдачу орудия, находясь лишь в твердом, а не в газообразном состоянии.

Имея все данные для определения величины О. а. о., мы можем легко определить и энергию отдачи. Из ур-ий (1) и (3) имеем

$$\frac{G}{g} v = \frac{Q + 1{,}9p}{g} V.$$

Отсюда скорость v, к-рую приобретает орудие к концу выстрела,

$$v = V\frac{Q + 1{,}9p}{G}. \quad (4)$$

Т. о. энергия отдачи

$$D = \frac{Gv^2}{2g} = \frac{(Q + 1{,}9p)^2 V^2}{2gG}. \quad (5)$$

Если вес G орудия = 1 100 *кг*, вся масса его принимает на себя отдачу, вес Q снаряда 7,2 *кг*, вес p порохового заряда = 0,7 *кг*, начальная скорость V снаряда = 529 *м/сек*, то энергия отдачи D будет равна

$$D = \frac{(7.2 + 1.9 \cdot 0{,}7)^2 529^2}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 1100} = 943.5\ кг/м.$$

Отдача этого орудия

$$\frac{7{,}2 + 1{,}9 \cdot 0{,}7}{9{,}81} 529 = 460\ кг/сек.$$

Скорость отката орудия

$$v = 529\frac{7{,}2 + 1{,}9 \cdot 0{,}7}{1100} = 4{,}102\ м/сек.$$

Под влиянием приобретенной энергии орудие движется назад до тех пор, пока силы сопротивления движению не поглотят всю эту энергию. Величина отката орудия обратно пропорциональна силам сопротивления откату.

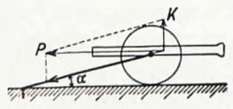
Все современные орудия можно разделить на два класса: 1) орудия с откатным лафетом, в к-рых все орудие вместе с лафетом принимает участие в откате и 2) орудия с откатным стволом, в к-рых лафет во время стрельбы остается в б. или м. спокойном состоянии, причем в откате принимает участие лишь ствол вместе с нек-рыми другими частями орудия. К орудиям первого типа относится большинство орудий полевой и отчасти крепостной артиллерии старых типов. К орудиям второго типа относится большинство морских орудий и полевые орудия современных конструкций. Увеличение скорости стрельбы обусловливает необходимость свести к минимуму откат орудий, т. к. накат орудий в положение, к-рое они занимали до выстрела, и необходимость новой наводки ведут за собой значительную потерю времени и утомление орудийной прислуги. Скорострельные в современном смысле этого слова орудия стали возможными лишь тогда, когда удалось в б. или м. степени парализовать откат и приводить орудие автоматически по возможности в то же положение, к-рое оно занимало до выстрела. В наибольшей степени этого удалось достигнуть в орудиях с откатным стволом. Относительная неподвижность лафета этих орудий дала также возможность устройства на орудии щитов, служащих для прикрытия орудийной прислуги от неприятельских выстрелов. Устройство таких щитов на орудиях с откатным лафетом бесцельно, т. к. не избавляет прислугу орудия от необходимости отходить перед каждым выстрелом в сторону от орудия из-под прикрытия щитов.

Простейшими из средств торможения отката в орудиях с откатным лафетом является тормоз для колес орудия и простой сошник. Простое торможение колес орудия хотя и уменьшает откат, но далеко не в достаточной степени. В самом деле, принимая коэфициент трения о землю орудия, скользящего под влиянием отдачи заторможенными колесами, равным 0,4, мы получим для нашего отката орудия

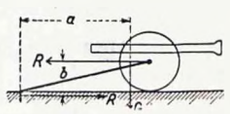
$$s = \frac{D}{0{,}4G} = \frac{943{,}5}{0{,}4 \cdot 1100} = 2{,}145\ м.$$

Для торможения отката уже давно поэтому начали применять сошник. Последний представляет собою б. или м. широкую лопату, помещенную у заднего конца лафета и зарывающуюся под влиянием энергии отдачи в землю после первого же выстрела. При достаточной величине сошника реакция земли на сошник может вполне уравновесить давление пороховых газов на орудие и последнее не будет иметь возможности откатывать-

ся. Способ этот однако совершенно не применим, т. к. вместо того, чтобы откатываться, орудие начинает подбрасываться вверх (фиг. 1). Если α—угол лафета, то вертикаль-



Фиг. 1.

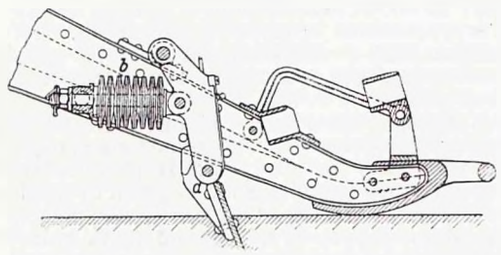


Фиг. 2.

ная составляющая давления пороховых газов м. б. принятой равной $K = P \operatorname{tg} \alpha$. Импульс пороховых газов по направлению вверх будет равен

$$\int_0^t P \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot dt = \frac{G}{g} v \cdot \operatorname{tg}\alpha = \frac{Q + 1{,}9p}{g} V \operatorname{tg}\alpha.$$

Энергия подбрасывания орудия вверх равна $D \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha$. Для нашего примера, если $\alpha = 30°$, $D \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha = 943{,}5 \cdot 0{,}333 = 314{,}5$ *кгм*. Орудие будет подбрасываться вверх на высоту $\frac{D \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha}{p \cdot G} = 0{,}41$ *м*. Падая после этого вниз, орудие сильно ударяет о землю и сбивает наводку. Новая наводка для следующего выстрела становится необходимой. Этот недостаток быть может и окупил бы выгоды устранения отката, если бы способ этот не требовал



Фиг. 3.

чрезвычайно прочных, а поэтому и тяжелых лафетов, т. к. силы, действующие на лафет при выстреле, и те напряжения, к-рые вызываются в орудии при ударах его, в особенности о каменистую или промерзшую почву, очень велики.

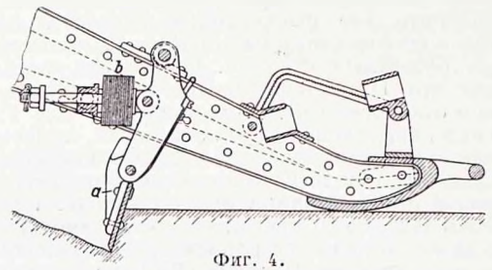
Большинство полевых орудий старых конструкций снабжалось простым сошником. Однако размеры его, выбор почвы и др. условий, при к-рых допускалось применение этого сошника, не позволяли ему так сильно зарываться в землю, чтобы орудие при выстреле поднималось вверх. Сошник рост в земле б. или м. длинную канавку, тормозя т. о. энергию отдачи, причем орудие не поднимается кверху. Для этого необходимо выполнение условия (фиг. 2): $G \cdot a \geqslant R \cdot b$, т. е. сила сопротивления почвы движению сошника $R \leqslant G \frac{a}{b}$. В нашем примере при $a = 1{,}7$ *м* и $b = 0{,}85$ *м* наименьший откат орудия, при к-ром последнее не поднимается от земли, будет достигнуто при

$$R = 1\,100 \frac{1{,}7}{0{,}85} = 2\,200 \text{ кг}.$$

Наименьшая длина отката равна т. о.

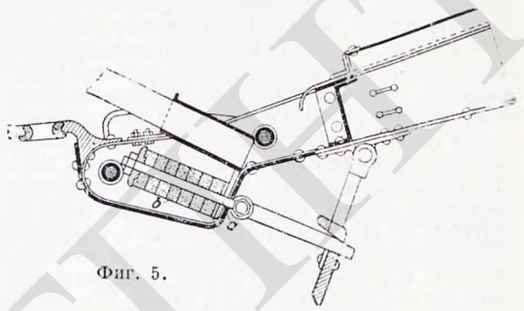
$$\frac{D}{R} = \frac{943{,}5}{2\,200} = 0.429 \text{ м}.$$

Желание использовать часть энергии отдачи, для того чтобы приводить орудие после выстрела автоматически в положение близкое к тому, к-рое оно занимало до выстрела, привело к введению так называемых эластичных сошников. Сошником этого рода снабжено значит. количество полевых орудий старого образца, находящихся и поныне в употреблении в некоторых странах. Эластичный сошник помещается также у заднего конца лафета; сошник a (фиг. 3) сидит на горизонтальной оси и соединен



Фиг. 4.

спереди или сзади с сильными пружинами b или резиновыми буферами. При откатке орудия (фиг. 4) эти пружины или буфера сжимаются сошником, движение к-рого задерживается землею, для того чтобы, снова расширяясь после остановки орудия, сдвинуть орудие вперед в положение, близкое к тому, к-рое оно занимало до выстрела. В момент окончания отката орудия буферные пружины совершенно сжаты. После остановки орудия пружины b, расширяясь, двигают орудие вперед и производят т. о. часть работы наката. Фиг. 5 показывает сошник русских орудий образца 92/95 г. Сошник действует при посредстве буферной штанги a на резиновые буфера b, помещенные внутри заднего конца лафета, имеющего форму коробки.



Фиг. 5.

Действие этого сошника аналогично действию сошника с пружиной.

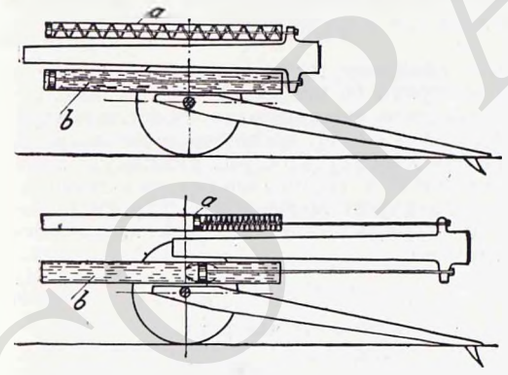
В нашем примере для предупреждения движения орудия вверх необходимо, чтобы усилия, приложенные к сошнику, не превышали 2 200 *кг*. При откате орудия энергия отката поглотится работою сошника в почве и работою буфера. Величина последней должна равняться работе наката орудия, т. е. $k'Gs$, где k'—коэфициент трения орудия о землю при накате. Обозначая движение сошника в землю через s_1 и его движение относительно лафета через s_2, мы получим откат орудия $s = s_1 + s_2$. По условию наименьшего отката

$$D = 2\,200\, s_1 + k' \cdot G(s_1 + s_2).$$

При $s_2 = 0{,}2$ *м* и $k' = 0{,}2$ энергия отката

$$D = 943{,}5 = 2\,200\, s_1 + 0{,}2 \cdot 1\,100(s_1 + 0{,}2).$$

Отсюда $s_1 = 0{,}372$ *м* и полный откат орудия $s = 0{,}372 + 0{,}2 = 0{,}572$ *м*. Лишь в очень редких случаях удается поставить орудие в такие условия, при к-рых сопротивление почвы не только не превышало бы известного предела, но и точно соответствовало бы тому откату, к-рый м. б. осилен буфером для приведения орудия в то же положение, к-рое оно занимало до выстрела. Существует целый



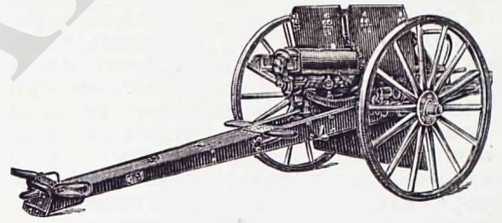
Фиг. 6.

ряд конструкций эластичн. сошников, которые посредством регулирования работы буфера сообразно качествам почвы стремятся сгладить этот недостаток. Все эти конструкции однако мало достигают своей цели. Полный откат старых австрийских орудий, снабженных описанным сошником, при обычных условиях бывает равен 0,8—1 *м*, причем буфер сошника накатывает орудие на расстояние 0,2—0,3 *м* от того положения, к-рое орудие занимало до выстрела. В орудиях этого типа с резиновым буфером сошник уже после первого выстрела остается почти неподвижным в почве и орудие подбрасывается после каждого дальнейшего выстрела вверх.

Дальнейшим шагом по пути развития современных орудий явилось введение в начале 90-х гг. прошлого в. полевых орудий с откатным стволом и с неподвижным лафетом. В орудиях этого типа лафет снабжен обыкновенным сошником, задерживающим его движение назад. Ствол орудия помещается на лафете так, чтобы он мог совершать под влиянием отдачи большее или меньшее движение назад, не изменяя своего направления, причем движение это тормозится посредством гидравлического и эластического воздушного тормозов (во французских орудиях), или посредством гидравлич. тормоза b и одной или нескольких пружин a (фиг. 6), или же наконец посредством гидравлич. тормоза и резиновых буферов (русск. полевые орудия образца 1900 г.). Гидравлич. тормоз поглощает при этом большую часть энергии отдачи. Остальная часть этой энергии поглощается эластичн. тормозом (пружинами или воздушным тормозом или резиновыми буферами) для того, чтобы произвести необходимый накат ствола орудия. Т. к. в этом случае отдача орудия воспринимается не всем орудием, а лишь одним сравнительно легким стволом, то энергия отдачи будет здесь значительно больше. Принимая в нашем примере вес ствола и всех частей орудия, движущихся с ним, равным 390 *кг*, мы определим энергию отдачи

$$D = \frac{(7{,}2 + 1{,}9 \cdot 0{,}7)^2 529^2}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 390} = 2\,661 \text{ кгм}.$$

Эта энергия д. б. поглощена гидравлич. тормозом и пружиною, причем силы, вызываемые этим торможением и передаваемые ла-

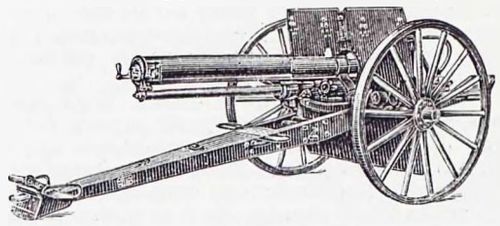


Фиг. 7.

фету орудия, не должны превышать предела, при к-ром орудие может стоять спокойно, не поднимаясь вверх. В нашем примере предел этот равен 2 200 *кг*. Максимальные силы торможения в орудиях с откатным стволом относятся к средним силам торможения приблизительно как 1,3 : 1 (в русских орудиях 1900 г. отношение это менее благоприятно). Т. о. наименьший необходимый для спокойного состояния орудия откат ствола равен в нашем примере

$$\frac{2\,661}{\frac{1}{1{,}3} 2\,200} = 1{,}573 \text{ м}.$$

Такой большой откат ствола не выполним для полевых орудий по чисто конструктив-



Фиг. 8.

ным соображениям. Если мы примем во внимание, что длина ствола этих орудий колеблется в пределах 1,7—2,4 *м* и длина лафета в редких случаях превышает 2 *м*, то обстоятельство это станет нам вполне ясным. Наибольшая длина отката ствола достигнута в некоторых из лучших современных полевых орудиях, напр. в американских орудиях (фиг. 7 и 8); на фиг. 7—орудие со стволом в нормальном положении, на фиг. 8—орудие со стволом в крайнем заднем положении в момент окончания отката; длина отката равна 1,25 *м*. В крупповских полевых орудиях откат ствола достигает 1,36 *м*. Длинный лафет в соединении с конструкцией гидравлического тормоза, допускающей очень благоприятное отношение максимальных к средним силам торможения отката, позволяет этим орудиям оставаться во время стрельбы в совершенно спокойн. состоянии.

Все попытки сделать откат ствола полевых орудий меньше 1,2—1,25 *м* могут привести к успеху только при соответственном увеличении веса ствола и движущихся вме-

сте с ним частей тормозного прибора и при уменьшении веса снаряда или его начальной скорости. Во всех орудиях, энергия снаряда к-рых на каждый *кг* веса ствола равна 250 *кгм* (лучшие современные орудия), все такие попытки должны неизбежно окончиться неудачей. Французские полевые орудия с откатом ствола 1,09 *м* по отзыву нек-рых военных специалистов стоят во время стрельбы в общем неспокойно. Спокойствие их достигается лишь при нек-ром угле подъема ствола, когда плечо момента сил, стремящихся вращать орудие вокруг сошника, уменьшено до известного предела. Русское полевое орудие 1900 г., снабженное гидравлич. тормозом и резиновыми буферами, допускает откат ствола, равный 0,91 *м*. Отдача этих орудий равна 490 *кг/ск*, и энергия отдачи—2 835 *кгм*. При средних силах торможения отката, равных 3115 *кг*, орудия эти ни в каком случае не могут оставаться во время стрельбы спокойными. Только длинный откат ствола обеспечивает орудию спокойствие во время стрельбы. Спокойствие это достигается однако только при условии действия сошника в благоприятной почве. Если стреляющее орудие находится на каменистой или промерзшей почве, на мостовой и т. п., то удержать орудие в спокойном состоянии не удается и при длинных откатах ствола, т. к. сила трения орудия, скользящего по земле под влиянием сил торможения отката, значительно меньше этих сил торможения. Короткий откат ствола, задерживаемый сильным торможением, возможен только там, где возможно прочное закрепление лафета орудия, как напр. в морских и крепостных орудиях. В большинстве случаев здесь возможны прочные сооружения, выдерживающие силы торможения даже при сравнительно незначительных откатах ствола.

Чтобы дать понятие о силах, поглощаемых при торможении энергии отдачи больших орудий, приведем для примера крупповское 24-*см* орудие. Вес ствола этого орудия равен 25 600 *кг*; вес снаряда—215 *кг*; вес порохового заряда—74,5 *кг* и начальная скорость снаряда—867 *м/ск*. Энергия отката ствола

$$D = \frac{(215+1{,}9\cdot 74{,}5)^2\cdot 867^2}{2\cdot 9{,}81\cdot 25\,600} = 192\,275 \text{ кг/м}.$$

Средние силы торможения отката при длине его в 1 *м* д. б. равны 192 275 *кг*. Как было упомянуто, даже наибольшие откаты ствола в 1,25 *м* далеко не во всех случаях обеспечивают спокойное состояние полевых орудий во время стрельбы, при к-рых орудие не выходит из данного ему наводчиком направления. Есть один способ избавиться от этих затруднений, допускающий применение коротких откатов ствола при незначительных силах торможения, которые не в состоянии сдвинуть орудие с места ни при каких из условий, встречающихся на практике.

Во всех существующих орудиях выстрел производится в тот момент, когда все части орудия находятся в покое. Вследствие этого отдача орудия выражается целиком в движении всего или части орудия назад. Если бы мы до выстрела сообщили орудию нек-рое количество движения вперед и произвели выстрел во время этого движения, то последнее противодействовало бы отдаче и в зависимости от величины этого движения могло бы поглотить всю или часть отдачи. По закону сохранения движения ц. т. системы тел, ц. т. ствола орудия и снаряда, находящихся в движении до выстрела, продолжает и во время выстрела двигаться с тою же скоростью и в том же направлении. Под влиянием давления пороховых газов ствол орудия и снаряда будет совершать некоторые относительные движения, скорости v и V которых определяются из уже известной нам формулы

$$v = V\frac{Q+1{,}9\ p}{G}. \qquad (4)$$

Если движение ц. т. группы совершалось до выстрела со скоростью $\pm c$, то абсолютная скорость движения ствола после выстрела будет $v-(\pm c)$, абсолютная же скорость снаряда $V+(\pm c)$. Т. к. нас интересует лишь движение ц. т. группы вперед, то в этом случае зависимость абсолютных скоростей ствола и снаряда после выстрела выражается формулой:

$$v - c = w = V\frac{Q+1{,}9\ p}{G} - c. \qquad (6)$$

О. а. о. и в этом случае равна

$$V\frac{Q+1{,}9\ p}{g} = (w+c)\frac{G}{g}. \qquad (7)$$

Энергия отдачи

$$D = \frac{Gw^2}{2g} = \frac{[(Q+1{,}9\ p)V - G\cdot c]^2}{2g\cdot G}. \qquad (8)$$

Т. обр. абсолютное движение ствола орудия после выстрела определяется состоянием его до выстрела. Если скорость c равна той скорости v, к-рую приобретает под влиянием отдачи ствол орудия, находящегося перед выстрелом в покое, то $w=0$, т. е. ствол орудия немедленно после выстрела останавливается. Энергия отката ствола делается также равной нулю. Но в этом случае, для того чтобы придать стволу к моменту выстрела скорость $c=v$, необходимо приложить к орудию импульс, равный отдаче орудия, т. е. накатывать ствол вперед силами, равными тем силам, к-рые прилагаются к обыкновенным орудиям для торможения отката. Сделав скорость c равною $^1/_2 v$, мы уменьшим энергию отката в 4 раза. Заставляя эту энергию расходоваться на сжатие пружин или других эластичных приспособлений, способных придать стволу орудия в момент следующего выстрела снова почти ту же скорость c, мы получим очень простой способ уменьшать энергию отката в 4 раза и возможность использовать эту энергию для того, чтобы при следующем выстреле ослаблять влияние его отдачи. Кроме того способ этот позволяет использовать всю энергию отдачи, к-рая расходуется обыкновенно бесполезно, для увеличения энергии снаряда. Действительно энергия снаряда (вместе с пороховым зарядом) равна для этого случая

$$\frac{Q+1{,}9^2p}{2g}\left(V+\frac{v}{2}\right)^2 = \frac{Q+1{,}9^2p}{2g}\left(V^2+Vv+\frac{v^2}{4}\right).$$

Энергия снаряда в орудии, стреляющем в спокойном состоянии, равна $\frac{Q+1{,}9^2p}{2g}V^2$. Таким образом приращение этой энергии для нашего случая равно $\frac{Q+1{,}9^2p}{2g}\left(Vv+\frac{v^2}{4}\right)$, так как

$$(Q+1{,}9p)\,V = Gv,$$

то это приращение энергии снаряда равно

$$\frac{Gv^2}{2g} + \frac{Q+1{,}9p}{2g}\left(\frac{v}{2}\right)^2 + \frac{1{,}9p}{2g}\left(Vv+\frac{v^2}{4}\right)\left(1{,}9-1\right).$$

Величины второго и третьего слагаемых по сравнению с первым незначительны и м. б. поэтому отброшены. Т. о. приращение энергии снаряда равно для нашего случая энергии отдачи орудия, стреляющего в спокойном состоянии. В нашем примере (см. выше) скорость движения ствола орудия под влиянием отдачи

$$v = 529\,\frac{7{,}2+1{,}9\cdot 0{,}7}{390} = 11{,}57 \text{ м/ск}.$$

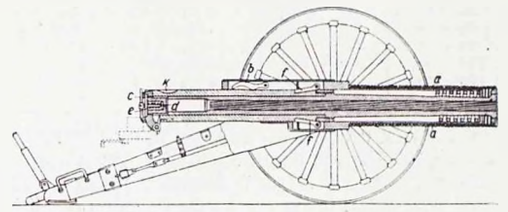
Если бы ствол орудия обладал в момент выстрела половиною этой скорости, т. е. 5,785 *м/ск*, то энергия отката равнялась бы

$$\frac{390\cdot 5{,}785^2}{2\cdot 9{,}81} = 665{,}25 \text{ кгм}.$$

Эластичное торможение энергии такой величины не представляет никаких затруднений даже при откатах ствола не длиннее 1 *м*. Силы торможения отката не в состоянии при этом не только приподнять орудие, но даже сдвинуть его с места при всех условиях, которые встречаются на практике. Впервые этот принцип противодействия отдаче движением ствола орудия проведен в 1891 г. немецким инженером К. Гауснером [3]. Идеи

Фиг. 9.

Гауснера не привлекли к себе никакого внимания. В 1905 г. швейцарец Р. Лак возвращается к этой идее [4], совершенно не сознавая ее значения. В 1906 году франц. правительство начало испытание горного орудия, построенного на этом принципе. Эдмунд Регла (Edmund Rőggla) дает кое-какие сведения об этом орудии и его теорию [5]. Образцом подобного орудия может служить полевое орудие, схематич. изображение которого представлено на фиг. 9 и 10 и конструкция к-рого патентована автору настоящей статьи в различных странах [6]. Ствол этого орудия движется под влиянием пружины a из положения, к-рое изображено на фиг. 9, в положение, изображенное на фиг. 10. Собачка b, прижимаемая пружиной к стволу, опускаясь вниз во время прохождения под ней углубления k на верху ствола, схватывает на короткое время рычаг c ударника d и оттягивает его в положение, изображенное на фиг. 9. Поднимаясь немедленно же после этого вверх, собачка b отпускает снова рычаг ударника и последний под влиянием пружины e ударяет в капсюль заряда. Происходит выстрел и при том в тот момент, когда пружина a придала стволу значительную скорость. Под влиянием давления пороховых газов ствол быстро останавливается и получает импульс назад, достаточный для того, чтобы снова сжать пружину a и привести ствол в положение, изображенное на фиг. 10, где собачки f, прижимаемые пружинами к стволу, задерживают последний. После введения нового заряда в патронник и приведения затвора в надлежащее состояние орудие готово для следующего выстрела, который и происходит в описанном порядке после того, как собачки b освободят ствол. Обозначая через: A—работу пружины этого орудия, S—работу трения и других сопро-



Фиг. 10.

тивлений во время движения ствола вперед, T—ту же работу во время движения ствола назад, v—скорость движения ствола вперед в момент непосредственно предшествовавший выстрелу, c—скорость движения ствола назад в момент окончания отдачи, F—величину отдачи орудия и M—массу ствола и движущихся вместе с ним частей орудия, мы получим три уравнения, позволяющие определить необходимую работу пружины:

$$F = M\,(v+c);\quad A = \frac{Mv^2}{2} + S = \frac{Mc^2}{2} - T.$$

Подстановкой в первое из этих ур-ний выражений для v и c путем дальнейших выкладок мы получим для A:

$$A = \frac{F^2}{8M} + \frac{M\,(T+S)}{2D^2} - \frac{T+S}{2}.$$

Выведенное ур-ие показывает зависимость работы пружины от величины сопротивлений T и S и дает конструктору все необходимые указания относительно применения б. или м. сильных пружин в зависимости от сопротивлений T и S, к-рые он может изменять в очень широких пределах.

Лит.: [1]) Z e u n e r K., Technische Thermodynamik, 2 Aufl., B. 1, Lpz., 1900; [2]) W i l l e R., Waffenlehre, 3 Aufl., Berlin, 1905; [3]) Г. П. 63146, Ан. П. 15353/1891; [4]) Шв. П. 33598; [5]) R ö g g l a E., Ueber Geschütze mit Rohrvorlauf, «Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens», 1907, *8*—*9*; [6]) Америк. П. 891778. Справочник по сухопутной военной технике иностранных государств, М., 1928; Handbook of Artillery, Wsh., 1925; American Coast Artillery, Wsh., 1923.

Л. Мартенс.

ОТЖИГ, один из процессов *термической обработки* (см.), преследующий цели: 1) изменения и выравнивания вязкости, электрических, магнитных и других физич. свойств во всем объеме металла, 2) улучшения качеств металла путем изменения зерна, 3) приведения в равновесное состояние металла, 4) удаления газов (напр. после травления), 5) сообщения металлу мягкости, необходимой для облегчения процесса резания. Процесс О. определяется двумя факторами: $t°$ нагрева и скоростью охлаждения. Для стали $t°$ отжига д. б. выше верхней критической $t°$

(A_{c_3}); по достижении этой $t°$ выдержка должна быть пропорциональна сечению изделия: напр. для углеродистой стали (0,6—1,2% C) Amer. Soc. of Steel Treating рекомендует проводить О. согласно следующим указаниям.

Данные для отжига изделий из углеродистой стали.

Наименьшая толщина изделия в *мм*	Вес изделия в *кг* (прибл.)	Время нагрева в час. (прибл.)	Время выдержки в час. (прибл.)
до 25	до 50	3/4	1/2
25— 50	50— 150	1 1/4	1/2
50— 75	150— 250	1 3/4	3/4
75—100	250— 500	2 1/4	1
100—125	500— 750	2 3/4	1
125—200	750—1000	3 1/2	1 1/2

Для других сталей и сплавов время нагрева может изменяться в зависимости от теплопроводности металла. При меньшей теплопроводности эти величины времени будут больше, при большей (напр. для меди, медных сплавов и т. п.)—меньше. Т. к. главная цель О.—получить материал в равновесном состоянии, то скорость остывания д. б. такова, чтобы можно было гарантировать это состояние. Для железных сплавов Вендт указывает, что в интервале $t°$ от 700 до 200° мартенситовая структура, т. е. напряженно-закаленное состояние стали (см. *Металлография*), образовалась при следующих скоростях охлаждения:

Углеродистая сталь . . . . . 6 ск. (V—80°/ск.)
5%-ная никелевая сталь . . . . . 60 ск. (V— 8°/ск.)
Хромоникел. сталь (3% Ni, 1,5% Cr) 500 ск. (V— 1°/ск.)

Из этого примера следует, что скорость остывания этих сплавов для получения их в равновесном состоянии д. б. меньше приведенных цифр. Процесс остывания при О. черных металлов д. б. скорый в интервале критич. $t°$ ($A_{c_3} \div A_{r_1}$) и медленный (скорость зависит от состава металла) в интервале от A_{r_1} до $t°$ окружающей среды, т. е. следовать по диаграмме (см. фиг.). Для чистых металлов и сплавов, образующих твердые растворы (медь и большинство ее сплавов), в результате О. металл перекристаллизовывается и становится мягким. О. таких сплавов может сопровождаться быстрым охлаждением. **К. Грачев.**



Лит.: см. *Термическая обработка.*

О. стекла. Кривые термического расширения большинства стекол показывают, что до нек-рой темп-ры t_1 стеклянный стержень расширяется с постоянной скоростью, и при дальнейшем повышении темп-ры до t_2 величина расширения быстро увеличивается и достигает своего максимума. При дальнейшем повышении темп-ры до t_3 стержень становится мягким и деформируется. Температурный интервал $t_2 \div t_1$, при котором происходит быстрое нарастание термического расширения, называют критич. зоной. Если при охлаждении стекло быстро проходит эту зону, в нем непременно образуются напряжения. Последние будут отсутствовать, если стекло достаточно медленно проходило при охлаждении эту зону. Напряжения особенно легко возникают при охлаждении толстостенных изделий. В то время как их наружный слой уже прошел критич. зону, внутренние слои продолжают еще быть накаленными докрасна и находятся выше критич. зоны. При дальнейшем охлаждении поверхность толстостенного стеклянного тела уже приняла определенные объемы, в то время как внутренние слои, еще мягкие, стремятся соответственно стянуться. Разница в коэфициентах расширения наружного и внутреннего слоев еще в большей степени увеличивает напряжения. Под влиянием внутреннего слоя наружный стягивается и сжимается. Явления другого порядка заметны, если мы стержень, быстро охлажденный и следовательно с внутренними напряжениями, начнем подогревать. Сначала коэф. расширения возрастает по прямой, а затем при нек-рой темп-ре $t_н$ возрастание расширения прекращается, и при приближении к критич. зоне начинается сокращение. Темп-ра $t_н$, при которой начинается уменьшение расширения, есть $t°$ начала исчезновения напряжений. Обычно при этой $t°$ вязкость стекол равна 10^{13} единиц *CGS*. Напряжение в стекле узнается по двойному лучепреломлению, к-рое делается видимым через скрещенные николи с гипсовой или без гипсовой пластинки и измеряется компенсатором как разность хода луча. Если натяжения распределены правильно, то картина, наблюдаемая между николями, имеет также правильный вид. Если в стеклянном бруске сильны натяжения, мы заметим многочисленные концентрич. кольца, плотно прилегающие друг к другу. Шотт по количеству колец устанавливал степень натяжений в стекле. Грене, нагревая закаленные стекла, устанавливал $t°$, при к-рой исчезает двойное лучепреломление и назвал ее $t°$ отжига. Грене нашел также предельную $t°$, названную им $t°$ закалки стекла, до к-рой следует нагреть стекло, чтобы затем, начав от этой $t°$, вести резкое снижение ее и получить в стекле остаточные натяжения; $t°$ закалки весьма близка к $t°$ начала исчезновения натяжений. Практически медленное охлаждение стекла следует осуществлять между $t°$ отжига и $t°$ закалки Грене. Эти $t°$-ные границы О. стекла Турнер и Инглиш назвали верхним и нижним пределами $t°$ О.

Весьма интересной представляется работа Цшиммера и Шульца по изучению $t°$ закалки. Они нагревали стекло до определенных $t°$ и выдерживали до исчезновения напряжений. После этого они быстро охлаждали стекло до 20° и аппаратом Шульца измеряли остаточные натяжения. Опыт был проведен с целым рядом исходных темп-р, и остаточные натяжения определялись как ф-ия исходной $t°$. Авторы установили, что при исходной $t°$ ниже нек-рой t_1 не удается получить остаточных натяжений, выше этой $t°$ и до некоторой t_2 как исходных удается получить остаточные натяжения. Интервал $t_2 \div t_1$ соответствует критич. зоне или $t°$ О. и $t°$ исчезновения натяжений. Т. о. при О. приходится считаться с двумя границами темп-ры: нижней, при которой стекло, охлажденное без натяжений, не может их больше получить, и верхней, при которой натяжения исчезают мгновенно в несколько секунд. Если при охлаждении стекла между этими $t°$-ными интервалами не будут ликвидированы натяжения, то и при дальнейшем снижении $t°$ они уж не будут ликвидированы. Старый метод О. стекла заключался в том, что холодные или почти остывшие изделия нагревались до $t°$, близкой к $t°$ размягчения, а затем постепенно и весьма медленно охлаждались. Для такого О. требовалось весьма много времени.

В последнее время благодаря трудам Адамса и Вильямсона применяются новые принципы охлаждения изделий. Сущность их метода сводится к тому, что остывшие или полуостывшие изделия нагреваются весьма быстро (только бы не лопнули) до $t°$ выравнивания натяжений, которая находится не выше середины критич. зоны, выдерживают изделия при этой $t°$ сравнительно продолжительное время, в течение к-рого натяжения почти полностью ликвидируются, а затем $t°$ снижают довольно быстро. Этот способ сокращает намного продолжительность О. Так напр., О. бутылок м. б. закончен в 2 часа, а электроколбы в $1^1/_2$ мин. Для контроля натяжений в стекле служат поляризационные аппараты—полярископы Герца, Цейсса, Аскания и др. Выравнивание натяжений, или релаксация их, предполагает известную, хотя и весьма малую, подвижность частиц в стекле. Выравнивание натяжений зависит также от величины первоначальных натяжений и времени. По Адамсу и Вильямсону время, необходимое для релаксации, пропорционально квадрату величины натяжения. Для одного боросиликатного крона авторы дали промежутки времени для выравнивания натяжений:

$t°$	Продолжит. релаксации	$t°$	Продолжит. релаксации
454°	30 дн.	549°	1 ч.
475°	7 дн.	575°	10 м.
503°	1 д.	599°	2 м.
526°	5 ч.		

Скорость h равномерного охлаждения, выраженная в градус/мин., может быть получена по формуле Адамса и Вильямсона: $\Delta n = 4{,}6\, B \cdot h \cdot a^2 = ch$, где Δn—двойное преломление при допустимых остаточных натяжениях и примерно равно 5 $\mu\mu/см$, B—среднее двойное преломление при давлении 1 $кг/см^2$ для данного сорта стекла, a—0,5 толщины слоя стекла, c—постоянная величина, равная 4,6 Ba^2. Для стекла, среднее значение B которого равно $2{,}87 \cdot 10^{-7}$, $c = 13$ и безопасная скорость охлаждения $h = 0{,}385$ градус/мин. или 23 градус/час.

За последние годы на з-дах Европы и Америки для О. стекла пользуются отжигательными муфельными печами туннельного типа, называемыми лерами. Их нагревание производится генераторным или натуральным газом, нефтью и электричеством. Из наиболее известных типов леров следует отметить системы Диксона, Амслер-Мортона, Симплекс, Гартфорд-Эмпайр К°. Последний лер отапливается нефтью, и работа его основана на новейших исследованиях в области О. стекла. Бутылка, для к-рой обычно О. длился до 6 час., на лерах Гертфорда-Эмпайр К° отжигается в 2 ч. Недавно в Америке появился новый тип—лер Диксона, который не требует дополнительного нагрева. Движение изделий в нем устроено т. о., что первоначального тепла, вводимого изделиями в лер, достаточно, чтобы поддерживать в головной части среднюю $t°$ критич. зоны. Фирма Симплекс в Америке вместе с Дженераль Электрик К° выпустила электрич. лер, к-рый имеет ряд преимуществ и в состоянии конкурировать при дешевой электроэнергии с лерами старых типов. См. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 167—168.

Лит.: Шульц Г., Стекло, пер. с нем., М.—Л., 1926; Дралле Р. и Кеплер Г., Производство стекла, пер. с нем., т. 1, Москва, 1928; Adams L. H. and Williamson, «Journal of the Franklin Institute», Philadelphia, 1920, v. 190, p. 597, 835; Schönborn H., «Keramische Rundschau», Berlin, 1925, Jg. 33, p. 397. **И. Китайгородский.**

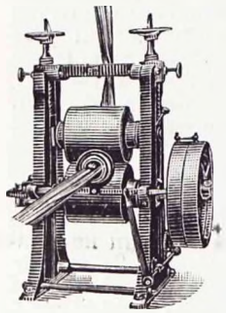
ОТЖИГАТЕЛЬНЫЕ ПЕЧИ, печи специальной конструкции, предназначенные для отжига изделий. Отжигу подвергаются разные материалы с разными $t°$ нагрева. Цветные металлы отжигают при $t°$ ок. 450—600°, часто с очень узкими пределами (напр. дюралюминий 480 ± 10°), черные—750—950°. Нагрев производится или сожиганием топлива (твердое, жидкое, газообразное) или электричеством. Для сожигания топлива топка д. б. сконструирована т. о., чтобы 1) несгоревшие продукты горения не были направлены на отжигаемые изделия и 2) $t°$ продуктов горения не вызывала в отжигаемых изделиях местных перегревов. В этом отношении очень удобны печи с канализованным полом, а для непрерывного производства отжига—методич. печи. Т. к. скорость остывания отжигаемого изделия д. б. малая, то при применении методич. печей нагретые изделия необходимо вынимать из печи и помещать их в условия медленного охлаждения (в песок, золу и т. п.). При отжиге изделий в печах неметодических следует иметь в виду необходимость быстрого перехода при остывании интервала $A_{c3} \div A_{r_1}$ и медленного остывания ниже этих критич. точек, что возможно при очень плотно закрываемых шиберах дымовой трубы и дверок печей. Очень важной операцией является размещение изделий при загрузке их в О. п. При горизонтальном расположении плотными слоями без просветов листов и прутков нельзя достигнуть равномерного нагрева изделий (верхние будут перегреты, нижние и в особенности расположенные в центре будут недогреты) и быстрого прохождения при охлаждении указанного интервала. В таких случаях вследствие неравномерного отжига изделия получатся с пестрыми свойствами; поэтому лучше располагать такие изделия не горизонтально, а вертикально.

Электрич. печи передают тепловую энергию изделиям лучеиспусканием; поэтому изделия или части их, находящиеся в «затененных местах», будут нагреваться медленное освещенных; вследствие этого массивные изделия или небольшие изделия в большой куче в электрических печах будут не так равномерно нагреваться, как в печах, обогреваемых топочными газами, где помимо нагрева лучеиспусканием имеет место нагрев конвекцией, выравнивающей нагрев.

По существу той же цели могут служить отжигательные колодцы, т. н. томильные колодцы (soaking pits), в которых используется скрытая теплота отливок (см. *Вагонные колеса*).

Лит.: Грум-Гржимайло В. Е., Пламенные печи, ч. 1—5, М., 1925. См. *Печи*. **К. Грачев.**

ОТЖИМНЫЕ МАШИНЫ, машины для удаления излишней влаги из текстильных материалов перед сушкой их. Различают следующие О. м.: каточный отжим, или «сквизер», водяной каландр и центрифуги. Отбеленную или, реже, окрашенную ткань после промывки перед сушкой пропускают жгутом через сквизер, состоящий из небольшой деревянной барки с водой для промывки ткани, направляющих ткань роликов и двух тяжелых валов длиною 750—800 *мм* (см. фиг.). Нижний металлическ. вал закреплен



на оси, лежащей в неподвижных подшипниках рам, верхний же изготовляется из чугуна и покрыт снаружи резиной, прессованным волокном кокосового ореха, хлопком, буком и т. п. Оба конца оси этого вала лежат в подшипниках, могущих свободно перемещаться по вертикали, которые находятся под давлением грузов или пружины. Перед валами ставят 1—2 фарфоровых кольца, которые медленно движутся вдоль валов в ту и другую сторону с целью предохранения валов от неравномерного снашивания. Производительность отжима 250—300 кусков в час. После пропуска через жгутовой отжим в ткани содержится 100—120% влаги. Более полное удаление влаги достигается при пропуске ткани в расправку через водяной каландр. Принцип устройства водяного каландра такой же, как и у всякого другого каландра (см. *Аппретура текстильных изделий*). Водяной каландр состоит из верхнего и нижнего валов с миткалевым набором и среднего медного, полого внутри; он обогревается паром для облегчения удаления влаги из ткани во время работы и сбережения миткалевых валов (путем высушивания их после работы, пропариванием и закатыванием горячим валом на холостом ходу каландра). Под валами каландра ставят ящик для воды с шестигранными роликами для сообщения товару колебательного движения в воде. Водяные каландры снабжают устройствами для прыска воды на проходящий товар. Для расправления товара перед ящиком и валами устраивают винтовые расправители. Важно наблюдение за ходом товара, т. к. последний не должен иметь засечек, узлов, закругленных или толстых кромок и и т. п., т. к. валы продавливаются и отжим получается неровным. После отжима ткань содержит 40—50% влаги. Производительность водяного каландра 120—180 кусков в час в одно полотно; в том случае, когда водяной каландр связан с сушильными барабанами, производительность его понижается, но зато создаются условия, необходимые для непрерывного хода товара. Для удаления воды из трикотажа, чулок, хлопка, пряжи и т. п. применяются центрифуги.

Лит.: Петров П., Викторов П. и Малютин Н., Химическая технология волокнистых веществ, стр. 75—77, Ив.-Вознесенск, 1928; Кирштейн Б. и Хорецкий Н., Заварка, стр. 40—51, Ив.-Вознесенск, 1929. **Э. Фунс.**

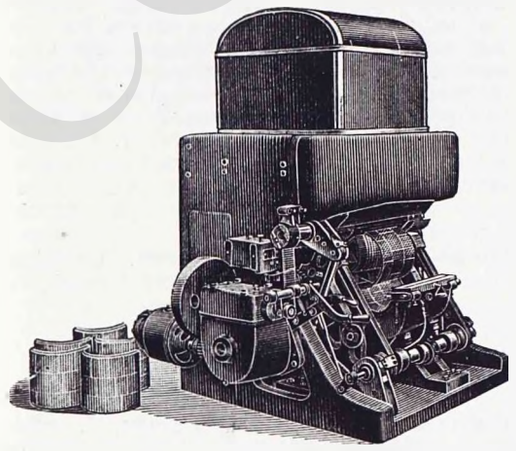
ОТКАЧКА, см. *Вакуум* и *Электронная лампа*.

ОТКОС, боковая поверхность выемки или насыпи сооружений из различных грунтов, искусственно заложенная с определенным наклоном к горизонту. Степень пологости О. характеризуется или углом наклона к горизонту, выраженным в градусах окружности, или отношением высоты О. к его заложению (проекция наклонной линии на горизонтальную плоскость). Если высоту (глубину) насыпи (выемки) обозначить через h, а заложение через b, то отношение $h:b$ при одиночных (ординарных) О. выражают через 1 : 1, при полуторных 1 : 1½, при двойных 1 : 2, при половинных 1 : ½ и т. д., а заложение соответственно равно при ординарных О. $b=h$, при полуторных $b=1{,}5\ h$, при двойных $b=2\ h$ и при половинных $b=0{,}5\ h$. О. берут весьма близкими к углу естественного О. тех грунтов, из которых состоит сооружение. Углы естественного откоса для различных *грунтов* (см.) зависят от величины трения частиц грунта друг о друга, которая значительно изменяется для одного и того же грунта в зависимости от степени влажности. В слабом и легко размываемом грунте откосы одевают дерном, камнем, хворостом, плетнями и т. п. (см. *Земляные работы*). В глубоких выемках и в высоких насыпях, превышающих 4 *м*, О. снабжаются горизонтальными площадками, т. наз. бермами, или им дают уклоны меньше установленных для них норм. На крутых косогорах О. (напр. О. дорожной насыпи) во избежание значительной ширины в основании заканчиваются каменными или бетонными *подпорными стенками* (см.). В статике сооружений выводятся ф-лы для максимальной величины О. в зависимости от высоты его, удельного веса грунта, коэфициента внутреннего трения, грунта и величины сцепления грунта, но в виду того, что грунт редко бывает однородным, теоретическую величину уклона не определяют, а руководствуются обычно практическими выводами и практически установившимися нормами. Об О. на железных дорогах см. *Земляное полотно*.

При проведении обыкновенных дорог рекомендуют следующие величины О. При глубине выемок, не превосходящих 4 *м*, и при соответствующей защите поверхности О. от повреждений: для растительной земли и песка 1:1,5; для песчано-глинистого грунта 1:1; для глины и хрящевого грунта 1:1. О. насыпей в виду малого сцепления между частицами насыпного грунта рекомендуют придавать более пологое расположение, а именно: для растительной земли и песка 1 : 2; для песчано-глинистого грунта 1 :1½; для глины и хрящевого грунта 1 : 1½. При проведении каналов обычно рекомендуются следующие О.: в разложившемся торфяном грунте 1 : 1; в глинином грунте 1:1½; в песчаном грунте 12; в неразложившемся торфяном грунте 1:½.

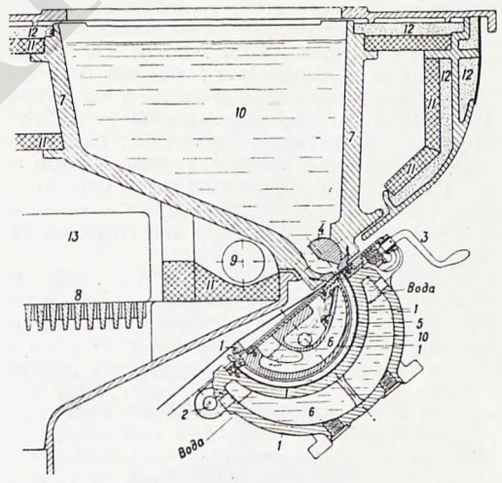
Лит.: Технич. условия проектирования и сооружения магистральных жел. дорог нормального типа, «Труды Научно-технич. комитета НКПС», М., 1925, вып. 8; Бернацкий Л. Н., Условия устойчивости землян. масс, М., 1925; Крынин Д. П., Курс дорожн. дела, 2 изд., М.—Л., 1929. **А. Калабугин.**

ОТЛИВНЫЕ АППАРАТЫ в полиграфии, довольно разнообразная по поставленным перед нею задачам и вытекающим из разрешения их формам и приспособлениям аппаратура для расплавления и отливки металлич. сплавов, применяемая в словолитном производстве, в наборных машинах и главн. обр. при отливке стереотипов (см. *Стереотип*). В зависимости от назначения они м. б. ручными, полуавтоматическими и полными автоматами. В последнем случае О. а. снабжают в том же агрегате и механическими приспособлениями для окончательной отделки отлитых предметов или сами О. а. составляют часть какой-либо машины. К вполне автоматич. О. а. могут быть отнесены: 1) отливные приспособления при наборных и словолитных машинах, представляющие обычно небольшие котелки, тесно соединенные с соответствующими



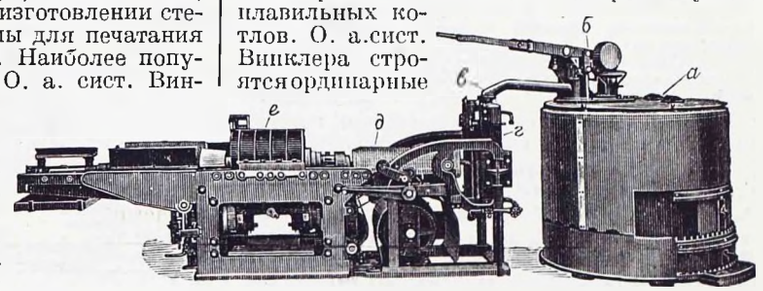
Фиг. 1.

машинами, нагреваемые газом или электричеством, с поршнем, опускающимся в нужный момент для выталкивания потребного количества расплавленного металла в какую-либо форму—матрицу, 2) большие О. а., применяемые гл. обр. при изготовлении стереотипов цилиндрич. формы для печатания на ротационных машинах. Наиболее популярным из них является О. а. сист. Винклер, строящийся заводом MAN в Аугсбурге (фиг. 1). Этот вполне автоматич. О. а. состоит из котла, вмещающего обычно ок. 1 *т* расплавленного металла, устройства для отливки и быстрого охлаждения стереотипных плит при помощи циркулирующей воды и автоматически действующих механич. приспособлений для отделения и окончательной отделки отлитых стереотипов, что производится в один рабочий прием. Скорость отлива—приблизительно 2 полосы в минуту. Особенностью О. а. этого типа является возможность производства отлива при сравнительно низкой t° металла (ок. 270°; в аппаратах других систем 300—350°); достигают этого благодаря непосредственному соединению собственного О. а. с закрытым плавильным котлом, а это исключает охлаждающее



Фиг. 2.

действие наружной температуры (так как уменьшает расход топлива) и окисляющее влияние воздуха. Это обстоятельство доводит до минимума выгорание из сплава олова и сурьмы и т. о. уменьшает образование шлака. Разрез рабочей части О. а. сист. Винклера изображен на фиг. 2, где *1*—отливная форма, *2*—шарнир формы, *3*—замок формы, *4*—спускной кран, *5*—матрица, *6*—охлаждающая вода, *7*—плавильный котел для металла, *8*—колосниковая решетка, *9*—отверстие дымовой трубы, *10*—расплавленный металл, *11*—огнеупорная кладка, *12*—теплоизоляция, *13*—топочная камера. Отопление больших О. а. производится углем, газом или электричеством, причем более выгодным считается топка каменным углем или газом. Возможно также и применение нефти для нагревания (применяют в типографии газеты «Правда»), причем д. б. установлено тщательное наблюдение за возможностью образования слишком горячего пламени, неблагоприятно влияющего на срок службы плавильных котлов. О. а. сист. Винклера строятся ординарные



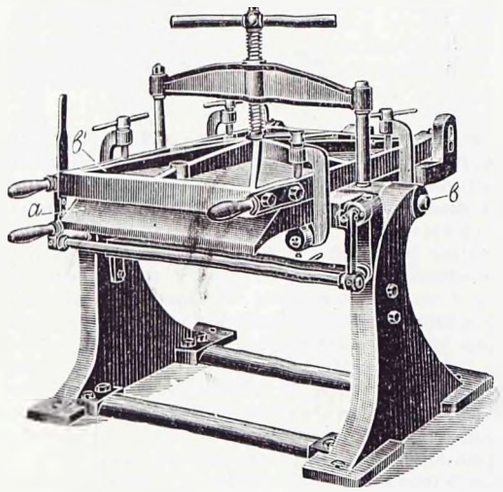
Фиг. 3.

и двойные (при одном котле) с двойной при этом производительностью. О. а. других систем строятся по тому же принципу и отличаются лишь в деталях. Все они целесо-

образно применимы лишь при отливке большого количества стереотипных полос, так как эксплоатация О. а. обходится довольно дорого, сравнительно высока также и их стоимость.

Полуавтоматич. О. а., соединенный с отделочным аппаратом, изображен на фиг. 3, где *а*—плавильный котел, *б*—отливной насос, *в*—отливное устье, *г*—отливная форма, *д*—отлитая полоса, *е*—отделочный аппарат. К группе полуавтоматич. О. а. могут быть отнесены и нек-рые виды котлов для расплавления и отливки металлов в стереотипные формы и для переплавки металла в стандартного размера формочки для загрузки О. а. наборных машин. Размеры форм отливных аппаратов должны быть строго согласованы с теми ротационными машинами, для которых предназначаются отлитые стереотипы.

Ручные О. а. применяются гл. обр. для отливки плоских стереотипов и как устарелый уже прием—в словолитных при отливке крупного пробельного материала (см. *Набор типографский*) и гартовых линеек.



Фиг. 4.

На фиг. 4 изображен в закрытом виде ручной О. а. для отливки плоских стереотипов; при отливке форма *а* должна быть повернута вокруг цапф *bb′* в вертикальное положение.

Лит.: Черкасский А., Новые методы стереотипирования, сборник Новости полиграфич. техники, под ред. С. М. Михайлова, М., 1927; Браун Е. В., Современные графические машины MAN, издание Машиностроительного завода Аугсбург-Нюрнберг, Берлин, 1926. **С. Михайлов.**

ОТМУЧИВАНИЕ каолинов и глин, процесс очищения их путем разбалтывания водой от механич. примесей, состоящих большей частью из песка, слюды, полевого шпата, титановых минералов, а также (в глинах) части известняка и серного колчедана (пирита). Содержание механич. примесей в природном первичном каолине в среднем ок. 50%; некоторые чехо-словацкие и немецкие каолины содержат только 20—25% каолина, остальное — механич. примеси. Примерный гранулометрич. состав песка-отхода украинских каолинов следующий (по Лысину):

Глуховецкий каолин.

Разм. зерна в *мм*	>25	12—25	7—12	3—7	1—3	0,2—1	0,2
Колич. в %	2,8	4,3	5,8	18,1	37,9	18,3	12,7

Остаток на сите (в %).

Каолины	Число отверстий на см²					
	64	144	225	900	4 900	10 000
Просяновский . .	52,07	15,38	1,47	17,16	10,30	3,62
Турбовский . . .	45,8	15,1	1,5	18,3	18,8	—

Средняя величина зерна (в μ) самого каолина, определенная Е. Галабутской (по методу Штарка): глуховецкого 3,2; турбовского 2,8; просяновского 4,3; волновахского 3,3; цеттлицкого (стандарт) 4,8—при колебаниях от 2,45 до 10,2.

О. основано на отсортировке различных фракций продукта по величине зерна и практически ведется до получения минимального остатка на стандартных металлических ситах с 4 900 или 10 000 отверстий на *см*², что соответствует длинам отверстий в 0,088 и 0,060 *мм*. Если в сосуд налита жидкость со взвешенными в ней твердыми частицами, то через некоторый промежуток времени частицы бо́льших размеров или большего удельного веса раньше опустятся на дно, чем частицы меньших размеров или меньшего удельного веса. Представив себе частицу твердого тела в виде шара и обозначив радиус ее через r, удельный вес через d, при удельном весе жидкости d_1, вязкости жидкости η, получим скорость v падения частицы (по Стоксу):

$$v = \frac{2}{9} \cdot r^2 \cdot \frac{(d-d_1)g}{\eta},$$

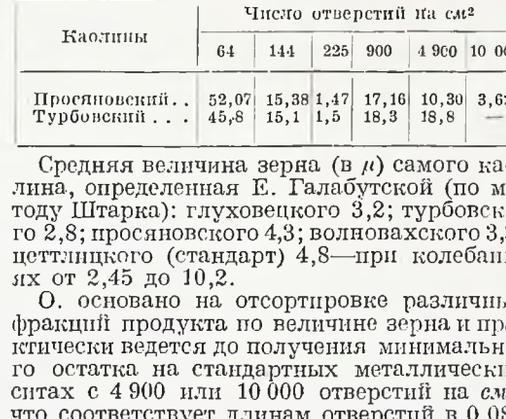
где g—ускорение силы тяжести. Для больших скоростей Осен дает такую формулу:

$$v = \frac{A}{2r} + \sqrt{\left(\frac{A}{r}\right)^2 + 4rB},$$

где

$$A = \frac{8\eta}{3d_1} \text{ и } B = \frac{16(d-d_1)g}{27d_1}.$$

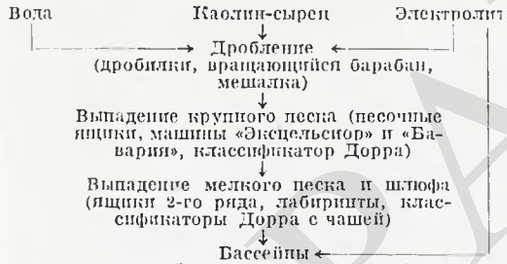
В зависимости от формы частичек, $l°$, оказывающей влияние на уд. в. и вязкость жидкости, а также в зависимости от добавления



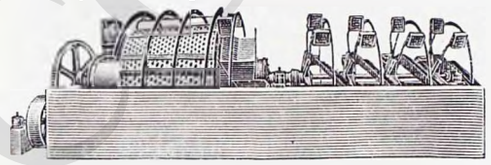
Фиг. 1.

электролитов и веществ, играющих роль защитных коллоидов, возможны отклонения в скорости падения частиц.

Схема О. мокрым способом приведена выше (фиг. 1); слева показано удаление воды фильтрпрессами, справа—осмосмашинами, а применяемые аппараты по стадиям—ниже.



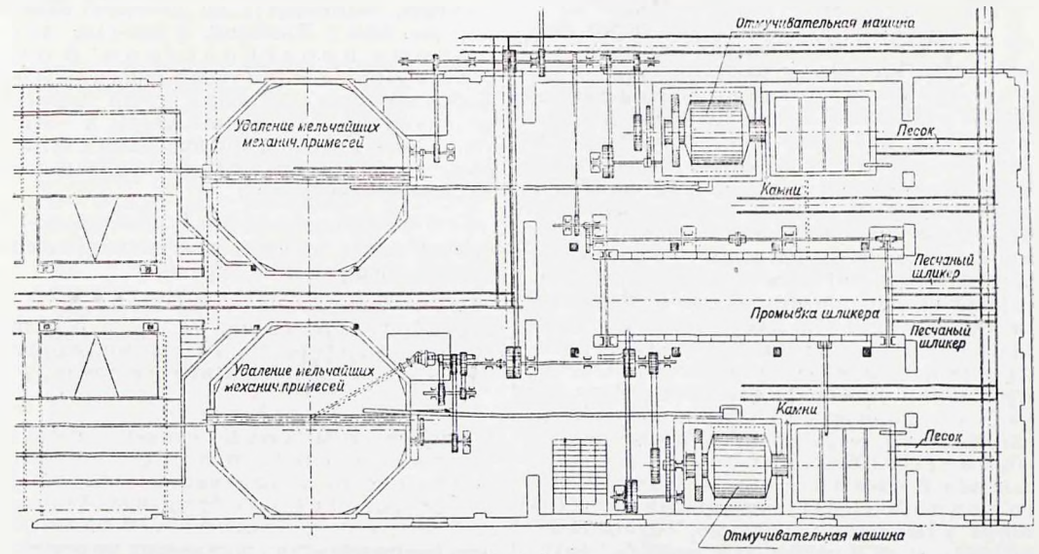
В последние годы при О. начали применять в производственном масштабе электролиты: NaOH, растворимое стекло, защитные коллоиды органич. происхождения. Каолин-сырец в кусках или в виде экскават-стружки подается во вращающийся барабан (обычно с диам. 1—1,5 *м*, длиной 3—4 *м*), внутренняя поверхность к-рого усажена металлич.



Фиг. 2.

ножами или пальцами, облегчающими разбивание кусков при вращении, или в мешалку, имеющую один или два вращающихся вала с насаженными на них ножами. Из мешалки или барабана каолин выходит в виде суспензий; крупные зерна примесей быстро выпадают в песочных ящиках. Выпадение происходит в разбавленных суспензиях при плотностях не выше 5—9° Bé во избежание нарастания вязкости, препятствующей выпадению крупных частиц. Добавление электролитов в известных концентрациях способствует пептизации глины и устойчивости суспензии. При этом плотность суспензии м. б. доведена до 20—30° Bé, причем более крупные примеси легко выпадают вследствие уменьшения вязкости. При дальнейшем прохождении суспензии выпадают более мелкие частицы примесей.

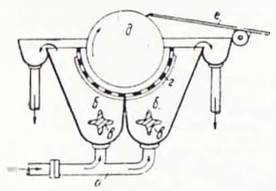
Типы машин, в которых происходит улавливание песка и других механич. примесей следующие. 1) Система песочных ящиков, в которых на дне осаждается песок, а суспензия поверху переходит из одного ящика в другой. Выпадение песка из суспензии возможно, когда скорость падения частиц песка больше скорости подъема суспензии в ящиках. Для окончательного выпадения мелких примесей применяют в некоторых случаях лабиринты (длинные желоба). Скорость движения суспензии необходимо выбирать оптимальную. При быстром потоке возможен унос более крупных частиц; при слишком медленном—потери осаждающегося в ящиках и желобах каолина. Выбираемая плотность суспензии должна обеспечивать максимальное выпадение песка и минимальную потерю каолина. Применение конич. ящиков способствует наилучшему О. 2) Отмучивательная машина (фиг. 2) представляет собой систему вращающихся цилиндрических сит и колес с ковшами, находящихся в чане, в к-ром материал поступает с одного конца, а вода идет навстречу. Выпадающий из суспензии песок различной крупности удаляется черпачными колесами. 3) Классификаторы типа Дорра с чашей начинают применять в США и в Германии. Суспензия поступает в классификатор в середине чаши; крупные примеси оседают на дно и через отверстие удаляются скребками. По Анабло классификатор с чашей для очистки каолина из Сев. Каролины обрабатывает 3 *т* в час и



Фиг. 3.

дает продукт, 95—98%, которого проходит через сито с 16 000 отверстий на $см^2$ при потреблении 2 HP и значительном снижении рабочей силы. Опыты Механобра показали часовую производительность чаши диам. 1 *м* в 61 *кг* сухого каолина, причем остаток на сите в 10 000 отверстий не превышал 0,5% (Н. Кочкин). План расположения аппаратуры отмучивательного отделения каолиновых заводов показан на фиг. 3. 4) О. при помощи центрифуг не вышли пока за пределы лабораторных опытов. По Бауеру центрифуга диам. 20 *см*, делающая 50 об/ск., в 1 000 раз увеличивает скорость отделения по сравнению с осаждением под влиянием собственного веса.

Следующей стадией является удаление излишней влаги из каолина. В специальных чанах каолин отстаивается в течение 5—7 дней, осветленная вода удаляется с поверхности. Благодаря прибавлению электролитов ($AlCl_3$, $CaCl_2$, $Ca(OH)_2$, H_2SO_4, HCl и др.) происходит немедленная коагуляция каолина, что оказывает положительное влияние на скорость фильтрования и делает излишними отстойные бассейны. Удаление воды происходит при помощи фильтрпрессов периодич. действия с рамами под давлением 8—10 *atm*. Влажность получаемых к о р ж е й 28—32%. Применение *вакуум-фильтров* (см.) в каолиновом деле находится в стадии опытов. Разрешение проблемы должно итти в плоскости снижения расхода энергии и уменьшения влажности. Другим видом установок для удаления влаги служит электроосмотич. машина (фиг. 4). Глинистая муть подается по трубе *а* в корытообразные сосуды *б* и $б_1$ с мешалками *в*; далее муть проходит через сетчатый электрод *г* и входит в соприкосновение с вращающимся (20 об/мин.) свинцовым электродом *д*. Осадок вращением анода поднимается и с помощью скребка *е* снимается в виде массы с влажностью 25—35%. Применяют постоянный электрич. ток напряжением около 100 вольт при плотности тока на аноде 0,01 $А/см^2$. Расход электрич. энергии на каолиновом заводе в Шодау на 1 *т* сухой глины 87,5 kWh. Заводские установки этих машин в Германии и других странах пока не привились по экономическим соображениям. Для более пластичных глин могут найти применение электроосмотические фильтрпрессы, рамы которых представляют собой электроды. Для доведения каолина до продажной влажности (10—12%) требуется его высушить в сушилках. Применяются сушилки камерные, канальные, барабанные. Каолин сушится паром или горячим воздухом при $t°$ 80—120°. Есть предложения обходиться без калориферов путем нагревания каолина непосредственно смешанными с воздухом горючими газами, полученными от сжигания нефти или кокса.



Фиг. 4.

Лит.: Лысин Б. и Галабутская Е., Материалы к изучению каолинов Украины, Киев, 1929; Лучицкий В. И., Каолины Украины, «Труды Института прикладной минералогии», Москва, 1928, вып. 41; Гельд П., О способе обогащения каолинов и глин, Материалы по обогащению полезных ископаемых, «Труды Института механической обработки полезных ископаемых», Л., 1928, вып. 1; его же. Связь между устойчивостью каолиновых и глиняных суспензий и Ph, там же, 1929, вып. 2; Гельд П. и Корнилов Д., Исследование о влиянии различных факторов на скорость фильтрования каолинов и глин, отмученных на растворах жидкого стекла, там же; Stark J., Die physikal.-technische Untersuchung keramischer Kaoline, Lpz., 1922; Rieke R., Schlämmgeschwindigkeit u. Korngrösse, «Berichte d. deutschen keramischen Gesellschaft», B., 1927, *8*; Bauer E., Die Methoden zur Bestimmung d. Korngrossen von Kaolinen u. Sonen, ibid., 1924, *5*; Laubenheimer A., Der Kaolinbergbau im nordwestsächsischen Porphyrgebiet, «Berichte d. deutschen keramischen Gesellschaft», Berlin, 1930, *4*; Sproat J. E., Refining a. Utilisation of Georgia Kaolins, «Bureau of Mines», Wsh., 1916, Bul. 128; Shurecht H. G., The Use of Electrolytes in the Purification a. Preparation of Clays, «Bureau of Mines», Technical Papers, Wsh., 1922, Bul. 281; Anable A., Dorr Classifiers for Clay Washing, «Journ. of the American Ceramic Society», Columbus, Ohio, 1928, 2. **И. Финкельштейн.**

ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ТЕОРИЯ. Совокупность физич. теорий или положений, объединяемых термином «теория относительности», иногда «принцип относительности», в процессе исторического развития физики меняла свое содержание как по объему, так и по качеству. В так наз. классич. механике, к-рая до появления в 1905 г. новых теорий Эйнштейна считалась единственно возможной и безусловно доказанной на опыте, под о т н о с и т е л ь н о с т ь ю, или з а к о н о м о т н о с и т е л ь н о г о д в и ж е н и я (слово «теория» в сочетании с термином «относительность» еще не применялось), понимали независимость основных ур-ий механики от равнопоступательного движения координатной системы, к которой они отнесены, по отношению к нек-рой другой основной координатной системе, так или иначе связанной со всей совокупностью имеющейся в мире материи, например с ее центром тяжести или же, как у Ньютона, с нек-рым а б с о л ю т н ы м п р о с т р а н с т в о м. В современной терминологии такая относительность формулируется след. обр.: ур-ия движения механики $m\boldsymbol{g} = \boldsymbol{f}$, где m—масса, $\boldsymbol{g}$—вектор ускорения, $\boldsymbol{f}$—сила, приложенная к m, ковариантны к преобразованию координат (см. *Тензорное исчисление*):

$$x' = x + v_x t;\quad y' = y + v_y t;\quad z' = z + v_z t; \quad (1)$$

причем масса m считается скаляром, силы же преобразуются по правилу

$$f'_x = f_x;\quad f'_y = f_y;\quad f'_z = f_z; \quad (2)$$

в ф-лах преобразования v_x, v_y, v_z означают компоненты скорости, а t—время, одинаковое в обеих координатных системах, т. е.

$$t' = t. \quad (3)$$

В классич. трактатах по механике и физике указывается обычно только положение (1); необходимость добавления в явной форме положения (2) и (3), утверждение об инвариантности массы, а также и экспериментальное содержание этих положений выясняются лишь после возникновения новых теорий Эйнштейна. Эта «относительность» имеет в настоящее время в физике название п р и н ц и п а о т н о с и т е л ь н о с т и Г а л и л е я-Н ь ю т о н а.

Специальная О. т. Безусловная применимость этого принципа ко всем явлениям, считавшимся в 19 в. чисто механическими, заставляла физиков этого века искать подтверждения или опровержения его на других явлениях, с точки зрения того времени—не чисто или вовсе не механических, напр. оптических, электрических и т. п., но к-рые можно было бы пытаться объяснить и механически. 19 век создает теорию эфира, сначала упругого (Френель, Нейман), затем электромагнитного (Фарадей, Максвелл, Герц, Лоренц и др.). В различных теориях эфир поразному связан с материей. Теории Лоренца и Герца представляют в этом отношении две взаимно исключающие крайности. По Лоренцу эфир свободно проникает материю. Материя в движении совсем ни в какой мере не увлекает за собой эфира. Эфир, не участвующий в движении материи, естественно связывается с тем абсолютным пространством, по отношению к которому прямолинейное и равномерное движение не меняет законов чисто механич. явлений. Но теория Лоренца приходит к выводу, что принцип относительности Галилея-Ньютона к явлениям оптическим или электромагнитным не применим. Поэтому соответствующим оптич. или электрич. опытом можно было бы пытаться обнаружить поступательное равномерное движение относительно эфира. Образцом такого опыта является знаменитый опыт Майкельсона. Он состоит в следующем: *интерферометр* (см.) Майкельсона устанавливается так, чтобы направление SP совпало с направлением движения земли в ее вращении вокруг солнца; при этом наблюдатель видит нек-рую интерференционную картину. Затем весь прибор поворачивается на 90°, так что с направлением движения земли совпадает линия MQ. С точки зрения классич. теории должно произойти смещение полос интерференции, равное

$$\frac{2l}{\lambda}\cdot\frac{v^2}{c^2}\cdot d,$$

где l—длина плеча интерферометра SP, предполагаемая равной MQ, λ—длина световой волны, v—скорость земли относительно эфира, c—скорость света и d—расстояние между 2 полосами интерференции. Ожидаемое смещение достаточно велико для того, чтобы его можно было наблюдать. Как первые наблюдения Майкельсона (1888 г.), так и сравнительно более поздние его повторения (1926 г.) привели к выводу, что ожидаемого смещения полос не наблюдается. Теория Герца, наоборот, связывает материю с эфиром. Эфир полностью участвует в движении материи. Вследствие этого оптическими или электрическими экспериментами, производимыми внутри движущегося тела, движения его относительно других тел обнаружить нельзя; принцип Галилея-Ньютона должен быть справедлив.

На примере этих двух теорий видно, что принцип относительности по содержанию своему должен иметь для всей физики весьма большое значение. В этом обстоятельстве кроется причина, почему именно электродинамика движущихся тел и привела в 1905 г. к созданию т. н. специальной теории относительности, заменяющей классич. принцип Галилея-Ньютона. Теория Герца в нек-рых своих выводах согласна с опытом (напр. вышеупомянутый опыт Майкельсона), в других резко ему противоречит. Электронная теория Лоренца лучше согласуется с опытом, все же она в своем первоначальном виде не всегда оказывается правильной (тот же опыт Майкельсона). С добавлением гипотезы (гипотеза Лоренца и Фицджеральда) о сокращении размеров тел по направлению движения в отношении $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$, где v — скорость тела и c—скорость света, теория Лоренца объясняла для движущихся тел все опыты, известные к началу нашего столетия. Весьма важно отметить, что теория Лоренца вместе с гипотезой о сокращении тел по направлению движения привела к ряду выводов, вызвавших переоценку основных положений классич. механики. Мы отметим из них следующие. 1) Электромагнитный эфир как основа для абсолютной координатной системы оказывается н е у л о в и м ы м при расчетах электромагнитных явлений; им нужно пользоваться, но вследствие сокращения тел по направлению движения всякая экспериментальная попытка обнаружить его заранее обречена на неудачу. 2) В двух системах K и K', двигающихся относительно эфира прямолинейно и равномерно, но с различными скоростями, соотношения между электрич. силами $\boldsymbol{E}$ и $\boldsymbol{E}'$ и магнитными $\boldsymbol{H}$ и $\boldsymbol{H}'$ вовсе не определены выражениями (2), а более сложными; если движение K' относительно K параллельно оси X и относительная скорость движения будет v_x, то для электрич. силы например имеем:

$$E'_x = E_x;\quad E'_y = E_y - \frac{1}{c}v_x H_z;\quad E'_z = E_z + \frac{1}{c}v_x H_y.$$

3) Весьма удобным при расчетах электромагнитных явлений в координатной системе, двигающейся относительно эфира со скоростью v_x, оказывается введение вместо абсолютного времени t времени $t + \frac{v_x x}{c^2} = t'$, где x—абсцисса; время t', разное в различных местах пространства, Лоренц назвал «местным» временем. 4) Поток лучистой энергии может быть рассматриваем как количество движения и при расчетах движения излучающих или поглощающих лучистую энергию тел должен быть принят в соображение рядом с обыкновенным механическим количеством движения.

Эйнштейну удалось показать, что эти выводы теории Лоренца можно облечь в значительно более простую и понятную форму, если пересмотреть классич. представления физиков о времени и пространстве. Измеренная длина тела, измеренный промежуток времени или установление момента одновременности в различных местах пространства получаются в физике как результат физич. манипуляций над вещественными телами. Основным и неизбежным посредником для установления одновременности двух событий является свет, и физич. понятие об одновременности становится определенным только при допущении, что скорость света д. б. величиной постоянной во всех движущихся прямолинейно и равномерно друг относительно друга координатных системах; эта скорость для материи д. б. предельной скоростью; при переходе от одной системы K к другой K' ф-лы преобразования (1) и (3) д. б.

заменены следующими (если предположить для упрощения скорость движения совпадающей по направлению с осью X, что существенного значения не имеет):

$$x' = \frac{x + vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};\quad y' = y;\quad z' = z; \qquad (1')$$

$$t' = \frac{t + \frac{v}{c}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \qquad (3')$$

Ни длина $\Delta l = x_2 - x_1$ ни промежуток времени $\Delta t = t_2 - t_1$ не являются в силу физич. приемов их измерения инвариантами, не зависящими от избранной системы координат. Инвариантом будет их сочетание: $\Delta l^2 - c^2\Delta t^2$, к-рое можно обозначить через ΔS^2 или $-\Delta\tau^2$ в зависимости от того, будет ли $\Delta l > c\Delta t$ или $\Delta l < c\Delta t$. Физическое различие между временем и пространством сохраняется при всем этом вполне. Формула сложения двух одинаково направленных скоростей v_1 и v_2, вытекающая из преобразований (1′) и (3′), примет следующий вид:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}, \qquad (4)$$

где v—результирующая скорость, в отличие от соответствующей ф-лы классич. механики $v = v_1 + v_2$. Как легко проверить, эта ф-ла соответствует существованию предельного значения скорости света c.

Формулы (1′) и (3′), известные под именем ф-л преобразования Лоренца, являются выражением новой «относительности» Эйнштейна. При скоростях, малых по сравнению со скоростью света, эти ф-лы практически совпадают с (1) и (3); они объясняют т. н. сокращение тел по направлению движения и удобство применения «местного» времени как результат физич. приемов измерения длины и времени. Т. к. существование предельного значения скорости света c и ф-лы (1′) и (3′) не соответствуют классич. механике, то требуется пересмотр основных ее положений вообще и вместе с тем, в частности, пересмотр ф-лы преобразования сил (2). Поэтому содержанием О. т. теперь уже является не только относительность движения, но и новые динамика и теория электричества.

Отметим нек-рые положения новой динамики. 1) Вместо ур-ий Ньютона имеем для материальной точки:

$$\frac{d}{dt}\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\boldsymbol{q} = \boldsymbol{F}, \qquad (5)$$

где $\boldsymbol{q}$—скорость движения материальной точки, а m_0—скалярная величина—масса покоящейся точки. Вместо закона живой силы классич. механики имеем:

$$\frac{d}{dt}\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \boldsymbol{F}\boldsymbol{q}. \qquad (6)$$

Следует заметить, что силы $\boldsymbol{F}$ не удовлетворяют положению о преобразовании их (2). Если вектор $\boldsymbol{f}$ означает силу $\boldsymbol{F}$, отнесенную к единице объема, то преобразование сил при переходе от одной координатной системы K к другой K' рассчитывается для $\boldsymbol{f}$ по ф-лам:

$$\left.\begin{aligned} f'_x &= \frac{f_x + v f_t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};\quad f'_y = f_y \\ f'_z &= f_z;\quad f'_t = \frac{f_t + \frac{v}{c} f_x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned}\right\}, \qquad (7)$$

при

$$f_t = \frac{1}{c^2}(\boldsymbol{q}\boldsymbol{f}) \quad \text{и} \quad f'_{t'} = \frac{1}{c^2}(\boldsymbol{q}'\boldsymbol{f}').$$

2) Если рассматривать вектор $\boldsymbol{G} = \frac{m_0 \boldsymbol{q}}{\sqrt{1 - \frac{q^2}{c^2}}}$ как количество движения, то коэф. при скорости $\boldsymbol{q}$ можно рассматривать как массу m. Эта масса $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{q^2}{c^2}}}$ зависит от скорости. Если в опытах при расчетах движения пользоваться классич. ф-лой $\frac{d}{dt}m\boldsymbol{q} = \boldsymbol{F}$, то величина m должна оказаться при достаточно больших скоростях зависимой от скорости $\boldsymbol{q}$, что и подтверждается опытом. 3) Выражение для кинетич. энергии классической механики $\frac{m_0 v^2}{2}$ есть только первое приближение для нее; более точное ее выражение имеем в (6). 4) С формальной стороны выкладка очень упрощается, если рассматривать $x = x_1$; $y = y_1$; $z = z_1$; $ct = x_4$ как координаты нек-рого четырехмерного многообразия, а физич. величины, определяющие электромагнитное состояние вещества, как компоненты соответствующих тензоров соответствующих рангов четырехмерного многообразия. Теория электромагнитных явлений и динамика О. т. в такой форме впервые была изложена немецким математиком Минковским (1907 г.).

По отношению к теории электромагнитных явлений можно заметить следующие положения. 1) Векторы $\boldsymbol{E}$ и $\boldsymbol{H}$ рассматриваются как кососимметричные компоненты тензора второго ранга в четырехмерном многообразии с координатами x_1, x_2, x_3, x_4. Преобразование их на основании соответствующих теорем тензорного исчисления при переходе от одной координатной системы к другой по преобразованиям Лоренца поэтому будет:

$$E'_x = E_x;\quad E'_y = (E_y - \tfrac{1}{c} v_x H_z)\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

$$E'_z = (E_z + \tfrac{1}{c} v_x H_y)\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

что согласно с выводами теории Лоренца, к-рая в ф-лах преобразования для этих тензоров отбрасывает члены, содержащие квадраты отношения $\frac{v^2}{c^2}$. 2) Максвелловские напряжения вместе с потоком лучистой энергии и плотностью энергии электромагнитного поля объединяются в общий тензор второго ранга, получающий название тензора максвелловских напряжений и энергии. Расхождение этого тензора дает силы, действующие на заряды в покое или движении. Преобразование этого тензора при переходе от K к K' показывает, что энергия может выступить в роли массы. Таким образом О. т. строго оформляет принцип эквивалентности

массы и энергии. Во всех своих выводах специальная О. т. находится в согласии с наблюдением. Из наиболее замечательных экспериментов, послуживших к ее обоснованию и утверждению в физике, следует отнести: 1) опыт Майкельсона; 2) опыты для определения $\frac{e}{m}$, т. е. отношения заряда электрона к его массе при больших скоростях; 3) тонкую структуру спектральн. линий [1].

Общая О. т. Выше мы видели, что если ур-ия механики и электромагнитного поля верны в нек-рой системе отсчета K, то они же верны и во всякой другой системе K', движущейся относительно K равномерно и прямолинейно. Но если K' движется относительно K с ускорением, то законы механики получат в системе K' более сложный вид: это усложнение можно описать, введя особого рода инерциальные силы (центробежную силу, силу Кориолиса), к-рые с точки зрения наблюдателя K' сообщают всем телам ускорение, не зависящее от массы этих тел. Может казаться, что наличие инерциальных сил убедит наблюдателя K' в том, что его система отсчета движется, но это неверно. Известно, что не только инерциальные силы, но и сила тяжести обладают тем свойством, что влияние их на движение тел не зависит от массы этих тел (ср. опыты Галилея над падением тел); поэтому наблюдатель K' может считать свою систему отсчета неподвижной, а вместо инерциальных сил ввести особое поле тяжести, производящее такие же самые действия. В 1916 г. Эйнштейн облек этот вывод в форму принципа, гласящего: каждая система отсчета с таким же правом может считаться неподвижной, как и любая другая; все системы отсчета равноправны; все законы природы можно сформулировать так. обр., чтобы одна и та же формулировка была действительной для всех возможных систем отсчета. Это требование ковариантности получило название общего принципа относительности; его содержание шире, чем содержание специального принципа, в к-ром речь идет лишь об инерциальных системах отсчета.

На этом принципе Эйнштейн построил новую теорию пространства и времени. Ее содержание таково: пусть наблюдатель K установил координатную систему, в к-рой каждая пространственно-временная точка («событие») характеризуется четырьмя координатами x_1, x_2, x_3, x_4. Два близких друг к другу события с координатами x_1, x_2, x_3, x_4 и $x_1 + dx_1, x_2 + dx_2, x_3 + dx_3, x_4 + dx_4$ определяют «интервал» или «длину»

$$ds = \sqrt{\sum_{i,k=1}^{4} g_{ik}\, dx_i\, dx_k},$$

где g_{ik}—нек-рые ф-ии координат x_1, x_2, x_3, x_4 (причем $g_{ik} = g_{ki}$). Мы будем писать сокращенно:

$$ds = \sqrt{g_{ik}\, dx_i\, dx_k}, \qquad (8)$$

следуя «правилу суммирования»: если какой-нибудь значок повторяется в каком-либо одночлене дважды, то по нему производится суммирование от 1 до 4, хотя знак Σ для краткости опускается (например $a_i b_i$ значит $\sum_{i=1}^{4} a_i b_i$). Интервал есть инвариант; это значит, что при переходе к другой координатной системе x'_1, x'_2, x'_3, x'_4 мы должны подобрать в ней функции g'_{ik} так, чтобы было

$$g'_{ik}\, dx'_i\, dx'_k = g_{ik}\, dx_i\, dx_k.$$

Ф-ии g_{ik} определяют геометрию четырехмерной протяженности («пространства—времени»); если два события являются с точки зрения K одновременными, то интервал между ними определяет результат измерения их пространственного расстояния друг от друга в системе отсчета K; если же оба события произошли в одном и том же месте пространства (с точки зрения K), то интервал между ними определяет время, протекшее между обоими событиями и измеренное по часам системы отсчета K. Так, функции g_{ik} управляют поведением часов и материальных масштабов. Они же управляют и движением тел: всякое тело, на к-рое не действуют электромагнитные силы, движется так, что его четырехмерная траектория является геодезич. линией $\delta\int ds = 0$; дифференциальные ур-ия такой линии

$$\frac{d^2 x_i}{ds^2} + \left\{ \begin{matrix} kl \\ i \end{matrix} \right\} \frac{dx_k}{ds}\frac{dx_l}{ds} = 0; \qquad (9)$$

символом $\left\{ \begin{matrix} kl \\ i \end{matrix} \right\}$ (символ Христоффеля) сокращенно обозначается сумма

$$\frac{1}{2}\frac{\partial \lg g}{\partial g_{ij}}\left(\frac{\partial g_{jk}}{\partial x_l} + \frac{\partial g_{lj}}{\partial x_k} - \frac{\partial g_{kl}}{\partial x_j}\right),$$

где g есть определитель $|g_{ik}|$. Лучи света также удовлетворяют этому ур-ию, но для них кроме того д. б. $ds = 0$.

Если геометрия рассматриваемой четырехмерной области такова, что она допускает введение координатной системы x, y, z, t, в к-рой ds^2 принимает вид

$$ds^2 = dx^2 - dy^2 - dz^2 + c^2 dt^2, \qquad (10)$$

то все символы Христоффеля в такой системе обратятся в нуль, и из ур-ия геодезич. линий будет следовать, что x, y, z—линейные ф-ии t. Поэтому в такой системе отсчета все тела, на к-рые не действуют электромагнитные силы, движутся прямолинейно и равномерно; свет распространяется по прямым линиям со скоростью c. Условия, с к-рыми физик имеет дело в действительности, всегда таковы, что ф-ла (10) в первом приближении может считаться верной. Если же геометрия рассматриваемой области «пространства—времени» не позволяет ввести систему отсчета, в к-рой имеет место ф-ла (10), то тела, на к-рые не действуют электромагнитные силы, будут двигаться с ускорением, какую бы систему отсчета ни вводить, причем это ускорение не зависит от массы тела. Выражаясь обычным языком, мы сказали бы, что в рассматриваемой области «пространства—времени» действуют силы тяготения, но О. т. обходится без введения специальных «сил»: в искривлении траектории тела она видит лишь результат такой геометрии «пространства—времени», в к-рой обычные ур-ия прямой уже не дают геодезич. линии (неэвклидова геометрия); напр. планета описывает вокруг солнца эллипс не потому, что солнце ее «притягивает», а потому что солнце производит

местное искривление «пространства—времени», благодаря которому четырехмерная геодезич. линия соответствует движению планеты не по прямой, а по эллипсу.

Опыт показывает, что поле тяготения связано с присутствием материальных тел; закон, по которому геометрия четырехмерного «пространства—времени» связана с присутствием материи, принято называть «законом тяготения». В поисках надлежащей формы этого закона Эйнштейн должен был удовлетворить требованию ковариантности и кроме того дать такую теорию, в к-рой теория Ньютона содержалась бы как первое приближение. Найденный им закон тяготения гласит ($\varkappa$—постоянная величина):

$$G_{ik} = -\varkappa(T_{ik} - \tfrac{1}{2} g_{ik} T), \qquad (11)$$

где $G_{ik} = \frac{\partial}{\partial x_j}\left\{\begin{matrix} ik \\ j \end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix} ij \\ l \end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix} kl \\ j \end{matrix}\right\}$ (сокращенный тензор Римана) и где T_{ik}—так называемый тензор материи. ($T_{ik} = \varrho_0 \frac{dx_i}{ds}\frac{dx_k}{ds}$, ϱ_0 — плотность материи, $\frac{dx_i}{ds}$ — ее четырехмерный вектор скорости; $T = \frac{\partial(\lg g)}{\partial g_{ik}} T_{ik}$; впоследствии к тензору T_{ik} были прибавлены члены, зависящие от присутствия лучистой энергии.) Кроме того можно показать, что при малых скоростях материи (по сравнению со скоростью c) ур-ия геодезич. линии (9) дают

$$\frac{d^2 x_i}{dl^2} = -\frac{1}{2}\frac{\partial g_{44}}{\partial x_i} \quad (i = 1, 2, 3),$$

а ур-ия поля дают

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2}\right) g_{44} = \varkappa \varrho_0.$$

Т. о. $\frac{1}{2} g_{41}$ играет роль ньютонова потенциала и мы получим обычное ур-ие Пуассона, если положим

$$\varkappa = \frac{8\pi K}{c^2} = 1{,}87 \cdot 10^{-27},$$

где K—постоянная тяготения.

Эйнштейн, Шварцшильд и Дросте применили ур-ия (9) и (11) к движению планет в поле тяжести солнца. На расстоянии r от солнца геометрия «пространства—времени» определяется ф-лой

$$ds^2 = c^2\left(1 - \frac{2m}{r}\right) dl^2 - \left(1 - \frac{2m}{r}\right)^{-1} dr^2 - r^2(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta\, d\varphi^2), \qquad (12)$$

где m—постоянная, представляющая массу солнца, измеренную в особых единицах. При этом $G_{ik} = 0$, и только при $r = 0$ ур-ия имеют особую точку. Ур-ия (9) в первом приближении дают движение планеты по законам Кеплера, на к-рое накладывается вековое перемещение перигелия, достигающее заметной величины лишь у ближайшей к солнцу планеты, Меркурия [2]. **М. Бронштейн и В. Фредерикс.**

Кроме векового перемещения перигелия Меркурия в 42,9″ О. т. предсказывает искривление лучей, проходящих вблизи поверхности солнца (1,75″), и смещение спектральных линий в красной части спектра, причем соответствующее уменьшение частоты колебаний составляет для солнца $2{,}13 \cdot 10^{-6}$. Все эти величины лежат в пределах возможности измерения средствами современной астрономии, что открывает три различных пути к проверке О. т. Непосредственные наблюдения дают, как это было найдено Леверрье, для перемещения перигелия Меркурия 565″ в столетие. После учета взаимных притяжений планет путем координации надлежащим образом их масс, элементов их орбит, движения равноденственной точки по отношению к системе ярких звезд и многочисленных астроном. постоянных для движения перигелия получилось всего 527″. Разница в 38″ осталась необъясненной. Более обширное исследование Ньюкомба показало, что разность между наблюденным и вычисленным движением перигелия Меркурия доходит до 42,6″ и значительно превышает погрешности наблюдения. Принимая во внимание позднейшую поправку Ньюкомба для движения равноденственной точки, эту разность приходится увеличить до 45,9″. Обработка многочисленных рядов позднейших наблюдений, произведенных до 1925 г., показала необходимость введения дальнейших поправок, именно 5,0″ в столетие, вследствие чего необъясненное движение перигелия Меркурия нужно в настоящее время считать в 50,9″. Этот результат не является вполне точным. Небольшие неправильности в планетных массах, возможное сжатие солнца, обнаруженное недавно вращение звездной системы, по отношению к к-рой определяются координатные оси, и ряд других причин могут изменить указанную величину на несколько ск. дуги. Это неравенство не является к тому же единственным в солнечной системе. Вековое изменение долготы узла орбиты Венеры, движение перигелия Марса и т. п. равным образом не м. б. полностью объяснены лишь взаимным притяжением планет. Остаточные неравенства в этих случаях далеко превосходят погрешности наблюдений. О. т. дает указанное выше перемещение перигелия Меркурия в 45,9″ в столетие в предположении, что эта планета не подвержена действиям посторонних возмущающих сил. Остаточные неравенства других планет, для к-рых О. т. дает совершенно ничтожные величины, остаются без всякого объяснения. Выводы О. т. не находятся в противоречии с данными наблюдений, но во всяком случае преждевременно говорить об ее подтверждении на основе данных позиционной астрономии.

Не лучше обстоит дело с проверкой О. т. на основании отклонения светового луча в силовом поле солнца. На возможность подобной проверки путем наблюдений звезд около края солнечного диска во время полных солнечных затмений было указано в 1914 г. Специальные экспедиции были организованы в 1919 и 1922 гг. в Бразилию и Австралию. Для возможности нахождения искомых весьма малых смещений звезд по радиальному направлению от края солнечн. диска принято тем же инструментом фотографировать область неба, в к-рой находилось солнце во время затмения, но по необходимости в другое время года и других $t°$-ных условиях. Одинаковость масштабов обоих снимков определяется из условия, что наиболее удаленные от солнца звезды, вышедшие на пластинке, не имеют никакого радиального смещения. В этом предположении для ближайших звезд получаются радиальные смещения, в общем соответствующие эффекту

Эйнштейна для данного расстояния от края диска. Однако различия между отдельными определениями весьма велики и искомое смещение получается в результате значительной экстраполяции. Тангенциальные смещения звезд, по величине сравнимые с радиальными и имеющие явно выраженный систематич. характер, обычно рассматриваются как случайные погрешности. Из общего числа звезд, полученных 1-й экспедицией, было использовано всего 15% для проверки О. т., а второй—50%. Звезды с весьма большим смещением, в особенности направленным к солнцу, а не от него, не вошли в рассмотрение. Полученные результаты, при выводе к-рых заранее предполагалось, что эффект Эйнштейна является единственной причиной радиальных смещений, не являются поэтому вполне доказательными, тем более, что они м. б. объяснены и другими причинами, напр. т. н. космич. рефракцией Курвуазье.

Третий путь для проверки О. т.—смещение спектральных линий к красной части спектра представляет лучшие возможности. Предсказанная величина для солнечной поверхности, именно $2{,}13 \cdot 10^{-6}$ в частоте колебаний, легко м. б. измерена современными средствами, погрешность к-рых не превышает примерно $3 \cdot 10^{-7}$. Действительно, почти все линии спектра показывают смещение в ожидаемом смысле. Однако вопрос чрезвычайно усложняется тем обстоятельством, что величина этих смещений крайне различна для разных линий и вообще увеличивается с их интенсивностью. Согласно С. Джону этот эффект м. б. объяснен тем, что наиболее интенсивные линии, берущие свое начало на больших высотах над солнечной поверхностью, принадлежат слоям, систематически опускающимся вниз, в результате чего предполагаемый эффект Эйнштейна увеличивается реальным допплеровским смещением. Слабые линии принадлежат повидимому к более низким слоям. Малые смещения этих линий к красной части спектра можно объяснить предположением о восходящих токах в этих слоях, уменьшающих эффект Эйнштейна. При этом делается однако произвольное допущение, что на уровне, соответствующем линиям с интенсивностью 6—8 по шкале Роулланда, никакого вертикального перемещения вещества нет. Интерпретация С. Джона встречается кроме того с тем затруднением, что относительное смещение линий различной интенсивности не зависит от положения по отношению к центру солнечного диска, как это было установлено Меггерсом и Берисом. Более надежное средство для проверки О. т. тем же путем представляют т. н. б е л ы е к а р л и к и—звезды с плотностями, в десятки тысяч раз превосходящими плотность воды, и соответственно большими значениями гравитационного потенциала. Для одиночных звезд этого рода эффект Эйнштейна неотделим от обычного допплеровского смещения и потому не м. б. обнаружен. Только если подобная звезда является спутником другой, с уже известной радиальной скоростью и известным расстоянием их от наблюдателя, если кроме того массы этих звезд известны, а объемы их выведены, например путем сравнения абсолютной яркости с соответствующей $t°$ поверхности, имеются все предпосылки для вычисления эффекта Эйнштейна на поверхности белого карлика и сравнения его с наблюдениями. Сочетание таких условий имеется пока только для спутника Сириуса. Наблюдаемое смещение соответствует 19 *км/сек*; предсказанное—17 *км/сек*. При выводе этого результата предполагалось, что яркость спутника Сириуса не зависит от присутствия на близком от него расстоянии главной звезды, превышающей его по яркости в 10 000 раз, и что по характеру спектра белого карлика, установленному к тому же не вполне точно, можно судить об его $t°$. Позднейшее определение цветного показателя спутника Сириуса несколько увеличило расхождение между наблюдениями и теорией. Кроме того нужно указать, что аналогичные смещения линий к красной части спектра известны для различных звезд нашей звездной системы. Для звезд типа B в отдельных галактических долготах эти смещения доходят до 8 *км/сек* и совершенно не объясняются теорией относительности. Из всего изложенного выше следует, что О. т. в настоящее время не м. б. проверена совершенно несомненным образом при помощи астрономических наблюдений. Тем не менее ни одно из известных явлений ей не противоречит. **В. Фесенков.**

О. т. и космология. В 1917 г. Эйнштейн встретился с затруднениями при попытке сформулировать те условия, к-рым должно удовлетворять g_{ik} на бесконечном расстоянии от материальных тел. Это заставило его перейти от прежней ф-лы (11) закона тяготения к более общей ф-ле

$$G_{ik} - \lambda g_{ik} = -\varkappa(T_{ik} - \tfrac{1}{2} g_{ik} T), \qquad (13)$$

где λ—постоянная величина. Преимущество ф-лы (13) над (11) заключается по мнению Эйнштейна в том, что ей может удовлетворять четырехмерный мир с конечным и замкнутым в себе пространством, что делает формулировку упомянутых условий излишней. В связи с этим Эйнштейн поставил космологич. проблему: считая в первом приближении всю материю и лучистую энергию вселенной распределенными в ней равномерно, построить при этом условии такую геометрию четырехмерного мира, к-рая удовлетворяла бы уравнению (13). Решение, предложенное Эйнштейном, было таково:

$$ds^2 = -R^2[d\chi^2 + \sin^2\chi(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta\, d\varphi^2)] + c^2 dl^2 \qquad (14)$$

(цилиндрич. мир Эйнштейна), где R—постоянная величина, называемая радиусом мира, и где для краткости написано χ вместо $\frac{r}{R}$. При бесконечном R мероопределение (14) переходит в обычное мероопределение Минковского. Координаты χ и ϑ заключены между 0 и π, φ между 0 и 2π, t между $-\infty$ и $+\infty$. Объем всего пространства $V = 2\pi^2 R^3$, масса всей вселенной $M = \frac{6\pi^2 R}{\varkappa} = \frac{2\pi^2\lambda}{\varkappa} R^3$, причем на долю обыкновенной материи падает $M_0 = \frac{4\lambda}{\varkappa}\pi^2 R^3$, а остальное падает на долю излучения. Наибольшая возможная масса полу-

чится при $R=\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$, $M=M_0=\frac{4\pi^2}{\varkappa}R$, причем плотность равна $\frac{2\lambda}{\varkappa}$. Если предположить $\frac{2\lambda}{\varkappa}=2\cdot10^{-28}$ *г/см*³ (такова приблизительно средняя плотность материи в пределах расстояний, доступных современным телескопам), то последние формулы дадут $R=2{,}3\cdot10^{27}$ *см*, $M=M_0=4{,}88\cdot10^{55}$ *г*; $\lambda=1{,}9\cdot10^{-55}$ *см*$^{-2}$.

В. де Ситтер дал (1917 г.) другое решение той же космологич. проблемы, а именно:

$$ds^2=-R^2[d\chi^2+\sin^2\chi(d\vartheta^2+\sin^2\vartheta\,d\varphi^2)]+c^2\cos^2\chi\,dt^2 \qquad (15)$$

(сферич. мир де Ситтера). Ур-ие (13) удовлетворяется при условии, что $R=\sqrt{\frac{3}{\lambda}}$ и что плотность и давление лучистой энергии равны нулю: мир де Ситтера пуст. Применять решение де Ситтера к реальному миру возможно лишь в том случае, если средняя плотность вещества во вселенной так мала, что ею можно пренебречь. Свойства такого мира весьма парадоксальны: все физич. процессы, происходящие на расстоянии от наблюдателя, представляются ему замедленными (благодаря наличию множителя $\cos^2\chi$); при $\chi=\frac{\pi}{2}$, т. е. на расстоянии $\frac{\pi}{2}R$, они представляются остановившимися. Если на некотором расстоянии от наблюдателя поместить тело малой массы, то, для того чтобы удовлетворить принципу $\delta\int ds=0$, оно должно двигаться; в некоторой определенной системе координат (ϑ и P, где $P=R\operatorname{tg}\chi$) его траектория — гипербола. Если с такого движущегося по инерции тела посылается световое колебание с длиной волны λ, то наблюдатель в начале координат воспримет длину волны $\lambda+\Delta\lambda$, где в первом приближении

$$\Delta\lambda=\lambda(\pm\sin\chi+\sin^2\chi). \qquad (16)$$

Две причины изменения длины волны накладываются друг на друга: движение тела по гиперболе, к-рое может совершаться в том и в другом направлении, дает член $\pm\sin\chi$, пропорциональный расстоянию (астрономически измеренное расстояние есть $R\sin\chi$), а «замедление времени» на расстоянии $R\sin\chi$ от наблюдателя дает член $\sin^2\chi$, пропорциональный квадрату расстояния.

Уже в 1917 г. было известно, что спектральные линии отдаленных звездных скоплений (т. н. спиральных туманностей) смещены преимущественно к красному концу ($\Delta\lambda>0$), что де Ситтер объяснил наличием члена $\sin^2\chi$, изменяющего длину волны именно в этом направлении. В этом видели подтверждение ф-лы (15), хотя она, строго говоря, относится лишь к пустому миру, и опровержение ф-лы (14). В настоящее время (1930 г.) расстояния до многих спиральных туманностей измерены; при этом оказалось, что линии в их спектрах смещены почти всегда к красному концу. Красное смещение довольно хорошо удовлетворяет эмпирич. ф-ле

$$\Delta\lambda=5\cdot10^{-23}\lambda r, \qquad (17)$$

где r—расстояние в *см*. Т. о. эффект, пропорциональный расстоянию, имеет один и тот же знак, вопреки ф-ле (16), представляющей следствие из (15). Поэтому в 1930 г. Эддингтон и де Ситтер для объяснения эмпирич. ф-лы (17) обратились к «нестатическим» решениям космологич. проблемы, разработанным в 1922 г. А. А. Фридманом (сконч. в 1925 г.) и в 1927 г. Леметром. В этих решениях ds^2 пишется в виде (14), но радиус мира R считается не постоянной, а функцией времени. Для объяснения ф-лы (17) нужно допустить, что он возрастает. Из теории Леметра вытекает, что

$$\Delta\lambda=\frac{\lambda}{c}\frac{d}{dt}(\lg R)\cdot r. \qquad (18)$$

Сравнение (18) с (17) дает

$$\frac{d}{dt}(\lg R)=1{,}5\cdot10^{-17},$$

т. е. при теперешней быстроте расширения мира он удваивается каждые $1{,}5\cdot10^9$ лет. Столь быстрое расширение мира (10^9 лет сравнимо с геологич. эпохами) весьма неправдоподобно и мало вяжется с теми сроками, какие нужны для эволюции звездной вселенной (напр. по Джинсу возраст нашей галактики 10^{13} лет); поэтому следует признать положение космологич. теории крайне неблагоприятным [3].

Единая теория поля. Геометрич. теория тяготения, созданная Эйнштейном, не претендует на раскрытие механизма гравитационных сил или их истинной природы; она дает лишь математич. теорию явлений, и роль геометрических представлений заключается только в том, что они позволяют сделать математику сравнительно простой и наглядной. Но у этой теории есть один важный недостаток: электромагнитным явлениям не нашлось места в ее геометрич. схеме; электромагнитное поле не получило геометрич. истолкования. Эйнштейн, Эддингтон и Вейль задались целью устранить этот недостаток и построить такую теорию, в которой электромагнитное поле, наравне с полем тяготения, является одним из геометрических свойств пространства. В этом и заключается проблема единой теории поля. Калуза (1921 г.), Клейн и Мандель (1926 г.) показали, что этой цели можно достигнуть при помощи пятимерной геометрии. Величина ds^2 для пятимерного пространства получится, если к четырехмерной сумме $g_{ik}\,dx_i\,dx_k$ прибавить квадрат суммы $\frac{e}{mc}\sum_{i=1}^{5}\varphi_i dx_i$, где $\varphi_1,\varphi_2,\varphi_3,\varphi_4$ обозначают электромагнитные потенциалы (т. е. $\varphi_1=\frac{1}{c}A_x,\varphi_2=\frac{1}{c}A_y,\varphi_3=\frac{1}{c}A_z,\varphi_4=-\varphi$), а φ_5— постоянная величина. Ур-ия геодезич. линии в таком пятимерном пространстве дают движение тела с зарядом e и массой m под влиянием электромагнитного поля φ_i и сил тяготения, определяемых через g_{ik}. Максвелловские ур-ия электромагнитного поля и закон тяготения Эйнштейна могут быть представлены в виде инвариантных соотношений пятимерной геометрии. Никаких новых результатов при этом не получается; объединение электромагнетизма и гравитации в единую геометрическую схему происходит лишь формально. Поэтому, руководясь идеей о том, что между тяготением и электричеством существует более интимная связь, Эйнштейн

продолжает искать построения единой теории поля в рамках четырехмерной геометрии. Обычная геометрия Римана оказывается для этого недостаточной; поэтому уже в 1918 г. Вейль предложил новую геометрию, содержащую больше независимых величин, чем геометрия Римана, и потому дающую возможность истолковать геометрически не только гравитационное, но и электромагнитное поле. В физич. теории Эйнштейна, основанной на геометрии Римана, длина бесконечно малого материального отрезка была инвариантной величиной; она имела всегда определенное значение, что давало возможность сравнивать длину двух бесконечно малых отрезков, расположенных в различных точках пространства (напр. в A и в B). В геометрии же Вейля такое сравнение становится невозможным: если мы переносим какой-нибудь бесконечно малый материальный масштаб из A в B, то его длина меняется, а именно, помножается на множитель

$$\int(\varphi_1\,dx_1+\varphi_2\,dx_2+\varphi_3\,dx_3+\varphi_4\,dx_4),$$

где величины φ_1, φ_2, φ_3, φ_4 заданы во всех точках кривой, соединяющей A и B (при данной координатной системе); интеграл взят по той же кривой, следовательно, вообще говоря, может оказаться различным для различных кривых, соединяющих A и B. Поэтому, если бесконечно малый отрезок перемещается по нек-рой кривой, а затем возвращается в исходную точку, то его длина может измениться: координатная система осталась такой же самой, однако изменился масштаб (Eichung) и поэтому все длины стали другими. Физич. законы, выраженные в терминах геометрии Вейля, д. б. инвариантными не только по отношению к перемене координат, но и по отношению к такой перемене масштаба. Величины φ_i трактуются как электромагнитные потенциалы; если $\frac{\partial\varphi_i}{\partial x_k}-\frac{\partial\varphi_k}{\partial x_i}=0$, то никакого электромагнитного поля нет и вместе с тем $\int\varphi_i\,dx_i$, взятый по замкнутой кривой, обращается в нуль, т. е. геометрия Вейля переходит в геометрию Римана. Дальнейшее развитие идеям Вейля дал Эддингтон.

Эйнштейн в 1928 г. предложил совершенно противоположный путь. Геометрия Римана характеризуется тем, что в ней возможно на расстоянии сравнивать длины, но невозможно сравнивать направления (отсутствует критерий параллельности на расстоянии): если в точке A дан бесконечно малый отрезок, и мы будем переносить его параллельно самому себе в точку B, то окончательное направление, к-рое он примет в точке B, зависит от формы пути, по к-рому перемещался отрезок. В геометрии Вейля невозможно на расстоянии сравнивать ни длину, ни направление отрезков; в новой геометрии, предложенной Эйнштейном, возможно и то и другое. Это достигается след. обр.: в каждой точке четырехмерного пространства Римана даются четыре перпендикулярных друг другу единичных вектора (так наз. б а й н ы); если дана определенная координатная система, то слагающие этих векторов получают совершенно определенные значения: пусть h^ν будет ν-тая слагающая s-того байна. Если дан вектор со слагающими A^ν в данной координатной системе, то, обозначая через A_s его проекцию на s-тый байн, получим

$$A^\nu=h_s^\nu\cdot A_s.$$

Решая эти уравнения относительно A_s, находим

$$A_s=h_{\mu s}\cdot A^\mu,$$

где $h_{\mu s}$—совершенно определенные (в данной системе координат и при данной системе байнов) числа. Два вектора, находящиеся на расстоянии друг от друга, считаются параллельными при равенстве соответственных A_s. Легко показать, что

$$g_{\mu\nu}=h_{\mu s}\cdot h_{\nu s}. \qquad (19)$$

Основными величинами в новой геометрии Эйнштейна являются не g_{ik}, но $h_{\mu s}$. Из них g_{ik} вычисляются по ф-ле (19). Гравитационные величины вычисляются с помощью этих g_{ik} по обычным ф-лам, а электромагнитные потенциалы по ф-лам

$$\varphi_\mu=\frac{1}{2}\left(h_s^\alpha\cdot\frac{\partial h_{\mu s}}{\partial x_\alpha}-h_s^\alpha\cdot\frac{\partial h_{\alpha s}}{\partial x_\mu}\right).$$

Все соотношения д. б. инвариантными не только по отношению к перемене координат, но и по отношению ко всем таким вращениям байнов, при к-рых параллельные друг к другу векторы остаются параллельными. Эйнштейн показал, что возможно написать такие инвариантные геометрич. соотношения, из к-рых в первом приближении получаются и закон тяготения и ур-ия Максвелла для потенциалов φ_μ.

Затруднение, к-рого единая теория поля до сих пор не сумела преодолеть, состоит в том, что кроме ур-ия поля необходимо получить еще и ур-ия движения для заряженных электричеством тел. Вряд ли такие ур-ия удастся построить геометрическим путем, так как отношение $\frac{e}{m}$ (заряда к массе) у тел, состоящих из большого количества атомов, м. б. самое различное, а значит и ур-ия должны содержать эту величину, не определяемую однозначно из геометрич. данных. Если же от макроскопич. трактовки перейти к микроскопической, где $\frac{e}{m}$ может принимать только три определенные значения (соответственно электрону, протону и фотону), то задача повидимому не сможет быть решена одной лишь О. т. (макроскопической по идеям и методам), а потребует какого-то слияния О. т. с теорией *квантов* (см.). Поэтому по мнению многих физиков эйнштейновская программа единой теории поля вероятно окажется невыполнимой [4].

Лит.: 1) В а в и л о в С. И., Экспериментальные основания теории относительности, М.—Л., 1928; L a u e M., Die Relativitätstheorie, B. 1, 4 Aufl., 1921; E i n s t e i n A., Zur Elektrodynamik bewegter Körper, «Annallen der Physik», Leipzig, 1905, B. 17, p. 891; M i n k o w s k i H., Die Grundgleichungen für die elektromagnetische Vorgänge in bewegten Körpern, «Mathematische Annalen», Berlin, 1910, B. 68, p. 472; 2) E i n s t e i n A., «Ann. d. Physik», Lpz., 1916, B. 49, p. 769; E i n s t e i n A., Sitzungsberichte d. Preussischen Akademie d. Wissenschaften, B., 1915, p. 831; S c h w a r z s c h i l d K., ibid., 1916, p. 189; D r o s t e F., «Verslagen», Amsterdam, 1916, v. 25, p. 163; d e S i t t e r W., «Monthly Notices of Royal Astro-

nomical Society», London, 1916, v. 76, p. 699; Dyson F. W., Eddington A. S. and Davidson C., «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», 1920, v. 220 (A), p. 291; Adams W. S., «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America», Washington, 1925, v. 11, p. 382; [3]) Einstein A., «Sitzungsberichte d. Preussischen Akademie d. Wissenschaften», Berlin, 1917, p. 142; de Sitter W., «Monthly Notices of Royal Astronomical Society», London, 1917, v. 78, p. 3; Friedman A., «Zeitschrift für Physik», B., 1922, B. 10, p. 377; Lemaitre G., «Annales de la Société Scientifique de Bruxelles», Bruxelles, 1927, t. 47, p. 49; de Sitter W., «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America», Washington, 1930, v. 16, p. 474; Eddington A. S., «Monthly Notices of Royal Astronomical Society», London, 1930, v. 90, p. 668; [4]) Kaluza T., Sitzungsberichte d. Preussischen Akademie d. Wissenschaften», B., 1921, p. 966; Klein O., «Ztschr. für Physik», B., 1926, B. 37, p. 895; Mandel H., ibid., B. 39, p. 136; Fock V., ibid., B. 39, p. 226; Weyl H., «Sitzungsberichte d. Preussischen Akademie d. Wissenschaften», Berlin, 1918, p. 465; Eddington A. S., «Proceedings of the Royal Society of London», L., 1921, v. 99 (A), p. 104; Einstein A.», Sitzungsberichte d. Preussischen Akademie d. Wissenschaften», B., 1928, p. 217 u. 224, 1929, p. 2 u. 156, 1930, p. 19; Levi-Civita, ibid., 1929, p. 137.—Фрейндлих Э., Основы теории тяготения Эйнштейна, перевод с немецкого, М.—П., 1923; Борель Э., Пространство и время, перевод с франц., М., 1924; Хвольсон О. Д., Теория относительности Эйнштейна и новое миропонимание, 3 изд., П., 1923; Борн М., Теория относительности Эйнштейна и ее физич. основы, пер. с нем., Л., 1922; Эддингтон А., Пространство, время и тяготение, пер. с англ., Одесса, 1923; Френкель Я. И., Теория относительности, Л., 1923; Вавилов С. И., Экспериментальные основания теории относительности, М.—Л., 1928; Lorentz H., Einstein A., Minkowski H., Das Relativitätsprinzip, 5 Aufl., Lpz., 1923; Weyl H., Raum—Zeit—Materie, 5 Auf., Berlin, 1923; Eddington A. S., The Mathematical Theory of Relativity, 2 ed., Cambridge, 1924; Pauli W., Relativitätstheorie, Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften, Band, 5, T. 2, H. 4, Leipzig—Berlin, 1922; v. Laue M., Die Relativitätstheorie, B. 1, 4 Aufl., 1921, B. 2, 2 Aufl., Brschw., 1923; Becquerel S., Le principe de relativité et la théorie de gravitation, Paris, 1922; Silberstein L., The Theory of Relativity, 2 edition, London, 1924; Bauer H., Mathematische Einführung in d. Gravitationstheorie Einsteins, Wien, 1922. **М. Бронштейн и В. Фредерикс.**

О. т. и философия. О. т. пробудила к себе исключительно большой интерес со стороны философов, а также в самых широких и разнообразных кругах неспециалистов. В настоящее время существует огромная литература как популярная, так и философская, посвященная О. т.; необходимо однако отметить, что в популярной литературе самое содержание теории искажается часто до неузнаваемости. В СССР усиленно дискутировался вопрос об отношении О. т. к основам материалистич. диалектики. В этом отношении наметилось два течения: одни (Н. Е. Орлов, А. К. Тимирязев, Г. А. Харазов, З. А. Цейтлин) считают основные положения теории несовместимыми с материалист. диалектикой, другие (А. Гольцман, Б. Гессен, Ю. Семковский, В. Юринец, А. А. Максимов, О. Ю. Шмидт) полагают, что О. т. является реализацией в конкретной форме учения диалектич. материализма о пространстве и времени. «Через Лоренца в лице Эйнштейна физика наконец пришла к идеям, приближающим к усвоению на пространство и время точки зрения диалектич. материализма. Однако Эйнштейн дал свои мысли, как и Гегель, в идеалистич. формулировке» [1]. «В области физики взгляды Эйнштейна на пространство, время и движение являются конкретизацией диалектич. концепции пространства и времени» [2]. Правда, и это течение среди философов-марксистов вынуждено признать, что оболочка теории насквозь идеалистическая, что за нее ухватились все философы-идеалисты, пытающиеся с помощью этой теории опровергать материализм; однако при этом указывается, что идеалистич. налет можно легко устранить, что он органически не связан с самой теорией.

Рассмотрим, что в О. т. послужило поводом для идеалистич. выводов и насколько эти поводы являются посторонним, наносным элементом, не связанным с самой теорией. О. т. исходит из предположений, что движение относительно в абсолютном смысле, т. е. что нет возможности узнать, что «на самом деле» движется: человек ли идет по земле, или земля уходит из-под человека в обратном направлении [3]. Для того чтобы формально провести эту точку зрения, надо допустить, что у наблюдателей, движущихся различно по отношению друг к другу, свое особое время, свои пространственные отношения и свое определение об одновременности, не совпадающее с определением об одновременности для другого наблюдателя. Отсюда философ-идеалист проф. Вильдон Карр делает вывод, что современная наука не признает единого мира с его пространством и временем, что не существует «единого объекта материального пространственно-временного мира, но зато существует множество субъектов» [4]. Сам Эйнштейн признает в одном из своих основных сочинений [5], что руководящей идеей его было стремление облечь в математич. форму мысль Маха о том, что системы Коперника и Птолемея с научной точки зрения вполне равноправны, и что система Коперника имеет лишь преимущества «удобства». Неудивительно поэтому, что проф. Филипп Франк, на съезде физиков осенью 1929 г., договорился до оправдания инквизиции в ее процессе против Галилея: «В точке зрения инквизиции можно найти нечто соответствующее точке зрения современной О. т., согласно которой нельзя сказать, что земля на самом деле движется, а солнце стоит, но можно только утверждать, что описание явлений в координатной системе, для которой дело обстоит именно так (т. е. земля движется), выходит проще». Нельзя сказать, чтобы эта точка зрения отличалась новизной: мы ее встречаем в весьма отчетливой форме, сформулированной в предисловии Осиандера (A. Hossman) к знаменитому труду Коперника, опубликованному в 1543 г. Признание одного только относительного движения приводит к серьезным трудностям; напр., если в детской игре запустить быстро вращающийся кубарь, то с точки зрения О. т. возможны два варианта: или кубарь вертится на земле, или земной шар со всей солнечной системой и системой Млечного пути вертится в обратную сторону. Конечно всякий релятивист скажет, что «экономнее» думать о вращении кубаря, но теоретически оба случая равноправны. А если это так, то спрашивается, можно ли говорить об однозначности энергии: ведь в случае вращения кубаря или всей вселенной энергия движения будет весьма и весьма различной. Можем ли мы при признании хотя бы теоретич. равноправности утверждать, что мы неизменно шаг за шагом приближаемся к познанию объективной реальности, т. е. к познанию существующего вне нас мира, и что мы приближаемся к познанию происходящих в мире движений и связанных с ними запасов энергии? На эту неопределенность количества энергии, вытекающую из основных положений О. т. указал проф. С. Мохорович в Загребе и И. Е. Орлов у нас в Москве.

Такая же неопределенность получается из рассмотрения сокращения размеров тел и изменения хода часов (у разных наблюдателей), вытекающих из О. т. Пусть мы имеем двух наблюдателей, из которых один находится на земле, а другой пролетает мимо первого на быстро летящем аэроплане. Пусть у каждого имеется по метровой линейке и по масштабу в несколько м длиной. Пусть первый наблюдатель хочет измерить с помощью своего масштаба метровую линейку второго наблюдателя, свешивающуюся с аэроплана. Что он должен сделать? Он должен в один и тот же момент заметить на своем масштабе положение начала и конца пролетающей мимо линейки. Если он отметит неодновременные положения начала и конца, то линейка ему покажется или короче или длиннее. Но что значит одновременно? По Эйнштейну оба наблюдателя так по своему определяют одновременность, что для первого наблюдателя метровая линейка второго оказывается короче его собственной и в то же время второму кажется, что его линейка длиннее, чем у стоящего на земле. По Эйнштейну время течет так, что если бы операция измерения производилась с помощью самопишущих приборов, то все произошло бы именно т. о.: самопишущие приборы показывают то, что видит покоящийся по отношению к ним наблюдатель. Теперь спрашивается, что считать за «настоящую» длину линейки? Вообще эта принципиальная «многозначность», остающаяся навсегда для нас неразрешенной, противоречит основному положению материалистич. диалектики о том, что природа познаваема и что каждый шаг в развитии наших знаний дает все более и более верную картину окружающего нас мира.

Далее О. т. допускает принципиальную философскую ошибку, признавая за время и пространство совокупность результатов пространственно-временных измерений, произведенных к тому же определенным, твердо указанным способом. Ту же ошибку повторяет и тов. Гессен [2]. «Теория относительности покончила с понятием времени как с голой абстракцией и вместо метафизич. абсолютного времени ввела понятие времени, реализующееся в процессе, и только в нем приобретающее реальность. Но процессы существенно зависят от состояния, в к-ром находится система. Поэтому течение времени для различных систем будет различно». Здесь повторяется отмеченная Энгельсом ошибка Дюринга, состоявшая в том, что время будто бы существует благодаря изменениям, а не изменения существуют во времени. «Согласно господину Дюрингу, время существует только благодаря изменениям, а не изменения существуют во времени и посредством его. Именно благодаря тому, что время отлично, независимо от изменений, его можно измерять благодаря изменениям, ибо для измерения необходимо всегда иметь нечто отличное от измеряемой вещи. И время, в течение к-рого не происходит никаких доступных познанию изменений, далеко еще от того, чтобы не быть совсем временем, оно скорее представляет чистое не затронутое никакими посторонними примесями, следовательно истинное, время, время как таковое» [6]. У Эйнштейна, так же как и у Гессена, время отождествляется с совокупностью тех процессов, при помощи к-рых мы измеряем его, да и притом еще с помощью вполне определенного приема измерения (обмен световыми сигналами). По вопросу о пространстве Гессен, следуя Эйнштейну, совершенно порывает с взглядами Энгельса и Ленина на пространство. «В мире нет ничего кроме движущейся материи, и движущаяся материя не может двигаться иначе, как в пространстве и во времени» [7]. По Гессену же: «Материя движется только по отношению к материи. Она не может двигаться по отношению к пространству вообще, абсолютному пространству, т. к. это последнее есть мысленная абстракция, а не объективная реальность» [2]. Ленин никогда не считал пространство и время мысленной абстракцией: «Человеческие представления о пространстве и времени относительны, но из этих относительных представлений складывается абсолютная истина; эти относительные представления, развиваясь, идут по линии абсолютной истины, приближаются к ней. Изменчивость человеческих представлений о пространстве и времени так же мало опровергает объективную реальность того и другого, как изменчивость научных знаний о построении и формах движения материи не опровергает объективной реальности внешнего мира».

Наконец большие трудности возникают в связи с эфиром. До 1920 г. Эйнштейн отрицал самое существование эфира. Начиная с 1920 г., в связи с развитием всеобщей теории, согласно к-рой пространство наделяется целым рядом свойств, Эйнштейн пришел к выводу, что эфир все-таки существует, но что к нему нельзя применять понятия движения как перемещения и поэтому нельзя определять движения каких бы то ни было тел по отношению к нему. С отрицанием эфира не могут примириться и те из марксистов, которые считают теорию Эйнштейна в общем согласной с основами материалистической диалектики. «Но говорить о волнах и колебаниях, происходящих без материального носителя, значит говорить о движении без материи» [2]. С другой же стороны, из желания сохранить принятую Эйнштейном принципиальную невозможность определить движение какого-либо тела по отношению к эфиру Гессен утверждает: «Эфир принципа относительности не состоит из частиц, не имеет молекулярного строения, поэтому к нему неприложимо понятие движения как механич. перемещения. Но так как он не состоит из частиц, то нельзя обнаружить и движения тела по отношению к этому эфиру» [2].

Во-первых, как могут существовать абсолютно непрерывные тела, где же диалектика прерывного и непрерывного? А кроме того, если мы пока еще не можем обнаружить движения, то разве можно делать вывод, что этого движения вообще не существует? Отрицать движение только потому, что мы его в данное время еще не воспринимаем философски, означает отрицать существование непознанной необходимости. Мы указали только на очень небольшое число основных философских затруднений, возникающих у материалиста-диалектика в связи с анализом О. т. Не подлежит сомнению, что в настоящее время философы-идеалисты всех оттенков усиленно используют О. т. для яростных нападок против материализма, причем используются не случайные обмолвки или неудачные формулировки, а самые основные положения теории. Бесспорно, что нек-рые выводы О. т. могут оказаться правильными, однако это еще ничего не говорит в ее пользу, так как большинство выводов получается и другими путями с помощью других теорий. Вот почему подтверждение некоторых следствий теории относительности на опыте еще далеко не означает подтверждения самой теории.

Лит.: 1) Максимов А. А., «Под знаменем марксизма», М., 1927, 4, стр. 36; 2) Гессен Б., Основные идеи теории относительности, стр. 66, 83, 163, 165, М.—Л., 1928; 3) Каган В., Движение, «БСЭ», т. 20; 4) Karr W., «The Nineteenth Century a. After», London, 1926; 5) Einstein A., «Annalen d. Physik», Leipzig, 1916, B. 49; 6) Энгельс Ф., Антидюринг, перевод с нем., стр. 46, М.—Л., 1928; 7) Ленин Н., Собрание сочинений, т. 10, 2 изд., М.—Л., 1928.—Тимирязев А., Теория относительности и махизм, «Вестник Ком. Академии», М., 1924, 7; Gehrcke E., Kritik der Relativitätstheorie, Berlin, 1924.

А. Тимирязев.

ОТОПЛЕНИЕ, искусственный обогрев помещений (зданий), служащих для жилья и производственной деятельности, а также помещений специального назначения: теплиц, конюшен, коровников и т. п.

I. Санитарно-гигиенические основы отопительной техники. Основные требования, какие предъявляются гигиеной к О. жилых и производственных помещений, обусловливаются гл. обр. характерной особенностью человеческого организма—постоянством его $t°$, равной нормально 37°. Т. к. постоянство $t°$ крови поддерживается гл. обр. тепловым равновесием между деятельным человеческим организмом и окружающей средой, то рациональное отопление должно обеспечивать наиболее благоприятный, с точки зрения этого теплового равновесия человеч. организма и постоянства его $t°$, климат жилых и производственных помещений при данных наружных метеорологич. условиях и при данной деятельности людей. Для поддержания своей внутренней (жизненной) и внешней (бытовой и производственной) деятельности, смотря по роду последней, человеку необходимо регулярно вводить в свой организм вполне определенное количество пищи, содержащее в себе вполне определенное количество тепловой энергии. Так, по Haymann'у для поддержания нормального здорового состояния человека при различной его деятельности, необходимо вместе с пищей вводить в сутки следующие количества тепловой энергии (в Cal):

I группа. Легкое сидячее занятие (работа ручной швеи, писца, работника умственного труда и т. п.)	2 200—2 400
II группа. Легкий сидячий физический труд (работа портного, точного механика, наборщика и т. п.)	2 600—2 800
III группа. Умеренный физич. труд (работа сапожника, переплетчика, почтальона и т. п.)	3 000—3 200
IV группа. Усиленный физич. труд (работа слесаря, столяра и т. п.)	3 400—3 600
V группа. Тяжелый физич. труд (работа кузнеца, молотобойца и т. п.)	> 4 000
VI группа. Тяжелый и напряженный физич. труд (работа пильщика и т. п.)	> 5 000

По Voit'у для поддержания среднего человеческого организма при умеренной (средней) физич. работе необходимо ввести в него в течение суток (24 ч.) следующее количество питательных веществ: белков—105 *г*, жиров—56 *г* и углеводов—500 *г*. При этом следует иметь в виду, что эти вещества при усвоении их человеческим организмом развивают следующие количества тепла: 1 *г* белка—4,1 Cal, 1 *г* жира—9,3 Cal и 1 *г* углеводов—4,1 Cal. Таким образом приведенный выше средний суточный пищевой рацион Voit'а содержит в себе приблизительно:

$$4{,}1 \cdot 105 + 9{,}3 \cdot 56 + 4{,}1 \cdot 500 \cong 3\,000 \text{ Cal.}$$

Количество тепла, производимого за сутки (24 часа) средним человеческим организмом, весом ок. 70 *кг*, при незначительном движении мускулов, без производства физической работы можно оценить примерно в 2 400 Cal. Из этого количества тепловой энергии расходуется в сутки (в Cal):

На работу сердца, дыхательных мускулов, печени и почек	~ 550
На работу желудка и кишок	~ 50
На внутреннюю и внешнюю работу мускулов	~ 1 800
Итого	2 400

Внешнюю теплоотдачу того же организма за сутки (24 часа) можно характеризовать примерно следующими цифрами:

	Cal	%
Внешняя работа мускулов	40	1,7
Нагрев вдыхаемого и выдыхаемого воздуха при его начальной $t°$ в 15° и конечной ~ 33°	65	2,7
Тепло, удаляемое из организма с водяными парами через легкие	210	8,8
Тепло, удаляемое из организма с водяными парами через кожу	75	3,1
Теплоотдача тела в окружающую среду теплопроводностью и конвекцией	820	34,2
Теплоотдача тела в окружающую среду лучеиспусканием	1 140	47,4
Тепло, удаляемое из организма с экскрементами	50	2,1
Итого	2 400	100

В табл. 1 приведен по Rubner'у тепловой баланс человеческого организма взрослого человека в легкой одежде, в стоячем положении, при относительном покое, без производства физич. работы, окруженного воздухом в 17,5°, за сутки.

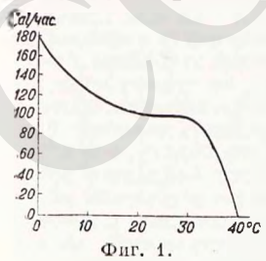
Наконец на фиг. 1 дана зависимость от $t°$ окружающего воздуха суммарной часовой теплоотдачи—конвекцией, лучеиспусканием и испарением влаги через легкие и кожу среднего человека, весом ок. 68 *кг*, ростом ок. 173 *см*, нормально одетого, при легком занятии согласно данным лаборатории Америк. об-ва инженеров по отоплению и вентиляции в Питсбурге.

Из всего количества вводимой в организм в виде пищи тепловой энергии ок. 20—25% (максимально 30—35% ее) превращается в

Табл. 1.—Тепловой баланс человеческого организма.

Приход тепла	Cal	%	Расход тепла	Cal	%
Введено в организм с пищей	2 700	100	Внешняя работа мускулов	51	1,9
			Подогрев вдыхаемого и выдыхаемого воздуха	35	1,3
			Тепло, удаляемое из организма с водяными парами через легкие	413	15,3
			Тепло, удаляемое из организма с водяными парами через кожу	145	5,4
			Теплоотдача тела в окружающую среду теплопроводностью и конвекцией	833	30,8
			Теплоотдача тела в окружающую среду лучеиспусканием	1 181	43,7
			Тепло, удаляемое из организма с экскрементами	42	1,6
Итого	2 700	100	Итого	2 700	100

работу мускулов, остальная же ее часть, как отработавшая, выделяется организмом в окружающую среду. Затраты тепловой энергии на производство внешней механич. работы (внешней работы мускулов), смотря по роду занятий людей, выражаются весьма различными цифрами. Так например, по Bürgers'у, ручная швея расходует около 20—40 Cal, писец—около 50 Cal, механик—ок. 90—100 Cal, пильщик—ок. 370—460 Cal в сутки (24 часа). В зависимости от этого расхода тепловой энергии на производство внешн. работы, соответственно растет необходимое организму количество тепла, вводимое вместе с пищей, а следовательно и производимое организмом и удаляемое из него в окружающую среду количество тепловой энергии, как это было указано раньше. Основными метеорологич. факторами, влияющими на тепловое равновесие человеческого организма, являются $t°$, относительная влажность и скорость движения окружающего воздуха. Зависимость поверхностной $t°$ кожи взрослого нормально одетого и находящегося в покое человека от $t°$ окружающего неподвижного воздуха, при средней его влажности, приведена в табл. 2 (Rubner'а).



Фиг. 1.

Табл. 2.—Зависимость поверхностной $t°$ кожи от $t°$ окружающего воздуха.

$t°$ окружающего воздуха	Поверхностная $t°$ кожи открытых частей тела	Поверхностная $t°$ кожи под одеждой
10,0°	29,0°	32,2°
15,0°	29,2°	32,0°
17,5°	30,0°	32,0°
25,6°	31,7°	33,0°
32,0°	—	35,4°

При $t°$ окружающего неподвижного воздуха в 18—21°, при средней его влажности в 50—60%, поверхностные темп-ры кожи под платьем взрослого нормально одетого и находящегося в покое человека держатся постоянными в пределах 33—35°. У обнаженного человека, при $t°$ окружающего воздуха ~23°, постоянная поверхностная $t°$ тела держится в пределах от 31,5 до 33°. При понижении $t°$ воздуха $t°$ кожи понижается, а при повышении—повышается; однако это повышение наблюдается лишь до $t°$ окружающего воздуха в 35,5°, при которой $t°$ кожи обнаженного человека достигает 36° и остается на этом уровне также и при дальнейшем повышении $t°$ воздуха. По опытам Lang'а скорость движения воздуха в 1,0 *м/сек* вызывает снижение поверхностной $t°$ лба на 2°, против поверхностной $t°$ его при покойном воздухе; при скорости воздуха в 6 *м/сек* это снижение достигает примерно 5°.

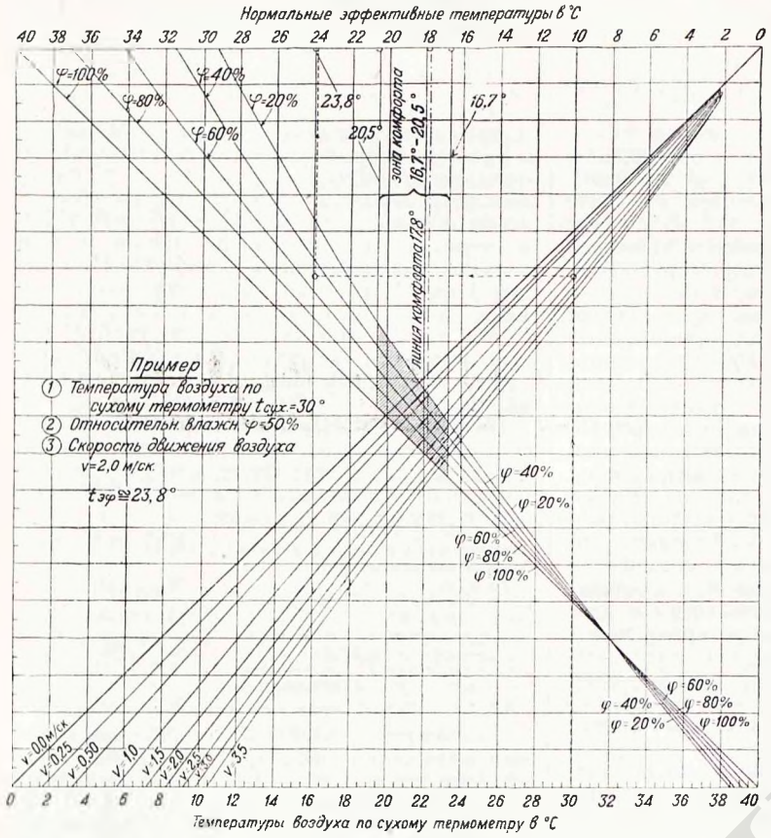
По опытам Kisskalt'а влияние метеорологич. факторов окружающего воздуха на поверхностную температуру совершенно обнаженного человеческого тела характеризуется следующими данными:

Темп-ра окружающего воздуха	18,1°	27,5°	34,2°
Относительная влажность воздуха в %	68	44	100
Скорость движения воздуха в м/сек	4,4	4,0	7,5
Поверхностная $t°$ кожи перед опытом при покойном воздухе	29,5°	33,5°	35,5°
Поверхностная $t°$ кожи во время опыта при движении воздуха	22,1°	31,0°	34,1°

Такое представление о комплексном влиянии метеорологич. факторов на тепловое равновесие человеческого организма за последнее время вылилось в учение об эффективных температурах ($t°_{эф.}$), основание которому было положено германскими гигиенистами Rubner и Flügge, а за последнее время особое внимание этому вопросу уделяло Америк. об-во инженеров по О. и вентиляции, проведшее многочисленные опыты по определению $t°_{эф.}$ в специальных психрометрич. камерах в своей лаборатории в Питсбурге (A. S. H. V. E. Research Laboratory, U. S. Bureau of Mines, Pittsburgh, Pa).

Под $t°_{эф.}$ разумеется та темп-ра покойного и насыщенного до 100% водяными парами воздуха, к-рая вызывает то же самое восприятие и ощущение тепла или холода, какое обусловливает у людей данная совокупность (комплекс) метеорологич. факторов, т. е. $t°$, влажности и скорости движения окружающего воздуха. Различают основные и нормальные $t°_{эф.}$; первые относятся к теплоощущению совершенно обнаженных людей, вторые—к теплоощущению людей нормально одетых. Так напр., комплекс метеорологич. факторов из $t°$ воз-

духа по сухому термометру в +30°, при относительной его влажности в 50% и скорости движения этого воздуха в 2,0 *м/сек* вызывает у нормально одетого человека при легкой его работе такое же теплоощущение, как и насыщенный до 100% водяными парами неподвижный воздух с $t°$ в 23,8°, являющейся нормальной $t°_{эф.}$ для данного комплекса метеорологических факторов. Чувство полной удовлетворенности людей окружающими метеорологическими условиями, чувство комфорта у них наблюдается тогда, когда этим метеорологич. условиям сопутствуют оптимальные и постоянные поверхностные $t°$ их тела. По опытам Reichenbach'a—Heymann'a напр. у нормально одетого и находящегося в покое человека это чувство полной удовлетворенности окружающими метеорологическими условиями наступает при поверхностной $t°$ кожи лба, замеренной над переносицей между надбровными дугами в 30—31,5°, при $t°$ неподвижного окружающего воздуха в 15—19°, при относительной влажности последнего в 50—60%. По опытам лаборатории Америк. об-ва инженеров по О. и вентиляции обусловливающее чувство комфорта сочетание метеорологических факторов характеризуется для совершенно обнаженного и находящегося в покое человека основной $t°_{эф.}$ примерно в 26°, тогда как для нормально одетого человека при легкой его работе—нормальными $t°_{эф.}$ в пределах 16,7—20,5°.



Фиг. 2.

Здесь необходимо отметить, что указанные выше границы $t°_{эф.}$ определяются не только субъективными восприятиями и ощущениями тепла или холода отдельных индивидуумов, но и объективными факторами, какими являются повышение или понижение поверхностных $t°$ кожи и связанные с этим уменьшение или увеличение теплоотдачи человеческого тела в окружающую среду. В табл. 3 представлены нормальные $t°_{эф.}$ для нормально одетых людей, при легкой работе их, полученные исследовательской лабораторией Америк. об-ва инженеров по отоплению и вентиляции в Питсбурге.

Кроме того на фиг. 2 изображен график нормальных $t°_{эф.}$, составленный автором по тем же опытным данным исследовательской лаборатории Американского об-ва инженеров по О. и вентиляции. Способ пользования графиком ясен из приведенного на нем примера: на нижней оси абсцисс, на которой отложены $t°$ воздуха, по сухому термометру отыскивается соответствующая данному случаю температура воздуха (30°), от найденной точки идут по вертикали вверх до пересечения с линией, соответствующей данной скорости движения воздуха (2,0 *м/сек*) и от этой точки пересечения—по горизонтали до пересечения с линией данной относительной влажности (50%) и наконец от этой последней точки пересечения—вверх по вертикали до пересечения с осью нормальных $t°_{эф.}$, точка пересечения с к-рой и дает соответствующую данному комплексу метеорологич. факторов ($t°$ сухого воздуха 30°, $v=2,0$ *м/сек* и влажности 50%) нормальную $t°_{эф.}$ в 23,8°. Заштрихованная часть графика, находящаяся между нормальными $t°_{эф.}$ 16,7° и 20,5° по номенклатуре исследовательской лаборатории носит название «зоны комфорта», причем в границах этих $t°$ по крайней мере 50% всех подвергавшихся испытанию персон в психрометрических камерах были вполне удовлетворены окружающими их метеорологич. условиями. Кроме того на графике внутри зоны комфорта дана еще т. наз. «линия комфорта», проходящая через нормальную $t°_{эф.}$ в 17,8°, причем при этой $t°$ преобладающее большинство подвергавшихся испытанию персон (около 97%) были вполне удовлетворены окружающими метеорологическими условиями (см. *Спр. ТЭ*, т. I).

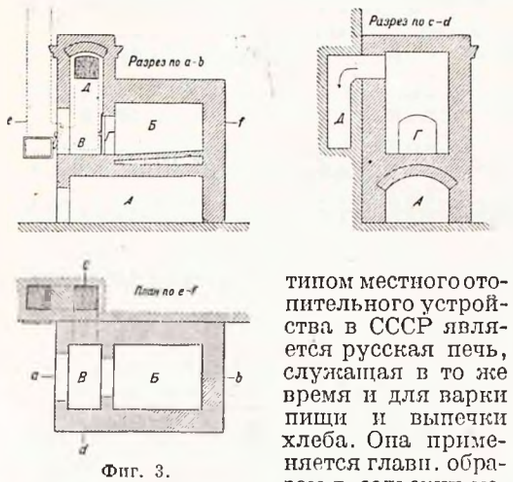
Точных опытных данных относительно расположения зон и линий комфорта нормальных $t°_{эф.}$ для лиц, занятых физич. труд-

Таб. 3.—Нормальные $t°_{эф.}$ для нормально одетых людей при легкой работе.

$t°$ воздуха по сухому термометру	Скорость движения воздуха в м/сек: v=0,00			v=0,25			v=0,50			v=1,00			v=1,50			v=2,00			v=3,00			v=3,50		
	Относительная влажность воздуха (в %)																							
	100	60	20	100	60	20	100	60	20	100	60	20	100	60	20	100	60	20	100	60	20	100	60	20
0	0,0	0,8	1,4																					
1	1,0	1,7	2,2																					
2	2,0	2,6	3,1																					
3	3,0	3,5	3,9																					
4	4,0	4,4	4,7																					
5	5,0	5,4	5,6																					
6	6,0	6,2	6,4																					
7	7,0	7,1	7,2																					
8	8,0	8,0	8,0																					
9	9,0	8,9	8,8																					
10	10,0	9,8	9,6																					
11	11,0	10,7	10,3																					
12	12,0	11,6	11,1																					
13	13,0	12,4	11,8																					
14	14,0	13,3	12,6																					
15	15,0	14,1	13,3																					
16	16,0	14,9	14,1																					
17	17,0	15,8	14,8																					
18	18,0	16,7	15,6																					
19	19,0	17,5	16,3																					
20	20,0	18,4	17,0																					
21	21,0	19,2	17,7																					
22	22,0	20,0	18,4																					
23	23,0	20,9	19,1																					
24	24,0	21,7	19,7																					
25	25,0	22,5	20,4																					
26	26,0	23,3	21,0																					
27	27,0	24,2	21,7																					
28	28,0	25,0	22,3																					
29	29,0	25,9	22,9																					
30	30,0	26,7	23,5																					
31	31,0	27,4	24,1																					
32	32,0	28,2	24,7																					
33	33,0	29,0	25,3																					
34	34,0	29,7	25,9																					
35	35,0	30,5	26,4																					
36	36,0	31,2	27,0																					
37	37,0	32,0	27,5																					
38	38,0	32,7	28,1																					
39	39,0	33,4	28,6																					
40	40,0	34,1	29,1																					
0	0,0	0,8	1,4																					
1	1,0	1,7	2,2																					
2	2,0	2,6	3,1																					
3	3,0	3,5	3,9																					
4	4,0	4,4	4,7																					
5	5,0	5,4	5,6																					
6	6,0	6,2	6,4																					
7	7,0	7,1	7,2																					
8	8,0	8,0	8,0																					
9	9,0	8,9	8,8																					
10	10,0	9,8	9,6																					
11	11,0	10,7	10,3																					
12	12,0	11,6	11,1																					
13	13,0	12,4	11,8																					
14	14,0	13,3	12,6																					
15	15,0	14,1	13,3																					
16	16,0	14,9	14,1																					
17	17,0	15,8	14,8																					
18	18,0	16,7	15,6																					
19	19,0	17,5	16,3																					
20	20,0	18,4	17,0																					
21	21,0	19,2	17,7																					
22	22,0	20,0	18,4																					
23	23,0	20,9	19,1																					
24	24,0	21,7	19,7																					
25	25,0	22,5	20,4																					
26	26,0	23,3	21,0																					
27	27,0	24,2	21,7																					
28	28,0	25,0	22,3																					
29	29,0	25,9	22,9																					
30	30,0	26,7	23,5																					
31	31,0	27,4	24,1																					
32	32,0	28,2	24,7																					
33	33,0	29,0	25,3																					
34	34,0	29,7	25,9																					
35	35,0	30,5	26,4																					
36	36,0	31,2	27,0																					
37	37,0	32,0	27,5																					
38	38,0	32,7	28,1																					
39	39,0	33,4	28,6																					
40	40,0	34,1	29,1																					

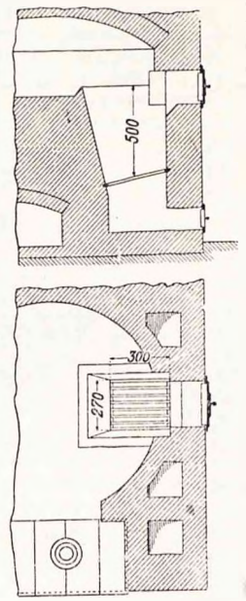
дом, пока не имеется, однако по данным той же лаборатории для них можно принять следующее снижение нормальных $t°_{эф.}$ зоны и линии комфорта, по сравнению с приведенными выше и полученными для лиц, занятых легкой работой: 1) для лиц, занятых умеренным физич. трудом,—на 1,0—1,5°; 2) для лиц, занятых тяжелым физич. трудом,—на 2,0—2,5°.

II. Местное О. А. Печное О. 1) Русская печь. Наиболее распространенным

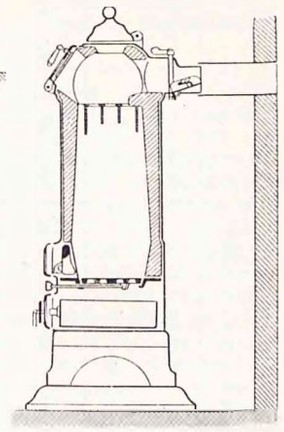


Фиг. 3.

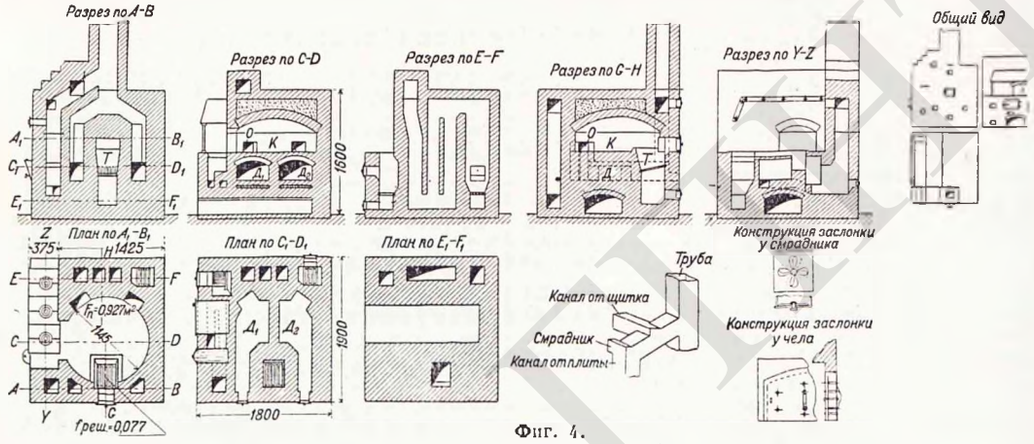
типом местного отопительного устройства в СССР является русская печь, служащая в то же время и для варки пищи и выпечки хлеба. Она применяется главн. образом в сельских местностях и небольших городских поселениях, где преобладает мелкое индивидуальное домовое хозяйство. Типовая конструкция обычной русской печи с глухим подом и без дымоходов внутри печи дана на фиг. 3, где *А*—подпечек; *Б*—варочная камера; *Г*—чело: *В*—шесток; *Д*—дымоход. Данный тип русской печи является одним из наиболее



Фиг. 5.


Фиг. 6.

примитивных отопительных устройств, суммарный кпд к-рого, по имеющимся опытам, можно оценить в 25—30%; из них ок. 7% идет на варку пищи и выпечку хлеба и ок. 18—23% на О. помещений. Наиболее целесообразной модификацией русской печи является конструкция Всесоюзного теплотехнич. ин-та, данная на фиг. 4 и к-рая могла бы быть рекомендована в качестве стандартной для обобществленного сектора с. х-ва



Фиг. 4.

для любого вида топлива, при соответствующей конструкции топливника печи. На фиг. 6 изображена чугунная печь с топливником для сжигания торфа, тогда как на фиг. 5 дана конструкция топливника русской печи для дров, в который они загружаются стоймя. Данная конструкция печи состоит из трех основных элементов: а) варочной камеры с круглым подом (основанием) и циркульным сводом, к-рые оказались наиболее целесообразными; б) подтопка (щитка) для О. второй комнаты; в) плиты с духовым шкафом и коробкой для подогрева воды. Каждый из этих элементов имеет свою собственную топку, из к-рых дымовые газы идут в одну общую коренную дымовую трубу, поэтому русская печь данной конструкции м. б. выполнена в любой комбинации с указанными выше элементами без изменения основной конструкции самой печи (пищеварочной и хлебопекарной камеры). Движение дымовых газов в печи следующее: из шахтной топки *Т* они поднимаются вверх, омывают стенки варочной камеры *К* и опускаются в газовые окна *О*, затем двумя параллельными горизонтальными каналами $Д_1$ и $Д_2$ проходят под подом, поднимаются

двумя вертикальными каналами вверх и, объединяясь там в один общий горизонтальный канал, поступают в общую дымовую трубу. Конструктивные и тепловые характеристики печи следующие:

Поверхность пола печи	0,927 м²
Площадь колосниковой решетки	0,080 м²
Количество сжигаемого за один раз топлива (дров, торфа) в средний зимний день	16 кг
Продолжительность топки	1,3—1,50 ч.
Среднее часовое напряжение колосниковой решетки	130—140 кг/м² ч.
Средние поверхностные $t°$ внутренних стенок варочной камеры	280—300°
Среднее разрежение в дымовой трубе	0,5—1,0 мм вод. ст.
Выпекается хлеба за один раз	~ 16,0 кг
Кипятится за ту же топку воды	~ 10,0 л
Средние $t°$ уходящих дымовых газов	200—250°
Средн. объемное содерж. в дымовых газах:	
а) CO_2	~ 7,0%
б) CO_2+O_2	~ 19,0%

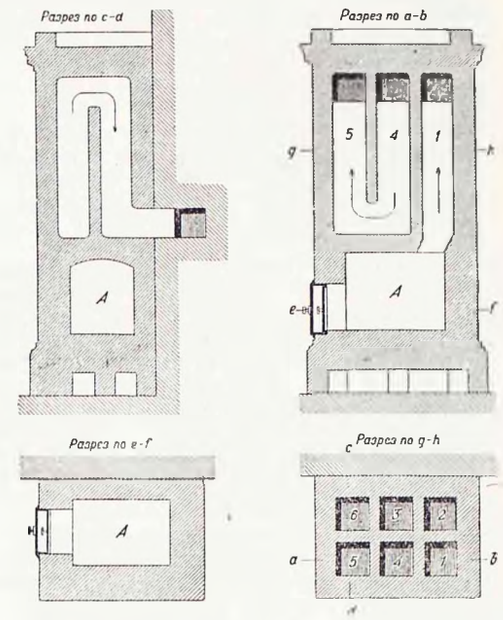
Примерный тепловой баланс печи:

	%
Потери с уходящими дымовыми газами	16
Потери от неполноты горения	14
Использовано на варку пищи и выпечку хлеба	5—8
Использовано на обогрев помещения	65—52
Общий кпд печи	70,0

Как видно из данного теплового баланса печи, тепловая энергия топлива используется в ней примерно в два раза лучше, чем в обычной русской печи.

2) Комнатные отопительные печи. Не менее распространенным видом отопительных устройств в настоящее время являются комнатные отопительные печи, применяющиеся для О. весьма значительного количества жилых зданий в сельских и городских поселениях СССР, а также в городах и сельских местностях за границей. Различают отопительные печи малой, средней и большой теплоемкости. а) Печи малой теплоемкости. Железные печи—времянки, в виду весьма высоких поверхностных $t°$ их стенок, достигающих 300—350°, при $t°$ уходящих дымовых газов в 500—600° и малых кпд, равных примерно 30—35%, применяются в СССР обычно только для небольших временных полужилых помещений, а также для просушки и обогрева вновь строящихся зданий. Теплоотдача 1 м² поверхности нагрева такого рода печей может быть принята примерно в 5 000 Cal/ч. Чугунные печи с внутренней огнеупорной футеровкой ирландского типа с длительной их топкой антрацитом обладают такими же примерно гигиенич. качествами и теплотехнич. свойствами, как и указанные выше железные печи. Поверхностные $t°$ стенок этих печей достигают примерно 150—200° и выше при $t°$ уходящих дымовых газов в 350—450°, а кпд их в эксплоатации равен ~40—45%. Теплоотдача 1 м² поверхности нагрева таких печей м. б. принята в 2 500—3 000 Cal/час при непрерывной их топке. Разрез одной из такого рода печей дан на фиг. 6. Печи данного типа за границей применяются для нормального О. жилых зданий, тогда как в СССР, в виду их малой гигиеничности и экономичности, они в данное время применяются очень редко и гл. обр. для О. временных жилых помещений.

б) Печи средней и большой теплоемкости. Наибольшее применение для О. жилых зданий как за границей, так и в СССР имеют т. н. голландские печи средней и большой теплоемкости. За границей распространены гл. обр. печи средней теплоемкости, обычно изразцовые (кафельные), тогда как в СССР, в виду его более сурового климата, применяются печи большой теплоемкости, в виде голландских кирпичных печей с облицовкой или без облицовки их изразцами. Техника печного О. в Союзе развивалась совершенно самостоятельно и независимо от западноевропейской и имеет свои весьма существенные достижения. На фиг. 7 представлена обычная конструкция голландской печи большой теплоемкости с глухим плоским подом и шестью дымооборотами. Движение



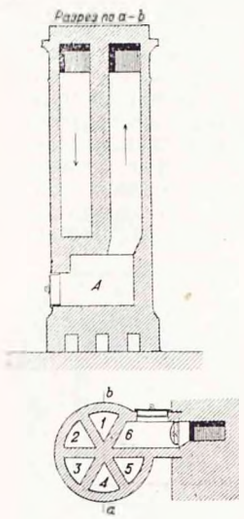
Фиг. 7.

дымовых газов в печи следующее: образующиеся в топливнике *А* дымовые газы поступают в «жаровой» канал *1*, поднимаются по нему до верхней части печи, где переваливают в соседний опускающийся дымоход *2*, в нижней части последнего переходят в соседний поднимающийся дымоход *3*, из к-рого вверху опять переходят в опускающийся дымоход *4*, из последнего внизу—в дымоход *5* и из него вверху в последний дымоход *6*, откуда наконец они поступают в дымовую трубу. Кпд такой печи в эксплоатации равен примерно 50—55%.

С первой половины 19 в. в СССР стали распространяться цилиндрические, заключенные в железный кожух печи средней теплоемкости конструкции Утермарка. Обычная конструкция утермарковской печи с глухим плоским подом и шестью дымооборотами представлена на фиг. 8. Движение дымовых газов по дымоходам печи такое же, как и у описанной выше голландской печи. Кпд утермарковской печи равен ~ 45—50%.

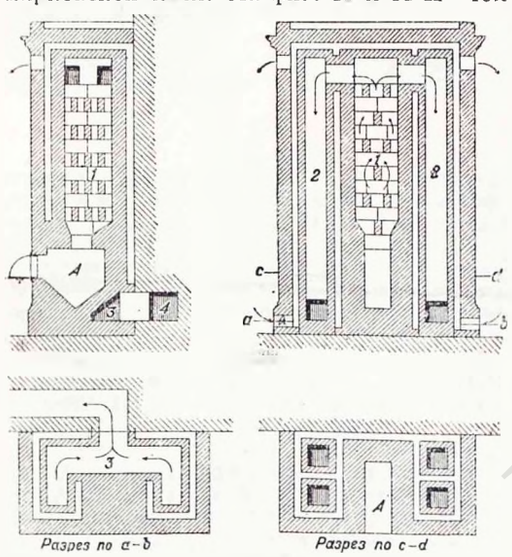
В конце 19 в. в старую конструкцию голландских печей было внесено радикальное улучшение. Архитектором И. Свиязевым была сконструирована двухоборотная голланд-

ская печь большой теплоемкости (фиг. 9), в которой первый—восходящий («жаровой») канал (дымоход) *1*, к-рый является непосредственно продолжением топливника, отводит все образующиеся в последнем дымовые газы в верхнюю часть печи, где они поступают одновременно в несколько параллельных и симметрично расположенных по обеим сторонам печи нисходящих каналов *2*, опускаются по ним вниз до основания печи, собираются в один горизонтальный дымоход *3*, из которого и отводятся в дымовую трубу *4*. Кроме того Свиязев изменил обычную плоскую форму печного топливника, придав ему конфигурацию, к-рая изображена на фиг. 9.



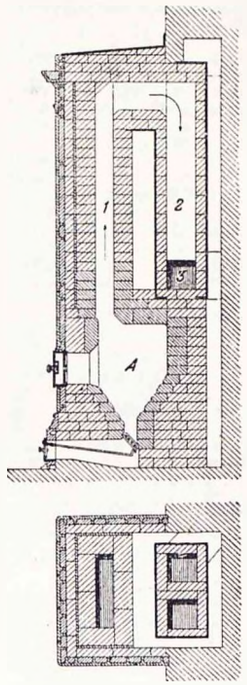
Фиг. 8.

Дальнейшее принципиальное улучшение в конструкции голландской печи было сделано проф. С. Б. Лукашевичем, который топливник Свиязева снабдил колосниковой решеткой. На фиг. 10 дана конструкция голландской печи большой теплоемкости проф. Лукашевича, тогда как на фиг. 11 изображена измененная проф. Лукашевичем по указанному выше принципу конструкция утермарковской печи. На фиг. 10 и 11 *A*—топливник; *1* — жаровой канал; *2* — опускные дымоходы; *3*—дымоход в дымовую трубу. Кпд голландской печи большой теплоемкости конструкции Лукашевича в эксплоатации равен примерно 70—75%, тогда как кпд утермарковской печи его конструкции достигает 60—65%. На основании имеющихся многочисленных экспериментальных и практич. данных следует признать, что тип голландской (отопительной) печи большой и средней теплоемкости с дымооборотами Свиязева и колосниковой решеткой является технически наиболее законченным.

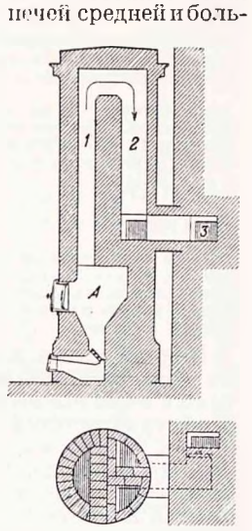


Фиг. 9.

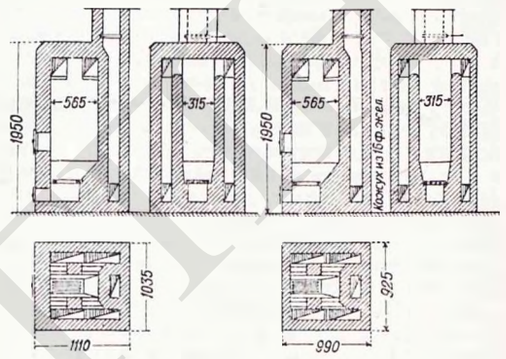
Из современ. конструкций голландских отопительных печей средней и большой теплоемкости наиболее рациональными следует признать конструкции Всесоюзного теплотехнического ин-та, в к-рых, как видно из фиг. 12, 13, 14 и 15, применен тот же свиязевский принцип движения дымовых газов в дымооборотах печи, причем для лучшего использования тепла дымовых газов в конструкцию самой печи включен еще третий и последний поднимающийся вверх дымоход, к-рого у Свиязева нет и к-рый представлен у последнего нижней частью дымовой трубы. При соответствующей конструкции топливника, печи этого типа могут быть применены для любого рода топлива. Так, голландская печь, представленная на фиг. 12, имеет топливник для дров, торфа, соломенных брикетов и т. п. рода топлива. Боковые и задние стенки печи выполнены в $^1/_2$ кирпича, тогда



Фиг. 10.

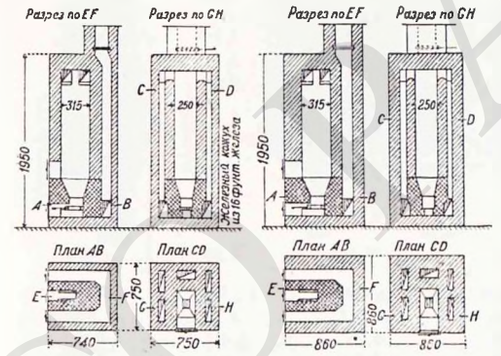


Фиг. 11.



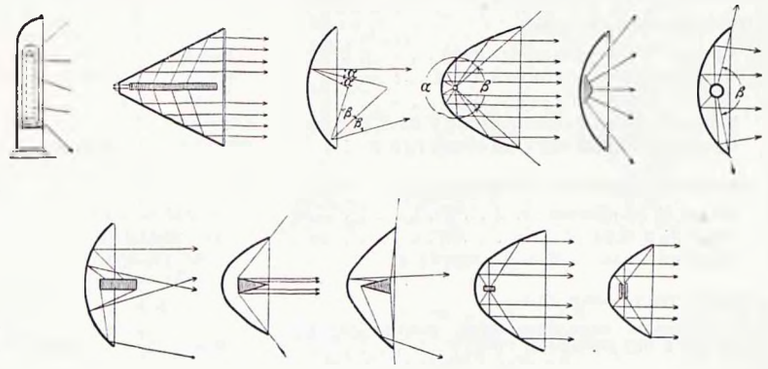
Фиг. 12. Фиг. 13.

как ширина нисходящих боковых дымоходов в $^1/_2$ кирпича; такого рода печь кладется обычно в железном кожухе. На фиг. 13 изображена такая же печь, однако с боковыми стенками в $^1/_2$ кирпича для кладки печи, без железного кожуха. На фиг. 14 и 15 приведены конструкции печей с топливниками для сжигания антрацита, причем первая (фиг. 14) выполняется в железном кожухе, а вторая (фиг. 15) — без такового. Увеличение или уменьшение поверхности нагрева печей данного типа м. б. произведено гл. обр. за счет увеличения или уменьшения их высоты. Конструктивная и теплотехнич. характеристика этих типов печей дана в табл. 4.



Фиг. 14. Фиг. 15.

Б. Газовое О. В виду малого распространения газа и дороговизны его местное газовое О. в СССР до настоящего времени почти не применялось. Весьма незначительное распространение оно имеет и за границей, в виду его высокой эксплоатационной стоимости, превышающей стоимость эксплоатации печного отопления углем примерно в 3—4 раза, а центрального О.—в 2—3 раза. Кроме того местное газовое О. имеет весьма низкие гигиенич. качества, обусловленные высокими поверхностными $t°$ отопительных приборов, значительно превышающими допускаемые гигиеной пределы их в 80—90°. Преимуществом местного газового О. является низкая стоимость его первоначального оборудования и легкость обслуживания и регулирования. Кпд местных газовых отопительных приборов равняется 80—85%. Принимая во внимание, что направление развития отопительной техники в СССР идет в сторону централизованного снабжения теплом как промышленных комбинатов, так и жилых районов промышленных центров от теплоэлектроцентралей, следует полагать, что местное газовое отопление в дальнейшем будет иметь в СССР весьма незначительное применение и распространение (см. *Газовое отопление*).


Фиг. 16.

В. Электрическое О. Простота устройства местных электрич. отопительных приборов, простота и легкость канализации электрич. (тепловой) энергии, а также регулировки подачи тепла к отдельным отопительным приборам делают местное электрич. О. исключительно удобным по обслуживанию и наиболее дешевым по затратам на его первоначальное оборудование. Основным и единственным его недостатком, в виду весьма высокой стоимости электрич. энергии, является высокая стоимость его эксплоатации, превышающая примерно в 7—10 раз стоимость эксплоатации обычного печного О. углем или дровами и примерно в 5—7 раз стоимость эксплоатации центральных систем О. Поэтому местное электрич. О. как в СССР, так и за границей в данное время применяется гл. обр. лишь в качестве временного и подсобного рода О. и при этом в странах, имеющих мощные гидроэлектрич. станции, производящие сравнительно дешевую электроэнергию, как напр. в Норвегии, Швейцарии и т. п. Кпд установок местного электрич. О. весьма близок к 100%, т. к. единственными потерями здесь являются потери в распределительной домовой сети, достигающие приблизительно 0,5—1%. Все местные электрические отопительные приборы работают по принципу нагревания проволочных металлич. сопротивлений.

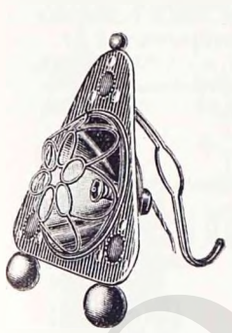
Различают следующие виды отопительных приборов: 1) Приборы, отдающие тепло в окружающую среду, главн. обр. с помощью лучеиспускания. Проволочные обмотки сопротивлений у таких приборов располагаются обычно в фокусе подвижных параболич. отражателей (вогнутых металлич. зеркал), с помощью к-рых тепловая энергия, излучаемая раскаленными обмотками сопротивлений, м. б. направлена по желанию под любым углом. Схемы такого рода приборов даны на фиг. 16, а общий вид излучающей теплоэлектрической печи, мощностью около 500 W,—на фиг. 17. 2) Приборы, отдающие тепло в окружающую среду с помощью лучеиспускания и конвекции. Такого рода приборы являются наиболее распространенными в отопительной практике; они изготовляются в виде цилиндрических печей, плоских плит (фиг. 18), а также в виде наиболее совершенных, с гигиенической точки зрения, теплоемких изразцовых печей, в к-рых обмотка электрических сопротивлений закладывается внутрь кирпичного массива, чем и устраняется соприкосновение

Табл. 4.—Конструктивные и теплотехнические данные отопительных печей Всесоюзного теплотехнического института им. Ф. Дзержинского.

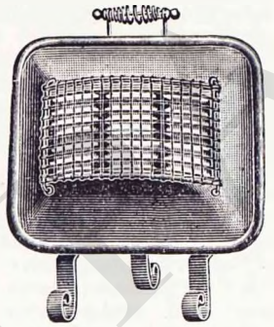
Наименование данных	Печи для дров, торфа, соломенных брикетов и т. п.		Печи для антрацита	
	печь фиг. 12	печь фиг. 13	печь фиг. 14	печь фиг. 15
Размеры печи (*мм*):				
а) длина (в плане)	990	1 110	740	860
б) ширина »	925	1 035	750	860
в) высота »	1 950	1 950	1 950	1 950
Общий объем печи ($м^3$)	1,78	2,24	1.08	1,44
Прогреваемый объем печи ($м^3$)	1,66	2,10	1,01	1,34
Объем прогреваемой сплошн. кладки печи ($м^3$)	1.04	1,53	0,78	1.04
То же в % от прогреваемого объема печи	63	75	72	78
Объем пустот прогреваемой части печи ($м^3$)	0,62	0,62	0,30	0,30
То же в % от прогреваемого объема печи	37	25	28	22
Вес прогреваемой кладки печи (при γ=1 700 *кг*)	1 770	2 685	1 720	2 280
Внешняя (теплоотдающая) поверхность нагрева печи ($м^2$)	7,80	8 80	5,82	6,85
Внутренняя (тепловоспринимающая) поверхность нагрева печи ($м^2$)	10,50	10,50	7,30	7,50
Отношение внутренней поверхности нагрева печи к внешней	1 : 1,35	1 : 1,20	1 : 1.25	1 : 1,06
Объем топливника ($м^3$)	0,047	0,047	0,01	0,01
Объем топочного пространства ($м^3$)	0,22	0,22	0,097	0,097
Площадь колосниковой решетки ($м^2$)	0.07	0,07	0.022	0.022
Живое сечение колосниковой решетки ($м^2$)	0,03	0,03	0,009	0.009
То же в % от общей площади колосниковой решетки	43	43	41	41
Отношение площади колосниковой решетки к теплоотдающей (наружной) поверхности нагрева печи	1 : 90	1 : 125	1 : 260	1 : 310
Нормальное напряжение колосниковой решетки (*кг*/$м^2$ час)	150	150	70	70
Нормальное напряжение топочного пространства печи (Cal/$м^3$)	200 000	200 000	150 000	150 000
Нормальн. суточн. загрузка топлива (*кг*/сутки)	16	22	8	11
Среднее разрежение в дымовой трубе перед заслонкой (*мм* вод. ст.)	0,7—1,50		0,5—1,0	
Средняя за сутки часовая теплоотдача 1 $м^2$ поверхности нагрева печи (Cal/$м^2$ час)	200	250	300	350
Средн. за сутки теплоотдача всей печи (Cal/час)	1 550	2 200	1 750	2 400
Поверхностные $t°$ печи:				
Средн. $t°$ верхнего пояса печи	40—45°			50—55°
Средн. $t°$ среднего пояса печи	37—40°			50—55°
Средн. $t°$ нижнего пояса печи	27—30°			35—40°
Максимальные поверхностные $t°$ печи за топку	90—100°			80—85°
Средняя $t°$ уходящих дымовых газов	200—250°	175—200°	150—175°	120—150°
Среднее содержание в газах:				
CO_2 в % от объема	7,5—8.5		9,5—10,0	
CO_2+O_2 в % от объема	19.5—19.8		20,0—20,5	
Средний коэф. избытка воздуха α	2,0—2,5		1,75—2,0	
Баланс тепла печи (%):				
а) Полезно использованное тепло (отдано печью в окружающую среду)	70,0	75,0	78,0	80,0
б) Потери тепла:				
С уходящими дымовыми газами	19	14	12	10
От химич. неполноты горения	10		6	6
От механич. неполноты горения (провал)	1.0		4	4

высоко нагретых проволочных обмоток сопротивлений с окружающим воздухом, а следовательно и пригорание находящейся в воздухе пыли. 3) Наконец смешанные приборы, работающие с одной стороны и гл. обр. как приборы (радиаторы) центрального водяного или парового О. и как теплоемкие водяные отопительные приборы, подогреваемые в переходное время (ранней осенью и поздней весной) электрической энергией. Как видно из фиг. 19, электрический подогреватель вставляется в нижнюю соединительную часть радиаторов. В электрических отопительных приборах имеется обыкновенно возможность регулировать их теплоотдачу в любых пределах.

III. Центральные системы О. 1. Паровое О. 1) Паровое О. низкого давления. Система парового О. низкого давления является наиболее поздней, введенной в отопительную практику, системой. Паровая система низкого давления применяется

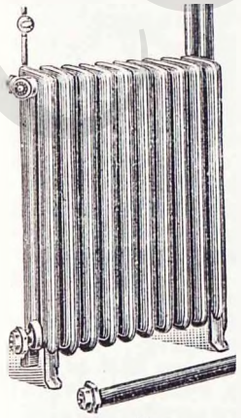


Фиг. 17.



Фиг. 18.

обычно для отопления больших общественных зданий временного пользования, какими являются театры, кино и т. п., а также зданий специального назначения: бань, прачечных, теплых складов и т. п. Преимуществом паровой системы О. является, во-первых, возможность быстрого прогрева отапливаемых зданий после перерыва или сокращения О., поскольку отопительные приборы этой системы имеют почти постоянную и при этом максимальную теплоотдачу, и, во-вторых, значительно больший радиус действия, чем например при водяном отоплении с естественной циркуляцией. Кроме того стоимость первоначального оборудования систем парового отопления низкого давления несколько меньше стоимости систем водяного О. с естественной циркуляцией. Недостатком паровой системы О. являются, во-первых, высокие поверхностные $t°$ нагревательных приборов, значительно превышающие допускаемые гигиеной нормы этих $t°$ в 80—90°, и, во-вторых, система парового О. низкого давления почти исключает возможность генеральной (центральной) регулировки подачи тепла в отапливаемые помещения в зависимости от $t°$ наружного воздуха, т. к. возможные здесь формы регулировки с помощью изменения рабочего давления или периодич. подачи пара в отопительные системы являются мало совершенными и ограничены весьма узкими пределами. За последнее время как за границей, так и в СССР система парового отопления низкого давления все более и более вытесняется системой водяного насосного отопления (см. *Водяное отопление*).



Фиг. 19.

При паровом О. низкого давления применяется рабочее давление пара в котле 0,05—0,5 *atm* изб., причем в зависимости от горизонтального расстояния котельной до наиболее удаленного стояка или отопительного прибора обычно применяются следующие начальные давления в котле:

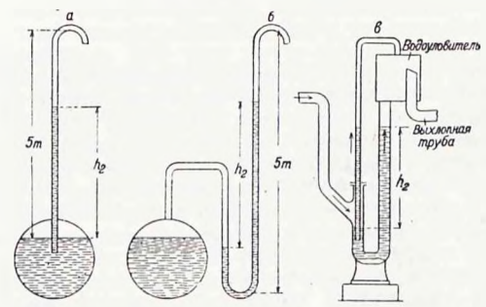
Рабочее давление пара в котлах низкого давления (*atm* изб.)	0,05—0,10	0,15	0,20	0,30—0,50
Гориз. расстояние от котельной до наиболее удаленного стояка или отопит. прибора в системе (*м*)	100	200	300	>500

Рабочее давление пара в 0,5 *atm* изб. считается предельным давлением, допускаемым в паровых котлах низкого давления, устанавливаемых под жилыми помещениями. Во избежание повышения давления, паровое пространство паровых котлов низкого давления сообщается с атмосферой с помощью особого водяного затвора (фиг. 20), причем диам. последнего в зависимости от мощности котлов должен иметь следующие минимальные размеры:

Поверхность нагрева паровых котлов низкого давления ($м^2$)	<6,0	<13,0	>13,0
Внутренний диаметр водяного затвора (*мм*)	50	75	80

Типы предохранительных водяных затворов для паровых систем низкого давления даны на фиг. 20, где *а* и *б*—старые типы предохранителей без водоуловителя; *в*—новый тип предохранительного аппарата с водоуловителем.

При замкнутых системах парового О. низкого давления, когда подача питательной воды в котел, основанная на принципе сообщающихся сосудов, происходит путем есте-



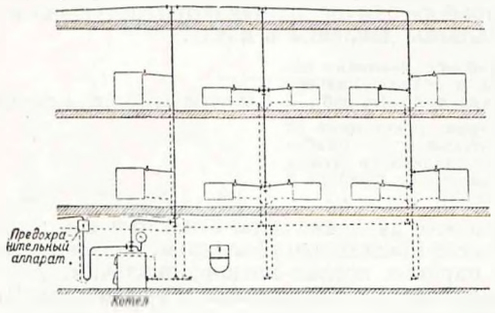
Фиг. 20.

ственного стока в него конденсата под действием его собственной силы тяжести, выбор рабочего давления пара в котлах обусловливается не только расстоянием котельной от наиболее удаленного отопительного прибора, а следовательно экономикой парораспределительной сети, но также возможностью и целесообразностью углубления подвального помещения котельной, соответствующего выбранному рабочему давлению пара, поскольку осуществление указанной выше замкнутой системы при определенном выбранном давлении пара требует вполне определенной высоты котельного помещения. Эта высота должна быть равна:

$$H = h_1 + 1{,}2h_2 + h_3,$$

где H—высота котельного помещения в *м*,

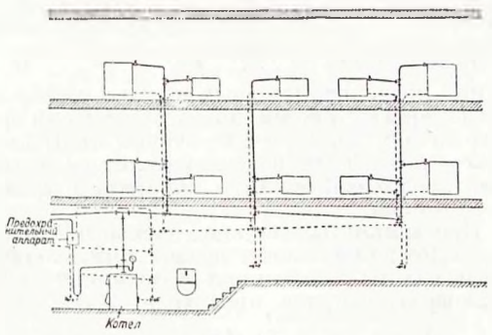
h_1—высота нормального уровня воды в паровом котле от пола котельного помещения в *м*; h_2—рабочее давление в паровом котле



Фиг. 21.

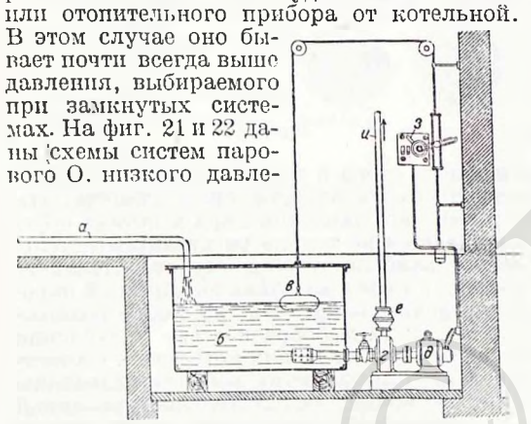
в *м* водяного столба; h_3—высота в *м*, необходимая для прокладки конденсационного трубопровода от наиболее удаленного стояка до котла с уклоном не менее 0,005.

При разомкнутых системах парового О., когда возвращающийся из отопительных



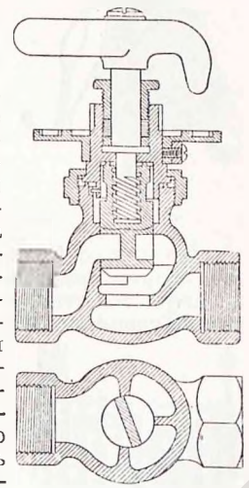
Фиг. 22.

приборов конденсат поступает сначала в открытый конденсационный бак и только из последнего с помощью особого питательного насоса подается в котел, выбор рабочего давления пара в котле обусловливается лишь расстоянием наиболее удаленного стояка или отопительного прибора от котельной. В этом случае оно бывает почти всегда выше давления, выбираемого при замкнутых системах. На фиг. 21 и 22 даны схемы систем парового О. низкого давле-

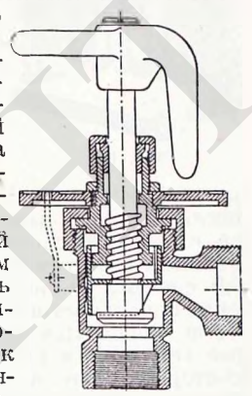


Фиг. 23.

ния с верховой и низовой разводками, с т. н. сухими конденсационными трубопроводами и центральным обезвоздушиванием. По этим схемам обычно выполняют установки парового О. с небольшим рабочим давлением и возможностью, без больших затрат, произвести обусловленное выбранным давлением пара углубление котельного помещения. В тех же случаях, когда приходится выбирать повышенное рабочее давление и не имеется возможности соответствующим образом углубить котельное помещение, конденсационные трубопроводы делают «мокрыми», т. е. заполненными конденсатом, а их обезвоздушивание производится особой воздушной линией, к которой присоединяются все стояки установки. Наконец, когда высота котельного помещения в виду отсутствия какой-либо возможности его углубить недостаточна даже и для устройства системы с «мокрыми», заполненными конденсатом конденсационными трубопроводами, установка выполняется разомкнутой системой конденсационных трубопроводов, т. е. с промежуточным конденсационным баком и особым питательным насосом. Наиболее целесообразно такого рода питательную установку выполнять автоматической, в которой питательный насос (центробежный) пускался бы в ход или останавливался в зависимости от уровня воды в конденсационном баке. Схема такого рода автоматич. питательного устройства дана на фиг. 23, где *а*—сборный конденсационный трубопровод; *б*—конденсационный бак; *в*—поплавок; *г* — центробежный насос, соединенный на одном валу с электромотором (*д*); *е*—обратный клапан; *и*—нагнетательный питательный трубопровод к паровым котлам; *з*—включатель и выключатель электрического тока к электромотору. Как сухие, так и мокрые сети конденсационных трубопроводов д. б. обезвоздушены,



Фиг. 24.



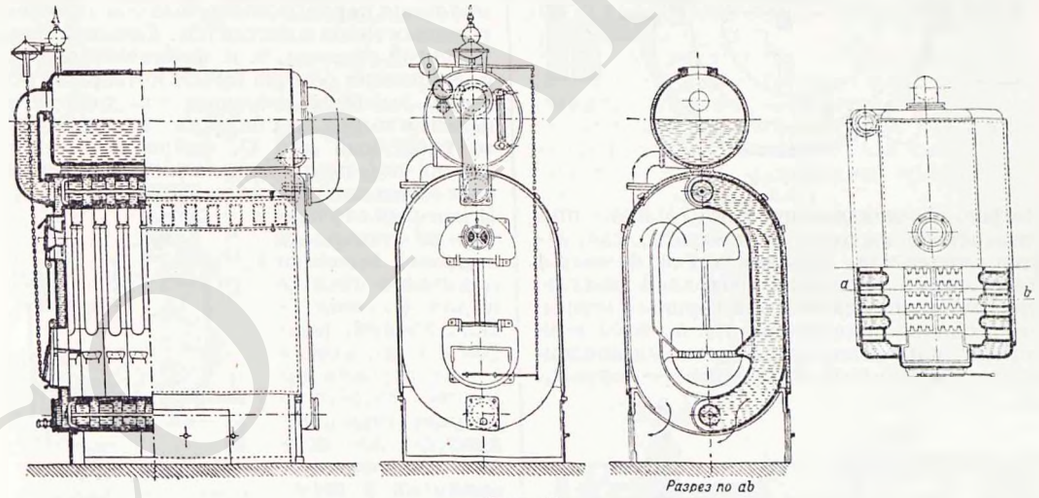
Фиг. 25.

причем места приключения воздушных трубопроводов к главному конденсационному трубопроводу при сухих сетях или к отдельным конденсационным стоякам при мокрых сетях должны находиться по крайней мере на 150—200 *мм* выше возможного уровня конденсационной воды в них.

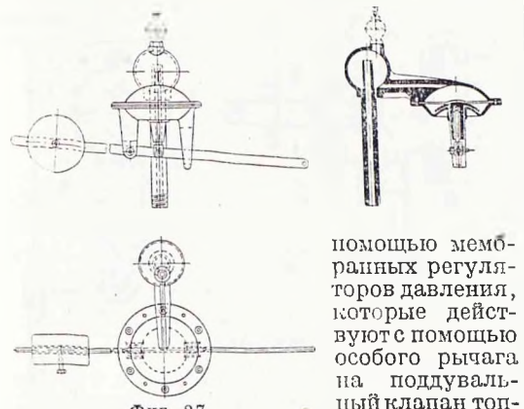
Паропроводы распределительных сетей прокладываются с уклоном в сторону движения пара, примерно в 0,005—0,01; с таким же уклоном и по движению воды прокладываются и конденсационные трубопроводы. Ответвления паропроводов, соединяющие стояки с отопительными приборами, монтируются обычно с уклоном в противоположную движению пара сторону примерно в 0,15—0,2. В конечных пунктах распределительные паропроводы должны обезвоживаться (дренироваться), причем следует отметить, что лучшим обезвоживающим устройством для паропроводов низкого давления являются водяные затворы (сифоны), соединяющие конечные пункты паропроводов с конденсационными трубопроводами, как это показано на схемах фиг. 21 и 22. В целях регулировки на присоединительном паропроводе каждого отопительного прибора ставят проходной или угловой вентиль двойной регулировки; наиболее употребительные конструкции вентилей представлены на фиг. 24 и 25.

Генераторами тепла при паровых системах низкого давления служат обыкновенно чугунные секционные котлы. На фиг. 26 изображена конструкция парового чугунного котла низкого давления системы Стребеля. Другие типы чугунных секционных котлов приведены в отделе водяного О.

Давление и производительность котлов регулируются обыкновенно автоматически, с помощью мембранных регуляторов давления, которые действуют с помощью особого рычага на поддувальный клапан топки котлов. Конструкция одного из этих регуляторов (з-да Стребеля) представлена на фиг. 27. Основными условиями удовлетворительной работы установок парового О. низкого давления являются: 1) полное и беспрепятственное обезвоздушивание конденсационных трубопроводов; 2) прокладка распределительных паропроводов с соответствующими уклонами в сторону движения пара; 3) хороший дренаж конечных пунктов паропроводов в местах подъема стояков.



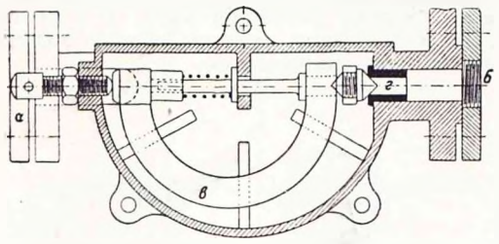
Фиг. 26.



Фиг. 27.

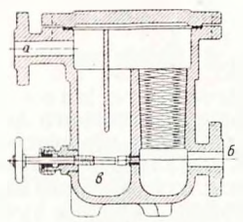
2) Паровое О. высокого давления. Системами парового О. высокого давления обычно именуют паровые отопительные системы, имеющие начальное рабочее давление пара в котлах в одну и более атмосфер. Паровое О. высокого давления применяют главным образом для О. фабрично-заводских зданий. Относительно данной системы следует сказать, что в виду более высоких поверхностных темп-р отопительных приборов, она еще менее гигиенична, чем система парового О. низкого давления. Однако благодаря этим повышенным $t°$ отопительных приборов, она, во-первых, весьма эффективна при натопе отапливаемых помещений после сокращения или полного прекращения О., а во-вторых, и затраты на ее первоначальное оборудование значительно ниже таковых для систем водяного О. и парового О. низкого давления. Кроме того радиус действия системы парового О. высокого давления достигает нескольких *км*. Принцип канализации пара таков же, как и при паровом О. низкого давления, причем отопительные приборы должны иметь запорные вентили как на паровом, так и на конденсационном трубопроводах. Каждый отопительный прибор кроме того д. б. снабжен воздушным краном или автоматически действующим воздушным вентилем для выпуска воздуха из приборов. Воздушные вентили монтируются непосредственно за приборами на конденсационных трубопроводах. В системах парового О. высокого давления отопительные приборы объединяют обычно в отдельные группы, причем каждая из этих групп имеет один общий конденсационный трубопровод, на к-рый приключается автоматически действующий конденсационный горшок, служащий для выпуска конденсата из отопительных приборов.

На фиг. 28 дан конденсационный горшок с пружинным вентилем, где *а*—вход конденсата, пара и воздуха; *б*—выход конденсата и воздуха; *в*—пружина; *г*—вентиль.

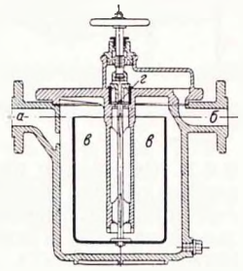


Фиг. 28.

На фиг. 29—конденсационный горшок с противоточным выходом конденсата, где *а*—вход конденсата, пара и воздуха; *б*—выход конденсата и воздуха; *в*—обходной вентиль. Фиг. 30—конденсационный горшок с открытым поплавком-вентилем, где *а*—вход конденсата, пара и воздуха; *б*—выход конденсата; *в* — открытый поплавок; *г* — вентиль.



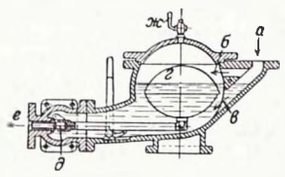
Фиг. 29.



Фиг. 30.

На фиг. 31 дан конденсационный горшок с закрытым поплавком-вентилем, где *а*—вход конденсата, пара и воздуха; *б*—выход пара и воздуха; *в*—вход конденсата; *г*—закрытый шаровой поплавок; *д*—вентиль; *е*—выход конденсата; *жс*—воздушный кран. Фиг. 32—конденсационный горшок с закрытым поплавком-вентилем, где *а* — вход конденсата, пара и воздуха; *б*—выход конденсата. Наиболее надежно и с наименьшими пропусками пара работают конденсационные горшки, действие к-рых основано на принципе закрытых поплавков-вентилей (фиг. 31 и 32).

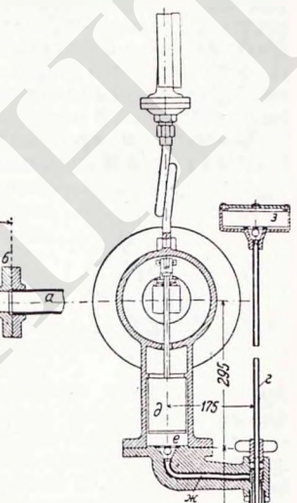
Для правильной работы систем парового О. высокого давления необходимо выполнение следующих условий. 1) Паропроводы д. б. уложены с соответствующими уклонами (0,005—0,01) в сторону движения пара и по пути хорошо обезвожены (дренированы), особенно в местах подъема паропроводов.



Фиг. 31.

2) Отопительн. приборы и конденсационные трубопроводы должны быть хорошо обезвоздушены. 3) Конденсационные горшки должны работать бесперебойно и без значительных пропусков пара в конденсационную сеть. Системы парового О. высокого давления, так же как и системы парового О. низкого давления, почти не обладают возможностью для генеральной (центральной) регулировки.

За последнее время как за границей, так в особенности в СССР эти системы все более и более вытесняются насосными водяными системами среднего давления, работающими с перегретой водой. Генераторами тепла при системах парового О. высокого давления являются паровые котлы высокого давления обычных типов и систем (см. *Котлы паровые*). С другой стороны, т. к. фабрично-заводские предприятия обычно имеют котельные установки высокого давления для технологич. целей, а также для паросиловых установок, то требуемый для О. фабрично-заводских зданий пар получается в большинстве случаев от тех же производственных котельных. В нек-рых случаях пар из котельных высокого давления применяется там же и для О. конторских зданий, театров и т. п., однако в этих случаях давление его обычно редуцируется (снижается) до нормальных давлений, принятых в паровых системах низкого давления (0,05—0,5 *atm* избыточных). Редуцирование (снижение) давления пара производится особыми редукционными клапанами (вентилями), работающими на принципе мятия пара, т. е. снижения его давления вследствие трения, без производства полезной механической работы. На фиг. 33 дана конструкция редукционного вентиля системы Кеферле, с регулировкой давления мятого пара с помощью ртутного столба. Вентиль работает

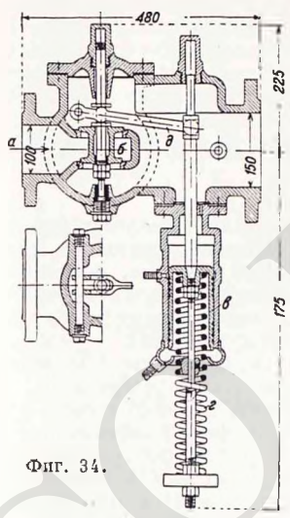


Фиг. 32.

Фиг. 33.

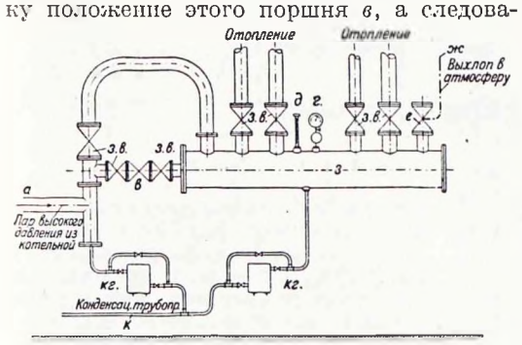
след. образом: через паропровод *а* поступает пар высокого давления, проходит предохранительное сито, защемленное между фланцами *б* и, протекая через узкие откры-

тия двойного уравновешенного вентиля *в*, мнется до соответствующих давлений, обусловливаемых высотой ртутного столба *г*. Регулировка давления осуществляется при помощи полого закрытого цилиндра *д*, плавающего в ртути в резервуаре *е*, соединенном каналом *жс* с открытым ртутным сосудом *з*, устанавливаемым на высоте, которая соответствует выбираемому нормальному давлению мятого пара. С повышением давления мятого пара ртуть из резервуара *е* вытесняется в сосуд *з*, поплавок *д* опускается и с помощью рычажной передачи прикрывает редукционный вентиль *в*; вследствие уменьшения открытия вентиля, а также увеличения сопротивлений последнего, давление мятого пара понижается, приближаясь к нормальному. Когда же давление мятого пара падает ниже нормального, то часть ртути из сосуда *з* перетекает в сосуд *е*, поплавок *д* поднимается, а следовательно увеличивается открытие вентиля *в* и давление мятого пара повышается и т. д. Сосуд *з* может устанавливаться на различных высотах, в зависимости от выбираемого нормального давления мятого пара.



Фиг. 34.

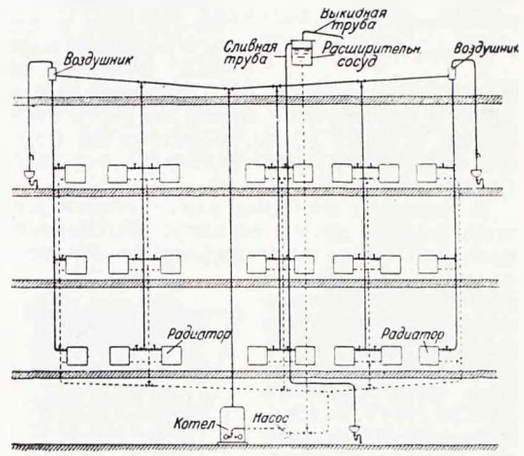
На фиг. 34 изображена конструкция пружинного редукционного клапана системы фирмы Бр. Зульцер, действующего след. образом: через паропровод *а* поступает пар высокого давления, проходит через двойной уравновешенный вентиль *б*, в к-ром и мнется до соответствующих давлений. Регулировка давления мятого пара осуществляется с помощью поршня *в* и пружины *г*, поскольку положение этого поршня *в*, а следовательно и открытие вентиля *б* обусловливается с одной стороны (сверху) давлением мятого пара, а с другой (снизу) напряжением пружины, устанавливаемой в соответствии с выбираемым нормальным давлением мятого пара; рычаг *д* служит для передачи движения поршня на редукционный вентиль. Наконец на фиг. 35 изображена схема обычной редукционной станции, где *а*—паропровод высокого давления из котельной; *з. в.*—запорные вентили; *в*—редукционный вентиль; *г*—манометр; *д*—термометр; *е*—предохранительный вентиль; *жс*—выхлопной паропровод; *з*—парораспределитель; *кг.*—конденсационный горшок; *к*—конденсационный трубопровод.



Фиг. 35.

2. Водяное О. Различают системы водяного О. низкого, среднего и высокого давлений. Наиболее распространенными, гигиеничными и рациональными системами являются первые две, тогда как система высокого давления за последнее время совершенно не применяется.

Системы водяного О. низкого давления применяют обычно в жилых домах, учреждениях, больницах, учебных заведениях и т. п. Из гигиенич. соображений $t°$ отопительной воды в этих системах применяются обычно не выше 90°. Системы водяного О. среднего давления с $t°$ отопительной воды как в подающих водоводах, так и в отопительных приборах в 110—130° применяются гл. обр.

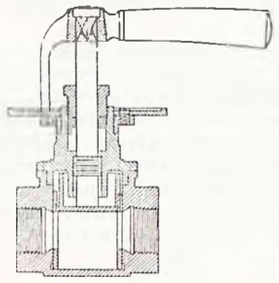


Фиг. 36.

для О. фабрично-заводских зданий и производственных помещений. Повышенные $t°$ в производственных помещениях принимаются из экономич. соображений, так как это значительно уменьшает поверхности нагрева отопительных приборов и калориферов, а также и размеры теплопровода, а следовательно и первоначальные затраты на устройство фабрично-заводских отопительных установок. Особенно ценным преимуществом водяных систем О. перед паровыми является предоставляемая ими возможность генеральной регулировки, т. е. возможность центральной регулировки подачи тепла к местным отопительным приборам в соответствии с наружными метеорологич. условиями с помощью изменения начальных $t°$ отопительной воды в самих генераторах тепла, а следовательно и в подающих водоводах. Регулировка эта весьма гибка и возможна почти в любых пределах.

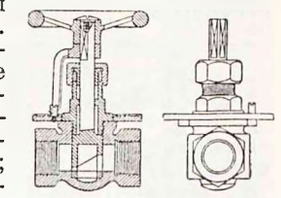
Водяные системы О. низкого и среднего давлений выполняются обычно как открытые системы, с установкой на наиболее высоких

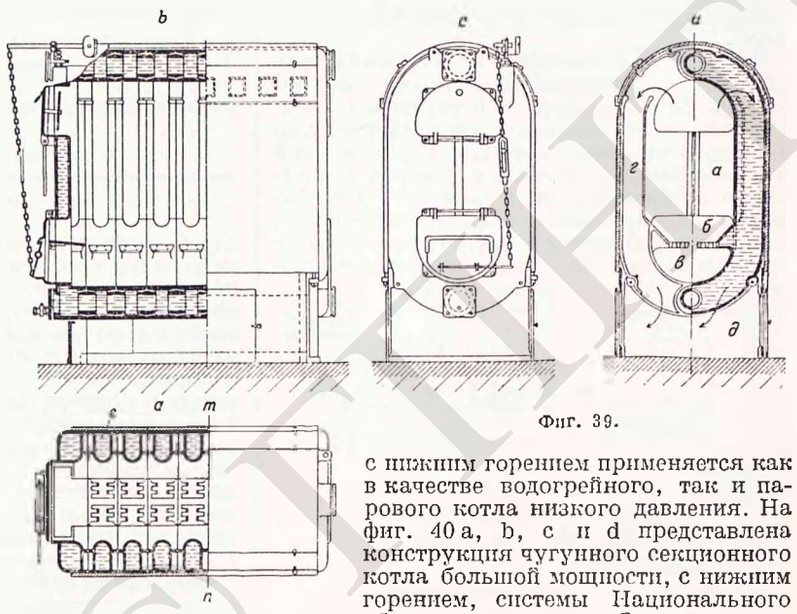
их частях т. наз. расширительных сосудов, предназначенных для восприятия добавочного объема расширяющейся от нагревания отопительной воды в системе. При водяных системах низкого давления с верховой разводкой расширитель ставится примерно на 0,5 *м* выше распределительной подающей сети, тогда как при низовой разводке—на ту же примерно величину выше наиболее высоко расположенного отопительного прибора. При водяных системах среднего давления, работающих с перегретой водой, расширитель ставится на такой высоте, чтобы исключить всякую возможность вскипания перегретой воды в наивысших точках отопительных систем. Системы водяного О. выполняются как работающие с естественной, так и с побудительной циркуляцией (насосные водяные системы О.), причем экономически радиус действия первых можно принять в 50—75 *м*, тогда как при насосных водяных системах он достигает нескольких *км*. Принципы работы двух- и однотрубных систем водяного отопления, а также схемы последних см. *Водяное отопление*. Схема насосного водяного О. изображена на фиг. 36.


Фиг. 37.

В насосных отопительных системах расширительный сосуд ставится обыкновенно непосредственно перед насосом на обратном водоводе, во всех же высших точках подающего теплопровода ставятся закрытые воздушные сосуды. Для того чтобы избежать обрыва струи, манометрическое давление перед циркуляционным насосом никоим образом не должно опускаться ниже атмосферного. В системах О. с низовой разводкой уклоны для подающих распределительн. водоводов даются против движения воды, тогда как в системах с верховой разводкой наоборот—по движению воды. Обратные магистральные водоводы в первом и во втором случаях выполняются с уклонами в сторону движения воды. Величина уклонов берется примерно в 0,005 — 0,01. Уклоны ответвлений от стояков к отопительным приборам выполняются по движению воды примерно в 0,01—0,015.

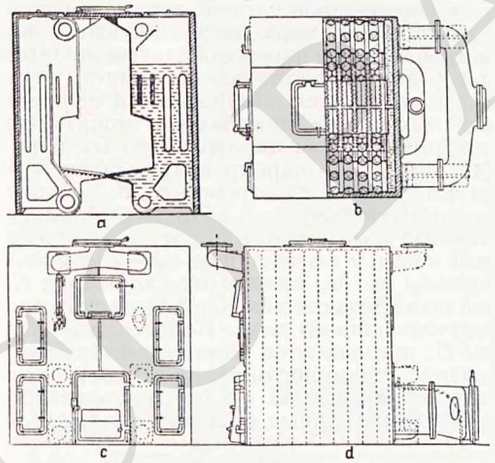
Для регулировки и выключения отопительных приборов, каждый из них обычно получает кран двойной регулировки, наиболее употребительных конструкций, которые даны на фиг. 37 и 38. Основными условиями правильной работы водяных систем О. являются: 1) правильные и достаточные уклоны сети, обеспечивающие обезвоздушивание распределительных водоводов; 2) правильные и достаточные уклоны ответвлений от стояков к отопительным приборам, обеспечивающие полное и быстрое обезвоздушивание последних; 3) достаточные напоры, обеспечивающие нормальную циркуляцию отопительной воды в системах. Генераторами тепла для водяных систем О. служат как чугунные секционные котлы, так, при более или менее значительных отопительных установках, и обычные типы и системы паровых котлов повышенного давления (корниллийские, ланкаширские и т. д.), причем последние превращаются в этом случае или в водогрейные котлы, или котлы остаются паровыми, а отопительная вода подогревается в особых пароводяных подогревателях (см. ниже—Пароводяное отопление). На фиг. 39 a, b, c, d дана конструкция чугунного секционного водогрейного котла системы Стребля, с верхним горением, где *а*—загрузочная шахта для топлива; *б*—колосниковая решетка; *в*—поддувало; *г*—боковые дымоходы; *д*—сборный дымоход, соединенный с боровом и дымовой трубой; *е*—водяное пространство секции котла; котел того же з-да


Фиг. 38.

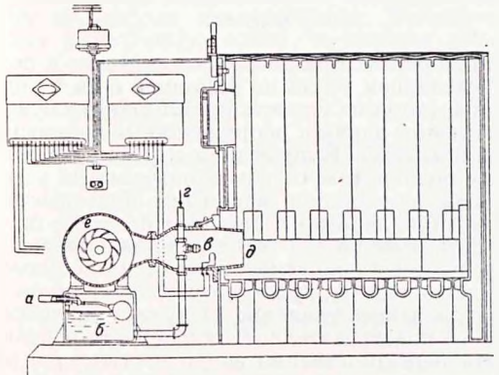

Фиг. 39.

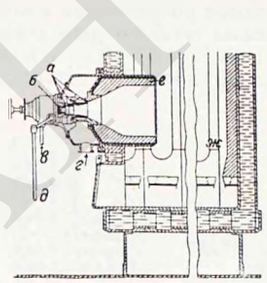
с нижним горением применяется как в качестве водогрейного, так и парового котла низкого давления. На фиг. 40 a, b, c и d представлена конструкция чугунного секционного котла большой мощности, с нижним горением, системы Национального общества радиаторов. Этот тип котла применяется как в качестве водогрейного, так и парового низкого давления.

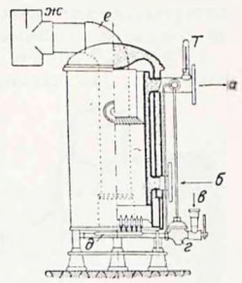
3. Отопительные котлы, работающие на жидком и газообразном топливе. Главным видом топлива для отопительных установок (котлов) служат короткопламенные угли в виде антрацита, тощих углей и кокса. За последнее время как в Зап. Европе, так в особенности в США для домового О. начинают применять также жидкое (мазут, газойль и т. п.) и газообразное (светильный и натуральный газы) топливо, к-рое с помощью горелок специальных конструкций сжигается или в тех же типах чугунных секционных котлов или же в особых для данного топлива сконструированных котлах. На фиг. 41 дана конструк-


Фиг. 40.

ция нефтяной горелки системы фирмы Бр. Кертинг, предназначенной специально для О. жидким топливом, обычных чугунных секционных отопительных котлов. Горелка работает след. обр.: трубопроводом *а* подается профильтрованное жидкое топливо в резервуар *б*, из к-рого оно поступает в форсунку *в*, работающую с помощью сжатого воздуха, подводимого к форсунке трубопроводом *г*; распыленное жидкое горючее топливо поступает в конусообразную горелку *д*, в к-рую вентилятором *е* подается также и необходимый для горения воздух. Смесь распыленного жидкого топлива и воздуха непосредственно по выходе из горелки воспламеняется с помощью электрич. (контактного) искрителя. Для достижения наилучшего процесса горения внутренние стенки шахтной топки чугунных секционных котлов обмуровываются огнеупорным кирпичом по крайней мере на высоту образующегося при горении факела. Тем же огнеупорным

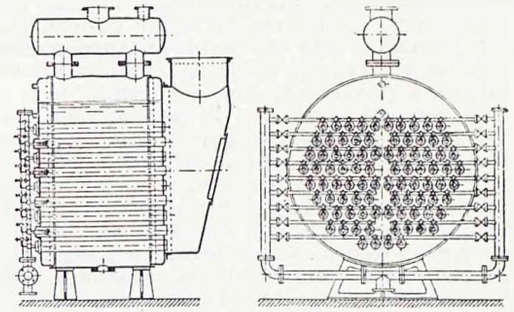

Фиг. 41.


Фиг. 42.


Фиг. 43.

кирпичом покрывается и колосниковая решетка котла. На фиг. 42 изображена горелка для жидкого горючего системы Lang-Reinhardt'a, работающая примерно по тому же принципу, что и горелка Кертинга, где *а*—сопла для подачи воздуха, *б*—форсунка, *в*—трубопровод, подводящий жидкое топливо к форсунке *б*, *г*—подводка необходимого для горения воздуха от вентилятора, *д*—регулятор горения; *е*—шамотный муфель, *эс*—шамотная обмуровка задней стенки чугунного секционного котла.

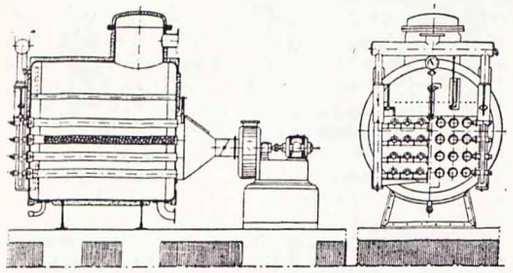
Применяемые при жидком топливе напряжения топочного пространства достигают примерно 25—35 *кг*/*м*³ *ч*. жидкого горючего, т. е. ок. 250 000—350 000 Cal/*м*³ *ч*., что


Фиг. 44.

вполне обеспечивается шахтными топками обычных чугунных секционных котлов. На фиг. 43 представлен газовый водогрейный отопительный котел системы Юнкерса, работа к-рого ясна из чертежа, где *а*—подающий трубопровод (горячая вода), *б*—обратный трубопровод (охлажденная вода), *в*—подача газа, *г*—регулятор горения, *д*—газовая горелка, *е*—изоляция котла, *эс*—дымовые уходящие газы (дымовая труба), *Т*—термометр. На фиг. 44 представлена конструкция специального трубчатого парового отопительного котла, отапливаемого газом, системы фирмы Бр. Кертинг. О. котла осуществляется с помощью газовых горелок, устанавливаемых в каждой дымогарной трубе. На фиг. 45 дан разрез трубчатого газового отопительного (парового) котла системы Руд. Отто Майер. О. котла производится также с помощью газовых горелок, установленных в каждой дымогарной трубе, однако процесс горения является здесь беспламенным, осуществляемым по принципу Боне-Шпа-

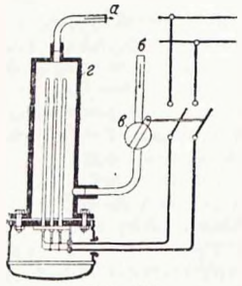
беля т. е. дымогарные трубы, по которым проходит горючая газовая смесь и продукты горения, заполнены пористым огнеупорным материалом; необходимое разрежение в котле создается с помощью особого дымососа.

4. Электрические отопительные котлы. За последнее время в странах,



Фиг. 45.

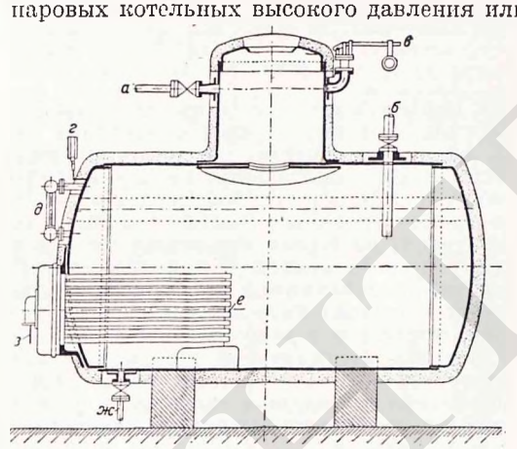
имеющих мощные гидроэлектрич. станции с дешевой электроэнергией, как например в Швейцарии, Норвегии и т. п. в качестве тепловых генераторов отопительных установок применяются электрич. водяные и паровые котлы и подогреваемые электричеством водяные тепловые аккумуляторы, работающие обычно в ночное время, при ночных удешевленных тарифах на электроэнергию. Весьма часто электрич. котлы и электрич. тепловые аккумуляторы комбинируются в отопительных установках с обычными угольными котлами, причем первые работают гл. обр. ночью, во время удешевленных тарифов или же в переходное время (весной и осенью), тогда как вторые включаются в работу гл. обр. в дневные часы и при сильных холодах. На фиг. 46 дан разрез электрич. водогрейного котла с малым водяным объемом для постоянной работы; подогрев воды в котле осуществляется с помощью электрических нагревательных приборов—сопротивлений. На фиг. 46: *а*—подающий водовод, *б*—обратный водовод, *в*—рубильник, *г*—электрич. нагревательные приборы—сопротивления. На фиг. 47 дан разрез парового электрич. котла с большим водяным, аккумулирующим тепло, объемом; на фиг.: *а*—паропровод, *б*—питательная линия, *в*—предохранительный клапан, *г*—манометр, *д*—водомерное стекло, *е*—электрический подогреватель, *жс*—спускной кран, *з*—клеммы. Котел работает с помощью электрических нагревательных приборов — сопротивлений.



Фиг. 46.

Наконец на фиг. 48 изображена схема комбинированной установки водяного центрального отопления, имеющей в качестве генераторов тепла как обычный чугунный секционный водогрейный котел с коксовой шахтной топкой, так и котел—аккумулятор, подогреваемый электричеством. На фиг. 48: *к*—чугунный водогрейный котел с шахтной коксовой топкой, *а*—электрич. водогрейный котел—аккумулятор, *б*—электрич. нагревательные приборы — сопротивления, *в* — распределительный электрич. щит, *г*—расширительный сосуд, *р*—радиаторы.

5. Пароводяное отопление. Пароводяная система О. является по существу водяной системой О., поскольку основным теплоносителем в ней является горячая вода; от собственно водяной системы оно отличается лишь способом генерации тепла. Если в системе водяного О. тепло генерируется в специальных водогрейных котлах, то в пароводяной системе вода подогревается с помощью пара соответствующих параметров в особом пароводоподогревателе (бойлере) до соответствующих темп-р, откуда она и разводится обычными для собственно водяных систем способами к отопительным приборам. Схема пароводяного О. дана на фиг. 49, где *а*—паропровод, подающий пар из котельной в подогреватель, *б*—конденсационный трубопровод, *в*—подогреватель, *г*—главный подающий стояк, *д*—расширительный сосуд, *е*—воздушник, *жс*—контрольно-сливная труба, причем на схеме взят случай подогрева отопительной воды с помощью редуцированного пара. Пароводяные системы О. применяются обычно в фабрично-заводских предприятиях для О. конторских или жилых зданий от фабрично-заводских паровых котельных высокого давления или

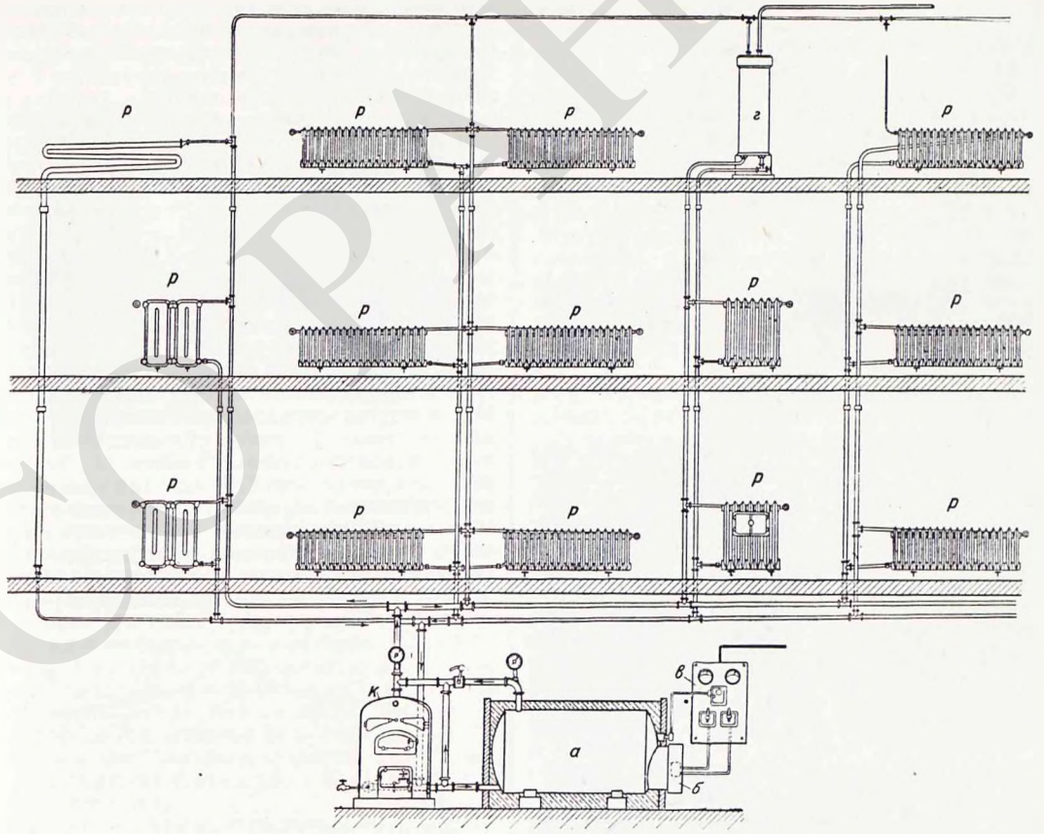


Фиг. 47.

в районных отопительных системах, с распределением тепла по районной сети в виде пара, когда на эту сеть приключаются существующие здания, оборудованные водяными системами О. В последнем случае собственные водогрейные котлы отопительных установок заменяются водяными подогревателями (бойлерами) с паровым подогревом.

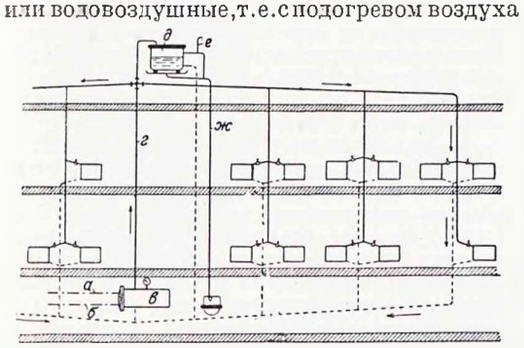
Для правильной работы пароводяного О. требуются те же условия, что и для обычного водяного О.; кроме того следует иметь в виду хорошее удаление воздуха и конденсата из подогревателя. Для удаления конденсата непосредственно за подогревателем на конденсацион. линии устанавливается конденсационный горшок, а для удаления воздуха на той же конденсационной трубе перед конденсационным горшком устанавливается или автоматически действующий воздушный вентиль или же простой воздушный кран. На фиг. 50 и 51 даны наиболее употре-

бительные конструкции пароводяных подогревателей. На фиг. 50 пароводяной подогреватель с **U**-образными паровыми трубками, а на фиг. 51—пароводяной подогреватель с большим водяным объемом, где *а*—вход пара, *б*—выход конденсата, *в*—выход горячей воды, *г*—вход обратной воды, *д*—водяное пространство подогревателя.



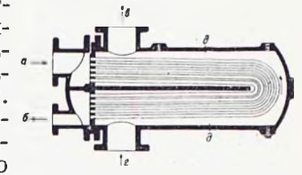
Фиг. 48.

6. Воздушное отопление. Различают системы воздушного О. с кирпичными или чугунными калориферами, имеющими свою собственную топку, и системы паро- или водовоздушные, т. е. с подогревом воздуха



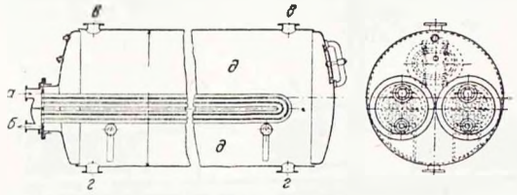
Фиг. 49.

с помощью пара или горячей воды в особых воздухоподогревателях (калориферах). Системы первого рода за последнее время почти совершенно не употребляются и вытесняются все более и более распространяющимися как за границей, так и у нас в СССР паровыми и водяными пластинчатыми воздухоподогревателями. Паро- и водовоздушные системы О. применяются гл. обр. для О. больших рабочих помещений, в к-рых не имеется выделения каких-либо специальных производственных вредностей, напр. в слесарных и токарных цехах, сборочных и монтажных залах и т. п. Весьма часто воздушное О. комбинируется с вентиляцией отапливаемых помещений. В качестве нагревательного аппарата для воздуха служит обычно оцинкованный пластинчатый калорифер со стальными нагревательными трубками и надетыми на них железными ребрами—пластинами, причем по стальным трубкам протекает пар или вода, тогда как между оцинкованными ребрами и трубами—нагреваемый воздух. Последний прогоняется через калорифер с помощью особого винтового или же центробежного вентилятора. Выполняются как отопительные системы с центральным подогревом воздуха и разводкой его с помощью распределительных воздуховодов, так и системы с децентрализованным подогревом воздуха с помощью целого ряда отдельных возду-



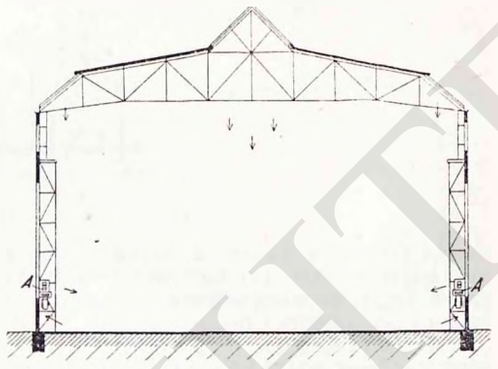
Фиг. 50.

хонагревательных аппаратов (калориферов), соответствующим образом распределенных по всему отапливаемому помещению, причем все отдельные калориферы снабжаются паром или горячей отопительной водой из одной централи. В виду большой простоты устройства, его дешевизны и гибкости регулирования за последнее время все более и более предпочитают системы воздушного отопления с децентрализован. подогревом воздуха, особенно если эти установки являются чисто отопительными, не связанными с вентиляцией отапливаемых помещений.



Фиг. 51.

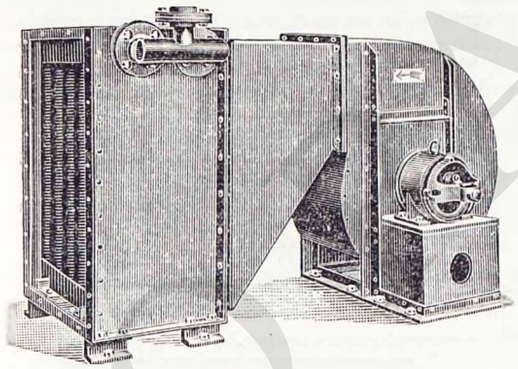
Системы воздушного отопления, не объединенные с вентиляцией, работают следующим образом: внутренний воздух отапливаемого помещения засасывается вентилятором воздухонагревательного аппарата, прогоняется через пластинчатый (ребристый) калорифер, нагревается в последнем до соответствующих $t°$ (25—45°) и нагнетается обратно в помещение; при этом работа калорифера всегда связана с работой вентилятора, т. к. при принятых конструкциях калориферов без принудительного вентиляторного побуждения в них не м. б. достаточной рециркуляции воздуха, а следовательно и достаточного нагрева отапливаемых помещений. При комбинации воздушн. отопления с вентиляцией отапливаемых помещений вентилятором калорифера, кроме внутреннего воздуха, засасывается также и соответствующее принятым обменам количество наружного вентиляционного воздуха; смесь внутреннего и наружного воздуха, подогревается в калорифере до соответствующих $t°$ и нагнетается в помещение, причем соответствующее количество внутреннего воздуха удаляется из помещения через наружные двери и неплотности или же с помощью особой вытяжной вентиляционной установки. Для рабочих помещений, занятых целые сутки, наиболее целесообразными являются комбинированные установки, т. к. они требуют минимальных затрат как на их оборудование, так и на эксплоатацию. Для помещений, занятых одну смену, наиболее целесообразной оказывается смешанная система О., в к-рой 50—70% требующейся поверхности нагрева устанавливается по наружному периметру зданий и под световыми фонарями в виде радиаторов и ребристых или гладких труб, а остальная поверхность нагрева (30—50%) берется в виде децентрализованных воздухонагревательных аппаратов, которые при соответствующей величине поверхности нагрева могут служить одновременно также и для подогрева вентиляционного воздуха. Такая система может дать значительное сокращение эксплоатационных расходов, связанных с расходом электрич. энергии, необходимой для работы вентиляторов, т. к. в нерабочее время воздухонагревательные аппараты м. б. выключены и в работе могут находиться лишь местные отопительн. приборы (радиаторы, трубы). С другой стороны, перед началом работ кроме местных отопительных приборов м. б. включено соответствующее наружным $t°$ количество калориферов, которые, работая на рециркуляцию, весьма быстро прогреют помещение, сокращая время его натопа. Т. о. преимуществами систем воздушного О. являются: а) быстрая прогреваемость отапливаемых помещений после остановки или сокращения О.; б) равномерные $t°$ помещений; в) значительное снижение затрат на первоначальное оборудование воздушных отопительных установок по сравнению с затратами, необходимыми на устройство центральных систем О., имеющих в качестве нагревательных приборов обычные радиаторы или трубы, в особенности при комбинированных воздушноотопительных и вентиляционных системах. С другой стороны, в качестве недостатков воздушных систем О., следует отметить несколько большие тепловые потери отапливаемых зданий, вследствие более интенсивного движения внутреннего воздуха, а также увеличение эксплоатационных расходов, связанных с расходом электрической энергии на работу вентиляторов калориферных агрегатов.



Фиг. 52.

На фиг. 52 дан разрез рабочего зала с установленными в нем калориферами с децентрализованным подогревом воздуха, где *А*— калориферы с децентрализованным подогревом воздуха. На фиг. 53 изображена камера америк. типа для централизованного подогрева отопительного воздуха, а на фиг. 54 дан общий вид одного из типов воздухонагревательных аппаратов (калориферов) для децентрализованного подогрева воздуха.

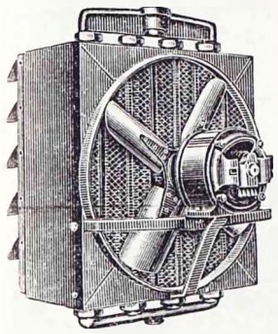
IV. Районное отопление. В фабрично-заводских предприятиях, больничных городках и т. д., где имеются целые блоки отапливаемых — производственных, конторских, больничных и жилых зданий, наиболее целесообразными являются централизованные, т. н. районные, системы О., с центральной генерацией тепла в одной общей котельной и распределением его по местным отопительным системам с помощью особой теплопроводной сети. За последнее время как за границей, так в особенности у нас в СССР централизованные системы О. находят все большее и большее распространение и начинают захватывать не только отдельные фабрично-заводские предприятия или больничные поселки, но и целые городские районы и промышленные комбинаты вместе с производ-



Фиг. 53.

ственными и конторскими зданиями и зданиями культурно-бытового характера, а также рабочими поселками и социалистич. городами. Правда, в последнем случае имеет место централизованное снабжение теплом не только для целей О., но также для вентиляции и на бытовые и санитарно-гигиенич. нужды (горячее водоснабжение, души, ванны, бани, прачечные и т. п.). Такое централизованное снабжение теплом целых городских районов и промышленных комбинатов от тепловых центральных станций или теплоэлектроцентралей известно у нас под именем «теплофикации».

Преимуществом централизованных систем О. является повышение кпд центральных котельных, по сравнению с отдельными небольшими местными котельными установками, уменьшение эксплоатационных расходов по обслуживанию многочисленных отдельных отопительных котельных. Главным же преимуществом централизованной генерации тепла является возможность использовать для отопительных целей местное и низкосортное топливо. Исключительно целесообразной в большинстве случаев является комбинация крупных районных отопительных установок с силовыми станциями в виде теплоэлектроцентралей, дающими как тепло для отопительных и других целей, так и электрич. энергию. Крупные теплофикационные установки в СССР проектируются и выполняются в громадном большинстве случаев как теплоэлектроцентрали (теплофикация городов).

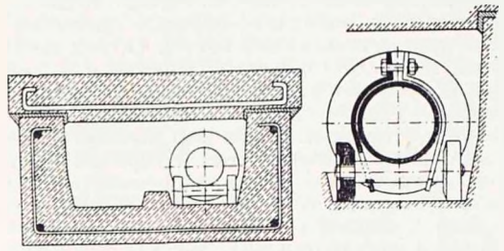


Фиг. 54.

Вышеуказанным преимуществам районных систем О. противостоят и некоторые их недостатки, заключающиеся в добавочных тепловых потерях распределительной теплопроводной сети, достигающих примерно 8—15% и выше, а также в добавочных затратах на прокладку магистральных (распределительных) теплопроводов. Однако технико-экономич. и социально-бытовые преимущества централизованных систем О. над местными индивидуальными системами с избытком покрывают указанные выше недостатки первых. Теплоносителем в районных отопительн. системах м. б. как пар высокого (повышенного) давления, так и горячая вода, и в зависимости от этого распределительные теплопроводные сети бывают паровыми высокого (повышенного) давления или же водяными. В случае паровой системы районного отопления пар соответствующих давлений из отопительных или фабрично-заводских котельных подается в магистральные теплопроводы, по которым он и распределяется по отдельным отапливаемым зданиям или помещениям. Если здания отапливаются паром высокого давления, то поступающий из магистрали пар непосредственно распределяется по местной отопительной системе; если же местные системы являются паровыми системами низкого давления, то поступающий из магистрали пар мнется с помощью редукционных клапанов до соответствующих рабочих давлений и распределяется затем по этим отопительным системам. В случае водяного отопления пар высокого давления или же мятый подается в пароводяные подогреватели, в к-рых он и нагревает до соответствующих темп-р отопительную воду, циркулирующую в местных отопительных системах.

Радиус действия паровых районных систем О. зависит от начального и конечного давлений и от перепада этих давлений и может достигать нескольких *км*. Обычными рабочими давлениями являются давления в 2—3 *atm* избыточных. При водяных системах районного О. побудителями циркуляции являются центробежные насосы, соединенные на одном валу с электромоторами или же небольшими паровыми турбинами. Теплопроводы водяного районного отопления так же, как и паропроводы, прокладываются в виде подземных или реже в виде надземных (воздушных) магистралей, причем для них достаточны те же уклоны, что и для паропроводов. Что же касается направления этих уклонов, то для водяных теплопроводов в большинстве случаев безразлично, даются ли они по движению или против движения воды в трубопроводах, поэтому подземные водоводы могут прокладываться параллельно профилю данной местности, однако при этом следует иметь в виду, что для правильной их работы в местах перегиба водоводов в наивысших их точках необходимо предусмотреть удаление воздуха с помощью воздушных бачков и воздушных кранов, а в наинизших точках—спуск воды с помощью кранов на случай ремонта теплопроводов. Из всего сказанного выше следует, что канализация тепла с помощью паропроводов в виде пара является более затруднительной, чем канализация его в виде горячей воды как с точки зрения монтажа теплопроводов, так и с точ-

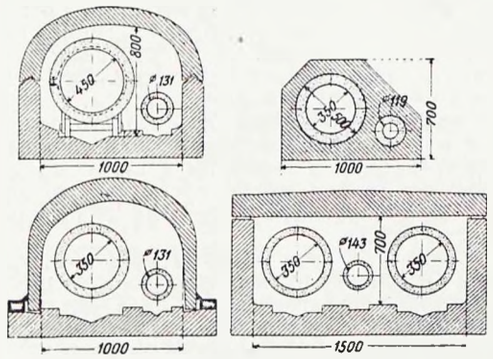
ки зрения эксплоатации последних, причем главные затруднения при канализации пара создаются образующимся в паропроводах конденсатом, требующим установки конденсационных горшков и соответствующих



Фиг. 55.

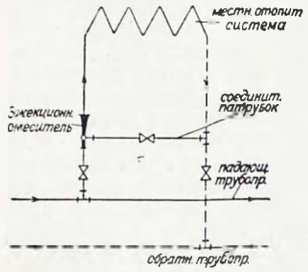
уклонов теплопроводов. На фиг. 55 дан железобетонный канал Ленинградской теплофикационной установки 3-й ГЭС (старый тип), на фиг. 56—типы подземных каналов Берлинских теплофикационных установок.

Начальные $t°$ отопительной воды берутся в зависимости от радиуса действия районных систем О. в 90—130° и выше, причем во-



Фиг. 56.

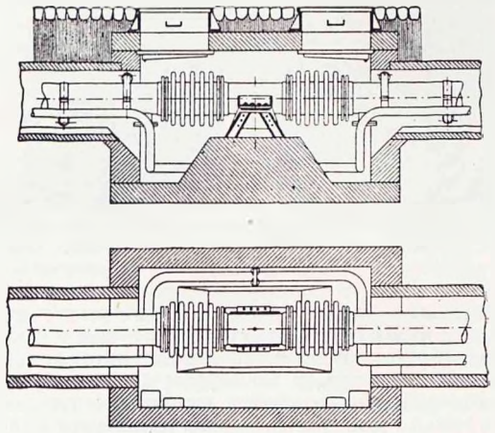
да с $t°$ в 90° может непосредственно подаваться в местные отопительные системы, тогда как перегретую воду в 100—130° перед поступлением ее в местные отопительные системы необходимо смешивать с обратной водой последних, имеющей обычно ок. 70° с тем, чтобы получить начальную $t°$ в подающем водоводе не выше 90—95°. Располагаемый



Фиг. 57.

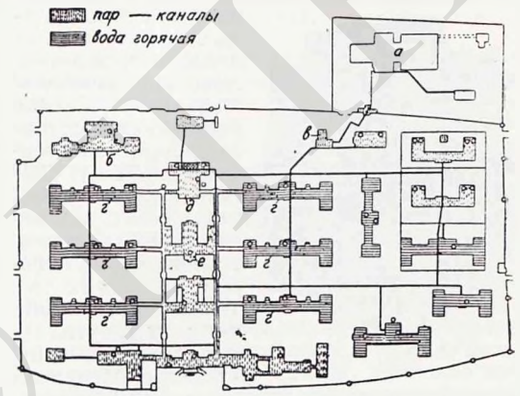
напор в местных системах следует брать по возможности небольшим, во всяком случае не более 1 м водяного столба, во избежание больших потерь напора в эжекционном смесителе. На фиг. 57 дана схема приключения местных отопительных систем на магистральные теплопроводы по способу проф. Чаплина с эжекцион. смесителем (элеватором). Относительно способа и места установки расширительного сосуда было сообщено раньше в отделе водяного О.

Соединение теплопроводов, паропроводов и водоводов в подземных непроходных каналах производится исключительно с помощью автогенной и электрич. сварки, причем фланцевые соединения допускаются лишь в смотровых колодцах для соединения теплопроводов с компенсаторами, запорными вентилями и задвижками. Укладка труб производится обычно на подвижных скатах, опирающихся непосредственно на подготовленное соответствующим образом дно канала. Иногда трубы подвешивают или кладут на



Фиг. 58.

ролики, сидящие на укрепленных в стенах каналов осях. Компенсация теплопроводов (паровых и водяных) районных отопительных систем осуществляется помощью: а) наиболее простой естественной угловой компенсации; б) П-образных или лирообразных компенсаторов, причем последние являются также весьма простыми и надежными, но не всегда наиболее дешевыми компенсаторами, в виду значительного удлинения подземных каналов; в) осевых сальниковых компенсаторов, к-рые работают вполне удовлетворительно как на паровых, так и на водяных теплопроводах; г) волнообразных компенсаторов и гибких стальных рукавов, причем

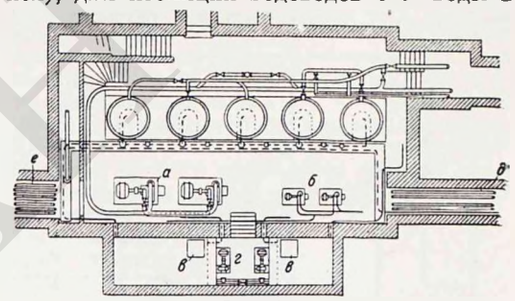


Фиг. 59.

первые работают весьма удовлетворительно на водяных магистралях, тогда как вторые вполне надежны как на паровых, так и на водяных теплопроводах. Особенно удовле-

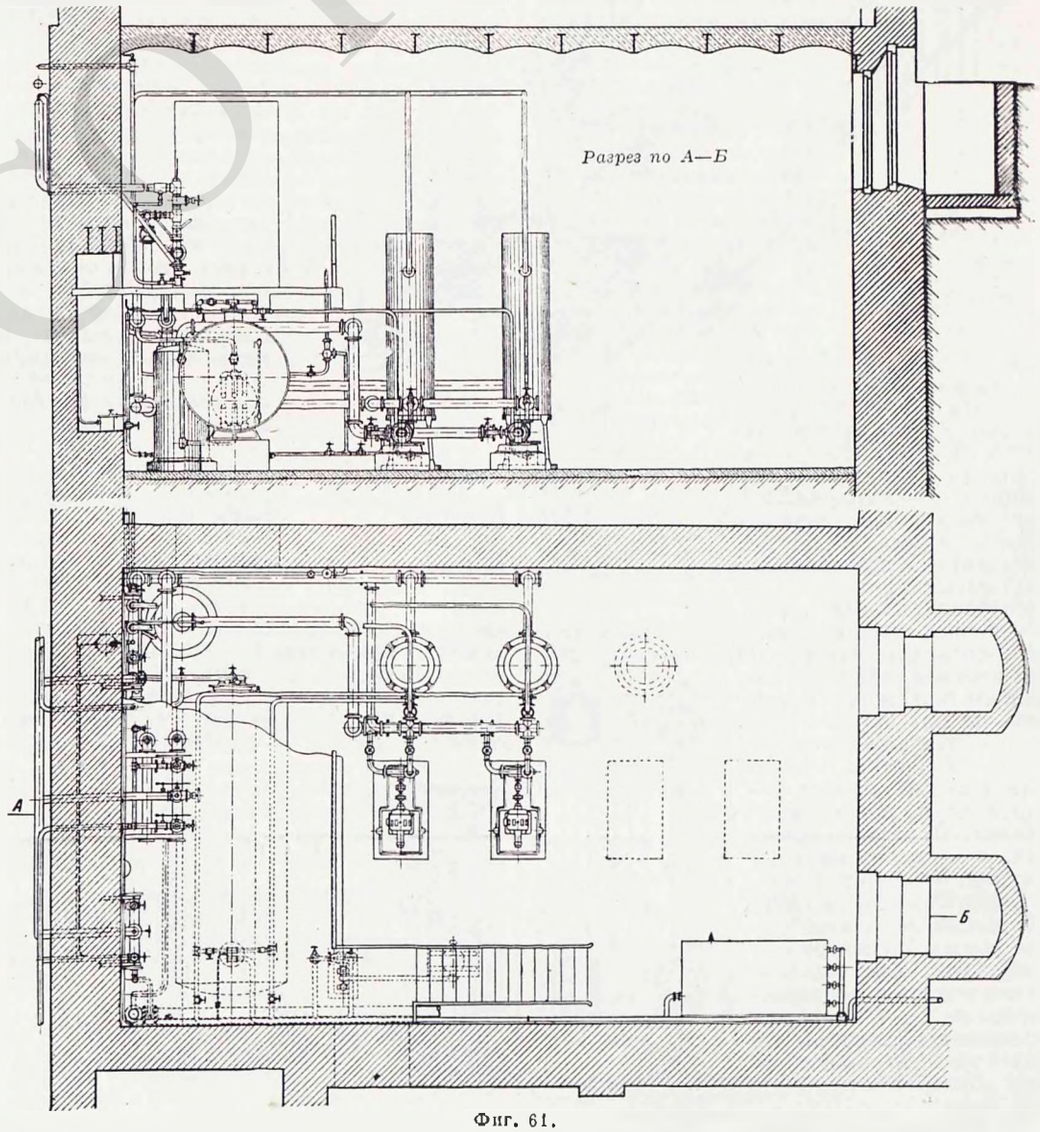
творительно работают последние на открытых воздушных магистралях.

Компенсаторы на паровых магистралях располагаются, смотря по давлению и $t°$ пара, примерно через каждые 40—60 *м*, тогда как на водоводах эти расстояния увеличиваются до 80—100 *м*. Для монтажа компенсаторов и устройства мертвых точек в подземных каналах делают колодцы, к-рые служат одновременно и как смотровые. На фиг. 58 представлен чертеж смотрового колодца, установки волнообразного компенсатора и устройства мертвой точки. Т. к. тепловые потери теплопроводов, как было указано раньше, достигают примерно 8—15% от доставляемого потребителям тепла, то вопросы теплоизоляции при районных системах О. приобретают весьма существенное зна-



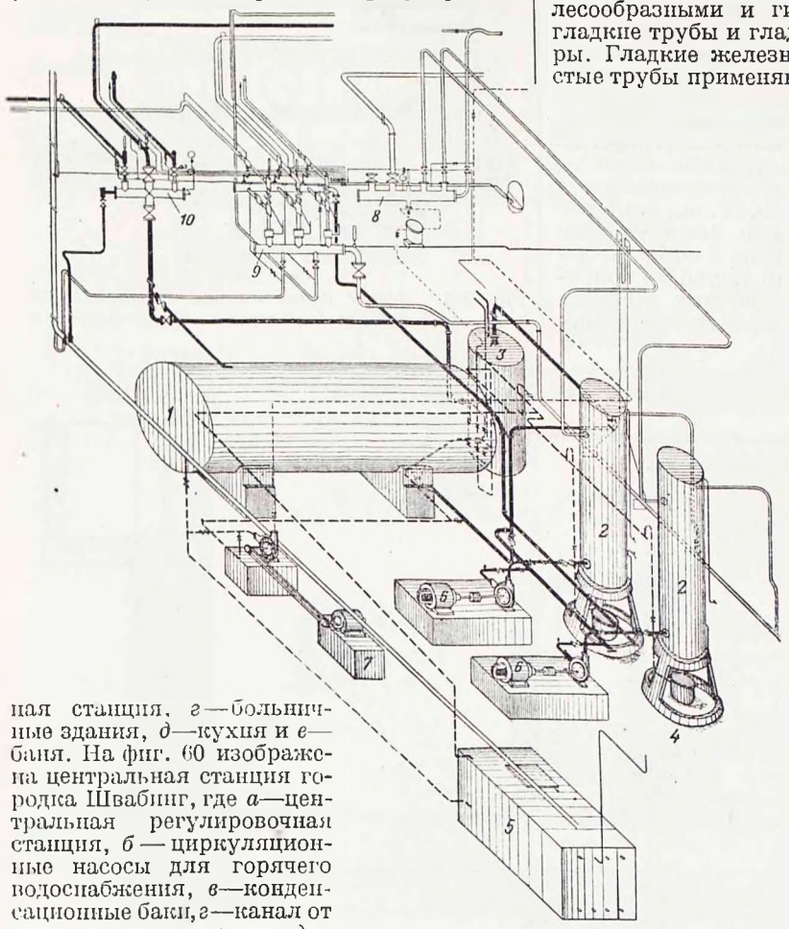
Фиг. 60.

чение. Для паропроводов и водоводов, транспортирующих перегретую воду, применяют обычно изоляционные материалы минерального происхождения (асбест, кизельгур, трепел), для изоляции водоводов с $t°$ воды в 90—100° могут применяться и изоляционные материалы органич. происхождения (пробка, торф, хлопчатобумажные и шерстяные очесы и т. п.). На фиг. 59 представлен генеральный план больничного городка



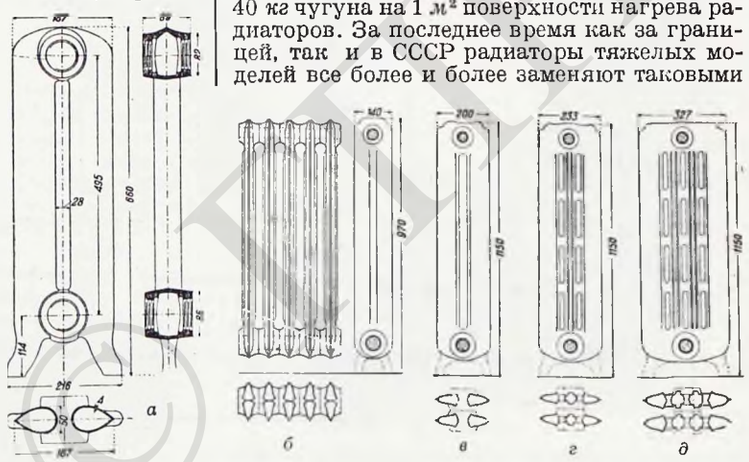
Фиг. 61.

Швабинг (Мюнхен), где *а*—городская электростанция, *б*—здание прачечной и дезинфекционной, *в*—центральная регулировочная станция, *г*—больничные здания, *д*—кухня и *е*—баня. На фиг. 60 изображена центральная станция городка Швабинг, где *а*—центральная регулировочная станция, *б* — циркуляционные насосы для горячего водоснабжения, *в*—конденсационные баки, *г*—канал от теплоэлектроцентрали, *д*—распределительный канал, *е*—главный распределительный канал для теплопроводов. На фиг. 61 дана центральная станция районного насосного (водяного) О. зданий, на фиг. 62 дана схема отопительной централи, где *1*—охладитель конденсата большой емкости, *2*—пароводяные подогреватели сист. Шухова, *3*—грязевик, *4*—конденсационные горшки, *5*—сборный конденсационный бак, *6*—циркуляционные центробежные насосы, *7*—центробежный насос для перекачки конденсата, *8*—парораспределитель, *9*—водораспределитель-смеситель горячей воды, *10*—водосборник обратной отопительной воды.



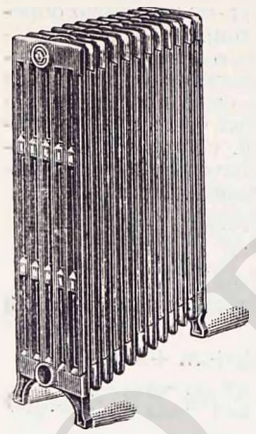
Фиг. 62.

V. Отопительные приборы и трубопроводы. Отопительные приборы. В качестве отопительных приборов паровых и водяных систем О. применяют главн. образом гладкие железные и чугунные ребристые трубы и чугунные радиаторы, причем наиболее целесообразными и гигиеничными являются гладкие трубы и гладкие чугунные радиаторы. Гладкие железные и чугунные ребристые трубы применяются обычно для О. фабрично-заводских производственных помещений, тогда как гладкие радиаторы—для О. общественных, жилых и конторских помещений. Наиболее целесообразной является установка отопительных приборов вдоль наружных стен под окнами, причем, чем ниже устанавливаются отопительные приборы, тем сравнительно лучше их отопительный эффект и равномернее распределяются температуры внутреннего воздуха отапливаемых помещений по вертикали. В фабрично-заводских корпусах, имеющих верхний свет, во избежание холодных токов от световых фонарей вниз, следует устанавливать отопительные приборы в виде гладких железных труб непосредственно под световыми фонарями. В СССР наиболее употребительными являются двухколонные радиаторы с промежутками между секциями в 30 и 50 *мм* и строительной длиной секций в 80 и 100 *мм*, при высоте секций от 435 до 1 185 *мм*. Однако эти модели радиаторов являются слишком тяжелыми, требующими примерно 40 *кг* чугуна на 1 *м*² поверхности нагрева радиаторов. За последнее время как за границей, так и в СССР радиаторы тяжелых моделей все более и более заменяют таковыми



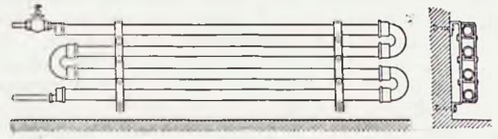
Фиг. 63.

легких моделей. На фиг. 63 *а*—общий вид и разрез секции двухколонного радиатора тяжелой модели, тогда как на фиг. 63 *б*, *в*, *г* и *д* даны более легкие модели радиаторов. На фиг. 64 показан общий вид шестиколонного радиатора «Classic», наиболее легкой модели фирмы Национального общества радиаторов в Берлине, с весом в 28—30 *кг* на 1 *м*² поверхности нагрева, причем рабочее давление этих радиаторов достигает 10—12 *atm*, что особенно важно для теплофикационных установок.


Фиг. 64.

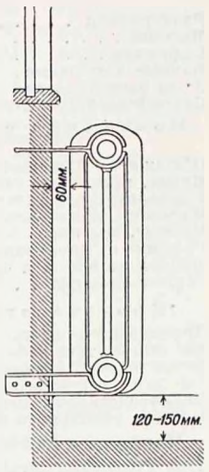
Кроме облегченных моделей чугунных радиаторов за границей начинают применять также штампованные железные радиаторы, вполне конкурирующие с первыми как по весу, так и по прочности. На фиг. 65 изображен отопительный прибор из гладких труб, а на фиг. 66 представлена чугунная ребристая труба. Наиболее целесообразным способом установки радиаторов является укрепление их на консолях, примерно на расстоянии 50—60 *мм* от стен и 120—150 *мм* от пола, как это указано на фиг. 67. Таким же образом монтируются и гладкие железные и ребристые чугунные трубы.

Трубопроводы. Для канализации теплоносителей отопительных установок (пара и горячей воды) применяют железные трубы—газовые, дымогарные сварные и цельнотянутые, причем газовые трубы примерно до диаметров в 2—2½″, тогда как дымогарные сварные и цельнотянутые от 3″ и выше. Для соединений дымогарных и цельнотянутых труб как при транспорте пара, так и горячей воды применялись раньше фланцевые соединения и чугунные фасонные части, однако за последнее время как у нас в СССР, так в особенности за границей старые типы фланцевых соединений почти полностью заменяются автогенной и электрической сваркой, а чугунные фасонные части—автогенносваренными соединительными частями, причем фланцевые соединения обычного типа применяют только для соединения труб с запорными задвижками и вентилями, а также другой трубопроводной аппаратурой в виде компенсаторов, водоотделителей и т. п.


Фиг. 65.


Фиг. 66.

VI. Расчет отопительных установок. 1. Расчет тепловых потерь отапливаемых зданий. Величина тепловых потерь зависит от метеорологических условий данной местности и гл. обр. от *t*° наружного воздуха, от внутренних *t*° отапливаемых помещений и от теплотехнических свойств строительных материалов и конструкций внешних ограждений отапливаемых зданий. В качестве расчетных минимальных *t*° наружного воздуха принимают средние годовые минимумы данной местности. Расчетные разности *t*° для определения тепловых потерь через строительные конструкции, разделяющие отапливаемые и неотапливаемые помещения и пространства, берут следующие: а) для полов, расположенных под подпольями, не углубленными в землю, или под неотапливаемыми подвалами, имеющими окна,—в 50%, а для полов, расположенных над подвалами, не имеющими окон,—в 40% от максимальных расчетных разностей *t*°, принятых для наружных ограждений; б) для потолков верхних этажей, над к-рыми расположены неотапливаемые чердачные помещения,—в 80% от максимальн. расчетных разностей *t*°. Указанные выше расчетные разности *t*° следует принимать независимо от прокладки в подпольях или на чердаках распределительных сетей центральных систем О. Внутренние *t*° отапливаемых помещений, соответствующие наиболее благоприятным (экономичным) условиям теплообмена между человеческим организмом и окружающей средой при деятельности людей, соответствующей назначению этих помещений, таковы:



Фиг. 67.

Жилые помещения	18—20°
Внутренние коридоры	18°
Кухни без учета тепла, выделяемого кухонными очагами	15°
Уборные	18°
Ванные комнаты	22°
Внутренние лестницы	18°
Лестничные клетки, непосредственно соединенные с наружным воздухом и отапливаемыми помещениями	12°
Черные лестницы	10°
Больницы, клиники, санатории и т. п.	
Больничные палаты для взрослых	20°
» » » детей	22°
Операционные	По указанию ответственного врачебного персонала
Помещения специального назначения (родильные, перевязочные и т. п.)	
Служебные помещения	18—20°
Ванные	25°
Уборные	20°
Внутренние лестницы и коридоры	20°
Запасные лестничные клетки	15°
Учебные заведения, учреждения, клубы, театры, кино и т. п.	
Классные комнаты, кабинеты и рабочие помещения для умственного труда	18—20°
Аудитории до занятия слушателями	16—18°
Спортивные залы	15°
Служебные помещения и комнаты для преподавателей	18—20°

Общие залы, внутр. лестницы и коридоры	16—18°
Душевые	22°
Уборные	15°
Зрительные залы театров и клубов до начала открытия	16—18°
Фойе, буфеты и курительные комнаты	16—18°
Служебные помещения и уборные артистов	18—20°
Помещения кино, предназначенные для зрителей, как то: зрительные залы, фойе, буфеты, курительные, уборные и уборные для театров и клубов	15°
Служебные помещения при кино	16—18°
Лестничные клетки, непосредственно сообщающиеся с наружным воздухом и отапливаемыми помещениями	12°
Бани	
Раздевальни	25°
Мыльни	30°
Парильни	40°
Ванные и душевые	25°
Залы бассейнов для плавания	23—25°
Служебные помещения, уборные и т. п.	20°
Помещения специального назначения	
Общежития для красноармейцев	18°
Музеи, картинные галлереи и т. п.	18°
Универсальные магазины	15°
Магазины колониальных товаров	15°
Мясные, зеленные, молочные и т. п.	5°
Гаражи с производственными процессами (осмотр, мойка и т. п.)	10°
Гаражи-стоянки	5°
Производственные помещения	
Производственные помещения, предназначенные для легкой работы	18—20°
Производственные помещения, предназначенные для умеренного физич. труда	15—18°
Производственные помещения, предназначенные для усиленного физич. труда	12—15°

Часовое количество тепла, передаваемое при установившемся тепловом состоянии от внутреннего теплого воздуха отапливаемых помещений наружному (холодному) воздуху через внешнее ограждение этих помещений, определяется по ф-ле Ньютона:

$$Q = k \cdot F \cdot (t_{в.} - t_{н.})\ \text{Cal/час}, \qquad (1)$$

где Q—часовое количество тепла в Cal, теряемое отапливаемым помещением через наружное ограждение при данной разности температур внутреннего ($t_{в.}$) и наружного ($t_{н.}$) воздуха в °C; k—коэфициент теплопередачи наружн. ограждений в Cal/$м^2$ °C час; F—поверхность внешних ограждений в $м^2$, через к-рую происходит передача (потеря) тепла. С другой стороны, коэфициент теплопередачи k определяется из следующего уравнения:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{a_{в.}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + R'_{в.} + R''_{в.} + \ldots + \frac{1}{a_{н.}} = \frac{1}{a_{в.}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \sum R_{в.} + \frac{1}{a_{н.}}\ м^2\,°\text{C час/Cal}, \qquad (2)$$

откуда

$$k = \frac{1}{\frac{1}{a_{в.}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \sum R_{в.} + \frac{1}{a_{н.}}}\ \text{Cal/}м^2\,°\text{C час}. \qquad (3)$$

В ур-ниях (2) и (3): k—коэф. теплопередачи наружных ограждений отапливаемых зданий; a—коэф. теплоперехода от внутреннего воздуха к внутренней поверхности наружного ограждения в Cal/$м^2$ °C час; $a_{н.}$—коэф. теплоперехода от внешней поверхности наружного ограждения зданий к наружному воздуху; $\delta_1, \delta_2, \ldots, \delta_n$—толщина однородных слоев строительной конструкции наружных ограждений в $м$; $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$—коэф. теплопроводности соответствующих отдельных слоев строительных конструкций наружных ограждений в Cal $м/м^2$ °C час; $R'_{в.}$, $R''_{в.}, \ldots$—сопротивления теплопроницанию воздушных прослоек в $м^2$ °C час/Cal. Физич. сущность левой части ур-ия (2) можно определить как суммарное сопротивление теплопередаче от внутреннего (теплого) воздуха наружному (холодному) воздуху через наружные ограждения отапливаемых помещений, тогда как правая часть представляет собою сумму термич. сопротивлений отдельных элементов строительных конструкций наружных ограждений. Принимая

$$\frac{1}{k} = R_{сум.},\ \frac{1}{a_{в.}} = r_{в.},\ \frac{1}{a_{н.}} = r_{н.},\ \frac{\delta_1}{\lambda_1} = R_1,\ \frac{\delta_2}{\lambda_2} = R_2, \ldots, \frac{\delta_n}{\lambda_n} = R_n$$

и вставляя новые обозначения в ур-ия (2) и (3), получим:

$$\frac{1}{k} = R_{сум.} = r_{в.} + R_1 + R_2 + \ldots + R_n + R'_{в.} + R''_{в.} + \ldots + r_{н.} = r_{в.} + \sum R + \sum R_{в.} + r_{н.}; \qquad (4)$$

или

$$k = \frac{1}{R_{сум.}} = \frac{1}{r_{в.} + \sum R + \sum R_{в.} + r_{н.}}, \qquad (5)$$

где $R_{сум.}$—суммарное сопротивление теплопередаче от внутреннего воздуха наружному через наружные ограждения; $r_{в.}$—сопротивление теплопереходу от внутреннего воздуха к внутренней поверхности наружного ограждения; $r_{н.}$—сопротивление теплопереходу от наружной поверхности наружных ограждений к наружному воздуху; R_1, R_2 — сопротивления теплопроницанию отдельных твердых однородных слоев строительных конструкций наружных ограждений; $R'_{в.}$, $R''_{в.}$—сопротивления теплопроницанию воздушных прослоек. Коэф-ты теплопроводности λ строительных материалов см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 141—153. Сопротивление теплопроницанию воздушных прослоек в строительных конструкциях дано по опытам Нуссельта в табл. 5; при пользовании таблицей следует иметь в виду, что она применима лишь к изолированным друг от друга воздушным прослойкам высотою не более 1 $м$.

Табл. 5.—Сопротивление теплопроницанию воздушных прослоек.

Толщина воздушной прослойки в см	Вертик. и гориз. воздушные прослойки с потоком тепла снизу вверх $R_{в.}$	Горизонт. воздушные прослойки с потоком тепла сверху вниз $R_{в.}$
До 1	0,14	0,17
» 2	0,16	0,19
» 3	0,17	0,21
» 4	0,18	0,22
» 8	0,20	0,23
» 15	0,22	0,24

Передача тепла от поверхности твердых стенок к воздуху и обратно осуществляется обычно с помощью теплопроводности воздуха, конвекции и лучеиспускания твердых стенок; коэф. теплоперехода от внутреннего (теплого) воздуха к внутренней поверхности наружных стен и от наружных поверхностей последних к наружному воздуху можно выразить ф-лой:

$$a = a_{к.} + a_{л.}, \qquad (6)$$

где a—коэфициент теплоперехода от воздуха к поверхности твердой стенки и обратно

в Cal/$м^2$ °C час; $a_{к.}$—коэф. теплоперехода от воздуха к поверхности твердой стенки и обратно, обусловленный теплопроводностью воздуха и конвекцией; $a_{л.}$—коэф. теплоперехода от более теплых поверхностей твердых стенок к более холодным, обусловленный лучеиспусканием. На основании теоретич. выводов Лоренца и опытных данных Нуссельта коэф-т $a_{к.}$ можно выразить следующими ф-лами. 1) Для вертикальных наружных ограждений: а) при разности $t°$ внутренних поверхностей наружных ограждений и окружающего внутреннего (теплого) воздуха до 5° в отапливаемых помещениях

$$a_{к.} = 3{,}0 + 0{,}08\,\Delta t; \qquad (7)$$

б) при тех же разностях $t°$ в неотапливаемых помещениях

$$a_{к.} = 2{,}2\sqrt[4]{\Delta t}; \qquad (8)$$

в) при разностях $t°$ внутренних поверхностей ограждений и окружающего внутреннего воздуха свыше 5° в отапливаемых и неотапливаемых помещениях

$$a_{к.} = 2{,}2\sqrt[4]{\Delta t}. \qquad (9)$$

2) Для горизонтальных наружных ограждений: а) При тепловом потоке снизу вверх в отапливаемых и неотапливаемых помещениях (по опытам K. Hencky)

$$a_{к.} = 2{,}8\sqrt[4]{\Delta t}; \qquad (10)$$

б) при тепловом потоке сверху вниз в неотапливаемых помещениях

$$a_{к.} = 0. \qquad (11)$$

В приведенных выше ф-лах (7)—(10) Δt означает разность $t°$ внутренней поверхности наружного ограждения и окружающего внутреннего воздуха. Коэф. $a_{л.}$, обусловливаемый обменом лучистой теплотой теплых и холодных поверхностей, с достаточной для технич. целей точностью можно выразить несколько модифицированной формулой Стефан-Больцмана

$$a_{л.} = \frac{C_{л.}\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right]}{T_1 - T_2}, \qquad (12)$$

где $C_{л.}$—коэф-т обмена лучистой теплотой между отдающими и воспринимающими тепло поверхностями в Cal/$м^2$(°C)^4 час. Для данного случая его можно принять приближенно равным коэфициентам лучеиспускания C поверхностей различных материалов, приведенным в табл. 6; T_1—абсолютная темп-ра теплоотдающих поверхностей, равная для внутренних помещений абсолютной температуре внутреннего воздуха ($T_1 = 273° + t°_{в.}$), а для наружной поверхности ограждений—абсолютной поверхностной температуре последних ($T_1 = 273° + t°_{ст.}$); T_2—абсолютная темп-ра тепловоспринимающей поверхности, равной для внутренних помещений абсолютной температуре внутренних поверхностей наружных ограждений ($T_2 = 273° + t°_{ст.}$), а для наружной тепловоспринимающей среды—абсолютной темп-ре наружного воздуха ($T_2 = 273° + t°_{н.}$). Обозначая $t°$-ный коэф. $\frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{T_1 - T_2}$ через τ и вставляя это новое обозначение в ур-ие (12), получим:

$$a_{л.} = \tau \cdot C. \qquad (13)$$

Но так как $t°$, с которыми приходится иметь дело при расчетах тепловых потерь внешними ограждениями отапливаемых зданий, невысоки, а разности их незначительны, то $t°$-ный коэф-т

$$\tau = \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{T_1 - T_2}$$

в уравнениях (12) и (13) получается весьма близким к единице и м. б. опущен, и тогда

$$a_{л.} = C. \qquad (14)$$

Т. о. коэф-т теплоперехода, обусловливаемый лучеиспусканием, м. б. принят равным коэф-ту лучеиспускания теплоотдающих поверхностей.

Табл. 6.—Коэфициент лучеиспускания поверхностей строительных материалов (по Шмидту).

Наименование материалов	Род излучающей поверхности	Коэф. лучеиспускания: в % от лучеиспуск. абсолютно черного тела	Коэф. лучеиспускания: абсолютные значен. коэф. лучеиспуск. Cal/$м^2$ (°C)^4 ч.
Абсолютно черное тело	—	100,0	4,96
Латунь	Шероховатая, непосредственно из-под прокатного стана	6,9	0,34
Медь	Полированная	4,0	0,20
Алюминий листовой	Шероховатая	7,1	0,35
Алюминиевый лак	Гладкая, блестящая	40,0	1,98
» »	Полированная и никелированная	5,8	0,29
Железо листовое	Луженая блестящая	5,7	0,28
» »	Луженая матовая	8,2	0,41
» »	Оцинкованная старая	27,6	1,37
» »	Покрытая ржавчиной	68,5	3,40
Сталь листовая	Покрытая плотным блестящим окисленным слоем	81,9	4,06
Чугун	Гладкая, но не обработанная	80,2	3,98
»	Шероховатая необработанная	81,9	4,06
Белая эмаль на железе	Гладкая и блестящая	89,7	4,45
Лаковые краски (среднее для различных цветов)	Гладкая и блестящая	87,7	4,35
Гипс	Гладкая	90,3	4,48
Дубовое дерево	Строганная	89,5	4,44
Резина серая мягкая	Шероховатая	85,9	4,26
Асбестовый шифер	Шероховатая	96,0	4,76
Кирпич красный	Гладкая	93,0	4,61
Фарфор	Глазурованная	92,4	4,58
Стекло	Гладкая	93,7	4,65
Толь	Шероховатая	91,0	4,52
Мрамор светло-серый	Полированная	93,1	4,62
Кварц (плавленый)	Гладкая	93,0	4,61
Бумага белая	Матовая	94,4	4,68

Обобщая все сказанное, получим следующие ф-лы для коэфициентов теплоперехода от внутреннего воздуха к внутренним по-

Табл. 7.—Коэфициенты теплопередачи строительных конструкций.

Наименование конструкции	Толщина конструкций без оштукатурки и отепления в *см*					
	20	30	40	50	60	70
Железобетон как наружная стена	2,50	2,10	1,85	1,60	1,45	1,30
То же с внутренним отеплением легким шлакобетоном (γ=800 *кг/м³*) при толщине отеплительного слоя:						
10 *см*	1,60	1,40	1,25	1,15	1,05	1,00
20 *см*	1,15	1,05	0,95	0,90	0,85	0,80
30 *см*	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
Набивной бетон с каменным щебнем (галькой) как наружная стена	2,35	1,95	1,65	1,45	1,30	1,20
То же с внутренним отеплением легким шлакобетоном (γ=800 *кг/м³*) при толщине отеплительного слоя:						
10 *см*	1,50	1,30	1,20	1,05	1,00	0,90
20 *см*	1,10	1,00	0,90	0,85	0,80	0,75
30 *см*	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
То же как внутренняя стена	2,10	1,75	1,50	1,30	—	—
Набивной бетон с кирпичным щебнем как наружная стена	2,25	1,85	1,55	1,35	1,20	1,10
То же с внутр. отеплением легким бетоном (γ=800 *кг/м³*) при толщине отеплительного слоя:						
10 *см*	1,45	1,25	1,10	1,00	0,90	0,85
20 *см*	1,05	0,95	0,90	0,80	0,75	0,70
30 *см*	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
То же как внутренняя стена	2,00	1,65	1,40	1,20	1,10	—
Шлакобетон набивной как наружная стена (γ=1 250 *кг/м³*)	1,65	1,30	1,05	0,90	0,75	—
То же как внутренняя стена	1,45	1,15	0,95	0,80	—	—
Кладка из шлакобет. пустотелых кирпичей (γ=1 250 *кг/м³*) как наружная стена	1,55	1,20	1,00	0,80	0,70	—
То же как внутренняя стена	1,35	1,10	0,90	0,75	—	—
Легкий набивной шлакобетон (γ=800 *кг/м³*) как наружная стена	1,45	1,10	0,90	0,75	0,65	—
То же как внутренняя стена	1,20	0,95	0,75	0,65	—	—
Кладка из легких пустотелых шлакобетонных кирпичей (γ=800 *кг/м³*) как наружная стена	1,35	1,00	0,70	0,70	0,60	—
То же как внутренняя стена	1,10	0,85	0,70	0,60	—	—

Наименование конструкции	Коэф.
Стена конструкции Герарда из кирпичной кладки толщиной в 2×12 *см* при толщине воздушной прослойки, засыпаемой шлаками:	
12 *см*	0,75
18 *см*	0,60
Железобет. междуэтажные перекрытия толщиной 10—20 *см* со шлаковой насыпкой в 10 *см* толщины и деревянным половым настилом по деревянным брусьям:	
как пол	0,60
как потолок	0,65
Железобет. перекрытия под чердаками толщиной в 10—20 *см* при толщине шлаковой насыпки:	
10 *см*	1,05
20 *см*	0,65
Железобет. перекрытия под чердаками с утеплением торфяными плитами при толщине плиты:	
3 *см*	1,20
4 *см*	1,00
5 *см*	0,95
То же со шлаковой насыпкой по торфяным плитам в 10 *см* толщины при толщине плит:	
3 *см*	0,65
4 *см*	0,57
5 *см*	0,50
Ординарные окна с деревянными рамами	5,00
Двойное остекление в одной деревянной раме	3,50
Двойные окна	2,30
Наружные двойные деревянные двери	3,00

Кирпичная кладка из красного кирпича при толщине конструкции (без оштукатурки и отепления) в 25; 38; 51; 64; 77; 90 *см* имеет коэф-ты теплопередачи соответственно: 1,75; 1,30; 1,10; 0,90; 0,76; 0,67—для наружной стены и 1,35; 1,05; 0,85; 0,75—для первых четырех размеров внутрен. стены.

верхностям внешних ограждений и обратно, обусловленные теплопроводностью воздуха, конвекцией и лучеиспусканием поверхностей ограждений:

1) Вертикальные ограждения:

а) $$\alpha_{в.} = 3{,}0 + 0{,}08\,\Delta t + C \qquad (15)$$

при $\Delta t \leq 5{,}0°$;

б) $$\alpha_{в.} = 2{,}2\sqrt[4]{\Delta t} + C \qquad (16)$$

при $\Delta t > 5°$.

2) Горизонтальные поверхности:

а) $$\alpha_{в.} = 2{,}8\sqrt[4]{\Delta t} + C \qquad (17)$$

при тепловом потоке снизу вверх;

б) $$\alpha_{в.} = C \qquad (18)$$

при тепловом потоке сверху вниз. Наконец значение коэф-тов теплоперехода от внешних поверхностей наружных ограждений отапливаемых помещений м. б. определено из ур-ия (6):

$$\alpha_{н.} = \alpha_{к.} + \alpha_{л.}.$$

По опытам Jurges'а можно принять:

а) $$\alpha_{к.} = 5{,}3 + 3{,}6\,w \qquad (19)$$

при $w \leq 5{,}0$ *м/сек*;

б) $$\alpha_{к.} = 6{,}47\,w^{0{,}78} \qquad (20)$$

при $w > 5{,}0$ *м/сек*.

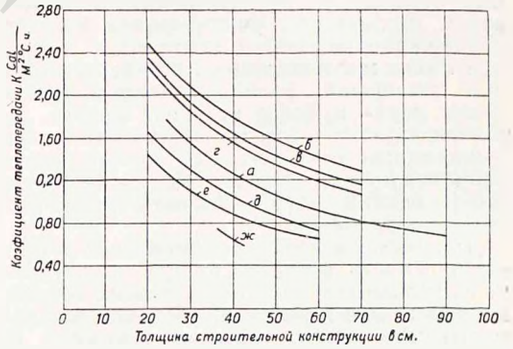
В ур-иях (19) и (20) w означает скорость движения воздуха (ветра) в *м/сек*. С другой стороны, $\alpha_{л}$ определяется по формулам (12), (13) и (14). Обобщая приведенные выше уравнения и ур-ия (19) и (20), получим следующие формулы для определения коэфициентов теплоперехода от внешних поверхностей наружных ограждений к внешнему воздуху и обратно, обусловливаемый теплопроводностью воздуха, конвекцией и лучеиспусканием теплоотдающих поверхностей:

а) $$\alpha_{н.} = 5{,}3 + 3{,}6\,w + C \qquad (21)$$

при $w \leq 5{,}0$ *м/сек*;

б) $$\alpha_{н.} = 6{,}6\,w^{0{,}78} + C \qquad (22)$$

при $w > 5{,}0$ *м/сек*. Принимая коэф. лучеиспускания C поверхностей ограждений, состоящих из обычных строительных материалов (кирпича, камня, бетона, дерева и т. п.), в 4,4 Cal/*м²* (°C)⁴ час, метеорологические условия средних поясов СССР и нормальный установившийся тепловой режим отапливаемых зданий, с помощью формул (15)—(18) и (21)—(22) получим следующие числовые значения коэф-тов теплоперехода. 1) Для внутренних поверхностей: а) $\alpha_{в.}$= 7,5—для вертикальных наружных ограждений и перекрытий под чердаками в отапливаемых помещениях; б) $\alpha_{в.}$= 7,0—для вертикальных и горизонтальных внутренних стен и междуэтажных перекрытий в отапливаемых помещениях; в) $\alpha_{в.}$ = 9,0—для двойных окон в отапливаемых помещениях; г) $\alpha_{в.}$= 5,0—для поверхностей в неотапливаемых помещениях. 2) Для внешних поверхностей: а) $\alpha_{н.}$= 20,0—для наружных ограждений отапливаемых зданий, расположенных в открытых сельских местностях или на городских окраинах, где средние скорости ветра можно принять ок. 3 *м/сек*; б) $\alpha_{н.}$=15,0—для наружных ограждений отапливаемых зданий, расположенных в центральных городских районах, где средние скорости ветра можно принять около 2 *м/сек*; в) $\alpha_{н.}$=10—для перекрытий под чердаками при средней скорости движения воздуха на чердаках около 1 *м/сек*; г) $\alpha_{н.}$=5,0—для внутренних поверхностей стен неотапливаемых помещений, граничащих с отапливаемыми. В табл. 7 даны коэфициенты теплопередачи k для некоторых, наиболее употребляемых в практике строительных конструкций, рассчитанные с помощью формул (2) и (3) и приведенных выше числовых данных. На фиг. 68 дана диа-



Фиг. 68.

грамма зависимости коэфициента теплопередачи k от толщины наружных ограждений строительных конструкций, где *а*—кирпичная кладка, *б*—железобетон, *в*—бетон набивной с каменным щебнем (галька), *г*—бетон набивной с кирпичным щебнем, *д*—шлакобетон набивной, γ = 1 250 *кг/м³*, *е*—шлакобетон набивной, γ = 800 *кг/м³*, и наконец *ж*—стена Герарда.

При определении теплопотерь отапливаемых помещений в расчет принимают следующие обмеры теплоотдающих поверхностей: 1) окон и наружных дверей—по строительным проемам в их наибольшем измерении; 2) наружных стен: а) высоту стен от пола данного этажа до верха пола вышележащего или до верха засыпки на чердаке; для первых этажей в измерение высоты стен включается также и толщина конструкции пола этих этажей; б) длину стен для угловых помещений—от внешних плоскостей углов до осевых линий внутренних стен или перегородок; в) длину стен для средних помещений—от осевой линии одной внутренней стены до осевой линии другой; 3) полов и потолков—длину и ширину—от внутренних поверхностей наружных стен до осевых линий внутренних стен.

В виду невозможности расчетным путем определить влияние нек-рых метеорологических и других факторов на величину тепловых потерь отапливаемых зданий, влияние это учитывается с помощью особых, установленных практикой добавок, выражаемых в % от тепловых потерь, рассчитанных по ф-ле:

$$Q = k \cdot F\,(t_{в.} - t_{н.})\ \text{Cal/час}.$$

Обычно принимаются следующие добавки. а) Добавки, учитывающие расположение наружных ограждений отапливаемых зданий (стен, окон, наклонных крыш) по отношению к странам света, берутся в след. размерах:

© ЦНТБ

Расположение наружных ограждений по отношению к странам света	Размер добавок в % от нормально рассчитанных тепловых потерь
На С. и С.-В.	10
» С.-З. и В.	8
» Ю.-В. и З.	5
» Ю. и Ю.-З.	0

б) Добавки, учитывающие влияние ветра при открытом расположении отапливаемых зданий, принимают в 10% от нормально рассчитанных тепловых потерь наружными ограждениями, включая и предыдущие добавки, независимо от расположения наружных ограждений по отношению к странам света. в) Добавки, учитывающие влияние усиленной естественной вентиляции в нижнем этаже многоэтажных зданий; при этом для помещений, расположенных в первом этаже двух- и более этажных зданий, делается добавка в 5% на всю рассчитанную теплопотерю отапливаемых зданий, включая и все прочие добавки. Расчеты тепловых потерь зданий ведутся обычно в форме расчетных ведомостей.

Для всякого рода приближенных и ориентировочных расчетов иногда пользуются т. н. тепловыми характеристиками отапливаемых зданий, разумея под ними часовое количество тепла, теряемое зданиями на 1 $м^3$ внешней кубатуры, при данных максимальных расчетных разностях темп-ры внутреннего и внешнего воздуха или же на 1° разности этих $t°$. Тепловые характеристики зданий зависят как от типа, так и от конфигурации, этажности, освещенности их и т. д. Однако приближенно и ориентировочно тепловую характеристику жилых, общественных, конторских и т. п. зданий можно представить как функцию наружного объема этих зданий. На основании проектного и эксплоатационного статистического материала часовые тепловые потери новых жилых, общественных, конторских и т. п. зданий, имеющих кирпичные наружные стены в $2^1/_2$ кирпича и двойные окна, на 1° разности темп-р внутреннего и наружного воздуха можно ориентировочно принять равными:

$$q_0 = \frac{1,6}{V_{нар.}^{0,167}} \text{ Cal}/м^3 \text{ час}; \quad (23)$$

$V_{нар.}$—наружн. объем отапливаемых зданий.

В табл. 8 даны числовые величины тепловых характеристик зданий в зависимости от наружной кубатуры последних, вычисленных по ф-ле (23).

Табл. 8.—Тепловые характеристики зданий.

Внешняя кубатура отапливаемых зданий, $м^3$	При максимальной расчетной разнице $t°$ в 50°, Cal/$м^3$ час	При разности $t°$ в 1°, Cal/$м^3$ час
1 000	25	0,50
5 000	20	0,40
10 000	17	0,34
20 000	15	0,30
30 000	14	0,28
50 000	13	0,26

2. Расчет поверхности нагрева отопительных печей. Поверхности нагрева кирпичных отопительных печей средней и большой теплоемкости рассчитываются примерно на 60% максимальной расчетной часовой потери тепла отапливаемых помещений, имея в виду, что при минимальных $t°$ наружного воздуха печь будет топиться два раза в сутки. Поверхность нагрева печи $F_{п.}$ определяется по ф-ле:

$$F_{п.} = \frac{0,6 \cdot Q_{max}^{час.}}{q} \; м^2, \quad (24)$$

где $F_{п.}$—наружная поверхность нагрева печи в $м^2$; $Q_{max}^{час.}$—часовые максимальные потери тепла отапливаемым помещением в Cal, рассчитанные указанным выше способом; q—средняя часовая за сутки теплоотдача 1 $м^2$ наружной поверхности печи в Cal. Средняя часовая за сутки теплоотдача 1 $м^2$ кирпичных печей средней и большой теплоемкости типа Всесоюзного теплотехнического института, при условии, что максимальные поверхностные $t°$ печей не будут превышать 100°, дана в табл. 9.

Табл. 9.—Теплоотдача наружной поверхности нагрева кирпичных отопительных печей.

Типы печей	Средняя часовая за сутки теплоотдача 1 $м^2$ наружной поверхности нагрева печи в Cal
Кирпичные печи большой теплоемкости для отопления антрацитом (продолжительность топки 6—8 ч.)	350
То же средней теплоемкости .	300
Кирпичные печи большой теплоемкости для отопления дровами, торфом и т. п. (продолжительность топки 1—1,5 ч.) .	250
То же средней теплоемкости .	200

3. Расчет поверхности нагрева отопительных приборов для центральных систем О. Поверхность нагрева отопительных приборов рассчитывается по ф-ле:

$$F_{пр.} = \frac{Q_{max}^{час.}}{k(t_{ср.пр.} - t_{в.})}, \quad (25)$$

где $F_{пр.}$—поверхность нагрева отопительных приборов в $м^2$; $Q_{max}^{час.}$—часовая потеря тепла отапливаемых помещений в Cal; она получается указанным выше способом расчета тепловых потерь отапливаемых зданий; k—коэфициент теплопередачи отопительн. приборов в Cal/$м^2$ °C час; $t_{ср.\ пр.}$ — средняя температура теплоносителя (воды или пара) в отопительных приборах; $t_{в.}$—принятая нормальная темп-ра отапливаемых помещений. Средние $t°$ теплоносителя определяются как средние арифметические его начальных и конечных $t°$. Для нормальных условий работы водяных систем О. жилых, конторских, общественных и т. п. зданий, $t°$ отопительной воды в подающем водоводе принимается в 90°, а $t°$ обратной воды в 70° и средняя $t°$ воды в отопительном приборе $\frac{90+70}{2} = 80°$. При паровом отоплении низкого давления средняя $t°$ пара в приборах принимается обычно равной 100°. Для парового О. высокого давления эти $t°$ принимаются в зависимости от рабочего давления пара в радиаторах. В качестве отопительных приборов

применяются следующие: 1) гладкие чугунные радиаторы, 2) чугунные ребристые трубы, 3) гладкие железные трубы и 4) для воздушных систем О.—пластинчатые воздухонагревательные приборы (калориферы).

1) Радиаторы. На основании опытов H. Rietschel'я коэф. теплопередачи чугунных гладких двухколонных радиаторов с расстоянием между секциями не менее 25 *мм* при водяном О. может быть выражен по L. Dietz'у следующей одночленной ф-лой (в Cal/$м^2$ °C час):

$$k = 1,6 \frac{(t_{ср.\ пр.} - t_{в.})^{0,4}}{n^{0,119}} \quad (26)$$

и при паровом О. несколько модифицированной ф-лой L. Dietz'а:

$$k = 1,7 \frac{(t_{ср.\ пр.} - t_{в.})^{0,4}}{n^{0,119}}, \quad (27)$$

где $t_{ср.\ пр.}$—средняя температура теплоносителя в радиаторе; $t_{в.}$—температура окружающего внутреннего воздуха (нормальная $t°$ помещения); n—количество секций радиатора. K. Thomas на основании своих опытов, проведенных им в Дармштадтской высшей технич. школе, дает для коэф-тов теплопередачи чугунных гладких радиаторов следующую более уточненную ф-лу:

$$k = \zeta \frac{d^{0,173}}{a^{0,346} \cdot h^{0,125}} (t_{ср.пр.} - t_{в.})^{0,368} + C\tau\varphi, \quad (28)$$

где ζ—константа, равная по Thomas'у: а) для двухколонных радиаторов—0,572, б) для трех- и более колонных радиаторов—0,564; d—расстояние между секциями радиаторов в *м*; a—толщина секций радиаторов в *м*; h—полная высота радиаторов без ножек в *м*; C—коэф. лучеиспускания чугунной поверхности радиаторов, равный 4,48 Cal/$м^2$(°C)^4 час; τ—температурный коэф., равный

$$\tau = \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{T_1 - T_2},$$

где T_1—средняя абсолютная поверхностная темп-ра радиаторов, принимаемая равной средней абсолютной темп-ре теплоносителя в отопительном приборе, и T_2—абсолютная темп-ра окружающего воздуха (темп-ра внутреннего воздуха помещения); φ—угловой коэф., учитывающий на основании закона Ламберта влияние пространственных угловых соотношений лучеиспускающих поверхностей на величину обмена лучистой теплотой последних; по B. Нуссельту он равен:

$$\varphi = 1 - \left(1 - \frac{c}{n}\right) \frac{\sqrt{\frac{d}{b}+1} - \frac{d}{b}}{\frac{a}{b}+1}, \quad (29)$$

где n—число секций радиатора, d—расстояние между секциями в *м*, b—строительная глубина радиатора в *м*, a—толщина каналов секций радиатора в *м*, c—константа, равная по Thomas'у: а) для двухколонных радиаторов—0,9, б) трех- и более колонных радиаторов—0,8. Для чугунных гладких, двухколонных типов радиаторов, применяющихся в СССР (модели «Гамма» и «Польза») при $d = 0,03$ *м*, $a = 0,05$ *м*, $b = 0,185$ *м*, ф-ла Thomas'а принимает вид:

$$k = 4,48\tau \left(1 - \frac{0,67n - 0,60}{n}\right) + 0,88 \frac{(t_{ср.пр.} - t_{в.})^{0,368}}{h^{0,125}}. \quad (28а)$$

Для водяного отопления при $t_{гор.} = 90°$, $t_{обр.} = 70°$

$$t_{ср.пр.} = \frac{90 + 70°}{2} = 80°,$$

$t_{в.} = 20°$, $t_{ср.пр.} - t_{в.} = 80° - 20° = 60°$, $\tau = 1,36$, ур-ие (28а) принимает вид:

$$k = 6,10 \left(1 - \frac{0,67n - 0,60}{n}\right) + \frac{4,0}{h^{0,125}}. \quad (28б)$$

Для парового отопления низкого давления при $t_{ср.пр.} = 100°$

$t_{в.} = 20°$, $t_{ср.пр.} - t_{в.} = 100° - 20° = 80°$, $\tau = 1,52$, ур-ие (28а) примет вид:

$$k = 6,8 \left(1 - \frac{0,67n - 0,60}{n}\right) + \frac{4,6}{h^{0,125}}. \quad (28в)$$

Для парового О. высокого давления ур-ие (28а) примет вид:

$$k = 7,5 \left(1 - \frac{0,67n - 0,60}{n}\right) + \frac{4,8}{h^{0,125}}. \quad (28г)$$

Наконец из приведенных выше ур-ий (28б), (28в) и (28г), при среднем числе секций радиаторов $n = 8$, получается: а) для водяного О. низкого давления:

$$k = 2,5 + \frac{4,0}{h^{0,125}}, \quad (28д)$$

б) для парового О. низкого давления

$$k = 2,8 + \frac{4,6}{h^{0,125}}, \quad (28е)$$

в) для парового О. высокого давления:

$$k = 3,15 + \frac{4,8}{h^{0,125}}. \quad (28ж)$$

2) Ребристые чугунные круглые трубы. На основании опытов H. Rietschel'я коэф-т теплопередачи горизонтальной чугунной круглой ребристой трубы с расстоянием между ребрами не менее 17 *мм* выражается следующей модифицированной ф-лой L. Dietz'а:

$$k = (t_{ср.пр.} - t_{в.})^{0,4}, \quad (30)$$

где $t_{ср.\ пр.}$—средняя температура теплоносителя (воды или пара) в ребристой трубе; $t_{в.}$—температура окружающего воздуха в помещении.

3) Гладкие железные горизонтальные трубы. Для одинарных свободно лежащих горизонтальных железных труб коэф. теплопередачи по B. Нуссельту:

$$k = 1,02 \sqrt[4]{\frac{t_{ср.пр.} - t_{в.}}{d}} + C\tau, \quad (31)$$

где $t_{ср.\ пр.}$—средняя темп-ра теплоносителя в трубе; $t_{в.}$—темп-ра воздуха в помещении; d—диаметр трубы в *м*; C—коэф. лучеиспускания поверхности железной трубы, равный 4,48 Cal/$м^2$ (°C)^4 час; τ—температурный коэфициент, равный

$$\tau = \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{T_1 - T_2},$$

где T_1—средняя абсолютная температура поверхности трубы, принимаемой равной средней абсолютной температуре теплоносителя в трубе, и T_2—абсолютная темп-ра окружающего внутреннего воздуха. Первый член ур-ия (31) учитывает теплоотдачу горизонтальной трубы, обусловленную теплопроводностью и конвекционными токами воздуха, тогда как второй—теплоотдачу, обусловленную лучеиспусканием поверхности трубы. Для водяного О. при $t_{ср.\ пр.} = 80°$,

$t_{в.} = 20°$, $t_{ср.\,пр.} - t_{в.} = 80° - 20° = 60°$, $\tau = 1{,}36$ ур-ие (31) примет вид:

$$k = \frac{2{,}2}{d^{0{,}25}} + 6{,}1. \qquad (31а)$$

Для парового О. низкого давления при $t_{ср.пр.} = 100°$, $t_{в.} = 20°$, $t_{ср.пр.} - t_{в.} = 100° - 20° = 80°$, $\tau = 1{,}52$

$$k = \frac{2{,}10}{d^{0{,}25}} + 6{,}8. \qquad (31б)$$

Для парового О. высокого давления при $t_{ср.пр.} = 120°$, $t_{в.} = 20°$, $t_{ср.пр.} - t_{в.} = 120° - 20° = 100°$, $\tau = 1{,}67$

$$k = \frac{3{,}2}{d^{0{,}25}} + 7{,}5. \qquad (31в)$$

При расположении нескольких горизонтальных труб одна над другой, коэф. теплопередачи их уменьшается по сравнению с таковым для одинарных труб примерно на 10—15%.

4) Вертикальные железные гладкие трубы. Коэф. теплопередачи вертикальных железных гладких труб различных диаметров определяется по следующей формуле, полученной на основании опытов W. Koch'a (Физико-техническая лаборатория Высшей технической школы в Мюнхене):

$$k = 1{,}5(t_{ср.\,пр.} - t_{в.})^{0{,}30} + C\tau, \qquad (32)$$

где $t_{ср.пр.}$—средняя темп-ра теплоносителя в трубе; $t_{в.}$—темп-ра воздуха в помещении; C—коэфициент лученспускания поверхности железной трубы, равный 4,48 Cal/$м^2$(°C)^4 час;

Табл. 10.—Коэфициенты теплопередачи отопительных приборов.

Наименование отопительных приборов	Для водяного отопления $t_{ср.\,пр.} = 80°$	Для парового отопления: низкого давления $t_{ср.\,пр.} = 100°$	Для парового отопления: высокого давления $t_{ср.\,пр.} = 120°$
Двухколонные радиаторы типа «Гамма» и «Польза»,— общая высота радиаторов (без ножек):			
435	7,00	7,90	8.50
535	6.85	7,80	8.35
585	6.75	7,70	8.25
785	6.60	7,55	8,10
985	6.50	7.40	8,00
1 185	6.35	7.30	7,85
Чугунные круглые ребристые трубы:			
а) одинарная горизонтальная труба	5,0	5,5	6,0
б) несколько горизонтальных труб одна над другой	4.5	5,0	5,5
Гладкие горизонтальные железные трубы:			
а) одинарные трубы наружного диам.:			
30—50 мм	11.5	13,0	14.0
60—70 »	11.0	12.5	13.5
80—100 »	10.5	12,0	13,0
свыше 100 мм	10,0	11,5	12,5
б) несколько труб одна над другой наружного диаметра:			
30—50 мм	10,0	11,0	12.0
60—70 »	9,5	10,5	11,5
80—100 »	9.0	10,0	11.0
свыше 100 мм	8,5	9,5	10,5
Гладкие вертикальные железные трубы для всех диаметров	11,0	12,0	13,0

τ—темп-рный коэф., значение к-рого дано в предыдущих ф-лах. В табл. 10 даны числовые значения коэф-тов теплопередачи отопительных приборов, вычисленных по приведенным выше ф-лам.

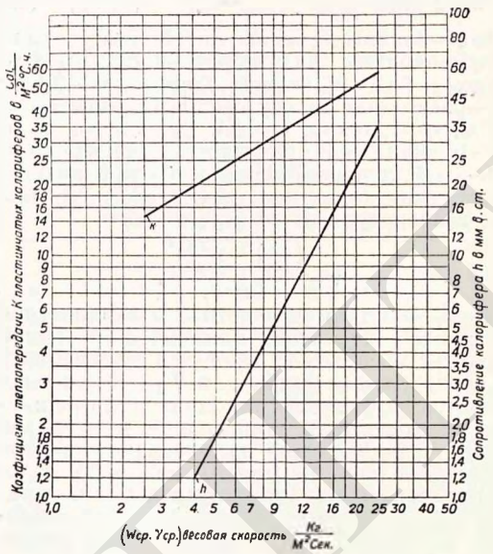
5) Пластинчатые калориферы. Коэф-ты теплопередачи приготовляемых в СССР типов пластинчатых калориферов при О. их паром, при хорошем изготовлении и оцинковке калориферов по опытам лаборатории по отоплению и вентиляции Всесоюзного теплотехнич. ин-та выражаются следующей ф-лой:

$$k = 9\,(w_{ср.} \cdot \gamma_{ср.})^{0{,}64}, \qquad (33)$$

где $w_{ср.}$—средняя скорость воздуха между пластинами калорифера в $м/сек$; $\gamma_{ср.}$ — средний вес 1 $м^3$ нагреваемого в калорифере воздуха в $кг$, отнесенный к средним темп-рам воздуха в калорифере. При хорошей оцинковке коэф. теплопередачи калориферов не зависит от давления и $t°$ пара. Сопротивление калориферов h по тем же опытам выражается следующей ф-лой:

$$h = \frac{(w_{ср.} \cdot \gamma_{ср.})^{1{,}7}}{9{,}0}. \qquad (34)$$

Значения букв ф-лы (34) те же, что и предыдущей ф-лы (33). На фиг. 69 коэф. теплопередачи пластинчатых калориферов, а также сопротивление последних h изображены графически, в зависимости от весовой скорости между пластинами калорифера ($w \cdot \gamma$). При отоплении калориферов горячей водой коэф-ты теплопередачи последних снижаются примерно на 25—40% в зависимости от скоростей воздуха и воды. Относительно расчета и выбора вентиляторов см. *Вентиляторы* и *Вентиляция*.



Фиг. 69.

4. Расчет генераторов тепла. а) Расчет отопительных котлов—см. *Котлы паровые*. б) Расчет пароводяных и водоводяных подогревателей (бойлеров). Поверхность нагрева трубчатых водяных подогревателей определяется из уравнения (в $м^2$):

$$F_{под.} = \frac{\varphi Q^{час.}_{max}}{k \cdot \Delta t_{ср.}}, \qquad (35)$$

где $F_{под.}$—поверхность нагрева водяного подогревателя (бойлера) в $м^2$; φ—коэф., учитывающий тепловые потери бойлера в окружающую среду и равный примерно 1,02—1,05; $Q^{час.}_{max}$ — часовая максимальная теплопроизводительность подогревателя в Cal; k—коэфициент теплопередачи поверхности нагрева подогревателя в Cal/$м^2$ °C час; $\Delta t_{ср.}$— разность между средней $t°$ теплоотдающей среды и средней $t°$ подогреваемой воды. Для водяных подогревателей с металлич. (латунными) трубками при обогреве их паром, коэф. теплопередачи k по R. Mollier'у равен

$$k = 1\,700\sqrt[3]{w_{в.}}, \qquad (36)$$

где $w_{в.}$—скорость движения воды, омывающей стенки нагревательных трубок. При водоводяных подогревателях коэф. теплопередачи м. б. определен из известного ур-ия для k:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{в.}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{н.}}}, \qquad (2')$$

где $\alpha_{в.}$ и $\alpha_{н.}$—коэф-ты теплоперехода от горячей воды к стенкам нагревательных трубок и от стенок перегревательных трубок к подогреваемой воде в Cal/$м^2$ °C час. По R. Mollier'у

$$\alpha = 300 + 1\,800\sqrt{w_{в.}}, \qquad (37)$$

где $w_{в.}$—скорость воды, омывающей стенки нагревательных трубок в $м/сек$. Т. к. величина сопротивления теплопроницанию металлич. стенки нагревательных трубок $\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)$ весьма мала, то она без ущерба для точности расчета из ур-ия (2) м. б. опущена, тогда последнее принимает вид:

$$k = \frac{\alpha_{в.} \cdot \alpha_{н.}}{\alpha_{в.} + \alpha_{н.}}. \qquad (38)$$

Разность между средней $t°$ теплоотдающей среды (воды, пара) и средней $t°$ подогреваемой воды в подогревателе равна по Grashof'у:

$$\Delta t_{ср.} = \Delta t_{б.} \cdot \frac{1 - \frac{\Delta t_{м.}}{\Delta t_{б.}}}{\ln \frac{\Delta t_{б.}}{\Delta t_{м.}}}, \qquad (39)$$

где $\Delta t_{б.}$ — бо́льшая разность $t°$ между теплоотдающей средой и подогреваемой водой; $\Delta t_{м.}$—меньшая разность темп-р между теплоотдающей средой и подогреваемой водой; $\ln \frac{\Delta t_{б.}}{\Delta t_{м.}}$ — натуральный логарифм отношения большей разности $t°$ к меньшей. Ф-ла (39) применима как при параллельном потоке теплоотдающей среды и подогреваемой воды, так и при противотоке. Например вода подогревается в бойлере с 70° до 110° сухим насыщенным паром в 3 atm; $t'_н = 132{,}8°$; $t''_н = 130°$. Из приведенных выше соотношений для противотока имеем (°C):

$$\Delta t_{б.} = 130 - 70 = 60;$$

$$\Delta t_{м.} = 132{,}8 - 110 = 22{,}8;$$

$$\Delta t_{ср.} = 60\,\frac{1 - \frac{22{,}8}{60}}{\ln \frac{60}{22{,}8}} = 38{,}4.$$

5. Расчет расширительного сосуда. Расчет объема расширительного сосуда может быть произведен по следующим формулам:

а) для местных водяных систем отопления с естественной циркуляцией и чугунными секционными котлами

$$V = \frac{Q_{max}}{500}\,л, \qquad (39а)$$

б) для местных водяных систем отопления с насосным побуждением

$$V = \frac{Q_{max}}{650}\,л \qquad (39б)$$

в) и наконец для районных водяных насосных систем отопления

$$V = \frac{Q_{max}}{1\,000}\,л. \qquad (39в)$$

В ур-иях (39а), (39б) и (39в) означают: V—полный объем расширительного сосуда в литрах; Q_{max}—часовой максимальный расход тепла отопительных установок в Cal.

6. Расчет теплопроводов. Расчет теплопроводов заключается в подборе соответствующих диаметров для канализации теплоносителя и определении потерь напора в этих теплопроводах. Наиболее известным выражением для потерь напора в закрытых трубопроводах при движении в них жидкости (воды, пара, газа) является (в $кг/м^2$):

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \sum (rl + Z), \qquad (40)$$

где $\Delta P = P_1 - P_2$ — располагаемый (теряемый) напор в системе в $кг/м^2$; P_1—начальное давление в трубопроводе в $кг/м^2$; P_2—конечное давление в трубопроводе в $кг/м^2$; r—перепад давления в $кг/м^2$ на $п.\,м$ трубопровода, обусловленный трением жидкости в трубопроводе; l—длина трубопровода в $м$; Z—потери напора в трубопроводе, обусловленные местными (единичными) сопротивлениями. Перепад давления на 1 $п.\,м$ трубопровода определяется из ур-ия:

$$r = \frac{\Delta P}{l} = \frac{P_1 - P_2}{l} = \lambda\,\frac{w^2\gamma}{2gd}, \qquad (41)$$

а потери давления, обусловливаемые местными сопротивлениями,—из ф-лы (в $кг/м^2$):

$$Z = \sum \zeta\,\frac{w^2}{2g}\,\gamma, \qquad (42)$$

где w—скорость движения жидкости в трубопроводе в $м/сек$; g—ускорение силы земного притяжения, равное 9,81 $м/сек^2$; γ—вес 1 $м^3$ жидкости—$кг/м^3$; d—внутренний диам. трубопровода в $м$; λ—коэф. трения жидкости; ζ—коэф. местных сопротивлений. Как известно, движение жидкости по трубам бывает ламинарным и турбулентным, причем род того или иного движения обусловливается т. н. критич. числом Рейнольдса:

$$R_{e_{крит.}} = \frac{w \cdot d \cdot \gamma}{\eta g} = \frac{w \cdot d \cdot \varrho}{\eta} = \frac{w \cdot d}{\nu} = 2\,320, \qquad (43)$$

или критич. скоростью в $м/сек$:

$$w_{кр.} = \frac{2\,320 \cdot \eta \cdot g}{d \cdot \gamma} = \frac{2\,320 \cdot \eta}{d \cdot \varrho} = \frac{2\,320 \cdot \nu}{d}. \qquad (44)$$

В ур-иях (43) и (44) означают: w—среднюю скорость движения жидкости в трубопроводе в $м/сек$; d—внутренний диам. трубопровода в $м$; g—ускорение силы тяжести в $м/сек^2$; η—коэф. вязкости движущейся жидкости в $кг\,сек/м^2$; $\varrho = \frac{\gamma}{g}$—массовую плотность $кг\,сек^2/м^4$; $\nu = \frac{\eta g}{\gamma} = \frac{\eta}{\varrho}$ — кинетич. коэф-т вязкости дви-

жущейся жидкости в $м^2/сек$. При движении жидкости по трубам со скоростями ниже критических наблюдается ламинарный поток, тогда как при скоростях, превышающих критические, поток бывает турбулентным. Потери напора в трубопроводах при турбулентном движении жидкости определяются совершенно иной закономерностью, чем при ламинарном потоке, при этом они значительно больше потерь, наблюдающихся при ламинарном потоке. По закону Poiseuille'я потери напора в трубопроводах, обусловленные трением жидкости при ламинарном потоке, определяются ур-ием:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{8\eta \cdot w \cdot l}{r_0^2} = \frac{32 \cdot \eta \cdot w \cdot l}{d^2}. \quad (45)$$

Из ур-ий (41) и (45) следует, что

$$r = \frac{\Delta P}{l} = \frac{P_1 - P_2}{l} = \frac{32 \cdot \eta \cdot w}{d^2} = \lambda \frac{w^2 \cdot \gamma}{2g \cdot d},$$

откуда

$$\lambda = \frac{32 \cdot 2 \cdot \eta \cdot g}{d \cdot w \cdot \gamma} = \frac{64}{R_e}. \quad (46)$$

В ур-иях (45) и (46) означают: η—коэф. вязкости жидкости в $кг\,сек/м^2$; w—скорость жидкости в $м/сек$; l—длину трубопровода в $м$; $d=2r_0$—внутр. диам. трубопровода в $м$; λ—коэф. трения жидкости; g—ускорение силы тяжести в $м/сек^2$; γ—вес 1 $м^3$ жидкости в $кг$; $R_e = \frac{w \cdot d \cdot \gamma}{\eta g} = \frac{w \cdot d \cdot \varrho}{\eta} = \frac{w \cdot d}{\nu}$—число Рейнольдса. Т. о. коэф. трения жидкости при ламинарном потоке является лишь ф-ией числа Рейнольдса и определяется теоретически из основного ур-ия Poiseuille'я для ламинарного потока. Принимая во внимание, что в техн. трубопроводах имеет место почти исключительно турбулентное движение жидкости, в дальнейшем рассматривается только последний род движения. При турбулентном движении коэф. трения λ для технически гладких труб—цельнотянутых медных, латунных и свинцовых—является также только функцией числа Рейнольдса—$\lambda = f(R_e)$, тогда как для шероховатых труб—железных, чугунных и прочих—он является ф-ией числа Рейнольдса и относительной шероховатости труб

$$\lambda = f\left(R_e, \frac{\varepsilon}{d}\right),$$

где ε—линейный размер неровностей (выступов) на внутренней поверхности труб и d—внутренний диам. трубопроводов. По опытам Jakob'а и Erck'а (1924) коэф. трения λ для технически гладких труб (медных, латунных, свинцовых) при турбулентном движении выражается ф-лой:

$$\lambda = 0{,}00714 + \frac{0{,}6104}{R_e^{0{,}35}}, \quad (47)$$

где R_e—число Рейнольдса. Для железных труб, к-рые исключительно применяются в отопительной технике, наиболее удовлетворительные значения для коэф-та трения λ дает ф-ла О. Фритше:

$$\lambda = \frac{2g \cdot 9.38 \cdot 10^{-4}}{d^{0{,}269}(w \cdot \gamma)^{0{,}148}} = \frac{0{,}0184}{d^{0{,}269}(w \cdot \gamma)^{0{,}148}}. \quad (48)$$

Значение букв в ур-ии (48) известно из предыдущего изложения. Преобразованная в соответствии с законом подобия, т. е. с введением в ее структуру числа Рейнольдса, соответствующего условиям опытов Фритше ($\eta \cdot g = 0{,}00001785$ $кг/м\,сек$ для воздуха при 15°), формула (48) принимает следующий вид:

$$\lambda = \frac{0.0184}{d^{0{,}269}(w \cdot \gamma)^{0{,}148}} \left(\frac{\eta \cdot g}{0{,}00001785}\right)^{0{,}148} =$$

$$= \frac{0{,}093}{d^{0{,}121}} \cdot \left(\frac{\eta \cdot g}{w \cdot d \cdot \gamma}\right)^{0{,}148} = \frac{0{,}093}{d^{0{,}121} R_e^{0{,}148}}, \quad (49)$$

где R_e—число Рейнольдса и d—внутренний диам. трубопровода в $м$. Т. к. часовое объемное количество протекающей по трубопроводу жидкости (в $м^3/ч$):

$$Q = \frac{3\,600 \cdot w \cdot \pi \cdot d^2}{4},$$

а скорость движения жидкости

$$w = \frac{4Q}{3\,600 \cdot \pi \cdot d^2},$$

то число Рейнольдса

$$R_e = \frac{w \cdot d \cdot \gamma}{\eta \cdot g} = \frac{4Q}{3\,600 \cdot \pi \cdot d} \cdot \frac{\gamma}{\eta \cdot g} = \frac{0{,}000354\,Q}{d \cdot \nu}. \quad (50)$$

В ур-ии (50) означают: Q—часовое объемное количество жидкости в $м^3$/час, тогда как значения прочих букв известны из предыдущего. Таким же образом получается следующее выражение для числа Рейнольдса, обусловленное весовым количеством протекающей по трубопроводу жидкости:

$$R_e = \frac{4G}{3600 \cdot \pi \cdot d \cdot \eta \cdot g} = \frac{0{,}000036G}{\eta \cdot d}, \quad (50а)$$

или из ур-ия (50):

$$R_e = \frac{0{,}000354G}{d \cdot \nu \cdot \gamma}. \quad (50б)$$

В ур-иях (50а) и (50б) G означает часовое количество протекающей по трубопроводу жидкости в $кг$, тогда как значение остальных букв известно из предыдущего изложения. С помощью ур-ий (49), (50) и (50б) Р. Биль приходит к следующим весьма простым и очень удобным для расчетов выражениям для коэф-та трения λ:

$$\lambda = \frac{0{,}25\nu^{0{,}148}}{Q^{0{,}125}}, \quad (51)$$

$$\lambda = \frac{0{,}25\nu^{0{,}148} \cdot \gamma^{0{,}125}}{G^{0{,}125}}. \quad (52)$$

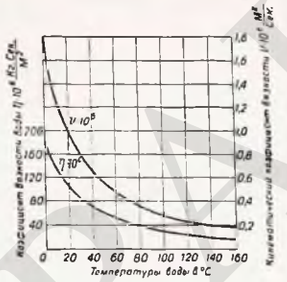
Значение входящих в ур-ие букв известно из предыдущего. Т. к. ур-ие (51) и (52) дают

Табл. 11.—Коэфициенты вязкости для воды.

Температура воды, °C	Коэф. вязкости, $10^6 \cdot \eta$ $\frac{кг\,сек}{м^2}$	Кинематич. коэф. вязкости, $10^6\,\nu$ $м^2/сек$	Вес 1 $м^3$ воды, $кг$
0	182,5	1,7924	999,84
10	133,2	1,3081	999,70
20	102,4	1,0068	998,20
30	81,5	0,8041	995,64
40	66,6	0,6612	992,22
50	56,0	0,5560	988,04
60	47,8	0,4768	983,21
70	41,8	0,4151	977,78
80	36,7	0,3668	971,80
90	32,3	0,3279	965,31
100	28,94	0,2961	958,35
110	26,10	0,2693	951,00
120	23,67	0,2460	943,40
130	21,62	0,2268	935,20
140	19,98	0,2105	926,40
150	18,76	0,2006	917,30
160	17,74	0,1917	907,50

значения для λ очень близкие к таковым, получаемым с помощью формулы (49) О. Фритше, то при технических расчетах удоб-

нее всего пользоваться именно этими уравнениями Биля. В табл. 11 даны коэфициенты вязкости η в $кг\,сек/м^2$, кинематические коэфициенты вязкости ν в $м^2/сек$ для воды и вес 1 $м^3$ воды в $кг$, в зависимости от температур, по Bin-ham'у и Jackson'у. На фиг. 70 эти же коэфициенты вязкости изображены графически.



Фиг. 70.

В табл. 12 приведены коэфициенты вязкости η в $кг\,сек/м^2$ водяного пара при различных давлениях и температурах по Шлейереру (машинная лаборатория Высшей технической школы в Карлсруэ).

Табл. 12.—Коэфициенты вязкости η в $кг\,сек/м^2$ водяного пара при различных давлениях и темп-рах.*1

Темп-ры пара, °C	Давление пара в atm абс.					
	1	2	4	6	8	10
	Температуры насыщения пара, °C					
	99,1°	119,6°	142,9°	158,1°	169,6°	179,0°
	Коэфициенты вязкости *2					
$t°$ насыщ.	127,9	137,6	149,6	159,0	168,2	179,4
110 . . .	131,7	—	—	—	—	—
120 . . .	135,5	137,7	—	—	—	—
130 . . .	139,3	141,4	—	—	—	—
140 . . .	143,1	145,1	—	—	—	—
150 . . .	146,8	148,8	152,2	—	—	—
160 . . .	150,6	152,5	155,9	159,6	—	—
170 . . .	154,4	156,3	159,6	163,3	168,3	—
180 . . .	158,2	160,0	163,2	167,0	172,0	179,7
190 . . .	162,0	163,8	166,9	170,6	175,7	183,3
200 . . .	165,8	167,5	170,6	174,2	179,3	186,9
220 . . .	173,3	175,0	178,1	181,7	186,6	194,2
250 . . .	184,7	186,3	189,4	192,8	197,5	205,0
300 . . .	203,6	205,1	207,9	211,2	215,7	222,9
350 . . .	222,5	224,0	226,6	229,7	233,9	241,0

*1 По H. Speverery'у (машинная лаборатория Высшей технич. школы в Карлсруэ). *2 Коэф. вязкости выражены в $\eta \cdot 10^8$ $кг\,сек/м^2$.

а) Расчет водоводов. Часовое объемное количество транспортируемой по трубопроводам воды

$$Q = \frac{3\,600w \cdot \pi d^2}{4}\ м^3,$$

а скорость движения ее в $м/сек$ $w = \frac{4Q}{3\,600\pi \cdot d^2}$. Замещая скорость w в основном ур-ии (41) через вновь полученное для нее выражение, имеем в $кг/м^2$:

$$r = \frac{\Delta P}{l} = \lambda \frac{0{,}635 \cdot Q^2 \cdot \gamma}{10^8 \cdot d^5}. \quad (53)$$

Вводя же в последнее ур-ие вместо λ его значение из ф-лы (51), получим:

$$r = \frac{\Delta P}{l} = \frac{0{,}160 \cdot Q^{1{,}875} \cdot \nu^{0{,}148} \cdot \gamma}{10^8 \cdot d^5}, \quad (54)$$

откуда в свою очередь:

$$d = 0{,}0174 \sqrt[5]{Q^{1{,}875} \cdot \nu^{0{,}148} \cdot \gamma / r} =$$

$$= 0{,}0174 \cdot \frac{Q^{0{,}375} \cdot \nu^{0{,}03} \cdot \gamma^{0{,}2}}{r^{0{,}2}}. \quad (55)$$

Значение букв в ур-иях (54) и (55) известно из предыдущего изложения. Принимая среднюю расчетную $t°$ отопительной воды в водоводах в 70°, соответствующий этой $t°$ кинематич. коэф. вязкости $\nu = 0{,}415 \cdot 10^6 м^2/сек$, и вес 1 $м^3$ воды = 977,78 $кг/м^3$, и вставляя эти числовые значения в ур-ия (54) и (55), получаем в $кг/м^2$:

$$r = \frac{\Delta P}{l} = \frac{18 \cdot Q^{1{,}875}}{10^8 \cdot d^5}, \quad (56)$$

откуда:

$$d = \sqrt[5]{\frac{18 \cdot Q^{1{,}875}}{10^8 \cdot r}} = 0{,}045 \frac{Q^{0{,}375}}{r^{0{,}2}}. \quad (57)$$

Составленный на основании ур-ий (56) и (57) график перепадов напора на 1 $п.\,м$ трубопровода для различных диам. труб в зависимости от часового объемного количества протекающей по трубам воды на логарифмич. сетке, с нанесением на него и соответствующих скоростей, дает возможность очень легко и быстро рассчитывать водоводы местных и районных систем водяного отопления. Более подробно относительно метода и техники расчета трубопроводов местных систем водяного отопления см. *Водяное отопление*.

б) Расчет паропроводов. Т. к. пар является жидкостью упругой, у которой при ее движении по трубопроводу вместе с изменением давления непрерывно меняется и ее объем, а следовательно и скорость движения, то основное ур-ие (41) для пара будет иметь следующий вид в $кг/м^2$:

$$\frac{dP}{dl} = \lambda \frac{w^2 \cdot \gamma}{2gd}. \quad (41а)$$

Принимая во внимание, что часовое весовое количество транспортируемого по трубопроводу пара

$$G = \frac{3\,600 \cdot w \cdot \pi \cdot d^2}{4} \gamma,$$

а скорость движения пара

$$w = \frac{4G}{3\,600 \cdot \pi \cdot d^2 \gamma},$$

и вставляя вновь полученное выражение для скорости в основное ур-ие (41а), будем иметь в $кг/м^2$:

$$\frac{dP}{dl} = \lambda \frac{0{,}635 \cdot G^2}{10^8 \cdot d^5 \gamma}. \quad (58)$$

Вставляя же в последнее ур-ие (58) значение для коэф-та трения жидкости λ из ур-ия (52), получим в $кг/м^2$:

$$\frac{dP}{dl} = \frac{0{,}16 \cdot G^{1{,}875} \cdot \nu^{0{,}148}}{10^8 \cdot d^5 \cdot \gamma^{0{,}875}}. \quad (59)$$

Паропровод низкого давления. Принимая для парового отопления низкого давления среднее давление в трубопроводах постоянным и равным 1,1 atm абс., соответствующий этому давлению вес 1 $м^3$ пара $\gamma = 0{,}633$ $кг/м^3$, кинематич. коэф. вязкости насыщенного пара при давлении в 1,1 atm абс. $\nu = 0{,}0000627$ $м^2/сек$, и вставляя принятые числовые значения в ур-ие (59), получим (в $кг/м^2$):

$$r = \frac{\Delta P}{l} = \frac{P_1 - P_2}{l} = 0{,}057 \frac{G^{1{,}875}}{10^8 \cdot d^5}, \quad (60)$$

откуда

$$d = \sqrt[5]{\frac{0{,}057 \cdot G^{1{,}875}}{10^8 \cdot r}} = 0{,}01416 \frac{G^{0{,}375}}{r^{0{,}2}}. \quad (61)$$

Составленный на основании ур-ий (60) и (61) график перепадов напора на 1 $п.\,м$ трубопровода для различных диам. труб в зависимости от часового весового количества транспортируемого пара на логарифмич. сет-

ке, с нанесением на него и соответствующих скоростей, дает возможность очень легко и быстро рассчитывать паропроводы низкого давления.

Порядок расчета паропроводной сети низкого давления следующий: в зависимости от величины отопительной установки и местных условий выбирается нормальное рабочее давление пара в котлах, определяется расстояние наиболее удаленного от котельной отопительного прибора и наконец определяется перепад давления на 1 *м.* паропровода, обусловленный трением по следующей формуле:

$$r = \frac{\Delta P}{l} = \frac{(P_1 - P_2)(1-\mu)}{l}, \qquad (56')$$

где P_1—начальное нормальное рабочее давление пара в котле в *кг/м*²; P_2—давление пара на конце паропровода перед наиболее удаленным отопительным прибором принимается равным 150—200 *кг/м*²; μ—коэф-т, определяющий долю участия потерь давления в местных единичных сопротивлениях паропроводов в общей сумме снижения давления в паропроводах, вызываемого трением и местными сопротивлениями. Обычно μ берется равным 0,25—0,30. По полученному т. о. перепаду давления на 1 *м.* трубопровода *r* по ф-ле (55) или же по графику, составленному на основании этой ф-лы, определяются все диаметры паропроводной сети в зависимости от весового количества пара, траспортируемого в том или другом ее участке. Потери давления, вызываемые местными единичными сопротивлениями, выражаются ур-нем (42)

$$Z = \sum \zeta \cdot \frac{w^2}{2g} \cdot \gamma.$$

Вставляя в последнее значение *w* из соотношения $w = \frac{4G}{3600 \pi d^2 \gamma}$, получаем:

$$Z = \sum \zeta \frac{0{,}635 \cdot G^2}{10^8 \cdot d^4 \cdot \gamma}. \qquad (62)$$

Принимая для пара низкого давления $\gamma = 0{,}633$ *кг/м*³, получаем:

$$Z = \sum \zeta \frac{G^2}{10^8 \cdot d^4}. \qquad (62a)$$

Числовые значения для коэф-тов местных сопротивлений обычно принимаются:
отвод 90° $\zeta = 0{,}5$,
тройник:
а) по прямому ходу—1,0,
б) по ответвлению—1,5.
тройник—противоток—3,0.

Паропровод высокого давления. Сухой насыщенный пар. Потери давления для паропроводов высокого давления, транспортирующих сухой насыщенный пар, определяются по тому же основному уравнению (58)

$$\frac{dP}{dl} = \lambda \frac{0{,}635 \cdot G^2}{10^8 \cdot d^5 \cdot \gamma}.$$

По R. Mollier'y имеем:

$$P^{0{,}9375} \cdot v = \text{Const} = 1{,}7235, \qquad (63)$$

откуда

$$\gamma = 0{,}58 \cdot P^{0{,}9375}, \qquad (63a)$$

где *P*—давление пара в *at* абс., γ—вес 1 *м*³ пара при давлении *P*. При *P* в *кг/м*² уравнение примет следующий вид:

$$\gamma = 0{,}0001032 P^{0{,}9375} \text{ кг/м}^3, \qquad (63б)$$

или

$$P^{0{,}9375} = \frac{\gamma}{0{,}0001032} = 9\,690\gamma, \qquad (63в)$$

откуда

$$P = (9\,690 \cdot \gamma)^{1{,}065} = 17\,580 \cdot \gamma^{1{,}065}$$

и наконец

$$\gamma = \frac{P}{17\,580 \cdot \gamma^{0{,}065}}. \qquad (63г)$$

Вставляя последнее значение для γ в ур-ие (58), получаем:

$$\frac{dP}{dl} = \frac{\lambda \cdot 11\,168 \cdot G^2 \cdot \gamma^{0{,}065}}{10^8 \cdot d^5 \cdot P},$$

или

$$P\,dP = \frac{\lambda \cdot 11\,168 \cdot G^2 \cdot \gamma^{0{,}065}}{10^8 \cdot d^5} dl. \qquad (64)$$

Заменяя в последнем ур-ии коэф. трения λ его значением из ур-ия (52), имеем:

$$P\,dP = \frac{2792 \cdot G^{1{,}875} \cdot \nu^{0{,}148} \cdot \gamma^{0{,}19}}{10^8 \cdot d^5} dl. \qquad (64a)$$

Наконец, принимая средние величины для кинематич. коэф-та вязкости ($\nu_{ср.}$) и веса 1 *м*³ пара ($\gamma_{ср.}$) и рассматривая их как постоянные величины, интегрируем ур-ие(64а):

$$\int P\,dP = \int \frac{2792 \cdot G^{1{,}875} \cdot \nu_{ср.}^{0{,}148} \cdot \gamma_{ср.}^{0{,}19}}{10^8 \cdot d^5} dl.$$

При $l = 0$ $P = P_1$ — начальному давлению пара; при $l = l_1$ $P = P_2$ — конечному давлению пара в трубопроводе; и тогда

$$\frac{P_1^2 - P_2^2}{2} = \frac{2792 \cdot G^{1{,}875} \cdot \nu_{ср.}^{0{,}148} \cdot \gamma_{ср.}^{0{,}19}}{10^8 \cdot d^5} l,$$

или

$$\frac{P_1^2 - P_2^2}{l} = \frac{5584 \cdot G^{1{,}875} \cdot \nu_{ср.}^{0{,}148} \cdot \gamma_{ср.}^{0{,}19}}{10^8 \cdot d^5}. \qquad (65)$$

Обозначая в ур-ии (65) $\frac{P_1^2 - P_2^2}{l}$ через *A*, будем иметь (в *м*):

$$d = \sqrt[5]{\frac{5584 \cdot G^{1{,}875} \cdot \nu_{ср.}^{0{,}148} \cdot \gamma_{ср.}^{0{,}19}}{10^8 A}}. \qquad (66)$$

А также $\left(\text{в } \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}\right)$:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - Al}. \qquad (67)$$

Паропровод высокого давления. Перегретый пар. Потери давления для паропроводов высокого давления, транспортирующих перегретый пар, определяются из основного ур-ия (59)

$$\frac{dP}{dl} = \frac{0{,}16 \cdot G^{1{,}875} \cdot \nu^{0{,}148}}{10^8 \cdot d^5 \cdot \gamma^{0{,}875}}.$$

Для перегретого пара приближенно можно принять:

$$P \cdot v = R \cdot T$$

или

$$P = \gamma \cdot RT = \gamma \cdot 47T,$$

откуда $\gamma = \frac{P}{47T}$.

Вставляя последнее значение для γ в ур-ие (58), получаем:

$$P\,dP = \frac{7.5 \cdot G^{1{,}875} \cdot \nu^{0{,}148} \cdot \gamma^{0{,}125} T}{10^8 \cdot d^5} dl.$$

Принимая падение $t°$ пара в паропроводах равномерным по всей длине последних, а для ν и γ их средние величины и интегрируя последнее ур-ие, будем иметь:

$$\frac{P_1^2 - P_2^2}{l} = \frac{15.0 \cdot G^{1{,}875} \cdot \nu_{ср.}^{0{,}148} \cdot \gamma_{ср.}^{0{,}125} \cdot T_{ср.}}{10^8 \cdot d^5}. \qquad (68)$$

Обозначая в ур-ии (68) $(P_1^2 - P_2^2)/l$ через *A*, получим (в *м*):

$$d = \sqrt[5]{\frac{15 \cdot G^{1{,}875} \cdot \nu_{ср.}^{0{,}148} \cdot \gamma_{ср.}^{0{,}125} \cdot T_{ср.}}{10^8 \cdot A}}, \qquad (69)$$

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - A \cdot l}. \qquad (70)$$

В ур-иях (65) и (68) означают: P_1 — начальное давление пара в трубопроводе в *кг/м*², P_2 — конечное давление в трубопроводе в *кг/м*²; *G*—часовое количество транспортируемого по трубопроводу пара в *кг*; $\nu_{ср.}$—средний кинематич. коэф. вязкости пара в *м*²/*сек*, отнесенный к среднему состоянию пара в трубопроводе; $\gamma_{ср.}$—средний вес 1 *м*³ пара в *кг*, отнесенный к среднему состоянию пара в трубопроводе; *l*—длина паропровода в *м*; *T*—средняя абсолютная $t°$ пара в °С. Составленные по ф-лам (65) и (66), (68) и (69) графики на логарифмич. сетке, у к-рых ординатами является величина $A = \frac{P_1^2 - P_2^2}{l}$ и абсциссами—часовое количество пара *G* в *кг* для различных диаметров паропроводов, дают возможность очень легко и быстро рассчитывать паропроводы как для насыщенного, так и перегретого пара. Потери давления в местных (единичных) сопротивлениях определяются по той же ф-ле (62), как и для пара низкого давления.

Влияние тепловых потерь в паропроводах низкого и высокого давлений на величину потерь давления в последних может быть учтено с достаточной для технических целей точностью увеличением потерь давления, полученных с помощью ф-л (60), (62), (65) и (68), на величину тепловых потерь паропроводов в %, отнесенных к максимальным часовым количествам полезно транспортируемого по паропроводам пара.

7. Стоимость оборудования отопительных установок. Стоимость оборудования печного отопления для печей из простого красного или гжельского кирпича с обычной чугунной гарнитурой можно приблизительно принять около 1 рубля на 1 *м*³ наружной кубатуры отапливаемых небольших жилых зданий. Стоимость оборудования насосных центральных водяных систем отопления в блоковых жилых постройках коммунального типа с собственными котельными по данным Мосстроя м. б. принята примерно 2—2 р. 20 к. на 1 *м*³ внешней кубатуры отапливаемых зданий, причем по отдельным статьям оборудования эта стоимость распределяется следующим образом в %:

Котлы с монтажем и обмуровкой	16
Оборудование регулировочной станции (насосы, моторы и пр.)	2
Каналы для внешней теплопроводной сети	6
Теплопроводы внешней сети	41/2
Изоляция теплопроводов внешней сети	2
Радиаторы с установкой их на место	37
Краны двойной регулировки к радиаторам с установкой их	8
Трубы и фасонные части к ним для теплопроводной распределительной сети внутри здания с монтажем	20
Изоляция теплопроводн. сети внутри здания	41/2
Итого	100

Стоимость оборудования насосных центральных водяных отопительных установок, в зависимости от наружной кубатуры отапливаемых зданий, можно представить в виде следующего соотношения:

$$S = \frac{8}{V_{н.}^{0{,}136}} \text{ руб.}, \qquad (71)$$

где *S*—стоимость оборудования центральн. сист. отопления в руб. на 1 *м*³ внешней кубатуры отапливаемых зданий; $V_{н.}$—наружная кубатура отапливаемых зданий в *м*³. Стоимость паровых центральных систем отопления составляет около 70—75% и воздушных систем с децентрализованными воздухонагревательными аппаратами около 60—65% от стоимости устройства насосных водяных отопительных установок. Это примерно составляет 15 коп. для водяных О., 11 коп.—для паровых и 9 коп.—для воздушных систем О. на 1 Cal максимальных часовых тепловых потерь зданиями.

VII. Эксплоатация отопительных установок.

1) Расход топлива и стоимость эксплоатации отопительных установок. В табл. 13 приведены кпд чугунных секционных и железных котлов отопительных установок.

Табл. 13.—Кпд чугунных секционных и железных котлов отопительных установок.

Системы котлов	Часовая производ. котлов в тыс. Cal	При паради. испытаниях в %	В эксплоатации		
			При очень хорошем обслуживании, %	При хорошем обслужив., %	При плохом обслуживании %
Чугунные секционные котлы для водяного О.	15—30	59,0	50,0	44,0	37,0
	25—65	72,0	60,0	50,0	45,0
	70—150	81,0	65,0	60,0	55,0
	150—300	78,0	65,0	60,0	55,0
Чугунные секционные котлы для парового О. низкого давления	25—65	70,0	55,0	45,0	40,0
	70—120	80,0	60,0	55,0	50,0
	150—250	75,0	60,0	55,0	50,0
Железные отопительные котлы (корнвалийские, ланкаширск. и т. п.) для водяного и парового О.	250—500	75,0	65,0	60,0	55,0

Началом отопительного сезона (осенью) считается время, когда 3 суток подряд средняя суточная $t°$ наружного воздуха держится не выше +6°, окончание же отопительного сезона—время, когда средняя суточная $t°$ 3 суток подряд держится не ниже +8°. При этих условиях число отопительных дней, напр. для центральной полосы СССР, равно 200—210 при 4 500 отопитель-

Кпд отопительн. установок в целом, включая и кпд теплопроводной распределительной сети, имеет примерно след. значение:

Водяное отопление	$\eta_у$ в %
Больницы	55—60
Жилые дома, школы, конторск. здания и т. п.	50—55
Паровое отопление	
Больницы	50—55
Жилые дома, школы, конторск. здания и т. п.	45—50
Фабрично-заводские здания, отапливаемые от фабрично-заводских котельных	55—60

ных часах и средней $t°$ отопительного сезона в $-5°$ С.

Годовой расход топлива в тоннах для отопительных установок определяется по ф-ле:

$$G = \frac{Q^{час}_{max}(t_в - t_{н.ср.})}{\eta_у Q^{р}_{н} \cdot 1000(t_в - t_{н.рас.})} \cdot n, \qquad (72)$$

где $Q^{час}_{max}$—максимальные часовые расчетные потери тепла зданиями при максимальной расчетной разности темп-р в Cal; $t_в$ — температура внутреннего воздуха отапливаемых помещений; $t_{н.рас.}$—минимальная расчетная темп-ра наружного воздуха; $t_{н.ср.}$—средняя температура наружного воздуха за отопительный период; n—число отопительных часов за отопительный сезон; $\eta_у$—кпд всей отопительной установки, равный $\eta_у = \eta_к \cdot \eta_{тр.}$, где $\eta_к$—эксплоатационный кпд отопительных котлов и $\eta_{тр.}$—эксплоатационный кпд теплопроводной сети (местной и районной) за отопительный сезон, равный 0,9—0,8; $Q^{р}_{н}$—рабочая низшая теплотворная способность топлива Cal/кг. Годовой расход условного ($Q^{р}_{н} = 7\,000$ Cal/кг) топлива в кг на 1 м³ наружного объема отапливаемых гражданских зданий, в зависимости от величины последних, на основании ф-лы (23) можно принять равным

$$g = \frac{1}{V_н^{0,167}}. \qquad (73)$$

В табл. 14 приведены годовые расходы условного топлива на отопление жилых и конторских зданий, полученные с помощью приведенной выше ф-лы, как для разности температур внутреннего и наружного воздуха в 50°, так и в 1°.

Табл. 14.—Расход топлива на отопление зданий.

Наружные объемы зданий, м³	Годовой расход условного топлива ($Q^{р}_{н}$=7 000 Cal/кг) на 1 м³ наружной кубатуры зданий в кг	
	при Δt=50°	при Δt=1°
1 000	16,0	0,32
5 000	12,3	0,245
10 000	10,8	0,215
20 000	10,0	0,200
30 000	9,0	0,180
50 000	от 8,3	0,165

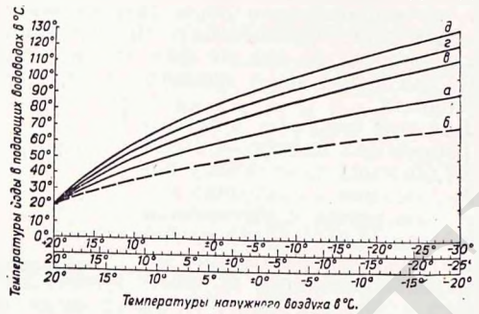
При стоимости антрацита ($Q^{р}_{н}$=7 000 Cal/кг) франко-склад отапливаемого здания 33 р. за m, стоимость 10^6 Cal тепла в отдельных установках центральных систем О. выражается примерно следующими цифрами:

Стоимость топлива .	9 р. 50 к.	73,0%
Стоимость вывоза шлаков	0 р. 15 к.	1,0%
Стоимость обслуживания отопительных установок	2 р. 00 к.	15,5%
Стоимость ремонта .	1 р. 35 к.	10,5%
Итого . .	13 р. 00 к.	100,0%

Эта же средняя стоимость в 13 р. за 1 млн. Cal была выявлена и при обследовании центральных систем отопления Москвы и Ленинграда.

2) Эксплоатация центральных отопительных установок. а) Паровое О. Паровые системы О. оказываются в эксплоатации дороже водяных в виду добавочных тепловых потерь на прогрев котлов, обычного перегрева отапливаемых зданий в переходное время и т. п. Наиболее целесообразным способом обслуживания паровых систем отопления в переходное время является периодич. подача пара то в одну, то в другую часть отопит. установки. Гл. обр. следует избегать повышения давления пара по сравнению с нормальным рабочим давлением. б) Водяное О. Благодаря возможности иметь простую и весьма гибкую центральную (генеральную) регулировку подачи тепла к отопительным приборам, водяное отопление является наиболее экономичным видом центрального О. Регулировка достигается изменением темп-ры горячей воды в генераторах тепла, а следовательно и в подающих водоводах, соответственно с $t°$ наружного воздуха. Так. обр. теплоотдача отопительных приборов регулируется, с одной стороны, изменением коэф-та теплопередачи этих приборов, поскольку последний является функцией разности $t°$ отопительной воды и окружающего внутреннего воздуха отапливаемых помещений, а с другой—самой разностью $t°$.

На графике фиг. 71 даны $t°$ отопительной воды в подающих и обратных водоводах



Фиг. 71.

местных водяных систем О., а также в подающих магистральных теплопроводах районных отопительных установок, работающих с перегретой водой в 110—130° для трех различных минимальных расчетных $t°$ наружного воздуха ($-30°$, $-25°$, $-20°$) в зависимости от средних суточных $t°$ наружного воздуха. На этой диаграмме $а$—кривая температурной воды в подающих водоводах местных систем, $б$—кривая температур обратной воды из местных систем, $в$—кривая температур отопительной воды в подающих водоводах водяных отопительных систем, работающих с максимальными $t°$ горячей воды в 110° С, $г$—то же для водяных отопительных систем, работающих с максимальной $t°$ горячей воды в 120° С, $д$—то же для водяных отопительных систем, работающих с максимальной $t°$ горячей воды в 130° С. Средние суточные $t°$ наружного воздуха, по к-рым согласно вышеприведенному графику должны устанавливаться $t°$ отопительной воды подающих водоводов, берутся из наблюдений в 9 час. вечера, т. к. эти температуры являются обычно средними суточными температурами этого дня.

Лит.: Оболенский В. Н., Метеорология, М., 1927; Lehmann K., Краткий учебник рабочей и профессиональной гигиены, пер. с нем., М.—П., 1923; Маршак М. Е., Метеорологич. фактор и гигиена труда, М.—Л., 1930; Ремизов Н. А., Таблицы нормально-эффективных температур, М., 1930; Рубнер М., Учебник гигиены, пер. с нем., Петербург, 1897; Хлопин Г. В., Основы гигиены, т. 1—2, М.—П., 1923; Казанцев А. П., Справочная книга по отоплению и вентиляции, М., 1928; Лукашевич С. Б., Курс отопления и вентиляции, 3 изд., СПБ, 1896; Павловский А. К., Курс отопления и вентиляции, 5 изд., ч. 1, М.—П., 1923, ч. 2, М.—Л., 1924; Ритшель Г. и Браббе К., Руководство по отоплению и вентиляции, пер. с нем., т. 1—2, М., 1928; Чаплин В. М., Курс отопления и вентиляции, 2 изд., вып. 1, Отопление, М.—Л., 1928; Шахнер Р., Санитарная техника в жилищном строительстве, пер. с нем., М.—Л., 1930; Свод производственных строительных норм, Центральное отопление, вып. 1 и 2, М., 1930; Технич. условия и нормы для теплотехнич. расчета ограждающих конструкций и систем отопления в гражданском строительстве, ч. 1, 2 изд., М., 1930; «Отопление и вентиляция», М.; Отчеты о съездах немецких инженеров по отоплению и вентиляции, издаваемые периодически (через каждые 2 г.) Об-вом немецких инженеров по отоплению и вентиляции; Отчеты о съездах америк. инженеров по отоплению и вентиляции, издаваемые ежегодно америк. Об-вом инженеров по отоплению и вентиляции, Нью Йорк; Koelsch, Temperatur, Feuchtigkeit u. Luftbewegung in industriellen Anlagen etc., «Zentralblatt f. Gewerbe u. Unfallversicherung», Lpz.—B., 1926, Beihefte 5/6; Allen J. R. a. Walker J. H., Heating a. Ventilation, N. Y., 1922; ten Bosch M., Die Wärmeübertragung, 2 Auflage, B., 1927; Bugge A. u. Kolflaath A., Ergebnisse von Versuchen für den Bau warmer u. billiger Wohnungen, B., 1924; Debesson G., Le chauffage des habitations, 2 éd., P., 1920; Dietz L., Lehrbuch d. Lüftungs- u. Heizungstechnik, 2 Aufl., Mch.—Berlin, 1920; Gröber H., Einführung in die Lehre von d. Wärmeübertragung, Berlin, 1926; Hardin L. A. and Willard A. C., Mechanical Equipment of Buildings, v. 1, Heating a. Ventilation, 2 ed., N. Y., 1929; Hencky K., Die Wärmeverluste durch ebene Wände, Mch.—B., 1921; Hoffmann J. D., Handbook for Heating and Ventilating Engineers, 2 ed., N. Y., 1920; Hottinger M., Heizung u. Lüftung, Mch.—B., 1926; Huttig V., Heizungs- u. Lüftungsanlagen in Fabriken, 2 Aufl., Lpz., 1923; Keuger H. u. Eriksson A., Untersuchungen über das Wärmeisolierungsvermögen von Baukonstruktionen, Berlin, 1923; Péclet E., Traité de la chaleur, t. 3, 4 éd., P., 1878; Vetter H., Zur Geschichte d. Zentralheizungen bis zum Übergang in die Neuzeit, Beiträge z. Geschichte d. Technik u. Industrie, B. 3, B., 1911; «The American Society of Heating and Ventilating Engineers Guide», New York; Recknagels Kalender für Gesundheits- und Warmetechnik, hrsg. v. O. Ginsburg, Jg. 31, Mch.—B., 1930; Regeln f. die Berechnung des Wärmebedarfes von Gebäuden u. f. die Berechnung d. Kessel- u. Heizkörpergrössen von Heizungsanlagen, bearbeitet von Schmidt, Berlin, 1927; Rietschels Leitfaden d. Heiz- u. Lüftungstechnik, 7 Aufl., bearbeitet von K. Brabbe, B. 1—2, B., 1925; Rietschels Leitfaden d. Heiz- u. Lüftungstechnik, 9 Aufl., bearbeitet von H. Gröber, B. 1—2, 1930; «Gesundheits-Ingenieur», Mch.; «Heating a. Ventilating», Chicago — N. Y.; «Heating, Piping and Air Conditioning», Chicago.

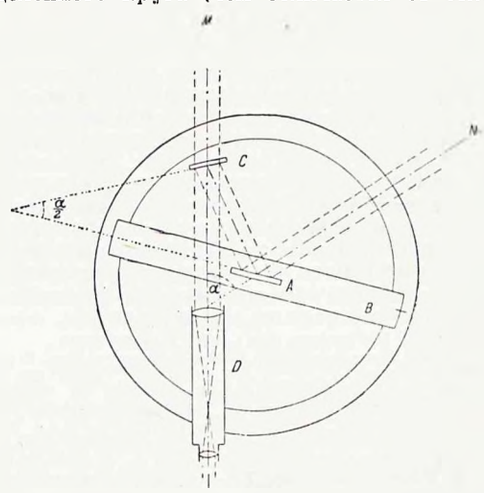
Т. Максимов.

ОТРАЖАТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ в геодезии, угломерные инструменты, при помощи которых наблюдения производятся с руки, без штатива. Их нередко используют на суше в экспедициях по трудно проходимым местам, но исключительно важную роль они играют на морских судах, где штативные приборы (астролябии, теодолиты, универсалы) не применимы. О. и. основаны на законе отклонения луча при *отражении света* (см.) от 2 плоских зеркал или граней призм. О. и. бывают следующих двух типов: 1) для разбивки на местности постоянных углов в 45°, 90°, 135° и других углов, в зависимости от установки в инструментах зеркал и призм, а также от размеров самих призм; 2) для измерения произвольных углов. К первому типу относятся *экжеры* (см.): однозеркальный, двузеркальный, трехзеркальный, однопризменный, двупризменный. Ко второму: *секстант* (см.) и *отражательный круг* (см.). Отражательный круг был сконструирован известным механиком Эртелем (1778—1858 гг.) как усовершенствованный секстант, в к-ром разделенная на градусы дуга в 60° Эртелем была заменена полным кругом, разделенным на 360°. Главным недостатком секстанта и отражательного круга является потеря света при отражении (внешнем) от зеркал. Принимая во внимание этот недостаток, механик Штейнгейль (1801—1870 гг.) предложил отказаться от зеркал и заменил их стеклянными призмами; происходящее в призмах полное внутреннее отражение света сопровождается ничтожною его потерею, отчего выигрывает точность измерения углов. Однако такие инструменты оказались тяжелыми и имели нек-рые другие недостатки. Механики Пистор (1778—1847 гг.) и Мартино (1816—1871 гг.) ввели дальнейшие усовершенствования отражательного круга, оставив в нем принимающее (большое) зеркало и заменив отражающее (малое) зеркало прямоугольною стеклянною призмою с равными боковыми гранями.

Каждое наблюдение О. и. требует лишь мгновенного спокойствия руки наблюдателя, держащей инструмент в тот момент, когда производится совмещение изображений: прямо видимого (простым глазом или в трубу) и отраженного. В секстанте и в отражательном круге раз совмещенные изображения остаются совмещенными, как бы ни дрожали руки наблюдателя, как бы ни колебалось основание, на котором наблюдатель помещается (лодка, корабль), хотя изображения и перемещаются в поле зрения трубы.

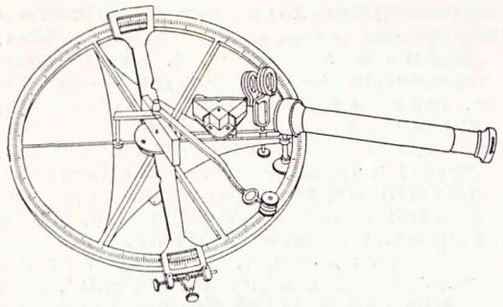
Лит.: см. *Отражательный круг, Секстант, Эккер.*

ОТРАЖАТЕЛЬНЫЙ КРУГ, угломерный инструмент, устроенный по принципу *секстанта* (см.). О. к. состоит (фиг. 1) из разделенного круга (чем отличается от секстанта, имеющего лишь дугу в 60°) и двух зеркал (О. к. Эртеля), из которых одно A укреплено в середине алидады B, вместе с к-рой и вращается около оси, проходящей через центр круга. Другое зеркало C укреплено неподвижно и посеребрено лишь до половины своей высоты. Объектив зрительной трубы D, также скрепленной неподвиж-



Фиг. 1.

но с кругом, направлен на зеркало C. Ход лучей представлен на чертеже. В объектив трубы попадают лучи зрения двояким путем: от предмета M, находящегося на продолжении оптич. оси трубы, через непосеребренную часть зеркала C, и от предмета N—после двукратного отражения от зеркал A и C. Если алидада повернута так, что плоскости обоих зеркал между собою параллельны (что должно соответствовать отсчету 0°0′ на круге), то оба пучка лучей, поступающих в трубу, будут также параллельны между собою, вследствие чего оба изображения для случая далекого предмета будут совпадать и в трубу будет виден лишь один предмет M. При вращении алидады, а вместе с нею и зеркала A, предмет M, видимый в прямых лучах, будет оставаться в поле зрения трубы неподвижным, но кроме него появится и изображение другого предмета N, которое нужно привести в совпадение с первым.



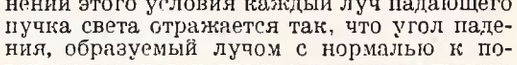
Фиг. 2.

Если это достигнуто, то угол α между обоими объектами равен удвоенному углу поворота алидады, который и отсчитывается по двум нониусам. Для того чтобы не удваивать отсчеты, деления круга сразу подписываются удвоенным углом; так например, при делении 20° стоит подпись 40°. Во время наблюдения отражат. круг держится в руке (на море) или подвешивается на особом штативе, позволяющем придавать инструменту любое положение. Отражательный круг имеет перед секстантом то преимущество, что в нем благодаря двум нониусам исключается ошибка эксцентриситета. В некоторых моделях одно (в О. к. Пистора и Мартинса, фиг. 2) или оба зеркала заменены призмами с полным внутренним отражением. О. к. употребляется на море и во время путешествий вообще для астрономич. определений широты, времени и азимута.

Лит.: Витковский В. В., Топография, 3 издание, Москва, 1928; Ambronn L., Handbuch d. astronomischen Instrumentenkunde, B. 2, Berlin, 1899; Valentiner W., Handworterbuch d. Astronomie, B. 3, T. 2, Breslau, 1901; Jordan W., Grundzüge d. astronomischen Zeit- u. Ortsbestimmung, Berlin, 1885. **А. Михайлов.**

ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА происходит на границе двух различных сред и неразрывно связано с преломлением света. Если *показатели преломления* (см.) обеих сред одинаковы, то О. с. не существует, хотя бы среды были совершенно различны по другим свойствам. Законы О. с. принимают простой вид для случая гладкой поверхности раздела, т. е. такой поверхности, неровности и шероховатости к-рой малы в сравнении с длиной световой волны. При выполнении этого условия каждый луч падающего пучка света отражается так, что угол падения, образуемый лучом с нормалью к поверхности, равен углу отражения, причем оба луча, падающий и отраженный, лежат в одной плоскости с нормалью (закон О. с.). В случае шероховатой поверхности свет отражается неправильно (рассеивается во все стороны). Если же беспорядочные неровности поверхности немного превышают по размерам длину световой волны, то рассеяние света может быть интерпретировано, как дифракция световых волн. В случае крупных неровностей рассеяние объясняется, как О. с. от множества маленьких гладких поверхностей, наклоненных в различных направлениях. Дальнейшее изложение относится к правильному отражению от гладких поверхностей на границе изотропных тел.

Основным свойством правильно отраженной волны является ее когерентность с волною падающей и преломленной; при встрече падающей и отраженной волны (фиг. 1) происходит *интерференция* (см.). На этом основан метод получения когерентных лучей в различных *интерферометрах* (см.). На основании факта когерентности можно заключить с большой степенью точности, что частота световых колебаний при правильном О. с. от неподвижного зеркала не меняется. Наоборот, амплитуда и *поляризация* (см.) отраженной волны в общем случае совершенно иные, чем падающей. Следует различать три случая О. с. в изотропных средах: 1) О. с. от прозрачной, непоглощающей среды, 2) полное внутреннее О. с., 3) отражение от поглощающих сред, в частности от металлов. Во всех трех случаях направление отраженного луча определяется вышеуказанным законом О. с. В геометрич. оптике этот закон м. б. выведен из принципа Ферма

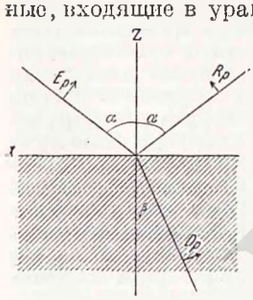


Фиг. 1.

(см. *Ферма принцип*). Законы О. с., касающиеся интенсивности и поляризации отраженного света, очень сложны и совершенно различны в трех указанных случаях; они выводятся из общей теории отражения и преломления.

Теория отражения и преломления света впервые дана Френелем на основе представления о свете как волнах в упругой среде. С формальной стороны ур-ния Френеля полностью сохраняют свое значение в электромагнитной теории света. Пусть имеются 2 *диэлектрика* (см.), разделенные плоской поверхностью и характеризуемые диэлектрическими постоянными ε_1 и ε_2 (фиг. 2). На поверхность раздела под углом α в плоскости чертежа падает плоская поляризованная волна, разделяющаяся на отраженную (угол α) и преломленную (угол β). Таким образом факт отражения и преломления заранее предполагается. Для решения задачи о направлении, интенсивности и поляризации отраженной и преломленной волны нужно установить условия на границе раздела для электрич. и магнитных сил. Физически ясно,

что переход значения диэлектрич. постоянной из одной среды в другую не происходит математич. скачком, а протекает непрерывно, хотя и очень резко. Поэтому производные, входящие в уравнения Максвелла (см. *Максвелла ур-ия*), сохраняют все время конечное значение. Отсюда следует, что и сами дифференцируемые величины не претерпевают прерывного изменения при переходе из одной среды в другую. Если предположить граничный слой бесконечно тонким, тогда можно считать, что тангенциальные слагающие электрического и магнитного вектора не изменятся при переходе через такой граничный слой. Пусть ось Z совпадает с нормалью к поверхности, ось X лежит в плоскости чертежа, ось Y перпендикулярна чертежу. Обозначим через



Фиг. 2.

$$E_{x1},\ E_{y1},\ E_{x2},\ E_{y2},\ M_{x1},\ M_{y1},\ M_{x2},\ M_{y2}$$

тангенциальные слагающие электрич. и магнитного вектора в первой и второй среде. Тогда граничные условия для тангенциальных слагающих выразятся так:

$$\left.\begin{matrix} E_{x1}=E_{x2};\ E_{y1}=E_{y2} \\ M_{x1}=M_{x2};\ M_{y1}=M_{y2} \end{matrix}\right\} \text{ при } Z=0. \quad (1)$$

Из ур-ий Максвелла и условий (1) вытекают условия для нормальных слагающих

$$\left.\begin{matrix} \varepsilon_1 E_{z1}=\varepsilon_2 E_{z2} \\ M_{z1}=M_{z2} \end{matrix}\right\} \text{ при } Z=0 \quad (2)$$

(магнитная проницаемость для световых волн положена равной 1). Разложим электрич. вектор падающей волны на слагающую в плоскости падения E_p (фиг. 2) и перпендикулярную к ней E_s. Уравнение падающей гармонич. волны для оси X выразится так:

$$E_x=E_p\cdot\cos\alpha\cos\omega\left(t-\frac{x\sin\alpha+z\cos\alpha}{v_1}\right),$$

где ω—угловая частота световых колебаний, полагаемая, в соответствии с опытом, одной и той же для падающей, отраженной и преломленной волны, v_1—скорость волны в первой среде. Для отраженной волны аналогично найдем:

$$R_x=R_p\cos\alpha'\cos\omega\left(t-\frac{x\sin\alpha'+z\cos\alpha'}{v_1}\right).$$

Для преломленной:

$$D_x=D_p\cos\beta\cos\omega\left(t-\frac{x\sin\beta+z\cos\beta}{v_2}\right),$$

где v_2—скорость волны во второй среде. Из (1) следует:

$$E_x+R_x=D_x$$

при $z=0$. Это условие должно удовлетворяться для любых x и t и следовательно аргумент последнего cos у всех трех ф-ий д. б. одинаковым, т. е.

$$\frac{\sin\alpha}{v_1}=\frac{\sin\alpha'}{v_1}=\frac{\sin\beta}{v_2}. \quad (3)$$

Ур-ия (3) равносильны известным законам отражения и преломления:

$$\left.\begin{matrix} \alpha'=\pi-\alpha \\ \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{v_1}{v_2}=\text{Const} \end{matrix}\right\}. \quad (4)$$

Для вывода амплитуды отраженной и преломленной волны можно воспользоваться непосредственно граничными условиями (1) или комбинацией некоторых условий (1) и (2) и закона сохранения энергии. Энергия электрич. волны, падающей на границу раздела под углом α за 1 ск., пропорциональна $\varepsilon_1 c_1 E^2\cos\alpha$, и соответственно для отраженной и преломленной волны—$\varepsilon_1 c_1 R^2\cos\alpha$ и $\varepsilon_2 c_2 D^2\cos\beta$. Найдем сначала выражения для R_s и D_s. По закону сохранения энергии:

$$\varepsilon_1 c_1 E_s^2\cos\alpha=\varepsilon_1 c_1 R_s^2\cos\alpha+\varepsilon_2 c_2 D_s^2\cos\beta.$$

Т. к. показатель преломления по электромагнитной теории света

$$\mu=\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{c_1}{c_2}=\sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}}, \quad (5)$$

то имеем:

$$E_s^2\cos\alpha=R^2\cos\alpha+\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}D^2\cos\beta.$$

С другой стороны граничные условия (1) дают:

$$E_s+R_s=D_s. \quad (6)$$

Решая (5) и (6) относительно R_s и D_s, находим:

$$R_s=-E_s\frac{\sin(\alpha-\beta)}{\sin(\alpha+\beta)}, \quad (7)$$

$$D_s=E_s\frac{2\sin\beta\cdot\cos\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}. \quad (8)$$

Для расчета компонента E электрич. вектора в плоскости падения воспользуемся граничными условиями (1) и (2). Из (1) имеем:

$$D_p\cos\beta=(E_p-R_p)\cos\alpha. \quad (9)$$

Из (2) соответственно:

$$R_p+E_p=D_p\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}. \quad (10)$$

Из (9) и (10) следует:

$$R_p=E_p\frac{\operatorname{tg}(\alpha-\beta)}{\operatorname{tg}(\alpha+\beta)}, \quad (11)$$

$$D_p=E_p\frac{2\sin\beta\cos\alpha}{\sin(\alpha+\beta)\cos(\alpha-\beta)}. \quad (12)$$

Ур-ия (7), (8), (11) и (12) являются т. н. уравнениями Френеля, вполне отвечающими на вопросы об амплитуде, фазе и поляризации отраженного и преломленного света. Обозначим через I_{rs}, I_{rs}, I_{ds}, I_{ep}, I_{rp}, I_{dp} интенсивности падающего, отраженного и преломленного света для колебаний электрического вектора, перпендикулярных и параллельных плоскости падения, и примем во внимание, что при преломлении сечение проходящего пучка расширяется; тогда из ур-ий Френеля получим:

$$\left.\begin{matrix} I_{rs}=I_{es}\frac{\sin^2(\alpha-\beta)}{\sin^2(\alpha+\beta)};\ I_{ds}=I_{es}\frac{\sin 2\alpha\sin 2\beta}{\sin^2(\alpha+\beta)} \\ I_{rp}=I_{ep}\frac{\operatorname{tg}^2(\alpha-\beta)}{\operatorname{tg}^2(\alpha+\beta)};\ I_{hp}=I_{ep}\frac{\sin 2\alpha\sin 2\beta}{\sin^2(\alpha+\beta)\cos^2(\alpha-\beta)} \end{matrix}\right\}. \quad (13)$$

В том случае когда падающий свет—естественный, т. е. p и s компоненты некогерентны, интенсивность падающего света I_e связана с интенсивностью отраженного и преломленного I_r и I_d ф-лами:

$$\left.\begin{matrix} I_e=I_{es}+I_{ep}=2I_{es} \\ I_r=I_{rs}+I_{rp} \\ I_d=I_{ds}+I_{dp} \end{matrix}\right\}. \quad (14)$$

На фиг. 3 изображен ход отражательной способности $\frac{I_{rs}}{I_{es}}$ и $\frac{I_{rp}}{I_{ep}}$ для вещества с показателем преломления $\mu=1{,}50$ для различных

углов падения. В предельном случае отвесного падения естественного света из (13) и (14) следует:

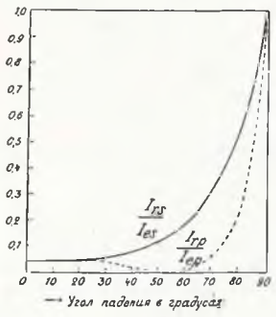
$$\left.\begin{aligned} \frac{I_r}{I_e} &= \left(\frac{\mu-1}{\mu+1}\right)^2 \\ \frac{I_d}{I_e} &= \frac{4\mu}{(\mu+1)^2} \end{aligned}\right\}. \qquad (15)$$

Состояние поляризации отраженного и преломленного света определится из уравнений Френеля, если составить отношение s и p компонентов. Для случая падения естественного света, когда $E_s = E_p$, из ур-ий (7), (8), (11) и (12) следует:

$$\frac{R_s}{R_p} = -\frac{\cos(\alpha-\beta)}{\cos(\alpha+\beta)}, \qquad (16)$$

$$\frac{D_s}{D_p} = \cos(\alpha-\beta). \qquad (17)$$

Оба отношения всегда отличаются от 1, причем (16) всегда > 1 и (17) < 1, т. е. отраженный и преломленный свет всегда частично поляризованы, но в обратных отношениях: отраженный луч поляризован в плоскости падения, преломленный — перпендикулярно последней. При $\alpha + \beta = \frac{\pi}{2}$ (16) обращается в бесконечность, т. е. отраженный луч нацело поляризован в плоскости падения. Комбинируя условие $\alpha + \beta = \frac{\pi}{2}$ с законом преломления (4), получаем:



Фиг. 3.

$$\operatorname{tg}\alpha = \mu, \qquad (18)$$

т. наз. закон Брюстера, определяющий угол полной поляризации при отражении. Поляризация при преломлении с другой стороны никогда не может быть полной. В предельном случае скользящего падения, когда $\alpha = \frac{\pi}{2}$, β по закону преломления определится условием $\sin\beta = \frac{1}{\mu}$, и следовательно минимальное значение отношения (17) составит $\frac{1}{\mu}$. Если же падающий луч линейно поляризован, то отраженный луч, оставаясь линейно поляризованным, испытывает вращение плоскости поляризации. Если через φ обозначить угол, составляемый плоскостью поляризации с плоскостью падения, а через ψ тот же угол для отраженного луча, то по ур-ям Френеля

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{R_s}{R_p} = \operatorname{tg}\varphi \cdot \frac{\cos(\alpha+\beta)}{\cos(\alpha-\beta)}. \qquad (19)$$

Из ур-ия (7) следует, что знак R_s противоположен знаку E_s, с другой стороны, R_p также противоположно E_p, что ясно из геометрических условий при отражении. Т. о. отраженная волна меняет фазу на 180° (потеря $\frac{\lambda}{2}$ при отражении). Законы Френеля неоднократно проверялись на опыте и могут считаться в основном вполне подтвержденными. Однако для многих веществ, и особенно твердых, при брюстеровском угле падения, удовлетворяющем (18), отраженный свет обнаруживает эллиптич. поляризацию вместо полной линейной, требуемой ур-иями Френеля. Это обстоятельство м. б. объяснено поверхностным переходным слоем конечной толщины, изменяющим граничные условия. Достаточно допустить существование такого слоя толщиною в сотые доли длины световой волны, чтобы объяснить вполне заметную эллиптич. поляризацию (Друде). Другой причиной м. б. слабое двойное лучепреломление поверхностного слоя, вызываемое молекулярными силами на поверхности.

Полное внутреннее отражение. При прохождении света из среды оптически более плотной в менее плотную по закону преломления (4), начиная с угла падения, определенного условием

$$\sin\alpha = \mu, \qquad (20)$$

весь свет должен полностью отражаться. Основные положения теории Френеля д. б. применяемы и к этому случаю, т. к. граничные условия и предположение о неизменности частоты колебаний остаются теми же, т. е. теория полного внутреннего отражения должна определяться ур-иями (7), (8), (11), (12). Математич. отличие заключается только в том, что амплитуды отраженного и преломленного света становятся комплексными. Подставляя вместо $\cos\beta$ в ур-ия (7), (8), (11), (12) на основании (4) значение

$$\cos\beta = \sqrt{1-\frac{\sin^2\alpha}{\mu^2}} = i\sqrt{\frac{\sin^2\alpha}{\mu^2}-1},$$

можно привести ур-ия Френеля к нормальному комплексному виду. Комплексность амплитуд равносильна изменению фаз p и s компонентов отраженного света, и следовательно отраженный свет при полном внутреннем отражении вообще, говоря, должен быть эллиптически поляризованным. Для того случая когда падающий луч линейно поляризован в плоскости, образующей 45° с плоскостью падения, относительная разность фаз Δ отраженных s и p компонентов может быть выражена на основании ур-ий Френеля ф-лой:

$$\operatorname{tg}\frac{\Delta}{2} = \frac{\cos\alpha\sqrt{\sin^2\alpha-\mu^2}}{\sin^2\alpha}; \qquad (21)$$

при $\alpha = \frac{\pi}{2}$ и $\sin\alpha = \mu$ (угол начала полного внутреннего отражения) $\Delta = 0$, т. е. отраженный луч поляризован линейно. Для угла падения α, удовлетворяющего следующему условию:

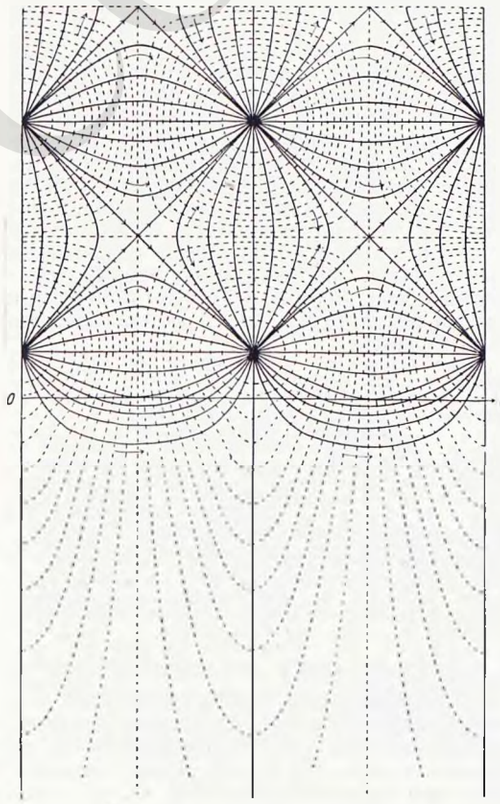
$$\sin^2\alpha = \frac{2\mu^2}{1+\mu^2}, \qquad (22)$$

Δ достигает максимального значения Δ_m, определяемого равенством:

$$\operatorname{tg}\frac{\Delta_m}{2} = \frac{1-\mu^2}{2\mu}. \qquad (23)$$

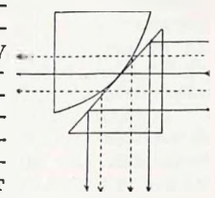
Пользуясь полным внутренним отражением, можно т. о. превратить линейно поляризованный луч в эллиптически поляризованный, или при повторном или многократном полном внутреннем отражении—в луч поляризованный по кругу (см. *Поляризационные приборы*). Интенсивность отраженного света в случае полного внутреннего отражения получается в теории Френеля, как это ясно с самого начала, равной интенсивности падающей волны. Вместе с тем ур-ия Френеля

приводят к результату, на первый взгляд парадоксальному, об одновременном существовании света и во второй среде, соответствующего преломленному. Действительно p и s компоненты для преломленного луча не обращаются в нуль для случая полного внутреннего отражения. Этот парадокс объясняется тем, что световая волна действительно заходит во вторую среду при полном внутреннем отражении, но снова возвращается в первую; так. обр. вся падающая энергия собирается в отраженном пучке. Графич. интерпретация ур-ий Френеля для полного внутреннего отражения дана Эйхенвальдом. Для простоты на фиг. 4 выбран тот случай, когда полное внутреннее отражение происходит при $\alpha = 45°$. Пунктиром изображены магнитные силовые линии (электрические силовые линии перпендикулярны к плоскости рисунка), сплошными линиями указано направление потока энергии, вектора Пойнтинга. Фиг. 4 соответствует мгновенному положению; для получения кинематич. картины нужно бы двигать чертеж в направлении оси Y со скоростью света, деленной на $\sin\alpha$. Из фиг. 4 видно, что лишь



Фиг. 4.

часть энергии заходит во вторую среду и вновь возвращается в первую. Волна во второй среде чрезвычайно быстро затухает, сосредоточиваясь практически в слое, сопзмеримом с длиною световой волны, и распространяясь вдоль поверхности раздела. Экспериментально волна во второй среде при полном внутреннем отражении была обнаружена еще Ньютоном. Если привести в соприкосновение две призмы (фиг. 5)—одну с плоской, другую с искривленной катетной гранью, то при падении лучей под углом полного внутреннего отражения свет проходит через вторую призму не только в области контакта, но и там, где имеется воздушный зазор, соизмеримый с длиною световой волны. Вторая призма в этом опыте изменяет условия распространения волны во второй среде и «засасывает» ее в сторону (подобное возмущение связано, разумеется, с тем, что часть энергии ускользает из отраженной волны, и отражение, строго говоря, уже перестает быть полным).


Фиг. 5.

Отражение от поглощающих сред. В электромагнитной теории света поглощающая среда характеризуется тем, что в уравнениях Максвелла наряду с током смещения учитывается ток проводимости и волновое ур-не (напр. для компонента электрич. вектора X) принимает вид

$$\varepsilon\frac{\partial^2 X}{\partial t^2} + 4\pi\sigma\frac{\partial X}{\partial t} = c^2\,\Delta X, \qquad (24)$$

где σ—проводимость. Вследствие поглощения волна в среде получается затухающей, причем в ней поверхность равных фаз в случае косого падения не совпадает с поверхностью равных амплитуд, что весьма осложняет характер явления. Взяв частное решение (24) вида

$$X = Ae^{i\frac{2\pi}{T}\left(t-\frac{mx+ny+pz}{v}\right)},$$

где T—период колебаний, m, n и p—в общем случае величины комплексные, v—скорость распространения волны, можно привести уравнение (24) формально к обычному виду волнового ур-ия, введя вместо ε комплексную диэлектрич. постоянную ε'

$$\varepsilon' = \varepsilon - i\,2\sigma T. \qquad (25)$$

В этом случае ур-ие (24) примет вид

$$\frac{\varepsilon'}{c^2}\frac{\partial^2 X}{\partial t^2} = \Delta X, \qquad (26)$$

и формально теория Френеля автоматически переносится и на случай среды с поглощением. Так же как и при полном внутреннем отражении комплексность амплитуд в данном случае определяет эллиптичность поляризации отраженного света, т. е. существование нек-рой относительной разности фаз Δ между p и s компонентами отраженного света. Обозначая через α угол падения, через ψ т. н. азимут восстановленной поляризации, т. е. азимут плоскости поляризации отраженного света (относительно плоскости падения) в том случае, если эллиптически поляризованный отраженный свет преобразован *компенсатором* (см.) в линейнополяризованный, для чрезвычайно сильного поглощения (металлы) Друде получает следующие ф-лы для μ и k:

$$k = \sin\Delta\operatorname{tg}^2\psi, \qquad (27)$$

$$\mu = \sin\alpha\operatorname{tg}\alpha\cdot\frac{\cos 2\psi}{1+\cos\Delta\sin 2\psi}. \qquad (28)$$

Ф-лы (27) и (28) относятся к случаю падающего света, поляризованного под углом в 45° к плоскости падения. Формулы, связывающие μ и k с a, ψ и Δ, имеют большое практич. значение для определения оптич. постоянных (μ и k) металлов. Определяя на *спектрометре* (см.), снабженном поляризатором, анализатором и компенсатором, элементы эллиптичности света, отраженного от металла, можно найти показатель преломления и индекс поглощения изучаемого вещества. В табл. 1 приведены значения

Табл. 1.—Значения μ и k для серебра для различных λ в Å по Друде.

λ	μ	k
2 263	1,41	0,75
2 573	1,53	0,84
3 110	1,44	0,36
3 220	0,83	0,49
3 460	0,22	5,01
3 611	0,20	7,22
4 500	0,16	14,5
5 000	0,17	17,1
5 500	0,18	18,8
5 893	0,18	20,6

μ и k для серебра для различных длин волн, выраженных в Å, вычисленные по ф-лам Друде на основании измерений Минора. В табл. 2 приведены оптич. постоянные для

Табл. 2.—Оптические постоянные для различных металлов по Друде.

Металл	μ	k
Висмут	1,90	1,93
Свинец	2,01	1,73
Ртуть	1,73	2,87
Платина	2,06	2,06
Золото	0,366	7,71
Олово	1,48	3,55
Серебро	0,181	20,3
Цинк	2,12	2,60
Медь	0,641	4,09
Никель	1,79	1,86
Сталь	2,41	1,38
Алюминий	1,44	3,63
Магний	0,37	11,8

различных металлов по измерениям Друде, вычисленные по ф-лам (27) и (28).

Для отражательной способности поглощающей среды, т. е. для отношения интенсивности отраженного света к интенсивности падающего в случае отвесного падения, ур-ия Френеля приводят к следующему выражению:

$$R = \frac{\mu^2(1+k^2)+1-2\mu}{\mu^2(1+k^2)+1+2\mu}. \qquad (29)$$

Отсюда следует, что для веществ с очень большим значением k и относительно малыми μ (металлы) коэф. отражения близок к 1 (металлическое отражение). Парадоксальное на первый взгляд поведение металлов, отражающих сильнее всего лучи наиболее поглощаемые, объясняется так же, как и при полном внутреннем отражении. Сильно поглощаемая волна заходит в металл на ничтожную глубину, соизмеренную с длиною волны, и затем почти полностью вновь поворачивает в первую среду, составляя отраженную волну. Чем больше поглощение, тем меньше глубина, на которую заходит волна во вторую среду.

Между оптич. постоянными вещества μ и k и его электрическими постоянными ε и σ по теории Максвелла существует простое соотношение. Комплексная диэлектрич. постоянная (25) м. б. приравнена квадрату комплексного показателя преломления μ':

$$\mu'^2 = \varepsilon - 2i\sigma T.$$

Для случая отвесного падения отсюда следует, что

$$\mu^2(1-ik)^2 = \varepsilon - 2i\sigma T$$

или

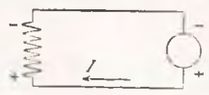
$$\left.\begin{aligned}\mu^2(1-k^2) &= \varepsilon\\ \mu^2 k &= \sigma T\end{aligned}\right\}. \qquad (30)$$

Эти соотношения хорошо удовлетворяются для достаточно длинных волн (в десятки μ длиною) и неверны для коротких волн, что находит объяснение в теории *дисперсии* (см.) при учете наличия в среде резонаторов, определяющих зависимость ε и σ от длины волны. Ф-лы (30) с качественной стороны объясняют особенность оптич. свойств металлов, устанавливая параллелизм проводимости и поглощения. Однако металлич. оптич. свойствами обладают и вещества, ничего общего с металлами не имеющие; густые растворы красок отражают свет, как металлы; кристаллы кварца, флюорита, сильвина и т. д. в области длинных световых волн также обладают металлич. отражением; пары металлов натрия и ртути при достаточно большом давлении отражают резонансные спектральные линии еще лучше, чем твердые или жидкие металлы. Необходимым условием металлического отражения является только очень большое поглощение, к-рое может и не сопровождаться значительной проводимостью и определяется связанными электронами. Молекулярная теория отражения (Озен, Эвальд и другие) приводит к тем же результатам, как и формальная теория Френеля.

Лит.: Общая: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 2 и 5, Берлин, 1923; Тамм И. Е., Основы теории электричества, М.—Л., 1929; Drude P., Lehrbuch d. Optik, 3 Aufl., Lpz., 1912; Försterling K., Lehrbuch d. Optik, Lpz., 1928; Schuster A. and Nicholson J., An Introduction to the Theory of Optics, 3 ed., L., 1924; Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 20, Berlin, 1928.—Отражение от поглощающих сред: Wiener O., «Leipziger Abhandlungen der Sächs. Gesellschaft d. Wissenschaft, mathem.-phys. Klasse, Leipzig, 1908, H. 30; Zahradnicek J., «Ztschr. für Physik», Brschw.—B., 1930, B. 65, p. 814.—Молекулярная теория отражения: Ewald P., Die Reflexion u. Brechung d. Lichts als Problem der Elektronentheorie, Berlin, 1925; Ewald P., «Ann. der Phys.», 1916, B. 49, p. 117; Lundblad R., Untersuchungen über die Optik d. dispergierenden Medien vom molekulartheoretischen Standpunkt, Upsala, 1920.

С. Вавилов.

ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ есть сопротивление такого устройства, напряжение на зажимах к-рого противоположно по фазе силе тока. По Хунду (Hund) проводящее тело представляет собой О. с. тогда, когда мгновенное уменьшение силы тока вызывает соответствующее повышение напряжения между концами такого проводника. Согласно основному определению всякий генератор является О. с., так как во всяком генераторе мощность является отрицательной величиной, а раз мощность, т. е. произведение напряжения на силу тока, меньше нуля, то напряжение и сила тока противоположны по фазе. Для генератора постоянного тока эти соотношения ясны из фиг. 1; на генераторе сила тока противоположна по фазе напряжению; на потребляющем энергию сопротивлении напряжение совпадает по фазе с силой тока. По Моркрофту участок электрич. цепи обладает положительным сопротивлением, если на этом участке энергия входит в цепь, и О. с.—если на данном участке энергия «исходит». Для перемен. тока рассмотрение процесса осложняется тем, что в генераторе всегда есть реактивное сопротивление (обыкновенно индуктивное) и мощность равна

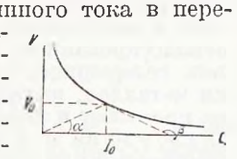


Фиг. 1.

$$P = VI\cos\varphi.$$

Однако и здесь, если мощность меньше нуля, т. е. если сдвиг фаз между силой тока и напряжением больше 90°, то данное устройство кроме реактивного сопротивления обладает О. с. Применение понятия О. с. не всегда однако желательно, т. к. по б. ч. употреблением этого термина не объясняются, а скорее затемняются происходящие в цепи явления. Например, если аккумулятор работает на омич. сопротивление, то можно сказать, что аккумулятор является О. с., равным положительному сопротивлению нагрузки, но такая замена является только затемнением простого закона Ома. Вообще смысл введения понятия о сопротивлении заключается в функциональной зависимости между напряжением и силой тока. Поэтому введение понятия об О. с. приносит пользу лишь тогда, когда имеется налицо резко выраженная зависимость между силой тока и напряжением генератора.

Наиболее удобным является применение понятия об О. с. при включении в цепь преобразователя постоянного тока в переменный. Такой преобразователь является положительным сопротивлением для постоянного тока и О. с. для переменного тока. В качестве примера такого устройства можно взять любой прибор с падающей характеристикой. На фиг. 2 изображена характеристика вольтовой дуги. Аналитическое выражение этой характеристики дается соотношением



Фиг. 2.

$$V = a + \frac{b}{i},$$

где V—напряжение на зажимах дуги, i—сила тока, a и b—постоянные коэф-ты. Сопротивление дуги постоянному току выражается в нек-ром масштабе тангенсом угла α:

$$R_0 = \frac{V_0}{I_0} = \operatorname{tg}\alpha; \qquad (1)$$

сопротивление переменному току—тангенсом угла β, составленного касательной с осью абсцисс,

$$R_{пер.} = \frac{dV}{di} = \operatorname{tg}\beta = -\frac{b}{i^2}. \qquad (2)$$

Первое сопротивление положительно—дуга потребляет мощность постоянного тока, второе сопротивление отрицательно—дуга может генерировать переменный ток. Точно так же электронная лампа м. б. О. с. для переменного тока. В схеме согласно фиг. 3 определение сопротивления переменному току м. б. сделано из ур-ия Баллаури

$$i_a = SV_g + \frac{V_a}{R_i},$$

где i_a—переменная слагающая силы анодного тока, V_g и V_a—переменные слагающие напряжения на сетке и на аноде. S и R—крутизна и внутреннее сопротивление лампы. Однако

$$V_g = -\frac{M}{L}V_a, \qquad (3)$$

поэтому сопротивление переменному току равно

$$R_{пер.} = \frac{V_a}{i_a} = \frac{R_i}{1-\frac{M}{DL}}. \qquad (4)$$

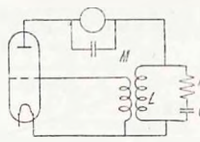
Величина сопротивления $R_{пер.}$ м. б. отрицательной, если $\frac{M}{DL} > 1$. Чем больше коэф. взаимоиндукции M, тем меньше сопротивление. Если соблюдено условие самовозбуждения

$$\frac{M}{L} = D + \frac{1}{SZ}, \qquad (5)$$

то

$$R_{пер.} = -Z, \qquad (6)$$

т. е. О. с. лампы равно положительному сопротивлению нагрузки. Все это выведено для колебаний первого рода (см. *Колебания электрические*), для колебаний второго рода нужно лишь изменить величины R_i и S (см. *Ламповый генератор*). Ф-лы для О. с. лампы, аналогичные (4), очень полезны при рассмотрении приемников с обратной связью, когда введение понятия об О. с. облегчает понимание процессов в регенеративном приемнике: увеличение чувствительности и избирательности последнего и т. д. Т. о. введение термина О. с. является иногда полезным, однако существенно нового оно не вносит и должно применяться с осторожностью, чтобы не затемнять сущности дела.



Фиг. 3.

Лит.: Бонч-Бруевич М., Отрицательное сопротивление, «ТиТБП», 1928, *5* (*50*); Кляцкин И. Г., Сопротивление электронной лампы, там же, *6* (*51*); Остроумов Г., Этюды лампового приема, там же, 1926, *4* (*37*), *5* (*38*), 1927, *3* (*42*); Рамдау П., Отрицательное сопротивление, как причина незатухающих колебаний, там же, 1926, *6* (*39*); Barkhausen H., Das Problem der Schwingungserzeugung, Leipzig, 1907; Hund A., Hochfrequenzmesstechnik, p. 326—344, B., 1928.

И. Кляцкин.

ОТХОДЫ деклассированные цветных металлов и их сплавов, неполноценные отходы (полноценные О. см. *Лом металлический*), получаемые от процессов механич. обработки и литья гл. обр. в цветной металлопромышленности. О. деклассированные делятся на две группы: О. красных металлов (медь, латунь, томпак, бронза и т. д.) и белых металлов (свинец, алюминий, олово, цинк и пр.). Классификация О. деклассированных цветных металлов и применение их в промышленности чрезвычайно разнообразны. Так, медные отходы (мелкие: землистые сора, формовочная земля, богатые хвосты, изгарина, окалина; крупные: шлаки медные, выломки из плавильных пе-

чей, кирпичи, пронизанные металлом, горелые графитовые тигли и т. д.) после переработки и обогащения поступают в переплавку на медь. О. свинцовые и оловянные (изгарина, зола, гарь и т. д.) идут на производство антифрикционных баббитовых сплавов. О. цинковые (изгарина, зола, окшары) поступают в химической промышленности на изготовление цинковых белил, а также на производство литопонов. О. цинковые (флюсы, нашатырные отпадки со значительным содержанием хлора) идут для производства хлористого цинка. Отходы окиси цинка поступают исключительно на производство цинковых белил. О. алюминиевые (шлаки, изгарина, зола и т. д.) поступают на вторичный передел. До войны 1914—18 годов всякие бедные по содержанию цветного металла О. (за исключением незначительного количества, перерабатывавшегося кустарным способом внутри страны) экспортировались в З. Европу. В настоящее время в СССР О. деклассированные тщательно собираются и перерабатываются нашей промышленностью. Так, до 1926/27 г. одним только Комцветфондом передано промышленности 8 609 *т* медных концентратов (около 2 000 *т* меди). С 1926/27 г. «Рудметаллторг» сдал промышленности О. в концентратах в количествах, указанных в табл. 1.

Табл. 1.—Отходы в концентратах, переданные промышленности Рудметаллторгом (в *т*).

Виды отходов \ Годы	1926/27	1927/28	1928/29	1929/30
Медные мелкие . . .	1 286	2 652	2 969	4 005
Медные крупные . .	321	467	523	707
Свинцовые	185	265	450	846
Цинковые	200	540	1 083	3 055
Оловянные	65	140	250	450
Алюминиевые . . .	135	210	300	1 335
Всего . . .	2 192	4 274	5 575	10 398

Кроме того Московским утилизационным з-дом № 1 в 1928/29 и 1929/30 гг. переработано и обогащено ок. 5 000 *т* медных концентратов, содержавших от 15 до 25% Cu. Данные о переработке О. цветных металлов в СССР и США помещены в табл. 2 и 3.

Табл. 2.—Производство вторичных металлов в СССР в 1929/30 г.

Показатели \ Виды металла	Медь	Свинец	Цинк	Всего
Внутрен. добыча цветных металлов в *т*	34 105	8 318	4 277	46 700
Переработано из лома и полноценных отходов:				
в *т*	36 981	3 456	2 635	43 072
в % к добыче	108,4	41,5	61,6	92,2
Переработано из деклассированных отходов:				
в *т*	1 643	295	458	2 396
в % к добыче	4,8	3,5	8,7	5,1
Всего переработано цветных металлов:				
в *т*	38 624	3 751	3 093	45 468
в % к добыче	113,2	45,0	72,3	97,3

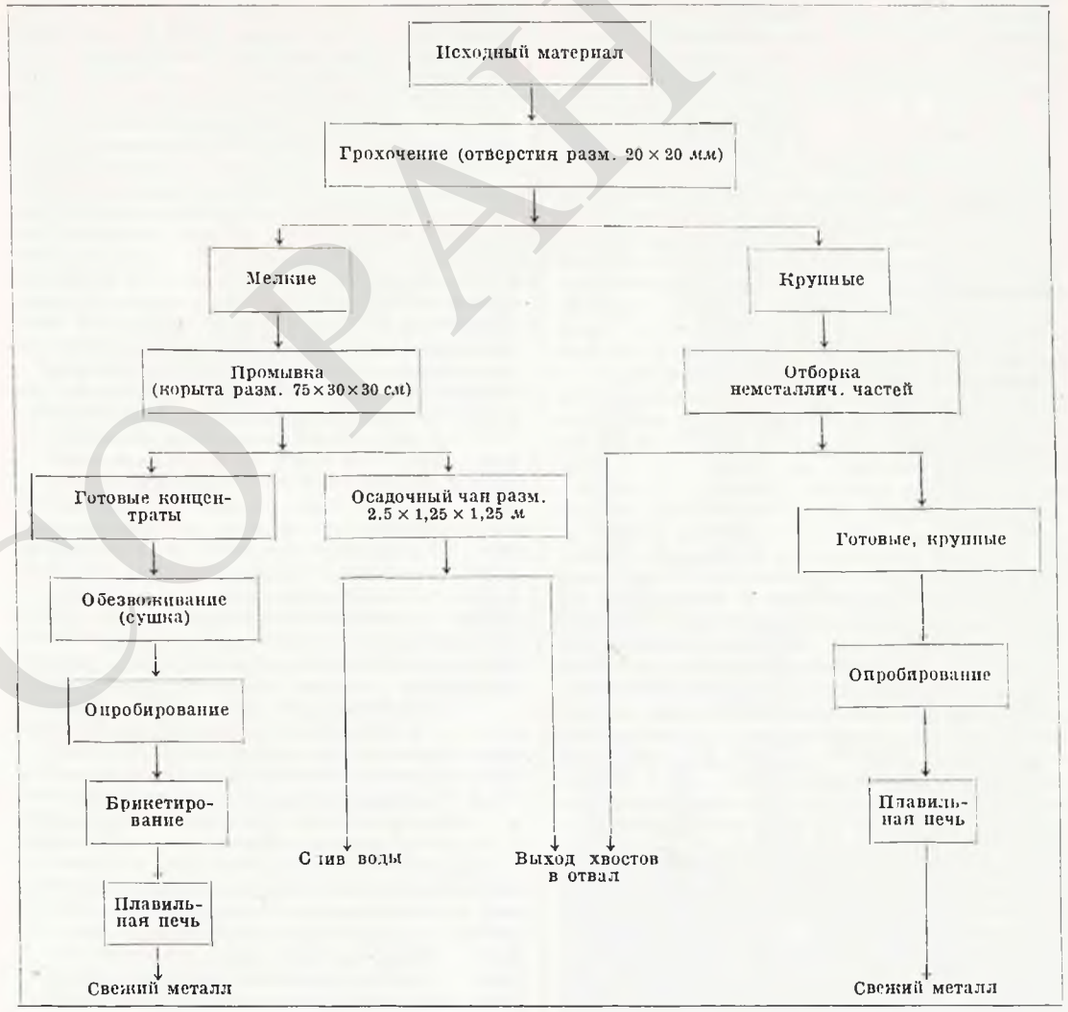
Табл. 3.—Переработка цветных металлов в США.

Показатели \ Виды металла	Свинец	Цинк	Олово	Алюминий
Годовое потребление в тыс. *т*	800	530	80	106
Переработано из лома и полноценных отходов:				
в тыс. *т*	114,0	70,0	23,6	27,0
в % к общей потребн. .	14,2	13,2	29,0	24,5
Переработано из деклассированных отходов:				
в тыс. *т*	60,5	35,0	3,0	—
в % к общей потребн. .	7,5	6,5	3,7	—
Всего переработано:				
в тыс. *т*	174,0	105,0	26,6	27,0
в % к общей потребн. .	21,7	19,7	32,7	24,5

Сборка и хранение О. деклассированных на предприятиях должны производиться тщательно. В цехах и мастерских, где происходит обработка цветных металлов и их сплавов, д. б. установлены, по примеру западных стран и США, у токарных станков, слесарных верстаков, наждачных кругов и прочих механизмов специальные выдвижные поддоны для сборки разных О. деклассированных опилок и пр. Поддоны регулярно освобождаются от О., к-рые ссыпаются в особые закрома, причем каждый вид отходов должен храниться отдельно. При разработке проектов новых предприятий проектирующие ин-ты Гипромцветмет, Гипромез и пр. обязательно должны включать в проекты установки приспособления для сборки и хранения О. деклассированных цветных металлов.

Процесс обогащения О. деклассированных протекает двумя способами: первый—простой, самый дешевый и распространенный заключается в *грохочении* (см.) через сита с отверстиями 20×20 *мм*. Мелкие О. деклассированные, прошедшие через грохот, содержащие в себе мельчайшие кусочки металлов, изгарину и окиси, поступают на промывку в железных корытах размером 75×30×30 *см* и в особых осадочных чанах размером 2,5×1,25×1,25 *м*. Корыта наполняют землистыми сорами, сверху на них пускают струю воды и при помощи лопаток производят промывание соров; хвосты получаются с содержанием не выше 0,75—1,0% металла. Концентраты с содержанием металлов в среднем ~15% обезвоживаются посредством сушки и после брикетирования поступают в передел на медь. О. белых металлов (кроме цинковых) с содержанием металла 10—12% обычно не подвергаются обогащению. Крупные медные О. деклассированные, не прошедшие через грохот, поступают в механич. обогащение отделением от них других веществ (кирпич, камень, дерево, тряпье и пр.), после чего они направляются уже как готовый материал со средним содержанием металлов ~ 25% в печь для переработки на черновую медь. Ниже помещена схема работы обогатительной фабрики-базы. По второму способу, применяемому на Западе, отходы подвергаются грохочению; просеянная мелочь для окончательного измельчения передается на шаровые мельницы «Круппа», откуда струей воды по желез-

Схема работы обогатительной фабрики-базы отходов деклассированных цветных металлов Госпромтреста «Металлолом».



ным желобам передается на классификационные столы «Вильфлея» (см. *Обогащение полезных ископаемых*). Крупные О. деклассированные после грохочения подвергаются измельчению на бегунах и просеиванию через сито размером в 3 *мм* в диаметре. Полученный измельченный материал присоединяется к прочим мелким сортам и поступает в общую переработку, а оставшаяся часть на сите направляется в перемол уже на вторых бегунах и вторично подвергается просеиванию. От последней операции получаются мелкие О. деклассированные, а оставшийся на ситах крупный отсев направляется в отсадочную машину-чан.

О. деклассированные более низкого качества после обогащения и сушки направляются в последующую переработку на вальцовую мельницу, где металлич. частицы превращаются в пластиночки, а землистые распыляются. Переработанный материал вторично поступает на стол «Вильфлея», причем выход концентратов составляет 50—60%. От общего же количества переработанного материала получается около 20% концентратов, остальное количество поступает в отвал. От обогащенных концентратов на плавильных з-дах отбирается средняя проба для производства анализа, после чего последние поступают в брикетировку, чтобы избежать закупоривания и засорения шахты плавильной печи сыпучим материалом. Брикетирование мелких О. деклассированных происходит обычно в бетономешалке с 10% по весу цемента, после чего под небольшим фрикционным прессом концентраты прессуются в кирпичи, которые после 7-дневного выстаивания на сквозняке идут в плавильную печь. В З. Европе на быстроходных автоматич. прессах получают брикеты 5—6 *см* диам., а на ленинградском заводе «Красный выборжец»—10×15 *см* при высоте 6—8 *см*. После брикетирования концентраты со средним содержанием металла в 50—60% направляются в плавильную отражательную печь в передел на красную медь, а крупные концентраты с содержанием 30—40% меди идут в шахтную печь для переработки на черновую медь. Продукция плавки идет на электролитические заводы в электролиз.

Средняя рыночная стоимость О. деклассированных расценивается за m-процент содержащегося в них металла; в табл. 4 приведены цены на О. различных металлов.

Табл. 4.—Рыночная стоимость О. деклассированных (в руб. за m-процент).

Наименование О.	Содержание металла в %	Средняя цена в руб. за m-%
Крупные медные	12—15	4,60
	15—20	5,55
	20—30	6,15
	30—40	6,46
	40 и свыше	6,85
Мелкие медные	12—15	2,80
	15—20	4,15
	20—30	5,15
	30—40	6,10
	40 и свыше	6,85
Цинковые и свинцовые .	10—15	0,70
	15—25	1,10
	25—50	1,50
	50 и свыше	2,15
Алюминиевые	10—15	0,90
	15—25	1,90
	25—50	3,25
	50 и свыше	4,50
Оловянные	10—25	9,00
	25—50	12,00
	50 и свыше	13,00

Заготовка, разработка и обогащение О. деклассированных сосредоточены в Госпромтресте «Металлолом», к-рым запроектированы следующие ориентировочные количественные показатели по заготовке на последние три года пятилетки (в m):

Наименование О.	1931 г.	1932 г.	1933 г.
Мелкие медные	10 000	13 700	22 460
Крупные медные	2 000	2 740	4 500
Свинцовые	1 000	1 490	2 190
Алюминиевые	1 500	2 580	3 930
Оловянные	500	670	960

Цинка запроектировано в заготовке в 1931 г. 4 000 m, а в последующие годы, из-за перехода оцинкования железа с горячего способа на электролитический, приток О. цинкового производства совершенно прекратится.

Лит.: Баймаков Ю. В., Переработка лома и отбросов цветных металлов, «Труды Первой всесоюзной конференции по цветным металлам», М., 1925, стр. 236; его же, Переработка ломов и отбросов промышленности цветных металлов, «Труды Второго всесоюзного совещания по цветным металлам», М.—Л., 1927, т. 1, стр. 625; Валк Г. И. и Иванов С. И., Утилизация отходов цветных металлов, «Экономическая жизнь», М., 1929, 123; Рольщиков В. И., Переработка лома, отходов и отбросов белых металлов и их сплавов, «Труды Второго всесоюзного совещания по цветным металлам», М.—Л., 1927, т. 1, стр. 654; Ванюков С. И., Современное состояние добычи цветных металлов и производственные перспективы, «Труды Первой всесоюзной конференции по цветным металлам», М., 1925; Manlove G. H., Scrap Metals, 2 ed., N. Y., 1925; Friedmann P., Altmetall, «Metallwirtschaft», Berlin, 1930, Jg. 9; «Mineral Industry During 1926», N. Y., 1927; ibid., 1928.

Г. Валк.

ОТХОДЫ И ОТБРОСЫ ПРОИЗВОДСТВА — та часть материи и энергии, к-рая остается неиспользованной в данном производственном процессе. Таковы напр. стружки, получающиеся при обработке металла или дерева на токарных, сверлильных, фрезерных и прочих станках; обрезки текстиля и кожи на швейных и обувных ф-ках; частицы угля, уносимого отходящими газами; остатки красок, спускаемые на текстильных отделочных ф-ках в реку или в канализационные трубы вместе со сточными водами; тепло, уносимое отработанным паром паровых машин и паровых турбин и т. д. Следует различать понятия «отходы» и «отбросы» производства. Отходы—это та часть материи или энергии, которая может быть еще использована в другом производственном процессе и которой можно найти то или иное применение либо в том виде, как они получены, либо после соответствующей переработки. Напр. отходы металла (стружки, обрезки) м. б. подвергнуты переплавке; отходы испаряющихся веществ (напр. бензина, лака, эфира и пр.) м. б. уловлены, превращены в жидкое состояние и вновь пущены в работу. Отбросы производства—это те отходы, для к-рых применения не находится и которые вывозятся на свалку, сжигаются для освобождения заводской территории от ненужного хлама, безвозвратно улетучиваются в воздух, спускаются в реку. Отбросы производства—понятие в высшей степени относительное, т. к. то, что сегодня является отбросом, завтра в связи с успехами техники может перестать быть отбросами; материалы, к-рые для одного предприятия являются отбросами, для другого, где для них найдено то или иное применение, ими уже не являются. Можно привести множество примеров того, как продукты производства, в течение десятков лет оставшиеся совершенно неиспользованными, последние годы стали расцениваться чрезвычайно высоко, приобретя крупное промышленное значение. В соответствии с этим они перестали считаться отбросами производства и рассматриваются как его отходы. Так напр., доменные газы после соответствующей очистки м. б. использованы в качестве горючего, а также благодаря богатому содержанию угольной кислоты—в качестве «воздушного удобрения»; шлаки доменных печей—для изготовления цемента, шлакобетонных камней, изоляционных материалов, для настила мостовых; сернистые газы медеплавильных з-дов—для получения серы, мышьяка и т. д. Стоящие перед техникой и промышленностью в области О. и о. п. задачи сводятся к тому, чтобы по возможности не давать отходам превращаться в отбросы и чтобы, находя применение продуктам производства, которые раньше являлись бросовыми, сокращать количество последних за счет отходов.

Стремление к использованию отбросов производства так же старо, как и само производство. Массовый характер оно получило с развитием крупной промышленности, дающей большие количества отбросов и даже позволившей на отбросах возникнуть целым новым отраслям промышленности. Так, Kershaw приводит в качестве примера возникновение в США массового производства соляной к-ты на отбросном хлоре содовых з-дов, не только бесполезно уходившем в воздух, но разрушающе действовавшем на здоровье окружающего населения и постройки. Под давлением санитарного законодательства 1863 года, в целях обезвреживания отходящих газов положено было начало улавливанию хлора, что в свою очередь послужило толчком для развития новой в США отрасли химич. промышленности—производству соляной к-ты на отбросах содовой промышленности. Сильнейшим толчком к утилизации отбросов явилась война 1914—1918 гг., когда недостаток сырья, в частности для нужд военной промышленности, заставил воюющие страны—во главе движения шла Германия—перейти к использованию отбросов, ранее не обращавших на себя внимания. Многочисленные и крайне интересные примеры дает пищевая промышленность Германии того периода, на производстве суррогатов и новых пищевых продуктов использовавшая самые разнообразные и неожиданные отбросы вплоть до городских сточных вод. Последовавший за войной 1914—18 гг. хозяйственный кризис, подкопавший самые основы капиталистич. хозяйства на Западе, придал борьбе за рационализацию промышленности и использованию отбросов* еще более широкую постановку. Не остались в стороне от этого движения и США, не только не пострадавшие от войны, но сделавшие на ней хорошее «дело».

Стремление к максимальной рационализации производства, органически связанное с природой советского хозяйства, получило у нас в последние годы характер массового движения, нашедшего себе выражение и в рабочем изобретательстве; в эту же сторону направлено и внимание НК РКИ и Госплана СССР. Вопросам использования отбросов в нашем рационализаторском движении уделялось и уделяется пока недостаточно внимания, примером чему могут служить работы недавней теплотехнич. конференции, где использованию отбросного топлива и тепла посвящено было всего два доклада—один отбросам угля, другой—газам коксовых печей. Утилизация отбросов производства требует чаще всего новых технич. приемов, организации совершенно новых и незнакомых данной отрасли промышленности производств, наконец комбинации разных производств и производственных единиц, могущих взаимно обслуживать друг друга своими отбросами (см. ниже Днепровский комбинат). В условиях советского строительства, где возникают такие гигантские промышленные единицы, как Магнитострой, к-рые дадут громадные количества разного рода отбросов, проблема рационального их использования получает большое практич. значение. Советская промышленность д. б. построена на принципе наиболее полного—путем рационализации производства и утилизации отбросов в частности—использования всех видов материи и энергии; практически при массовом производстве и крупных размерах предприятий использование отбросов производства может явиться и крупным фактором понижения себестоимости основного продукта производства. Правильная калькуляция стоимости последнего должна учесть и использованные отбросы.

Все отрасли промышленности имеют свои отбросы, в той или иной мере могущие явиться отправным сырьем или полупродуктом для нового производства в пределах того же или другого хозяйства. Каждый новый технич. прием прибавляет что-нибудь к номенклатуре используемых отбросов производства, и так достаточно обширной. Отбросов, не могущих найти применения и использования, делается все меньше и меньше, по мере того как технич. и экономич. мысль вплотную подходит к этому вопросу. Примером может служить история с жестяными кружками, к-рые оставались после штамповки на одном из фордовских з-дов. Известно, что у Форда работает целое бюро по утилизации с очень квалифицированным составом, занятое исключительно тем, чтоб найти применение тем или другим отбросам фордовских з-дов. Бюро долго ломало голову над тем, что делать с этими шестидюймовыми жестяными кружками и наконец нашло решение вопроса: сложенные вдвое, вследствие недостаточной толщины жести, они пошли на изготовление покрышек для автомобильных холодильников, оказавшихся более прочными, чем покрышки, сделанные из одного листа; жестяные кружки, шедшие до того в плавку в качестве скрапа, стали давать з-ду 150 000 покрышек при тех же затратах по производству, но без расходов на переплавку, вальцовку и т. п. Автомобильные з-ды Форда со всеми подсобными к ним предприятиями, многократно описанные и русскими авторами, побывавшими там, пользуются мировой известностью в отношении самого внимательного и всестороннего использования отбросов производства, дающего компании до 20 млн. долл. сбережений в год. Приводимый ниже ряд наиболее интересных фактов из деятельности этого предприятия даст не только ряд примеров из интересующей нас области, но и картину широко и разносторонне продуманной и поставленной утилизации отбросов на предприятиях компании Форда.

Компания Форда сама выжигает кокс и наряду с ним получает ряд побочных продуктов: газ, бензол, сернокислый аммоний. Газы коксовальных печей после конденсации и фракционной обработки идут (~40% газа) в топку; получаемые продукты перегонки за исключением сернокисл. аммония используются на своих же з-дах или продаются на сторону. В среднем в сутки коксовые печи дают 1 600 m кокса, 680 тыс. $м^3$ газа, 99 тыс. $л$ бензола, 110 тыс. $кг$ сернокислого аммония, 76,5 тыс. $л$ каменноугольной смолы и 28 тыс. $л$ очищенных легких масел. Доменные газы подвергаются очистке от коксовой и металлич. пыли и поступают частью для дутья частью на силовую станцию в качестве топлива. Доменная пыль, содержащая около 75% металла, передается всасывающими пневматич. конвейерами прямо в сварочные печи; доменные шлаки, к-рых у Форда получается до 500 m в сутки, после извлечения железа магнитными установками частью служат дорожным материалом частью идут на цементный з-д. Стружки, опилки, окалина и прочие металлич. остатки точно так же идут в плавку. Прочий металлич. лом (медь, латунь, олово, алюминий, баббит, сталь, чугун и т. п.) сортируется и идет частью на свои з-ды частью возвра-

* Это приводит иногда к перегибу в сторону утилизации, что и подало повод Форду поставить следующий вопрос: «Почему у нас так много отбросов? Не уделяем ли мы больше внимания их использованию, чем устранению самой возможности отбросов? Идеальное производство такое, в к-ром нет подлежащих дальнейшему использованию материалов».

щается на з-ды поставщиков (специальная сталь), где и утилизируется непосредственно или идет в плавку. Все заводские станки снабжены специальными желобами, куда попадают и где собираются всякие металлич. отбросы и остатки. Старые рельсы, после обрезки головки, ножки и подошвы, превращаются в бруски, идущие в дело. Старые и ломанные инструменты переделываются на меньшие калибры; даже мусорные ведра идут в починку по нескольку раз. Однако металлич. отбросы представляют собой лишь небольшую часть всех утилизируемых у Форда в Ривер-Руже остатков: отработавший формовочный песок просеивается и снова идет в дело, как и старый огнеупорный кирпич после размола и прочих операций; извлекаемое из отработавших фотопроявителей серебро идет на изготовление новых препаратов (экономия ок. 10 000 долл. в год); собирается и утилизируется старая краска; масло и сало с металлич. частей и обрезков (более 9 000 *л* в сутки) или идет на грубую смазку или сжигается в топках в случае окончательной непригодности для других целей и т. д.

Автомобильн. производство требует большого количества леса как для постройки автомобилей, так и для их упаковки, обшивки и прочего, почему компания обзавелась собственными лесными угодьями. Считается, что треть (по весу) срубленного дерева остается в лесу в виде сучьев, пней и т. п.; 40% пиленого леса также идет в отбросы. Чтобы использовать все это, Фордом был построен обширнейший в мире з-д для сухой перегонки дерева по способу Стиффорда, позволяющему утилизировать древесину во всех видах—опилки, стружки, щепки, кору, ореховую скорлупу, солому и т. п. После отборки всего, что по размерам может пригодиться для производства, мусор поступает в сушку, для чего служат газы дымовых труб силовой станции. Из сушилки дерево поступает в реторты; пары и газы, выделяющиеся отсюда, поступают в скруббер, подвергаются конденсации и дальнейшей обработке. Уголь идет по конвейеру к водяному холодильнику и после «стабилизации»—в сортировочную; мелочь и пыль идут на производство брикет, просушка к-рых производится на газах той же силовой станции. Стоимость суточного выхода продуктов перегонки составляет по рыночным ценам более 10 тысяч долларов, стоимость сырья сводится к расходам по его транспорту и подаче. По заявлению Форда из одной *т* древесины здесь получается 275 *кг* древесного угля, 60 *кг* уксусно-кислой извести, 275 *л* метилового спирта и 67,5 *л* масел,—всего на 2 500 долл. в сутки, не считая 17 $м^3$ газа. Все отбросы дерева, здесь почему-либо не использованные, тряпка и бумага, собираемые на дворах фордовских з-дов, превращаются в специальный очень прочный, непропускающий масла и воды картон, идущий взамен дерева на упаковку, равно как и под обшивку автомобилей. Гвозди из старых ящиков извлекаются и сортируются; ящики ремонтируются или переделываются в другие размеры из пригодных досок; короткие доски соединяются в одну длинную помощью металлич. скоб; негодные для другого употребления идут на обшивку вагонов для металлич. лома и пр. Опилки, стружки, щепки и прочие отбросы отправляются на з-д сухой перегонки. Газы, получаемые при сушке искусственной кожи, конденсируются и подвергаются фракционной перегонке, сберегая 62% органич. растворителей, применяемых в производстве. Старые трансмиссионные ремни утилизируются без остатка на заплаты, подошвы, спасательные пояса и т. п., давая сбережений ок. 1 000 долл. в сутки, и т. д.

Практика фордовских з-дов конечно далеко не исчерпывает номенклатуры использования отбросов производства, как не исчерпывает их и приводимое далее перечисление их, сведенное Kershaw по нескольким важнейшим отраслям промышленности. Каменноугольная промышленность дает массу отбросов в виде угольной мелочи—штыба и шлама—после мойки угля; и то и другое получает ценность при превращении в пылевидное топливо или после брикетирования. Сейчас начинают уже привлекать внимание и тонкие пласты и прослойки угля, к-рые до сих пор как правило идут в отвал с пустой породой: по нек-рым подсчетам они могут дать столько же угля, сколько дают сейчас более мощные, признаваемые экономически выгодными, пласты. Далее есть несколько способов использования тепла коксообжигательных печей, равно как тепла при тушении кокса.

Металлургия черного металла дает громадное количество доменных шлаков—до 50% от веса чугуна, могущих итти на изготовление цемента, кирпича и других (фигурных) строительных и дорожных материалов. Большое распространение с развитием автотранспорта получает изготовленный из шлаков камень для автодорог, во многих отношениях превосходящий по своей прочности, непроницаемости для воды и мягкости другие виды дорожного материала; далее, шлаки нашли себе применение в стекольном, керамическом, асфальтовом, абразивном и других производствах. Электромагнитные сепараторы позволяют извлечь железо из шлаков, золы, формовочного песка и прочих отбросов. Шлаки медеплавильных печей дают гидравлич. цемент. При выплавке цинка, олова, свинца и алюминия получается большое количество твердых, жидких и газообразных отбросов, из к-рых м. б. извлечены соответствующие металлы, к-ты и пр. Масса металла (до 12—13%) уходит в отбросы при цинковании жести и м. б. из них восстановлена и т. д.

Металлообрабатывающая промышленность дает самый разнообразный сортамент отбросов: стружку, опилки, обрубки и другие отбросы разных металлов, идущих в переплавку после брикетирования и других способов их подготовки. Сюда же идут и крупные обрезки металла и лом, не находящие для себя другого применения. Переработка старых антифрикционных материалов (баббит и т. п.) позволяет америк. ж. д. возвращать до 75% затрат по этой статье. Старые гальванопластич. ванны дают известное количество серебра, никеля и т. п. Смазочный

материал, употребляемый при обработке металла и выбрасываемый вместе с металлическими отбросами, м. б. извлечен химич. и механич. путем (эмульгирование—до 90% израсходованной смазки), как и из концов и тряпья, служащих для обтирки машин (центрифугирование и другие способы).

Трюмные воды, к-рые до сих пор просто спускались или выкачивались в море, отравляя рыбу и птицу, стали в последнее время предметом международных соглашений (спуск их запрещен в пределах 50-мильной полосы, что мало помогает делу); сейчас для разгрузки этих вод строятся специальные наливные суда, из вод же извлекаются смазочные масла и другие жиры, в них попадающие.

Ценность ювелирных отбросов общеизвестна: в 1919 г. они дали США на 27,6 млн. долл. золота и на 19,4 млн. долл. серебра; платина, иридий и другие металлы, полученные из отбросов производства, дали 8,1 млн. долл.,—больше годового импорта этих металлов в США.

Химич. промышленность дает длинный ряд отбросов; пириты заключают в небольших количествах мышьяк, а также селен, таллий и другие редкие металлы, до сих пор бесполезно пропадавшие для промышленности. Известняк играет в химич. промышленности громадную роль: целый ряд соединений кальция м. б. получен из отбросов этой промышленности; из отработавших вод — ряд других солей (аммиачных, хромистых и др.) и к-т. Хлор и водород также являются отбросами производства и м. б. с выгодой использованы для промышленных целей.

Лесопильные и деревообделочные з-ды до сих пор в лучшем случае сжигали свои отбросы под котлами; в последнее время такое употребление является заключительным актом использования их после операции сухой перегонки и получения из газов перегонных кубов ряда ценных материалов, как это делается напр. у Форда (см. выше). Америк. деревообрабатывающая промышленность стала готовить из отбросов искусственное дерево—«месонит» (по имени изобретателя Месона), по однородности структуры, прочности, прекрасной окраске и полировке далеко оставляющей за собой натуральное дерево.

Бумагомассная и бумажная промышленность дают возможность использовать как сухие остатки древесины, так и остатки ее, извлекаемые из промывных и сточных вод; из последних извлекаются не только щелочи и к-ты, употребляемые в производстве, но м. б. получены: ацетон, уксусная к-та, алкоголь, ряд ароматич. соединений, дезинфицирующих, удобрительных, дубильных и других материалов; путем карбонизации остатки древесины дают прекрасный абсорбционный уголь.

В сахарной промышленности дает целый ряд продуктов свекловичная патока: алкоголь, моторное топливо (смесь в разных пропорциях алкоголя и эфира), поташ и другие щелочные соли, аммиачные, цианистые и другие соединения. Употребление свекловичного жома в качестве корма для скота достаточно известно; для той же цели идет ботва и другие части бурака. Сточные воды сахарных з-дов позволяют выделить ряд частей, могущих в чистом виде или с прибавлением аммиака итти в качестве удобрения; наконец на патоке м. б. поставлено дрожжевое производство.

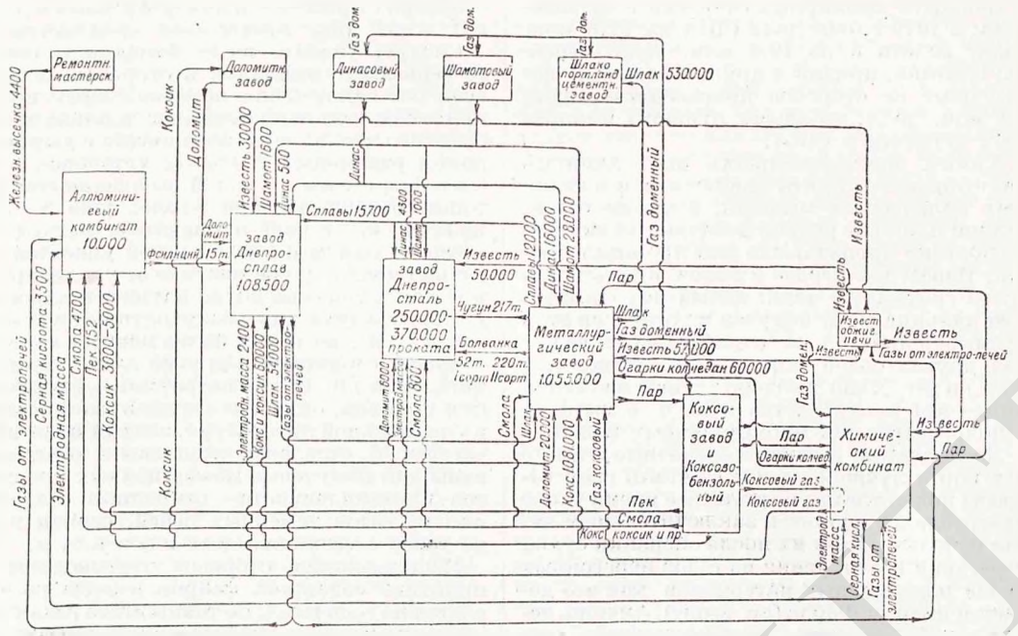
Кожевенное производство дает очень разнообразные отбросы: отмочная вода содержит кровь, навоз, волос; в жидкости зольника содержится известь, магнезия и другие щелочи, волос, растворенные части кожи; вода промывных чанов—раствор солей и к-т, сернокислую известь и др.; дубильные чаны—остатки дубильных экстрактов, хромовые соли; все это в той или другой степени м. б. извлечено и снова пущено в дело. Мездра и остатки кожи дают клей, абсорбционный уголь, удобрительные материалы, особенно с примесью к ним фосфорных и других солей (см. *Кожевенное производство*).

Следует указать на необходимость самого серьезного внимания к отбросам, общим всем без исключения промышленным предприятиям: это использование топлива и отбросного тепла, теряемого вместе с дымом и паром различных тепловых установок (см. *Отходящие газы*). С золой выбрасывается из топок неперегоревший уголь; уже 5—7% наличия его в золе оправдывает расход на отсев. С дымом и газами печей уносится не только тепло, улавливаемое и утилизируемое для подогрева воды, идущей в паровые котлы, воздуха для воздуходувных установок и т. п., но и ряд более ценных частей: водород, сернистый и другие газы, частицы металла и др. Путем остроумных технических приемов, описание к-рых нужно искать в специальной литературе, все эти полезные части м. б. отделены, уловлены и использованы для получения новых ценных продуктов промышленности—аммиачные соединения из газов доменных печей, серная к-та из газов медеплавильных з-дов и т. д.

Использование отбросов производства в практике советских фабрик и з-дов развивается из года в год, но темпы этого развития не соответствуют требованиям и возможностям нашего хозяйства. Так, на Невском машиностроительном з-де им. Ленина организовано специальное утиль-бюро, на обязанности к-рого лежит как изыскание новых методов использования отбросов производства, так и наблюдение за результатами принятых уже мер. Стальная и железная стружка до того обычно вывозилась с з-да на свалку; пакетовка и отправка ее на мартен (1 000 *т*) дала экономию в 20 000 р. Теперь стружка уже не вывозится на свалку, а пакетуется в цехах, чем достигается экономия на перевозке ее примерно в 9,5 тыс. руб. в год. Чугунная стружка продавалась Рудметаллторгу по 3 р. 30 к. за *т*, а для нужд з-да покупался у той же организации чугунный лом по цене 35—50 р. за *т*. Пакетовка стружки и употребление ее вместо лома дали з-ду 11 тыс. руб. в год, а экономия на перевозке еще 1 000 р. Употребление старой каркасной проволоки, ранее шедшей также на свалку, после выпрямления на особом станке, дает в год до 1 500 р. Шлаков мартеновских получается на з-де 20—25 *т* в год; вместо вывоза на свалку предполагается утилизация их на мощение проездов и улиц,

что даст 5 000—6 000 руб. экономии. Прорабатывается вопрос об использовании гари в качестве топлива (в топках Вильтона по примеру «Красного Треугольника») и для производства пустотелых кирпичей. Далее намечена сборка ветоши и старой тары; деревянная стружка, раньше сжигавшаяся на свалке, сжигается сейчас в топках, а прекращение вывоза ее на свалку дает экономию ок. 3 000 р. в год и т. д.

Утилизация отбросов производства на заводах Днепровского комбината—дело близкого будущего. В состав комбината войдут металлургич. з-ды с собственной коксовой установкой, Днепровский з-д ферросплавов, алюминиевый з-д и ряд химич. з-дов. К важнейшим отбросам металлургич. группы



комбината относятся газы его коксовых печей. Одной из ценных составных частей этих газов является водород. Выделением водорода из газов коксовых печей производство частично (на 30%) обесценивает эти газы, понижая их калорийность, но потеря эта не так велика: она оценивается в 51 тыс. *m* угля стоимостью в 650 тыс. руб., между тем как стоимость получаемого химич. группой водорода определялась для потребляющего его завода в 4 500 тысяч руб., не считая капитальных затрат на специальную установку для получения водорода. Далее, з-ды химич. группы должны явиться крупнейшим потребителем пара—85 тыс. *m* в год; пользуясь отбросным паром з-дов металлургич. группы, паром отходящего тепла мартеновских печей, нагревательных печей прокатного цеха и прочих тепловых установок. з-ды сберегли бы ок. 750 тыс. руб., не считая капитальных затрат на соответствующие установки. Сернокислотное производство химич. группы может дать при использовании огарков колчедана на месте в доменных печах экономию в 100 тыс. руб. Отбросный водород других производств пойдет также на аммиачный завод, что даст значительную экономию. Комбинированное производство карбида кальция с производством ферросплавов должно будет сберечь 280 тыс. руб. ежегодно, не считая 2,7 млн. руб. капитальных затрат и т. д. Помещенная схема, заимствованная из «Материалов к проекту» комбината, дает наглядное представление о ходе процессов использования отбросов производства.

Использование отбросных газов медеплавильных з-дов давно привлекает внимание нашей общественности. Сернистый газ медеплавильных и цинковых з-дов в США используется в весьма незначительных размерах, т. к. есть возможность получить серную к-ту другими путями. Единственным медеплавильным з-дом, к-рый почти на 100% утилизирует сернистые газы, является комбинат «Тенесси Копер К°». Этот з-д, имея медные колчеданы с содержанием серы ниже, чем наши уральские руды, выплавляет в год 7 тыс. *m* меди и получает 400 тыс. *m* серной к-ты в виде моногидрата. Продавая серную к-ту по 6,5 долл. за *m* (12,6 руб.), завод получает громадную прибыль. Точно так же америк. медеплавильные з-ды с большой пользой для себя и для ж. д. продают свои отвальные шлаки по 40—60 цент. за *m*. Наши ж. д. до сих пор почему-то отказываются от применения шлаков в качестве балласта.

Произведенное проф. Н. Ф. Юшкевичем обследование газов ватер-жакетных печей Калатинского завода показало полную возможность утилизации даже этого бедного газа для целей производства камерной и контактной серной к-ты, а имеющееся в газах количество тепла (400°, к-рое при уменьшении присоса наружного воздуха м. б. поднято до 550—600°) даст возможность производить в большом масштабе и дешево конденсацию серной к-ты—обстоятельство весь-

ма важное для экспорта ее с Урала. При масштабе производства меди в 1926/27 г. (43 000 *m*) можно было бы готовить серную к-ту из отходящих ватер-жакетных и бессемеровских газов в количестве 190 тыс. *m* моногидрата; и наконец утилизация сернистого газа сохранит от гибели лесные площади и положит конец тому вреду, к-рый газ этот причиняет теперь окрестному населению. Не разрешен еще вопрос об использовании бедных сернистыми соединениями газов, которые получаются при сжигании углей, содержащих, как напр. кизеловский, 5—6% серы. По расчетам инж. К. Ротова, Березниковский химич. комбинат, к-рый будет работать на этом угле, при использовании газов одной только его теплоцентрали, мог бы дать 90—100 тыс. *m* серной к-ты, в то время как годовая производительность самого комбината запроектирована всего на 40 тыс. *m* H_2SO_4.

Борьба за овладение техникой, к-рая становится важнейшей задачей настоящего этапа социалистич. реконструкции народного хозяйства СССР, д. б. направлена и на изучение вопросов уменьшения отбросов производства и их использования в действующих предприятиях и в проектирующихся и строящихся. К этому делу д. б. привлечены не только научно-исследовательские организации, но и творческое усилие широкого фронта рабочего изобретательства.

Лит.: Борьба с потерями в народном хозяйстве, Ленинград, 1930; Промышленность, Сборник статей под редакцией А. П. Розенгольца, По материалам ЦКК ВКП(б)—НК РКИ, М.—Л., 1930; Форд, Сегодня и завтра, перевод с английского, М., 1927; Муцеинек Я., Рационализация американского хозяйства, 3 изд., М., 1930; По мастерским и з-дам Форда. пер. с английского. Харьков, 1926; Кан И. и Шапернов З., Американские рационализаторы, М., 1928; Днепровский комбинат, Материалы к проекту, Л., 1929; Резолюции и постановления XVI Съезда ВКП(б), Москва—Ленинград, 1930; Материалы к Всесоюзной топливной конференции, т. 2, Москва, 1930; Сыромятников М. Н., Использование отбросов свеклосахарного производства, Москва, 1930; Волчик С., Утилизация отходов на Невском машиностроительном заводе им. Ленина, «Предприятие», Москва, 1928, *2*; Малков Н., Утилизация отходов в металлургии, «За рационализацию», Москва, 1929, *12*; Шлегман А., Миллионы на свалке, там же, Москва, 1930, *1*; Якимов П., К вопросу о рациональной утилизации сульфит-целлюлозных щелоков, «Бумажная промышленность», Москва, 1929, *8/9*; Гудков В., Потери на лоскуте, «Предприятие», Москва, 1930, *2*; Юшкевич П. Ф., Обследование газов ватер-жакетных печей Калатинского медеплавильного завода, «МС», 1928, *1*; Kershaw John B., The Recovery and Use of Industrial and Other Wastes, London, 1928; Bruttini A., Ramassage et utilisation des déchets et résidus pour l'alimentation de l'homme et des animaux, pour les engrais et les industries agricoles, Rome, 1922. **В. Шарый.**

Использование отходов производства в СССР. На предприятиях СССР организованное использование О. и о. п. находится еще в зачаточном состоянии. Если на з-дах и ф-ках данному вопросу и уделяется известное внимание, то в большинстве случаев лишь постольку, поскольку дело касается отходов основного производства (металлич. лом на металлообрабатывающих з-дах, очесы и угары на текстильных ф-ках; обрезки кожи на кожевенных з-дах и т. д.), огромное же количество прочих отходов и утиля. во всяком мало-мальски крупном предприятии представляющих большую ценность (в виде отработанного машинного масла, обтирочных концов и ветоши, спецодежды, пришедших в негодное состояние ремней и т. д.), остается совершенно неиспользованным. Между тем например кожевенная промышленность, в 1929 г. располагавшая отходами на сумму в 11 млн. р., а в 1930 г. в 30 млн. р., на 1931 г. оценила свои отходы уже в 60 млн. р.; естественно, что при таком огромном количестве и ценности отходов поднимается вопрос относительно организации специальных з-дов по их обработке. Из существующих крупн. предприятий этого рода можно указать на два кожевенных завода, работающие исключительно на отходах (в Москве и в Одессе), на две прядильных (угарного прядения) ф-ки в Ленинграде, перерабатывающие отходы всех 20 ф-к Ленинградтекстиля, на прокатный з-д им. Дзержинского в Одессе, перерабатывающий отходы прокатного з-да, з-д по переработке отходов рыбоконсервного производства также в Одессе и др. Однако широкого развития специальные з-ды по переработке отходов производства еще не получили в значительной мере по вине объединений, уделяющих этому вопросу недостаточное внимание. Специальные органы по утилизации отходов производства имеются только в Союзкоже, в Союзконсерве и в Всехимпроме (Химутиль); в большинстве же объединений этим вопросом в числе прочих занимаются органы рационализации производства. Борьба с потерями, к-рые наша промышленность несет на отходах, должна вестись прежде всего по линии всемерного сокращения последних в соответствии с возможностями современной техники (см. *Рационализация*), а затем, поскольку остаются отходы технически неизбежные,—по линии их наилучшего использования у себя на предприятии или же на других предприятиях.

Правильное использование отходов, получение к-рых неизбежно, требует прежде всего тщательного их собирания и сортировки. Надлежащим образом сортированные отходы всегда расцениваются значительно выше несортированных; в нек-рых случаях примеси сильно обесценивают основной вид отходов. Достаточно указать напр., что небольшая примесь баббитовой стружки (которая сама по себе представляет большую ценность) к латунной не позволяет последнюю пускать в переплавку; примесь десятых долей алюминия делает фосфористую бронзу негодной для употребления; чугунная стружка, будучи смешана с железной, несмотря на то что она ценится выше, идет по цене последней и т. д. Однако не на всех з-дах несмотря на ряд директив вышестоящих органов собирание и сортировка отходов поставлены, как следует. На многих из них учета вообще не ведется, и собирание отходов носит случайный характер, в результате чего большое количество их попадает на свалку. Что касается сортировки, то, не говоря уже о засоренности различных видов отходов и их смешении, нередко в лом попадают вполне годные предметы (болты, шестерни, трубы и т. д.). Известны также случаи, когда из лома, предназначенного в переплавку, удавалось извлечь целые вагоны вполне годных для дальнейшей работы напильников, машинных деталей и т. п.

Важнейшим мероприятием в области правильной постановки использования отходов для каждого крупного промышленного предприятия является организация специального утильоргана для этой цели. К такого рода органам относятся утильбюро, организующее на предприятии работу в данном направлении, утильсклады с функциями сортировки и хранения собранных отходов, снабжения ими своих цехов, в случае если эти отходы оказываются пригодными для этой цели, и приведения в товарный вид для сдачи на сторону и наконец утильцеха с основной задачей не только собирать и сортировать отходы, но и подвергать их переработке. Из советских з-дов, имеющих утильорганы, назовем: электрозавод «Динамо» (Москва), Харьковский паровозостроительный з-д, Харьковский электромеханич. з-д, «Севкабель» (Ленинград), «Электросила» (Ленинград), Невский машиностроительный з-д им. Ленина (Ленинград), Николаевский судостроительный з-д им. Марти (утильцех в составе 140 чел.), Пролетарский вагоностроительный з-д в Ленинграде (утильцех в составе 100 чел.). Результаты их работы выявляют полную рентабельность последней. Эффективность утильсклада Харьковского электромеханич. з-да за 1929/30 г. в денежном выражении оценивается в 260 000 с лишком рублей; утильбазы з-да Электросила за 1930 г.—приблизительно в 120 000 р.

Методы работы утильорганов чрезвычайно разнообразны, начиная с извлечения со свалок и из партий предназначенного в переплавку лома совершенно годных, нередко дефицитных предметов (новые машинные детали, напильники, трубы, цветной металл и т. д.) и кончая более или менее коренной их переделкой. Крупным источником для использования стародавних отходов являются свалки. Многие з-ды стоят на скопившихся в течение десятков лет свалках, представляющих собой огромную ценность. На нек-рых з-дах Юга и Урала отвалы образуют целые горы с содержанием 15—20% металла. Всякая попытка взяться за разработку свалок полностью себя оправдывает. В этом отношении нашим з-дам, в особенности старым, предстоит проделать огромную работу. Они должны добиться того, чтобы у них по примеру лучших америк. з-дов существовало только место для собирания и сортировки свежих, в процессе производства непрерывно получающихся отходов, но не было бы места для свалок в том смысле, как это имеет место сейчас. Приведем несколько примеров эффективности работы утильскладов и утильцехов.

Утильсклад Харьковского паровозостроительного завода систематически производит тщательный просмотр всего лома, поступающего к нему для переплавки от других заводов. При этом удается извлечь много предметов, к-рые путем несложных операций, а то и прямо без всякой дополнительной обработки превращаются в материал стоимостью в 110 р. *т* (стоимость лома, из к-рого они получены,—33 р. *т*). Утильбаза металлич. з-да им. Сталина в Ленинграде, получив из цехов партию болтов как лом по 27 р. *т*, извлекает из них ок. 10 *т* вполне годных, расцениваемых по 240 р. *т*. Т. о. удается спасти на 2 300 р. деталей. Работа утильцеха николаевского з-да им. Марти в основном построена на замене цельных деталей (литых и кованых) сварными, составленными из нескольких частей, набранных из отходов. Благодаря этому стоимость упорной коробки 50-тонной цистерны понижается с 26 р. (литая) до 14 р. (электросварная). Для 2 000 вагонов (по 2 коробки на вагон) это дает ок. 50 000 р. экономии в год. На харьковском з-де «Серп и Молот» летом 1930 г. при деревообделочном цехе организована переработка раньше сжигавшихся древесных обрезков на тару для плодов и овощей. З-дом заключено соглашение с Плодосоюзом на поставку ему 1 млн. комплектов ящичной тары. На ряде з-дов, где получаются отходы из дуба, организовано изготовление из них паркета. Вагоностроительный з-д им. Егорова в Ленинграде, где это производство существует уже несколько лет, считает его настолько выгодным, что, не довольствуясь собственными отходами, скупает их у других предприятий. Невским машиностроительным з-дом им. Ленина заключено соглашение с авторами изобретения по переработке старых, назначенных в лом напильников. Опыт нескольких месяцев с полной убедительностью доказал огромную выгодность этой операции, превращающей бракованные напильники в вполне годные, в связи с чем з-д значительно расширяет данное производство, чтобы обслуживать не только себя, но и другие з-ды. На многих з-дах («Электросила», Невский им. Ленина, Металлический им. Сталина) утильорганы признали выгодным организовать при утильскладе собственные швейные и сапожные мастерские для ремонта спецодежды и пошивки рукавиц из негодной спецодежды (пара рукавиц обходится з-ду в 35—40 коп. вместо 75 коп.—1 руб.). Если принять в расчет, что «Красный Путиловец» исчисляет расход на 1931 г. на нужную ему спецодежду в 500 000 р., станет ясно, насколько важно для з-дов надлежащее использование пришедшей в негодное состояние спецодежды.

Большое значение имеет вопрос об использовании отработанного машинного масла путем его регенерации при помощи специальной установки, где оно подвергается фильтровке и обработке химич. реагентами. Если считать, что отработанных масел м. б. собрано с холодных установок (станки, веретена и т. д.) $^1/_3$ израсходованного количества, а с горячих (компрессорные установки и т. д.) около $^2/_3$, то окажется, что в 1931 году в СССР м. б. сбережено 200 000 *т* масла, а к концу пятилетки свыше 500 000 *т* различных масел стоимостью в 65 млн. р. в 1931 г. и в 160 млн. р. в 1933 г. Существует много способов регенерации масла. Рационализаторской конторой «Оргсмазка» предложен свой способ обработки отбросного масла при помощи жидкого стекла и сернокислого цинка, дающий очень хорошие результаты (способ «Оргсмазки» предложен к обязательному применению в промышленности приказом ВСНХ СССР от 2/VIII 1930 г.). Для извлечения масла из стружек применяется

центрифуга (Харьковский з-д «Амо»). Переработка отходов производства при достаточно большом их количестве д. б. механизирована. Ассортимент оборудования для этой цели довольно разнообразен. Для брикетирования металлич. стружек и пакетировки обрезков, без чего затрудняется их транспортирование и переплавка, применяются гидравлич. прессы различных систем. Пресс для брикетирования стружек можно видеть на Люберецком з-де с.-х. машин; для пакетирования металлич. обрезков—на з-де «Красный Выборжец» и на «Красном Путиловце». Большой практич. интерес представляет вопрос о брикетировании древесных стружек. Опытные исследования, проведенные в данном отношении на харьковском электромеханическом заводе, выявили полную ее рентабельность. На ряде заводов (им. Владимира Ильича в Москве, «Красный факел» и друг.) установлен сепаратор для отделения черного металла от цветных. На Харьковском электромеханич. заводе установлена тряпкомойка для стирки масляных тряпок и спецодежды. На электрозаводе имеются прессы для пакетировки бумажной макулатуры. На «Красном Выборжце» работает сконструированная самим з-дом электроустановка для извлечения металлич. пыли из отходящих газов ватер-жакетов, в которых производится плавка меди. Разработка проектов и установка электрофильтров как для целей извлечения из газов твердых частиц, так и для очистки их в целях производственного использования производится специальной конторой Всехимпрома—«Электрофильтр»—в Москве. На з-де «Красный Треугольник» с 1930 г. производится в заводском масштабе рекуперация паров бензина и превращение их в жидкое состояние (раньше пары бензина улетучивались в воздух). Однако механизированная переработка отходов производства на наших з-дах большого распространения еще не получила. Там, где имеются прессы, станки и различные установки для этой цели, они загружены далеко не полностью. На многих же крупных з-дах какая бы то ни было механизация вообще отсутствует. При пренебрежительном еще отношении к отходам и недоучитывании важности этой проблемы трудно ожидать, чтобы механизации в этой области уделялось нужное внимание.

Само собой разумеется, что при выработке плана развития нашей промышленности, в частности в разрезе пятилетки, нельзя игнорировать крупного значения отходов в качестве сырья для целого ряда производств, чем определяется географич. размещение проектируемых з-дов и ф-к, целиком или частично базирующихся на отходах производства.

На использовании коксовых газов опирается и организация производства ряда химических продуктов, в частности красителей, до сих пор ввозившихся из-за границы. Производство серной к-ты будет сосредоточено возле медеплавильных з-дов Урала, где для этой цели будут использованы сернистые газы, до сих пор выпускавшиеся на воздух в количестве нескольких сотен тыс. *т* ежегодно и отравлявшие окрестности. Те же сернистые газы должны явиться источником получения серы, в к-рой испытывает острую нужду наше с. х-во. Для использования древесных отходов наряду с существующими лесобумажными комбинатами (Николопавдинский на Урале и Дубровский близ Ленинграда) будут созданы новые путем соединения лесопильных з-дов с целлюлозными и с бумажными ф-ками. Далее намечено создание специальных з-дов для производства пластичной массы из древесных отходов по способу Месона (месонит). На Урале рационализация углежжения должна дать стране огромное количество побочных продуктов (уксусная кислота, метиловый спирт, ацетон), до сих пор терявшихся для производства. Сибирь с ее развитым молочным хозяйством должна стать центром галалитового производства. Отходы сахарных заводов в виде мелассы будут использованы в качестве сырья для спирта, крахмала и патоки, отходы же крахмало-паточного производства послужат сырьем для изготовления сухих кормов.

Кооперирование различных отраслей промышленности в части использования отходов производства с исключительной яркостью выявляет те огромные возможности, к-рыми располагает плановое социалистич. хозяйство, свободное от пут, связывающих хозяйство капиталистическое, для наиболее полного и эффективного использования всех материальных и энергетич. ресурсов страны. Т. к. в отношении использования отходов советская промышленность делает еще первые шаги, несомненно на эту сторону дела будет обращено внимание хозяйственных органов.

Лит.: Лазарев В., Использование отбросопроизводства, М.—Л., 1928; Неиспользованные сокровища, Москва—Ленинград, 1931; Организация производства, Сборник, т. 1. Курс лекций, читанных на курсах рационализации для мастеров, Ленинград, 1930; Гюнтер Г., Борьба с потерями, пер. с немецкого, Москва, 1930; Gunther H., Gold auf der Strasse, Stg., 1923.

Л. Вишняк.

ОТХОДЯЩИЕ ГАЗЫ, газообразные продукты различных промышленных и других процессов, не являющиеся целью последних и получаемые в результате химических реакций и физич. изменений в этих процессах. В большинстве случаев О. г. являются продуктами горения топлива, сжигаемого для целей отопления, для получения механич., электрич. или химич. энергии, для производства различного рода технологич. процессов, из к-рых особенно следует отметить процессы металлургические и т. п. Сообразно с этим О. г. обычно носят название «продуктов горения» или «дымовых газов» (см. *Газ топочный и дымовой*). Последнее название собственно относится к О. г., содержащим во взвешенном состоянии твердые остатки неполного сгорания топлива, частицы сажи и смолы, увлекаемые вместе с О. г. легкие частицы золы и различных веществ, уносимых из рабочего пространства печей, пары металлов и их окислы, конденсирующиеся пары воды и т. д.

Состав О. г. мало чем отличается от состава обычных дымовых газов. Из числа вредных составляющих следует упомянуть о наличии CO, H_2S, SO_2, SO_3, а в отдельных случаях мышьяковистых, фосфористых, ртутных и других соединений, паров к-т, лету-

чих солей и пр. При специальных производствах О. г. содержат и другие более сложные газообразные соединения. Вес 1 $м^3$ О. г. можно с достаточным приближением в среднем принять равным 1,30 *кг*.

Развитие техники обращения с О. г. шло по двум направлениям, имея в виду след.: 1) своевременное и непрерывное удаление О. г. для обеспечения правильного и бесперебойного протекания соответствующих процессов и 2) устранение или ослабление вредоносного влияния О. г. для окрестного населения, а также для животного и растительного мира. Первое достигается правильно устроенной и достаточно интенсивно действующей (естественной или искусственной) канализацией О. г. В большинстве случаев это осуществляется при помощи *дымовых труб* (см.), отсасывающих отработавшие дымовые газы из полостей печей, и других подобных устройств. В некоторых случаях приходится прибегать к искусственному отсосу О. г. при помощи струйчатых (паровых, водяных, пневматических) эжекторов или эксгаустеров. Вторая задача—обезвреживание О. г.—прежде обычно сводилась к удалению их на значительную высоту с таким расчетом, чтобы О. г. могли опускаться в нижние горизонты уже сильно охлажденными и разбавленными окружающим атмосферным воздухом. В большинстве случаев это достигалось применением дымовых труб достаточной высоты или отводом О. г. помощью специальных длинных дымоходов на вершины близлежащих возвышенностей (медеплавильные з-ды). За последнее время борьба с вредоносностью дыма принимает в отдельных странах все более и более планомерный и интенсивный характер. При наличии в О. г. соединений, вредных для животного и растительного мира, государственные законодательства предписывают разбавлять О. г. значительным количеством атмосферного воздуха еще до выхода О. г. из дымовых труб. Добавка воздуха производится с таким расчетом, чтобы %-ное содержание вредных составляющих не превышало определенного максимума, признанного безопасным для населения и окрестной растительности. Это относится главн. обр. к заводам медной и свинцовой плавки, О. г. которых содержат значительное количество сернистых соединений (до 7% SO_2). Так например, по нормам америк. правительства содержание сернистого газа (SO_2) в О. г. свинцовых и медных заводов не должно превосходить 0,75% (объемных). В других случаях борьба с вредоносностью О. г. сводится к удалению из них по возможности всех твердых и каплеобразных (конденсирующихся) частиц, засоряющих (отравляющих) атмосферу окрестностей и осаждающихся на листве растений. Это относится гл. обр. к цементным з-дам, з-дам медеплавильным, различным химич. производствам, крупным силовым станциям, работающим на пылевидном топливе (мелкораздробленная зола) и т. п. В особенности интенсивно за последнее время ведется борьба с вредоносностью О. г. в черте больших благоустроенных городов путем издания соответствующих муниципальных постановлений, воспрещающих промышленным, силовым и отопительным установкам работу с выделением дыма. Подобные мероприятия сводятся гл. обр. к устранению неполного сгорания топлива, как во время самого процесса, так и в начале его (период «растопки»), так как обычно такое неполное сгорание топлива всегда сопровождается обильным выделением мелко раздробленного углеродистого вещества в виде сажи и копоти.

Для очистки О. г. от взвешенных в них твердых и каплеобразных частиц за последнее время все чаще и чаще начинают применять электрич. или электростатич. очистители или пылеосадители, часто называемые в заграничной литературе электрич. фильтрами или пресипитаторами. Однако электрич. методы очистки (см. *Газоочистители*) О. г. позволяют б. или м. полно осадить только твердые или каплеобразные (сконденсированные) частицы, увлекаемые О. г. При помощи этих методов невозможно выделить из О. г. те газообразные составляющие, к-рые представляются по тем или иным соображениям вредными. Более радикальным средством является промывка О. г. или их очистка путем фильтрования их через ткани или через соответственные поглотители. Последние методы применяются только в немногих специальных случаях вследствие громоздкости и дороговизны подобных операций. К тому же и обращение с большим количеством вредоносных промывных вод представляет собой задачу не менее сложную, чем борьба с вредоносными газами. Эти методы применимы в технологич. процессах только при обработке промышленно ценных газообразных продуктов, но они становятся экономически невыгодными в применении к отбросным О. г.

Несмотря на малоценность О. г. современная техника все же начинает чаще и чаще обращать свое внимание на их дальнейшую утилизацию. Значительную роль при этом играет то обстоятельство, что количество О. г., выбрасываемых современной промышленностью, представляется весьма значительным.

Количество О. г., получающееся на 1 *кг* минерального топлива, приближенно можно принять следующим при различных коэф. избытка воздуха:

Коэф. избытка воздуха	1	1½	2
Количество прод. горения в $м^3$	8	12	16
» » » в *кг*	10,4	15,6	20,8

Это сопоставление показывает, что весовое количество О. г. в 10—12 раз превосходит то весовое количество топлива, из которого они были получены. Для характеристики количества О. г., выделяемых при различных промышленных процессах, можно привести следующие примеры. При выплавке чугуна на 1 *кг* чугуна получается ок. 4 $м^3$ *газа колошникового* (см.), дающего при сжигании (с избытком воздуха горения и подсосом) до 6,5—7,0 $м^3$, или 8,5—9,0 *кг* О. г. на 1 *кг* чугуна. Продувка чугуна в бессемеровских и томасовских ретортах выделяет ок. 3,5—4,0 *кг* газов на 1 *кг* стальных слитков, что с подсосом воздуха дает от 7 до 8 *кг* О. г. Выплавка стали в мартеновских печах дает от 3,5 до 4,0 *кг* О. г. на 1 *кг* стальных слитков. Нагревательные печи прокатных машин при расходе 10% топлива дают 1,5 до 2,0 *кг* О. г. на 1 *кг* слитков.

Утилизация О. г. может итти по следующим направлениям: 1) использование тепла, содержащегося в О. г.; 2) использование нек-рых газообразных соединений О. г., имеющих промышленное значение; 3) использование твердых или жидких осадков, извлекаемых из О. г. Такая утилизация отбросных О. г. часто осуществляется одновременно теми же самыми средствами, какими ведется и борьба с вредоносностью О. г.

1. Использование тепла О. г. представляет известные трудности вследствие низких темп-р их и малых $t°$-ных напоров (перепадов). О. г. промышленных печей и силовых установок («выхлопные газы») часто имеют темп-ру 400—650°, что позволяет утилизировать часть заключающегося в них тепла для подогрева воды, воздуха, а при благоприятных условиях и для получения пара, идущего для технологич. нужд, для отопительных и силовых установок. Однако соответственные устройства (паровые котлы, рекуператоры, аккумуляторы, подогреватели и т. д.) должны иметь специальную конструкцию (сильно развитые нагревательные поверхности, тонкие стены, высокие скорости дымовых газов и т. д.) для того, чтобы можно было обеспечить достаточно интенсивный переход тепла при низких $t°$ и малых $t°$-ных напорах. Практически удается таким путем понижать $t°$ О. г. до 100—150°, однако подобные установки по сравнению с нормальными получаются более громоздкими, дорогими и работающими с низким кпд (45—55%). Кроме того указанное понижение $t°$ О. г. лишает возможности пользоваться естественной тягой дымовых труб и вызывает необходимость установки искусственных дымососов, на приведение в движение которых расходуется от 10 до 30% всей получаемой энергии пара. Тем не менее во многих случаях практики такие установки дают значительную экономию. Так, при больших газовых двигателях (газодинамо и газо-воздуходувках) утилизация тепла выхлопных газов в паровых котлах специальной конструкции дает возможность получить от 10 до 15% добавочной мощности при утилизации этого пара в паровых турбинах. Установка паровых котлов при больших мартеновских печах (100 $м$ и больше), работающих с интенсивной тепловой нагрузкой или имеющих плохую утилизацию тепла в регенеративных камерах (малый объем насадок, большие просветы между кирпичами и т. д.), дает от 300 до 650 *кг* пара (давлением от 6 до 12 $ат$) на 1 $т$ выплавленных стальных слитков. Установка тонкостенных рекуператоров и аккумуляторов дает возможность для целого ряда мелких промышленных печей применить принцип рекуперации или воспользоваться теплым воздухом для устройства рациональной вентиляции в промышленных помещениях.

Один из существенных недостатков всех устройств для утилизации тепла О. г. заключается в подсосе наружного (атмосферного) воздуха через неплотности в обмуровке каналов и дымоходов. Темп-ра О. г. вследствие этого понижается, и кпд установки падает. Происходит это вследствие того, что в дымоходах и каналах нагревательных устройств отработавшие в печах О. г. находятся под довольно сильным разрежением, создаваемым тягою дымовой трубы или эксгаустера. Другим существенным недостатком при утилизации тепла О. г. является значительное содержание в них различных твердых и парообразных частиц, способных осаждаться на поверхностях нагрева с образованием на них твердых нагаров в виде трудно удаляемых корок, сильно ухудшающих условия теплопередачи. В этом отношении особенно нежелательными являются окислы олова, цинка, свинца, железа и других металлов, содержащихся в соответственных рудах, а также в шихте мартеновских печей (оцинкованное железо, жесть и т. д.). В некоторых случаях это обстоятельство заставляет совершенно отказываться от утилизации тепла О. г. Так, при продувке жидкого чугуна в бессемеровских и томасовских ретортах утилизация тепла представляется совершенно невозможной из-за большого уноса паров железа, брызг металла и шлака и т. п., несмотря на то, что с О. г. уносится от 20 до 25% всего количества тепла, стоящего в балансе этих процессов. Примерно такую же картину мы имеем и при продувке в ретортах медных штейнов. Неоднократные попытки, сделанные в этом направлении, пока не имели успеха.

2. Утилизация газообразных составляющих О. г. широко практикуется в химической, медной, свинцовой и в других отраслях промышленности. О. г. *ватер-жакетов* (см.) и других обжигательных печей при достаточно высоком содержании сернистого газа используются для производства серной кислоты. Находят себе применение О. г. известеобжигательных печей благодаря повышенному содержанию углекислоты. В Германии имеются промышленные установки, которые используют О. г. воздухонагревателей доменных печей для нужд сельского хозяйства (повышенное содержание углекислоты по сравнению с атмосферным воздухом).

3. Утилизация твердых (и жидких) осадков, получаемых из О. г., представляет в нек-рых случаях особый интерес, так как позволяет концентрировать в этих осадках те металлы и их окислы, к-рые не поддаются прямому извлечению из руд вследствие низкого % содержания в них этих металлов. Таким путем в осадках, полученных из О. г. свинцовых, медеплавильных и сталеплавильных печей, извлекают осадки, содержащие золото, серебро, медь, свинец, олово, мышьяк, цинк, сурьму, висмут, кадмий, селен и др. С пылью цементообжигательных печей осаждается значительное количество окислов калия и натрия, что позволяет перерабатывать эту пыль на с.-х. удобрение. На химич. з-дах путем электростатического осаждения возвращается обратно в производство значительное количество паров к-т и прочих летучих соединений.

Лит.: Днепровский комбинат, Материалы к проекту, Л., 1929; Юшкевич П. Ф., Обследование

газов ватер-жакетных печей Калатинского медеплавильного з-да, «МС», 1928, 1; Kershaw John B., The Recovery a. Use of Industrial a. Other Wastes, L., 1928. **М. Пильник.**

ОФОРТ, процесс приготовления углубленного клише для художественной печати при помощи травления к-той—крепкой водкой. О. называется также отпечаток краской с такой пластинки на эстампной бумаге. Для офорта употребляют чисто отшлифованные пластинки из красной меди, цинка и других металлов толщиной $^1/_8$—2 *мм*. Края и углы пластинки опиливаются подпилком и закругляются—фацетируются. Приготовленную пластинку подогревают и посредством тампона или кожаного валика ровным слоем наносят на нее грунт, или офортный лак, к-рый бывает твердый, жидкий и мягкий. Твердый лак состоит из 1 части (по весу) асфальта (предохраняет от к-ты пластинку) + 2 части воска (для пластичности) + 2 части мастики или бургундской смолы (для приставания к металлу). Загрунтовав пластинку, ее коптят над восковым факелом (пучком тонких восковых свечей) или горящей промасленной бумагой. Копчение делает грунт черным и более твердым. Жидкий лак состоит из 2 ч. воска + 5 ч. асфальта + 10 ч. очищенного скипидара. Жидкий лак наносят на подогретую пластинку широкой кистью.

Рисунок на загрунтованную пластинку наносят или мягким свинцовым карандашом, или пользуясь переводной бумагой, или перетирая нацарапанный и натертый светлой сухой краской на желатиновой бумаге перевод с рисунка. Рисунок делают негативный, т. е. правая сторона д. б. налево. Нанесенный на лак рисунок обводят острой иглой, т. е. гравируют, прорезая лак до металла. Иглы, вделанные в дерево в виде карандаша (фиг. 1, *а*) или вставленные в металлический держатель (фиг. 1, *б*), бывают круглые, овальные и 4- или 5-гранные. Иглы, заточенные лопаточкой, служат для проведения как тонких, так и толстых штрихов. Разница в толщине штриха достигается травлением. Слишком частые штрихи или пересекающиеся под очень острым углом при травлении могут слиться и образовать так назыв. «гнезда», что в отпечатке дает пятна неприятного серого тона. Иногда вместо игол применяют рулетки с зубчатым, точечным или другим колесиком на конце (фиг. 2, *а* и *б*) для получения линии прерывистой или напоминающей карандашную, а для получения точек и зернистой поверхности надавливают на грунт наждачную бумагу, песок и пр.



Фиг. 1.

После того как рисунок нанесен на пластинку, а случайные царапины и ошибочные штрихи подправлены жидким лаком, пластинку обкладывают по краям бордюрным воском (6 ч. воску + 7 ч. бургундской смолы + 3 ч. терпентина + 4 ч. сала) и наливают на пластинку в полученное т. о. углубление к-ту или, закрыв жидким лаком обратную сторону пластинки, опускают ее в ванну с к-той. Травят медь азотной кислотой в 16—21° Bé, а цинк—в 5—12° Bé. При травлении медных досок к азотной кислоте можно добавлять до 20% четырехпроцентного раствора полуторахлорного железа для более равномерного травления. Во время травления к-та, растворяя металл, выделяет газы, осаживающиеся на всех линиях рисунка в виде растущих пузырьков—«кипение»; пузырьки эти необходимо смахивать перышком. Когда часть штрихов протравилась до определенной глубины, их закрывают, вынув пластинку, жидким лаком; так повторяют несколько раз — ступенчатое травление. Вытравив пластинку и смыв лак, подскабливают шабером (фиг. 1, *г*) и подполировывают гладилкой (фиг. 1, *в*) неудачные штрихи и точки, после чего вновь покрывают пластинку грунтом, чтобы сделать дополнительные штрихи, проработать новые детали, усилить некоторые уже протравленные штрихи и т. д., затем пластинку вновь травят—так назыв. повторное травление.



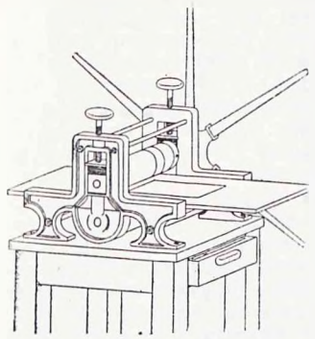
Фиг. 2.

Для того чтобы получить на вытравленном штриховом офорте затенения различной силы, наносят на вымытую после травления пластинку кистью серный цвет, растертый на прованском масле, или смесь из равных частей соды, нашатыря и медного купороса, разбавленного уксусом, или (по цинку) крепкую азотную кислоту. Доску все время подогревают. После чего, смыв пластинку, процесс этот повторяют для получения более темных мазков. Оттиск с такой пластинки имеет вид рисунка пером, подкрашенного кистью, и носит название лавис. Для того чтобы получить сплошные ровные плоскости различного по силе тона, офортную пластинку запыливают в специальном ящике или от руки канифольной или асфальтовой пылью и подогревают, чтобы пылинки слегка расплавились и пристали к доске. Запыливание можно заменить обливанием доски раствором смолы или канифоли в спирте. После испарения спирта на пластинке получается слой мелких смоляных зерен. Приготовленную т. о. пластинку, закрыв предварительно жидким лаком места, к-рые должны на оттиске остаться белыми, опускают в слабую кислоту, применяя ступенчатое травление, после чего пластинку смывают. Оттиск, полученный с такой доски, называется акватинтой; он имеет вид рисунка, покрытого тоном, с четко разграниченными планами.

Мягкий лак получают из твердого лака, расплавленного и смешанного пополам с бараньим салом. Лак этот наносят на подогретую пластинку, но не коптят, а по остывании накладывают на пластинку тонкую зернистую бумагу, по к-рой и рисуют

карандашом. Когда рисунок готов, бумагу осторожно отдирают от доски. Вместе с бумагой снимается и лак, приставший к бумаге в тех местах, где нажимал карандаш. Доску травят осторожно, применяя ступенчатое травление. Отпечаток с такой доски похож на карандашный рисунок. Офорт, передающий карандашную манеру, можно получить и по твердому лаку, применяя вместо иглы различные мулеты, т. е. инструменты с вращающейся губчатой или поздреватой головкой на конце (фиг. 2, *в*). Головка катится при рисовании по пластинке и оставляет след, который напоминает карандашную линию.

Закончив травление офортной пластинки, скипидаром смывают лак с нее и тампоном или щетинной кистью набивают специальной, растертой на олифе, краской. Излишек краски удаляют с пластинки жесткой марлей, со светлых мест и бликов мягкой частью ладони, натертой мелом или сухой краской. Вычищенную доску подогревают и затягивают, т. е. слегка проводят по ней мягкой марлей, чуть вытягивая краску из штрихов, для того чтобы сделать отпечаток более глубоким и сочным путем создания слабого окрашенного фона, связывающего отдельные штрихи. Печатание О. производится на специальном офортном станке, представляющем собою литую чугунную станину с двумя стальными валами, между к-рыми прокатывается с нажимом деревянная или чугунная доска (фиг. 3). На эту доску кладут лицом кверху набитую краской офортную пластинку, покрытую увлажненной бумагой и куском толстого сукна (фильц). Вращением верхнего вала доска станка вместе с пластинкой, бумагой и фильцем втягивается между двух валов, и давлением сукна бумага втискивается в углубленные штрихи офортной пластинки, принимая на себя находящуюся в них краску. Готовый оттиск снимают с пластинки очень осторожно, чтобы не сорвать свежих штрихов, лежащих в углублении доски. Затем О. высушивается между картонами под прессом и подписывается обыкновенно карандашом самим автором. Пластинку можно набивать не одной, а несколькими красками сразу, набивая каждый тон на соответствующем месте, однако собственно цветным О. называют О., напечатанный с нескольких досок, где каждая доска печатает присущий ей тон. Число оттисков с офортной пластинки зависит обыкновенно от качества металла и глубины штрихов. Акватинтные доски дают до 75, штриховые до 500 хороших оттисков. Цинк как более хрупкий материал дает меньший тираж. Для получения большого тиража О. пластинку надо обсталивать.

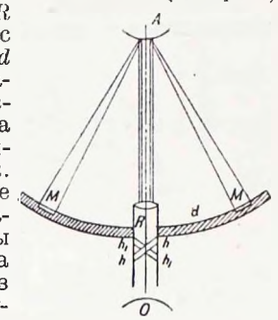


Фиг. 3.

Лит.: Масютин В., Гравюра, Москва—Берлин, 1922; Фалилеев В. Д., Офорт и гравюра резцом, М., 1925; Preissig V., Zur Technik d. farbigen Radierung u. d. Farbenkupferstichs, Lpz., 1909; Ziegler W., Die manuellen graphischen Techniken, B. 1, 4 Auflage, Halle a/S., 1923, B. 2, 2 Auflage, Halle a/S., 1922; Ligeron R., La gravure originale en couleurs, P., 1924. **И. Нивинский.**

ОФСЕТ, см. *Репродукционные процессы.*

ОФТАЛЬМОМЕТР, прибор для определения радиусов кривизны различных преломляющих поверхностей глаза, главным образом роговицы. Изобретен в 1854 г. Гельмгольцем. О. представляет собою (см. фиг.) зрительную трубу *R* с прикрепленными с боков ее на дуге *d* двумя светлыми знаками *M*. Голову испытуемого субъекта помещают перед зрительной трубой так. обр., что упомянутые светлые знаки, отражаясь от роговицы исследуемого глаза *A*, попадают как-раз в эту зрительн. трубу и м. б. видимы наблюдателем *O*, смотрящим через нее. Роговица отражает подобно сферич. выпуклому зеркалу. По величине же изображения, отраженного выпуклым зеркалом, зная действительную величину объекта и его расстояние от зеркала, можно высчитать радиус кривизны этого последнего. О. (гельмгольцевской конструкции) дает возможность определить размер отражаемого изображения, благодаря тому что перед объективом зрительной трубы в нем помещены две плоскопараллельные стеклянные пластинки *h* т. о., что одна из них закрывает верхнюю, а другая—нижнюю половину объектива. Если пластинки перпендикулярны к отражаемым лучам, идущим от изображений на роговице, то относительное положение этих изображений остается неизменным. Если же эти пластинки поворачиваются в противоположных направлениях (скрещиваясь) и лучи, отражаемые от роговицы, упадут на них уже под нек-рым углом, то изображения наблюдатель увидит смещенными. Пластинки требуется повернуть в такое положение, чтобы оба отраженные изображения оказались соприкасающимися друг с другом. Расстояние *d* между отражениями обоих светлых знаков (на роговице *A*) вычисляется по следующей ф-ле:



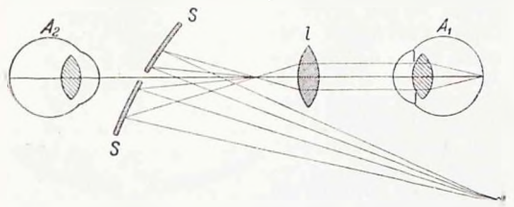
$$d = \frac{2 \cdot h \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta},$$

где *h*—толщина стеклянных пластинок, *α*—угол падения луча от изображения на пластинку, *β*—угол преломления этого луча в пластинке. В практике более применяются О. систем Жаваля-Шьётца, Чемберса, Пфистера. В О. сист. Жаваля в зрительной трубе вместо плоскопараллельных стекол помещена двупреломляющая волластонова призма, светлые же знаки на дуге, прикрепленной к зрительной трубе, могут передвигаться. Размеры аппарата рассчитаны так, что по делениям шкалы дуги или по степени наложения одного отражаемого изображения на другое можно прямо определить величину

астигматизма (см.) в *диоптриях* (см.). О. сист. Чемберса имеет светлые знаки неподвижными, соприкосновение же отражаемых изображений достигается путем перемещения двупреломляющей призмы внутри окулярной трубы, производимого особым винтом со шкалой. Положениям этой призмы соответствуют определенные величины кривизны роговицы.

Лит.: Мурашкинский В. Е. и другие, Офтальмологическая оптика, гл. 3, Ленинград, 1928; Головин С. С., Клиническая офтальмология, т. 1, ч. 2, Москва, 1923. **С. Кравков.**

ОФТАЛЬМОСКОП, прибор, позволяющий видеть глазное дно. Простейшим видом О.



является маленькое вогнутое зеркало с отверстием по середине. Отражая посредством зеркала в зрачок исследуемого глаза свет от источника, поставленного сбоку, и тем самым освещая сетчатку глаза, наблюдатель, смотря в исследуемый глаз через отверстие в зеркальце, сможет увидеть глазное дно. Это возможно потому, что отражаемые сетчаткой исследуемого глаза лучи, при обратном выходе из глаза, через преломляющие среды его и зрачок, становятся параллельными; параллельные же лучи, попадая на зрачок наблюдателя, соберутся в фокус на его сетчатке, в результате чего он и увидит дно исследуемого глаза в увеличенном и прямом виде. Если глаза наблюдателя или исследуемого лица нормальны (не эммертропичны), т. е. не собирают параллельных лучей на сетчатке при полном отсутствии аккомодации, или если аккомодация в них не вполне расслаблена—за отверстием О. должна помещаться линза той или иной оптич. силы. Для того чтобы видеть возможно бо́льшую часть глазного дна, глаз наблюдателя должен при этом способе офтальмоскопирования приближаться к исследуемому глазу как можно ближе. Если между исследуемым глазом A_1 (фиг.) и отражающим свет зеркалом SS поставить собирательную линзу l, то свет, отраженный сетчаткой исследуемого глаза A_1, пройдя на своем пути через оптич. систему этого глаза и через эту поставленную линзу, даст в воздухе перед зеркалом О. увеличенное и обратное изображение глазного дна, которое глаз наблюдателя A_2 может увидеть через отверстие в зеркале.

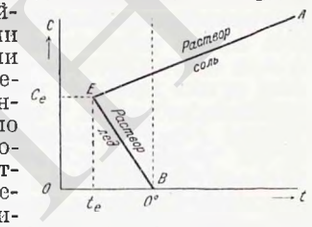
О. введен в науку Гельмгольцем (глазное зеркало Гельмгольца, 1850 г.). В качестве ручных О. простой конструкции в наст. время распространены О. систем: Либрейха, Мортона, Головина и др. Более сложные О. сконструированы Торнером Гульстрандом и др. Путем различных способов разделения места попадания света в исследуемый глаз от места его обратного выхода из него эти О. позволяют устранять мешающий рефлекс от роговицы; благодаря особому приспособлению окулярная часть может отбрасывать картину глазного дна на экран, для зарисовки; бинокулярный окуляр позволяет видеть глазное дно рельефным; благодаря применению микроскопа возможно значительное увеличение картины исследуемого глазного дна. О. изготовляются немецкими фирмами Цейсс, Шмидт и Генш, Роденшток и др.

Лит.: Мурашкинский В. Е. и др., Офтальмологич. оптика, гл. 3—Офтальмологич. приборы, Ленинград, 1928. **С. Кравков.**

ОФТАЛЬМОТРОП, прибор, служащий для демонстрирования движений глаза, представляет собою модель глазных яблок, приводимых в движение глазными мышцами; впервые построен Рюте в 1857 г. Глаза сделаны в виде полых шаров, движущихся вокруг нек-рой точки, лежащей внутри их соответственно положению центра вращения глаз. Роль 6 глазных мышц играют 6 шнуров, в соответствующих местах прикрепленных к моделям глазных яблок и направленных назад так, как идут глазные мышцы в действительности. Все шнуры перекинуты через блоки и уравновешены гирьками. Натягивая тот или иной шнур, соответствующим образом вращают модель глазного яблока. По направлению зрительной линии глаза можно прикреплять к моделям глазных яблок стержень с перпендикулярным к нему диском, на к-ром нанесены вертикальная и горизонтальная линии, что позволяет легче судить о характере движения глаза. Более новая модель офтальмотропа принадлежит Ландольту.

ОХЛАЖДАЮЩИЕ СМЕСИ, смеси двух или более веществ (из к-рых по крайней мере одно берется в твердом состоянии), служащие для искусственного получения и поддержания низких темп-р. Наиболее важными О. с. являются эвтектические смеси (криогидраты).

При охлаждении достаточно крепкого соляного раствора до $t°$, к-рой соответствует растворимость соли, равная содержанию ее в растворе, из последнего выпадает твердая соль. При дальнейшем охлаждении концентрация соли в растворе изменяется, обыкновенно уменьшаясь по линии растворимости AE, отвечающей равновесию: раствор—кристаллы соли (см. фигуру). При охлаждении же слабых растворов с концентрациями $C < C_E$ (где C_E — концентрация эвтектики) из раствора при некоторой температуре замерзания кристаллизуется чистый растворитель—лед, причем раствор делается более концентрированным и $t°_{отв.}$ его понижается (см. *Криоскопия*) по линии BE, начинающейся при $C=0$ в точке плавления чистого растворителя (при $t°=0°$). Линии AE и BE пересекаются в точке E, называемой криогидратной, или эвтектической, точкой. При охлаждении раствора, состав которого определяется точкой E, он затвердевает как целое, т. е. из



него выделяется смесь кристаллов соли и льда в постоянном весовом отношении, без изменения C раствора, как если бы затвердевало определенное химическое соединение. Однако прямое микроскопич. исследование, а также применение *правила фаз* (см.) показывают, что криогидратная смесь — не химич. соединение, а двухфазная система, постоянство концентрации которой обусловлено тем, что при постоянстве давления ($p = p_0$) точка E является нонвариантной, отвечая равновесию трех фаз ($P = 3$) и двух компонентов ($N = 2$); по правилу фаз число степеней свободы системы $f = N+2-P$; для криогидратной точки $f = 1$, и при заданном давлении криогидрату отвечают вполне определенные t_E и C_E, несколько изменяющиеся с внешним давлением (Roloff). Наличие криогидратных точек у соляных растворов применяется для приготовления О. с. определенного состава; t_E—наинизшая из всех $t°$ равновесия твердой фазы и раствора данной соли; поэтому для получения наинизшей темп-ры с помощью данной соли необходимо смешать ее со льдом (в возможно более измельченном состоянии) в весовых отношениях, отвечающих криогидрату (C_E). Ниже приведены нек-рые характерные криогидраты.

Твердые фазы криогидрата	C_E (% безв. соли)	t_E
$NaCl \cdot 2aq$, лед	30,7	−21,3°
$CaCl_2 \cdot 6aq$, лед	42,5	−55,0°
NH_4NO_3, лед	70	−17,35°

Более подробные сведения об О. с. см. *Спр. ТЭ, т.* I, стр. 76—79. **П. Ребиндер.**

О. с. применяется в технике и в лабораторной практике для получения умеренно низких $t°$ (обычно в пределах от −10° до −40°) в течение относительно короткого срока (не более как на несколько часов). Действие О. с. основано на том, что твердые компоненты смеси плавятся (лед, снег) или растворяются (соли) и переходят в жидкость, заимствуя необходимую теплоту плавления (или теплоту растворения) от самой смеси. Чем быстрее происходит процесс растворения или плавления, тем более понижается $t°$; измельчением твердых тел, входящих в О. с. (лед, соль), достигается увеличение поверхности и усиление взаимодействия составных частей смеси. Достигаемый минимум $t°$ зависит от физико-химических свойств отдельных компонентов смеси и их весового соотношения. Растворение солей в кислотах дает более сильное охлаждение, чем растворение их в воде. Участие в смеси льда и различных солей, обладающих большой теплотой плавления, обусловливает резкое падение температуры. В нек-рых случаях для создания наиболее сильного охлаждающего эффекта требуется предварительное охлаждение составных частей смеси. Для промышленных целей имеют наибольшее применение О. с. из льда и грубой поваренной соли (см. *Ледосолянное охлаждение*). Ниже даны наиболее употребительные О. с. для лабораторного получения низких $t°$.

От О. с. следует отличать охлаждающие рассолы (растворы NaCl, $CaCl_2$ или $MgCl_2$), широко применяемые в технике

Наиболее употребительные О. с. для лабораторного получения низких $t°$.

Состав смеси	Весовые части	Понижение $t°$ от	Понижение $t°$ до
Вода и соли.			
1. Вода	1	+10°	−15°
Азотнокислый аммоний	1		
2. Вода	16	+10°	−12°
Нашатырь	5		
Селитра	5		
3. Вода	10	+10°	−15°
Нашатырь	3		
Селитра	2		
4. Вода	1	+10°	−22°
Углекислый натрий	1		
Азотнокислый аммоний	1		
5. Вода	1	+10°	−22°
Роданистый аммоний	1,3		
6. Вода	1	+10°	−25°
Роданистый калий	1,5		
7. Вода	10	+10°	−26°
Азотнокислый аммоний	1		
Роданистый калий	13		
Кислоты и соли.			
8. Соляная к-та	9	+10°	−13°
Сернокислый натрий	8		
9. Азотная к-та	2	+10°	−20°
Азотнокислый натрий	2		
10. Серная к-та	4	+10°	−20°
Сернокислый натрий	5		
11. Азотная к-та	4	+10°	−23°
Сернокислый натрий	6		
Селитра	4		
Нашатырь	2		
12. Азотная к-та	4	+10°	−40°
Азотнокислый аммоний	5		
Сернокислый натрий	6		
13. Азотная к-та	14	+10°	−25°
Фосфорнокислый натрий	9		
Снег (или измельченный лед) и соли.			
14. Снег	2	0°	−20°
Поваренная соль	1		
15. Снег	5	0°	−25°
Поваренная соль	2		
Нашатырь	1		
16. Снег	24	0°	−28°
Поваренная соль	10		
Нашатырь	5		
Селитра	5		
17. Снег	12	0°	−32°
Поваренная соль	5		
Азотнокислый аммоний	5		
18. Снег	4	0°	−40°
Хлористый кальций $CaCl_2 \cdot 6$ aq	5		
19. Снег	3	0°	−46°
Углекислый калий	4		
20. Снег	3	−1°	−21,2°
Хлористый натрий	1		
21. Снег	10	−1°	−55°
Хлористый кальций $CaCl_2 \cdot 6$ aq	14,3		
Снег (или измельченный лед) и кислоты.			
22. Снег	3	0°	−30°
Серная к-та	2		
23. Снег	8	0°	−33°
Соляная к-та	5		
24. Снег	7	0°	−35°
Азотная к-та	4		

при т. н. рассольном охлаждении. Это — растворы с низкой $t°$ замерзания, служащие для непрерывного и длительн. поддержания низкой $t°$ в определенных частях аппаратуры или помещениях, что достигается циркуляцией рассола через систему охлаждающих труб и через специальные *холодильные машины* (см.); т. о. охлаждающий рассол является не источником, а лишь передатчиком холода от машины к объекту охлаждения. См. *Спр. ТЭ*, т. IV, стр. 80—83.

Лит.: Комаров Н. С., Холод, Справочное руководство по холодильному делу, 2 издание, Москва, 1929. **Н. Комаров.**

ОХОТНИЧЬЕ ОРУЖИЕ, оружие, рассчитанное на добывание охотничьих и промысловых зверей и птиц. О. о. бывает двух видов: огнестрельное (ружья) и холодное оружие (рогатины, кинжалы, охотничьи ножи и пр.). По своему назначению ружья делятся на нарезные — с нарезами внутри

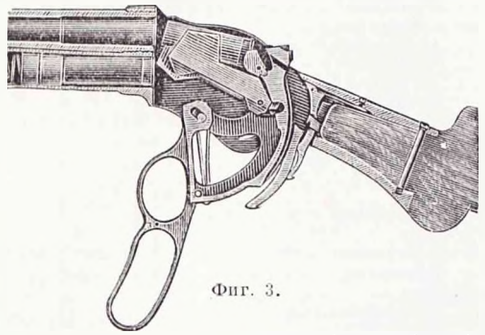


Фиг. 1.

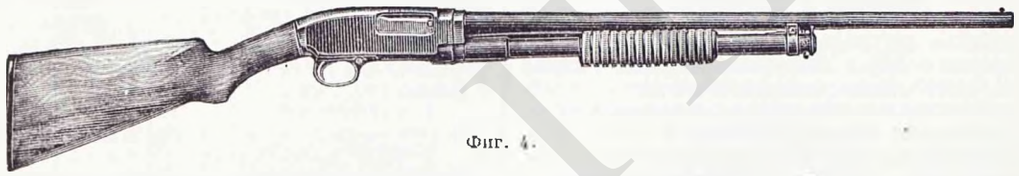


Фиг. 2.

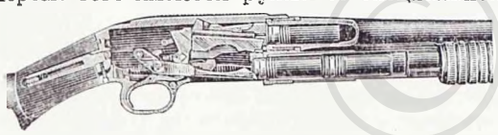
каналов стволов, специально для стрельбы пулей на большие дистанции, и гладкоствольные — для стрельбы дробью (из гладкостволок можно стрелять и пулей, но на короткие дистанции, не далее 50 м). Кроме того имеются ружья со специальной



Фиг. 3.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

сверловкой — штуцерными нарезами в конце стволов (фиг. 1), т. н. парадокс ы, для стрельбы и дробью и специальной пулей (с медным колпачком) на сравнительно большие расстояния, пригодной для самого крупного зверя. По способу заряжания ружья бывают шомпольные — заряжающиеся при помощи шомпола с дула, и казнозарядные — заряжающиеся готовыми патронами (дробовыми и пулевыми) с казенной части; они же называются центральными, т. к. заряд пороха воспламеняется в них пистоном, помещенным в центре дна гильзы. По числу стволов ружья делятся на одноствольные, двуствольные, трехствольные и (реже) четырехствольные (шомполки бывают только одноствольные и двуствольные). Казнозарядные одностволки м.б. однозарядными и магазинными, т. е. вмещающими несколько патронов, дающих возможность произвести последовательно несколько выстрелов; магазинки в свою очередь м. б. неавтоматические (Винчестер, Ремингтон и др.), перезаряжающиеся силой руки стрелка (движением затвора, скользящего цевья или рычага) и автоматические, перезаряжающиеся силой отдачи (Винчестер, Браунинг, Вальтер и др.). На фиг. 2 показано неавтоматич. дробовое ружье Винчестер, перезаряжающееся движением нижнего рычага; на фиг. 3 — вид механизма в момент перезаряжания; на фиг. 4 — бескурковая неавтоматич. магазинка, перезаряжающаяся движением деревянного цевья; фиг. 5 и 6 показывают механизм в закрытом, готовом к выстрелу состоянии и в момент перезаряжания; на фиг. 7 и 8 — вид курковой неавтоматич. магазинки Винчестера и положение механизма в закрытом, готовом к выстрелу, состоянии. На фиг. 9 и 10 изображен общий вид автоматич. пятизарядного дробового ружья Винчестер и его механизма в закрытом, готовом к выстрелу, состоянии; на фиг. 11 и 12 — ружье Браунинг и его механизм. В зависимости от устройства ударного механизма казнозарядки делятся еще на курковые и бескурковые, вернее со скрытыми за замочными досками



Фиг. 6.

курками. Существуют также ружья, представляющие собой комбинацию нарезного

и гладкоствольного оружия: а) один ствол (обычно правый) нарезной, другой — гладкий,

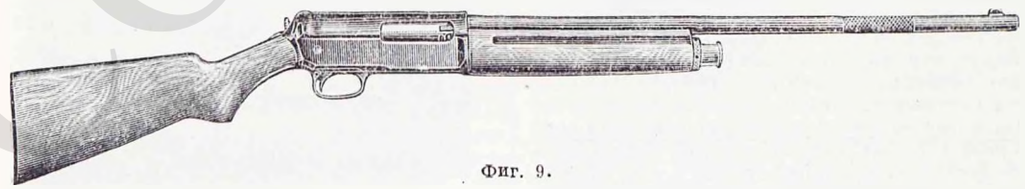


Фиг. 7.

называемые бюксфлинтами. Делаются они с горизонтально спаренными стволами (фиг. 13) и вертикально спаренными стволами (фиг. 14) по системе оружейника Бока (в последнем случае они называются бок-



Фиг. 8.



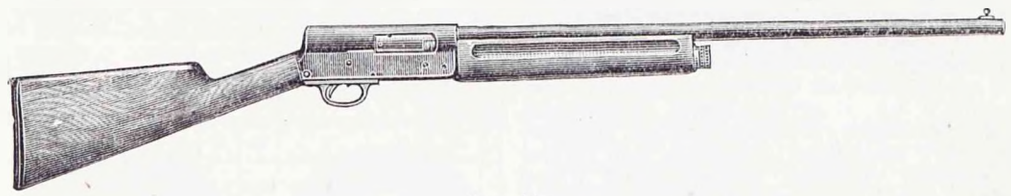
Фиг. 9.

флинтами); б) два ствола дробовых, а один нарезной или, реже, наоборот (редко



Фиг. 10.

все три ствола дробовых) — тройники и в) два ствола гладких и два нарезных — четырехстволки. Наконец современные казнозарядные дробовики делятся на т. наз. садочные — для призовой стрельбы по птице и асфальтовым тарелочкам, более тяжелые, рассчитанные на усиленные заряды и снабженные чоками — сужением в конце стволов, сгущающим сноп дробин к центру мишени, и чисто охотничьи — нормального веса, рассчитанные на нормальные же заряды, пригодные для стрельбы на нормальные охотничьи расстояния. Изготовляют также т. н. уточницы — крупнокалиберные (широкоствольные) ружья, чаще всего одноствольные очень тяжелого веса (некоторые типы их не пригодны даже для стрельбы с руки и укрепляются на особых подставках), рассчитанных на огромные заряды, специально для стрельбы по стаям водяной птицы. Подавляющее большинство ружей, даже одноствольных изготовляется в настоящее время с откидными стволами.



Фиг. 11.



Фиг. 12.

Современное казнозарядное ружье состоит из стволов, колодки, затвора, ударной системы, или замков, и ложи, или приклада. Качество этих частей, точность их пригонки, правильное соотношение их веса обусловливают прочность ружья и его бой. Стволы — металлич. трубки, служащие для направления к выбрасыванию снаряда, в сравнительно недалеком прошлом изготовляли из так наз. «дамаска». (Ствольный материал из стальных и железных квадратных прутьев, скрученных в жгуты, сваренных и прокованных до превращения в полосы, которые для получения ствольной трубки навивались спирально на стержень, после чего они подвергались окончательной обработке; скрученные прутья давали металлу узорчатый вид, который был тем красивее, тем мельче, чем тоньше были прутья и чем чаще они были перевиты между собой. Узор металла особенно ярко выявлялся после обработки ружейных стволов серной кислотой.) Дамаск, в зависимости от большей или меньшей тонкости перевивов,



Фиг. 13.

а также и от пропорций и качеств составных частей, способа обработки, делился на несколько сортов. Лучшие сорта дамаска выделывались Л. и Е. Бернард во Франции и Ле-Клером в Бельгии. За последнее время дамаск почти совершенно вытеснен сталью различных сортов, из которых наиболее употребительными являются сталь Круппа (специальная и плавленая), Сименс-Мартена, Коккерилль и «Баярд» (на ружьях Пипера). Дорогие сорта ружей выделываются со стволами из стали Витворта, Кильби, Эксцельсиор-Виттен и др. Существует помимо того несколько сортов нержавеющей стали: «Нироста» Круппа, «Бёлер-Антинит» (бр. Бёлер), «Польди-Антикорро» (завода Польди-Гютте) и др. Хороший стволь ный материал должен обладать следующими качествами: предел текучести д. б. не менее 45 *кг/мм*², временное сопротивление на разрыв не менее 70 *кг/мм*², удлинение не менее 16%, поперечное сжатие свыше 40%. Т. к. наиболее сильное давление в момент выстрела падает на участок ствола, следующий непосредственно за патронником, на эту часть стволов необходимо обращать особенное внимание. Для расчета толщины стволь н. стенок принята след. ф-ла:



Фиг. 14.

$$\frac{d\ (\text{диам. канала ствола}) \times p\ (\text{возможн. давление в } atm)}{200\ (\text{коэф.}) \times f\ (\text{врем. сопр. на разр. дан. стволь н. мат.})}$$

Эта ф-ла дает толщину стенки в *мм*. Напр., если диаметр передней стенки патронника равен 20,30 *мм*, врем. сопротивление на разрыв данного сорта стали равно 70 *кг/мм*², а давление, на к-рое рассчитывается данная часть ствола, равно 600 *atm*; ф-ла будет иметь следующий вид и конечный результат:

$$\frac{20{,}30 \times 600}{200 \times 70} = 0{,}87\ мм.$$

Практикой установлено, что бывают также случаи, когда фактич. давление бывает значительно выше того, на которое рассчитан ствол, и потому полученный по этой формуле результат следует утроить в данном случае до пределов, равных 2,5—2,6 *мм*. Толщина стенок в дальнейшем, в виду уменьшения давления по мере удаления снаряда от патронника, делается меньшей, но не тоньше 0,6 *мм* (нормально 0,8 *мм*), у дульного среза—ок. 1 *мм*. В двуствольных казнозарядках спаривание ствольных трубок, соединение их с крючками, которыми они входят в вырезы колодки, производится путем пайки оловом, реже медью (фиг. 15). Т. к.

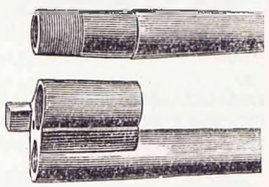


Фиг. 15.

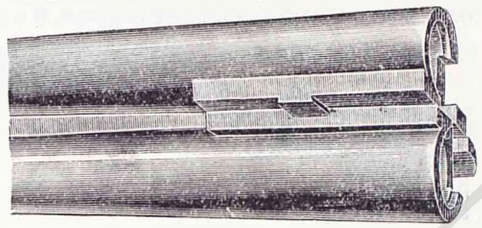


Фиг. 16.

соединение стволов с крючками пайкой оловом недостаточно прочно, а при нагревании стволы может «повести» (могут искривиться), делалось много попыток избежать пайки: оба ствола изготовляют вместе с крючками и планкой из одного куска стали (т. н. система «моноблок»), стволы соединяют по системе бельгийского оружейника Пипера при помощи муфт, составляющих одно целое с крючками (фиг. 16), частью прицельной планки с ее продолжением для верхнего скрепления и шиной для крючка цевья (часть ложи, подходящая под стволы, прилегающая к колодке), причем стволы в нагретом состоянии впрессовываются со стороны казны в муфты, а дульные концы соединяются кольцами, так же как и муфты, выточенными из одного куска стали; соединяют стволы также ввинчиванием казенной части в муфту (фиг. 17). Очень распространено соединение Пипера на прямом пазу и легком припое (так наз. система «деми блок»)—каждая ствольная трубка представляет одно целое с половиной каждого крючка и половиной планки, причем одна половина крючков имеет паз, другая—соответствующий выступ, вдви-



Фиг. 17.



Фиг. 18.

гающийся при соединении стволов в противолежащий паз (фиг. 18 и 19). Нормальные поперечники канала стволов и длина последних наиболее ходких калибров О. о. приведены:

Калибры	Диам. в *мм*	Длина в *см*
12	18,4	76
16	17	70
20	16	66
24	15	62

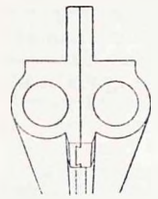
Минимальные размеры и вес ствола даны в следующей таблице:

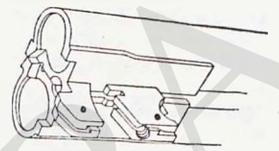
Минимальные размеры и вес ствола.

Калибр	Длина ствола в *см*						Приблизит. вес одного ствола в *г*
	Толщина ствола в *мм* на расст. от казны						
	0	7	20	30	50	72	
12	1,5—3	3,25—3,5	1,6	1,2	1	1,3 —1,7	737
16	4,5	2,75—3	1,5	1,1	0,8	1,25—1,6	610
20	4	2,5 —2,75	1,4	1,1	0,8	1,25—1,5	532
24	4	2,25—2,5	1,3	1,1	0,8	1,25—1,5	490

Бой ружей в значительной степени зависит от правки стволов, т. е. от выправления погрешностей канала стволов. Эта одна из важнейших операций оружейного производства до сих пор даже за границей производится на-глаз (оптический прибор проф. Маркуса еще не получил распространения), на основании теневых форм; при осмотре канала ствола (ствол ружья надлежит дер-

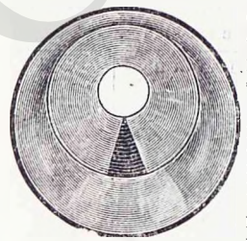
жать не далее 7 *см* от глаза), направляемого дульной частью на переплет окна, виден ряд концентрически расположенных колец (при кривизне концентричность нарушает-



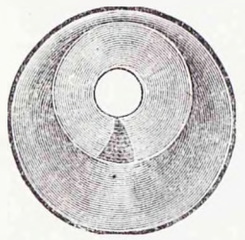


Фиг. 19.

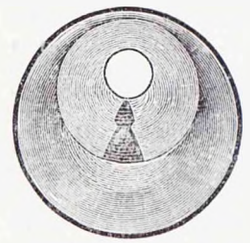
ся), на нижней же части канала от условий освещения ложится тень в виде тр-ка. При совершенно прямом стволе теневой треугольник будет всегда равнобедренным (фиг. 20), имея своим основанием кольцо в середине ствола (тень, которую отбрасывает переплет рамы, по законам перспективы будет представляться глазу как бы уширяющейся к нему, обрываясь кажущейся прямой линией окружности среднего кольца). Если на пути тр-ка встретится хотя бы незначительная кривизна, то стороны тр-ка изменяют свою форму, и чем сильнее будет погиб ствола, тем дуги (вогнутые или выгнутые) будут больше. Они могут сойтись и даже перерезать тр-к на две части, оставив освещенным место, где находится погиб. Большие и отлогие погибы превращают стороны тр-ка в длинные и отлогие дуги, большие и глубокие погибы прерывают тр-к на две части, и чем сильнее погиб, тем больше освещенное между частями тр-ка пространство. Если на одной стороне ствола имеется несколько сильных погибов, тр-к разрывается на несколько частей. Погибы в таком случае замечаются не все сразу, а один за другим, по мере подъема ствола. Ствол осматривают сначала с одной стороны, затем поворачивают на $^1/_4$ оборота вокруг и опять проверяют правильность тр-ка и т. д. до тех пор, пока не будет осмотрен весь ствол. Фиг. 21



Фиг. 20.



Фиг. 21.



Фиг. 22.

показывает наличие выгнутости внутренней поверхности ствола влево; фиг. 22—крутой изгиб на $^1/_4$ длины ствола от дула; фиг. 23 показывает расположение теней при погибе ствола на $^1/_3$ половины длины его от дула, фиг. 24—погиб в середине ствола. Правка обнаруженного дефекта стволов производится на наковальне с отверстием в середине, путем последовательных ударов по изогнутой стороне, или же на деревянном зажиме (фиг. 25). Стойка у наковальни устроена для опоры ствола при его осмотре, причем высота его регулируется в зависимости от роста правщика. Для ударов пользуются медными, железными и стальными молотками.

Перед спариванием ствольные трубки отделывают и почти доводят до нужного к а л и б р а, т. е. до внутреннего поперечника ствола. Калибр ружей издавна у с л о в н о определялся количеством пуль, какое можно было бы изготовить для ствола данного диаметра из 1 англ. фн. (0,453 *кг*); например, если для данного ствола можно было сделать 12 штук пуль, входящих в ствол без зазоров,—это был 12 калибр, 16 шт.—16 ка-



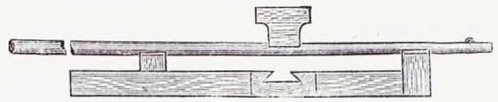
Фиг. 23.



Фиг. 24.

либр и т. д. Это определение калибра, разумеется, условно и неточно. Принято изготовлять ружья 12, 16, 20, 24, 28 и 32 калибров. Существуют калибры более крупные—10, 8 и 4, но из них имеет некоторое распространение только 10-й калибр, остальные же, особенно 4-й калибр. встречаются только в специальных «уточницах», выпускаемых в ограниченном количестве.

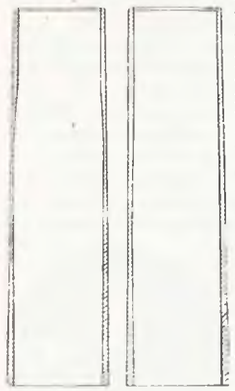
В казенной части стволы имеют место для помещения патронов, т. наз. п а т р о н н и к и, или к а м е р ы; длина последних в зависимости от длины предназначенных для данного ружья гильз, бывает 65 *мм*, 70 *мм*,



Фиг. 25.

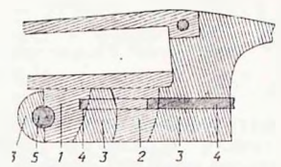
реже 75 *мм* (в ружьях крупного калибра бывает 80 и 85 *мм*, в Англии—76 и 83 *мм*). Весьма важно для боя, чтобы патронник был строго концентричен со стволом и чтобы его ось была точным продолжением оси ствола. Патронник должен быть настолько широк, чтобы патрон без всякого усилия доходил до места. Если канал ствола будет уже канала гильзы, снаряд дроби, переходя из гильзы в ствол, должен будет сжаться, что вызовет повышение давления в камере и деформацию дробинок; при более же широком, по сравнению с гильзой, канале ствола пороховой пыж, переходя из гильзы в более широкий ствол, не удержит толкающих его газов, и последние, прорвавшись в снаряд дроби, ухудшат бой. В зависимости от толщины стенок гильз (папковые, латунные толстые, латунные тонкие) стволы для каждого вида гильз имеют свой поперечник, соединяясь с патронником конусом с постепенным

переходом. Канал ствола м. б. высверлен в форме цилиндра на всем протяжении ствола, или с некоторым сужением к вылету («цилиндр с напором»), или с б. или м. резким сужением перед вылетом, носящим название «чока» (фиг. 26). Наилучшим из нескольких форм чоковых сужений является параболическое, заканчивающееся цилиндром меньшего, чем ствол поперечника, параболическое без цилиндра у вылета (так наз. «чок Паркера») и ремингтоновский чок — цилиндр с половины ствола переходит в конус, заканчивающийся сужением на расстоянии ок. 1 дм. от вылета. Чок, снабженный штуцерной нарезкой, называют «парадоксом» (для стрельбы и дробью и пулей). Нормальная длина ствола при нынешних быстрогорящих порохах — 65—70 *см*. Ниже приведены весовые данные нормальных и предельных зарядов дробовых двустволок.



Фиг. 26.

ки *3* и запирающихся чаще всего особой горизонтальной задвижкой *4*, ходящей внутри колодки в пазах, точно совпадающих с вырезами обоих крючков (так называемая рамка Перде, автоматически вдвигающаяся в пазы крючков при закрывании ружья и освобождающая крючки при нажиме на управляющий ею ключ). Кроме паза для запирающей задвижки передний крючок откидных стволов имеет полукруглый вырез, охватывающий передний болт *5*—ось колодки. На таком полукруглом вырезе стволы вращаются при их откидывании. Очень широкому распространению управляемого верхним ключом между курками затвора с рамкой Перде предшествовали затворы, управляемые разнообразными ключами, из которых одни помещаются впереди—под цевьем (фиг. 28, ключ Лефоше), другие же—под скобой (ключ Ланкастера, английский à T и Дау), третьи—впереди скобы (ключи Перде, Лебеды) и др. Наиболее простым из этих затворов является затвор à T, в котором нижние крючки захватываются шляпкой вращающегося болта, заходящей при установке по-



Фиг. 27.

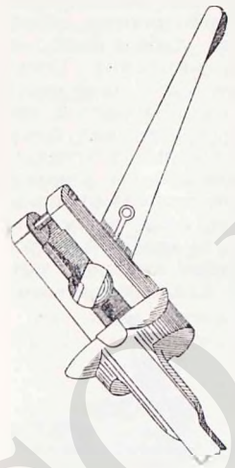
Нормальные и предельные заряды дробовых двустволок.

Калибры	Вес двустволки в *кг*	Нормальный снаряд дроби в *г*	Нормальный заряд черного пороха в *г* летний	Нормальный заряд черного пороха в *г* зимний	Предельный заряд черного пороха в *г*	Летний предельный заряд бездымного пороха «Сокол» в *г* при наилучших ружьях	Летний предельный заряд бездымного пороха «Сокол» в *г* при средних ружьях	Летний предельный заряд бездымного пороха «Волк» в *г* при наилучших ружьях	Летний предельный заряд бездымного пороха «Волк» в *г* при средних ружьях	Предельные снаряды дроби при бездымном порохе в *г*
10	Свыше 4,30	44,8	7,5	8	8,52	2,4	2,22	2,4	2,2	38,4—46,93
10	Ниже 4,30	44,6	7	7,5	7,82	2,33	2,14	2,3	2,2	36,3—42,7
12	Свыше 3,48	37	5,5	6,5	7,13	2,22	2,04	2,2	2	30,9—37,3
12	Ниже 2,97	31	5	6	6,4	2,04	1,96	2	1,9	28,8—30,9
16	Свыше 3,07	34	5,25	6	6,4	2,0	1,91	1,9	1,8	26,6—33,7
16	Ниже 2,87	31	4,5	5,25	5,78	1,87	1,78	1,8	1,7	26,6—33,7
20	Свыше 3,07	31,5	4,5	5,25	5,33	1,73	1,56	1,6	1,5	26,6—33,7
20	Ниже 3,07	31	4,27	5	5,9	1,6	1,42	1,5	1,4	25,6—32
24	Свыше 3,07	31	4,27	4,75	5,16	1,51	1,33	1,5	1,4	25,6—32
24	Ниже 3,07	29,5	4	4,27	4,44	1,33	1,07	1,3	1,2	21,33—29,9
28	Свыше 2,59	23,5	3	3,25	3,56	1,2	0,93	1,2	1	18,13—26,13
28	Ниже 2,59	21,5	2,8	3	3,11	1,07	0,84	1	0,9	17,05—23,47
32	Свыше 2,46	20,25	2,25	2,5	2,67	0,98	0,80	1	0,8	16,53—22,4

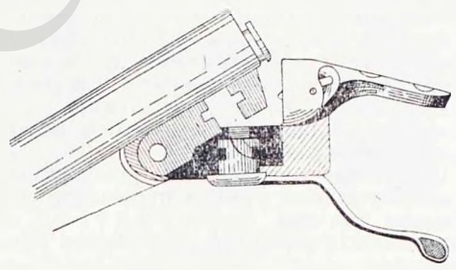
Приведенные в настоящей таблице цифры являются исходными и м. б. значительно изменяемы в зависимости от качества ружья, его веса и сохранности, а также воспламенителя (пистона). Бездымные пороха не допускают сильного сжатия при запыживании.

Соединение стволов с колодкой (фиг. 27) производится при помощи подствольных крючков *1* и *2*, входящих в соответствующие пазы передней части колодследнего на место в пазы крючков и плотно притягивающей стволы к колодке (фиг. 29). Помимо нижнего соединения стволов с колодкой существуют системы т. н. верх-

них или третьих скреплений при помощи продолженной планки, захватываемой в задке колодки горизонтальными болтами или задвижками. Лучшим из таких скреплений является гринеровское (фиг. 30—в закрытом и открытом положении, 31 и 32—горизонтальный поперечный болт, проходящий через простое продолжение планки, входящей в паз верхней части колодки) и Скотта, отличающееся от гринеровского только квадратной формой болта. В дорогих ружьях принято ставить верхнее скрепление Перде, к-рое представляет собой четырехугольный, около 5 *мм*, выступ, расположенный над экстрактором и входящий, так же как и у Гринера, в гнездо задка колодки; этот выступ зажимается выступом ключа (фиг. 33). Практикуется еще соединение

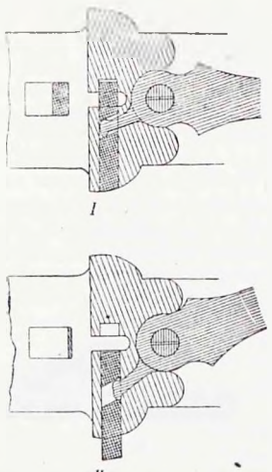


Фиг. 28.



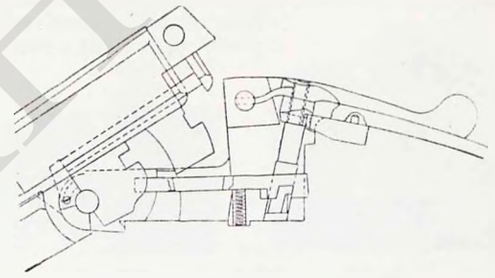
Фиг. 29

гринеровского затвора с конусообразным утолщением продолжения прицельной планки (фиг. 34; на ружьях Франкотта, Новотни и других оружейников); иногда помимо отверстия для гринеровского болта продолжение планки имеет еще прямоугольный вырез, в к-рый входит плечо рычага и т. д. (фиг. 35 и 36). В дешевых ружьях или совсем не имеется верхнего скрепления или оно имеет крючкообразную (фиг. 37) или, что лучше, грушеобразную (фиг. 38, т. н. «кукольная головка») формы. Существует также затвор сист. Пипера, состоящий из продольной, слегка конической задвижки, входящей своим концом из средины верхней части задка колодки в гнездо на казенном



Фиг. 30.

обрезе над местом соединения стволовых трубок. При закрытых стволах задвижка эта



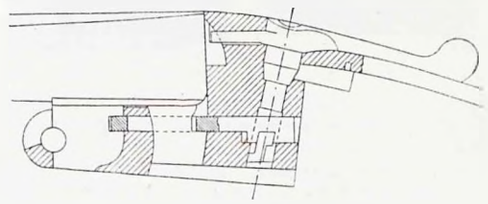
Фиг. 31.

составляет как бы продолжение прицельной планки, не доведенной до задка колодки (фиг. 39).

Наряду с ружьями с откидными стволами, имеющими наибольшее распространение, существуют системы с неподвижно закрепленными в ложе стволами. Затвор у этих ружей или скользящий, отходящий на рельсовом ходу (система Дарна), или отводящийся в сторону (система Гея), или же откидывающийся вверх (система Рошатта). Воспламенение заряда производится при помощи так назыв. ударного механизма или замка. Ударные механизмы существуют курковые и бескурковые, вернее со скрытыми за



Фиг. 32.



Фиг. 33.

замочными досками курками. Замки курковых ружей бывают «обратные» или «в шейку», в которых боевая пружина расположена позади курка (фиг. 40), «подкладные»—с пружиной впереди курка (фиг. 41) и «ложноподкладные», или так наз. «льежского типа», у к-рых укороченная пружина расположена позади курка, как у замков «в шейку», замочная же доска имеет форму, как и у замка «подкладного», с той лишь разницей, что длинная передняя

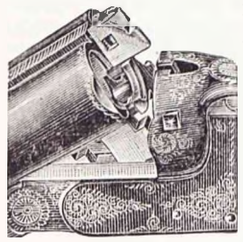


Фиг. 34.

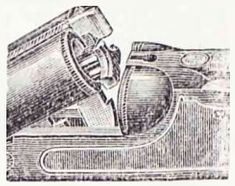


Фиг. 35.

часть ее, где у подкладного замка расположена пружина, уничтожена, и потому в колодке не делается для размещения ее никаких ослабляющих вырезов (фиг. 42). Недо-



Фиг. 36.



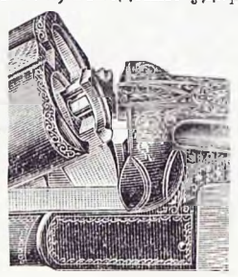
Фиг. 37.

статок этих замков — слишком короткая боевая пружина, часто не имеющая достаточной силы для воспламенения пистона. Лучшим замком признается замок «в шейку»—колодка при нем остается нетронутой, пружины благодаря их длине всегда обладают большой силой, однако из-за своего внешнего вида он имеет незначительное распространение.

О. о. бескурковых систем по способу взведения ударников (внутренних курков) можно разделить на 3 группы: а) взведение ударников производится падением стволов (системы Энсон-Дилли, Гринера,



Фиг. 38.



Фиг. 39.

Скотта, Голланд-Голланд и др.) — группа наиболее многочисленная и распространенная; б) взведение ударников и нагнетание боевых пружин разделены: ударники взводятся падением стволов, а нагнетание—при закрывании ружья (система Перде, Ланкастер, Стефен Грент) и в) ударники не связаны со стволами, а взводятся ключом затвора (системы «Идеал», Ивашенцева, Вудварда и Ольпорта). Самой распространенной из них является система Энсон-Дилли (фиг. 43). Состоит она из ударника *1*, спускового крючка *2*, боевой пружины *3* и подъемника *4*, выступающего одним концом своим из колодки *5* и проходящего в цевье. При откидывании стволов цевье давит на подъемники, они, вращаясь на своей оси, поднимают ударники на взвод, сжимая в то же время хвостом ударника боевые пружины. Система эта при всей своей простоте ослабляет колодку, так как для размещения ударной и подъемной систем в колодке приходится выбирать много металла. Для того чтобы избежать такого ослабления колодки, в наиболее дорогих ружьях ударные механизмы



Фиг. 40.

располагают на особых досках, как у курковых ружей с подкладными замками (фиг. 44; системы Перде, Голланд-Голланд, Скотт и др.). Эти ударные механизмы, находящиеся вне колодки, взводят либо ключом затвора, либо падением стволов, либо и падением стволов и закрыванием последних. Среди современных бескурковок выделяется своей системой бескурковка Сэнт-Этьенской мануфактуры, очень распространенная среди французских охотников. Она имеет спиральные боевые пружины, помещенные в передней части колодки, и горизонтально-скользящие ударники; затвор управляется особым ключом, расположенным за скобкой и приподнимаемым вверх к шейке нажимом указательного пальца. Этот ключ захватывает



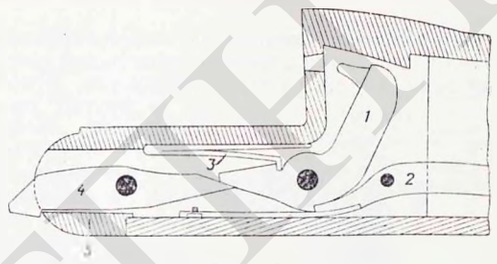
Фиг. 41.



Фиг. 42.

ударники и, оттягивая их назад, ставит на взводы. Верхний крючок (продолжение планки) кончается расширением, имеющим обычно перпендикулярный крючок у среза головки, благодаря чему между крючком и колодкой остается незаполненное пространство, к-рое при закрывании ружья заполняется заходящим в него вертикальным болтом, ходящим в задке колодки и захватывающим крючок из-под низу.

Вынимание патронов и стреляных гильз в казнозарядных ружьях производится при помощи так наз. экстрактора, выдвигающего гильзы при открывании ружья. В дорогих сортах ружей такой экстрактор,



Фиг. 43.

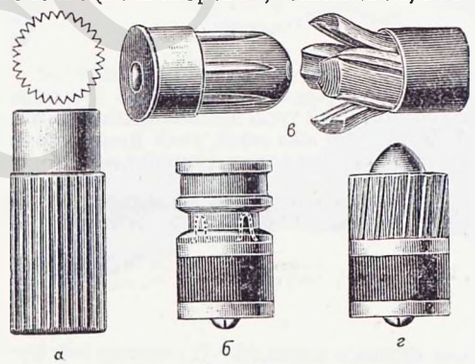
носящий название эжектора, приспособлен для автоматич. выбрасывания стреляных патронов из того ствола, у которого спущена боевая пружина; при взведенных ударниках эжектор действует как обыкновенный экстрактор. Колодка, или коробка—часть ружья, соединяющая ствол с ложей и ударным механизмом. Ложа—деревянная часть ружья, служащая для направления ствола и упора в плечо. По легкости, крепости наилучшим для лож материалом является орех; корневые части дают лучшее дерево. Применяются также бук, клен, ясень и на самые дешевые сорта ру-



Фиг. 44.

жей—береза. Цевье—часть ложи, лежащая под стволом впереди от спусков или колодки. В ружьях с неподвижными стволами оно часто составляет одно целое с остальной ложей, хотя при значительной длине практичнее его делать отдельным. В ружьях с опускающимися стволами цевье подвижное и отъемное. Шейка—тонкая часть ложи позади спусков и колодки и впереди приклада. Приклад—широкая часть ложи, прикладываемая при стрельбе к плечу и щеке. Ложи делаются английского образца—с простой шейкой, пистолетные и полупистолетные—с пистолетообразным утолщением-приливом в конце шейки и со щекой. Ложа имеет огромное, и даже более важное, чем бой ружья, значение для успеха стрельбы, так как только при наличии прикладистости ружья можно стрелять быстро и удачно.

Охотничье оружие пульное. Ручное огнестрельное оружие с нарезами внутри канала ствола, снарядом для которого являются не дробины, как в гладкоствольном оружии, а одна компактная масса свинца (пуля), круглой или конич. формы, иногда в металлич. оболочке (мельхиоровой, томпаковой, желез-

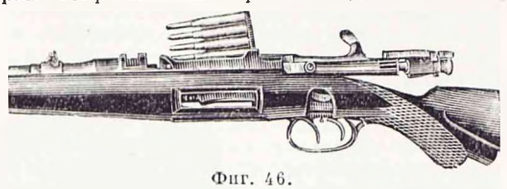


Фиг. 45.

ной или из мягкой стали) полностью (оболочечные) или, для увеличения разрушительной силы, с обнаженной свинцовой головкой (полуоболочечные). Пули существуют и для стрельбы из гладкоствольных ружей; эти пули, как показывает фиг. 45, имеют разнообразную форму, чаще всего в виде цилиндра, с плоской (Вицлебена *а*, новая модель Бреннеке *б*, Торпедо и др.) или слегка заоваленной головкой (Жакана *в*, Бреннеке старая модель *г*, и друг.). Охотничье пульное оружие предназначено для поражения объекта стрельбы на расстояния, значительно превышающие возможности дробовика даже при стрельбе из него пулей, при повышенной кроме того меткости. Нарезы внутри ствола пульного оружия—винтообразно идущие углубления, придающие устойчивое вращение пуле. Глубина этих нарезов при свинцовых пулях 0,50—0,25 *мм*, а при оболочечных и полуоболочечных 0,10—0,075 *мм*. Число нарезов 4—7, причем нарезы бывают постоянной крутизны на всем протяжении ствола и прогрессивной, т. е. постепенно, по мере приближения к дульному срезу, крутизна нарезов увеличивается. Зависит крутизна от калибра, начальной скорости, материала и веса пули; чем больше калибр, начальная скорость, вес пули,—тем положе нарезы. Полн. оборот пуля делает обычно на протяжении 43—61 *см*. Обычно нарезы имеют правое вращение, но бывают и левого (англ. оружие Фосса и др.). По своему назначению нарезное О. о. распадается на 3 типа. 1) Для стрельбы на сравнительно короткую дистанцию (в пределах 100 *м*) по крупному зверю, где на первом плане убойность, употребляют штуцеры—тяжелое с короткими стволами, обычно двуствольное ружье; штуцеры в свою очередь распадаются на 3 разновидности: а) большекалиберные (почти вышли из употребления), калибра 4—20 (25,72—15,62 *мм*); б) экспрессы — малокалиберные штуцеры с начальной скоростью пули 320—150 *м/сек*; сильным зарядом черн. пороха и пулей, часто пустотелой, наносящей сильную рваную рану, калибра 14,66—6,14 *мм* (калибр 577, 500, 450 и др.), с нач. скоростью 465 — 600 *м/сек*; в) нитроэкспрессы — под бездымный порох и оболочечные и полуоболочечные пули калибра 15,25—6,99 *мм*, с начальной скоростью 564—991 *м/сек*, с прямым почти выстрелом на самые дальние охотничьи дистанции. 2) Для стрельбы сторожкого среднего зверя (олени, антилопы и пр.) на бо́льшие, чем из штуцера, расстояния, в пределах 300 и более *м*, когда требуется дальнобойность при соответствующей убойности, служат карабины—обычно одноствольное нарезное оружие под длинную пулю калибра 15,25—5,6 *мм*, с начальной скоростью 305—991 *м/сек*. 3) Для стрельбы по мелкому зверю и птице в пределах обычно до 150 *м* существует винтовка—оружие с малоразрушительным, но точным боем, с пулей (чаще без оболочки) калибра 9,14—5 *мм*.

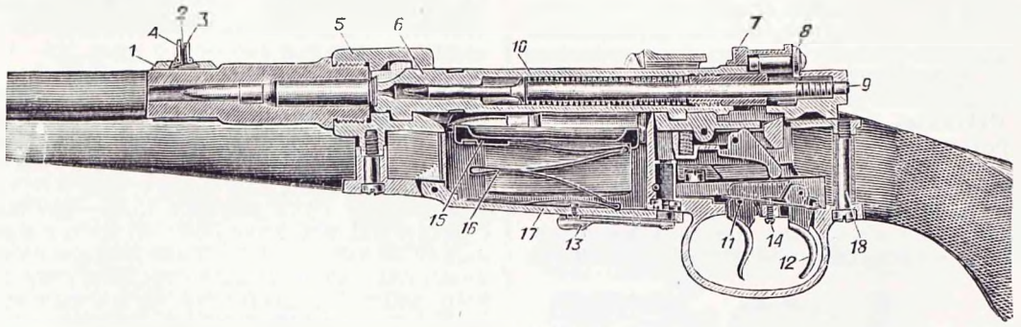
Калибр нарезного оружия считается «с поля на поле», т. е. по основному поперечнику канала ствола, без «нарезов»—углублений между полями. В большекалиберных штуцерах калибр определяется по числу круглых пуль, выходящих для данного штуцера из фунта (409 *г*) свинца, в штуцерах малокалиберных и экспрессных, карабинах и винтовках—калибр определяется по поперечнику канала ствола в *мм*, только в Англии—в тысячных, а в США—в сотых дм. Для обозначения патронов в США, где наиболее распространено нарезное О. о., принята система 3 чисел, из коих первое определяет калибр, второе—вес заряда пороха, третье—вес пули (в гранах; гран = 0,065 *г*), напр. 50—110—300 означает, что калибр патрона 50/100 дм. (5 линий), вес заряда пороха—110 гран, вес пули 300 гран. В Германии для патронов принято обозначение из 2 чисел—размер калибра пули и длина гильзы, напр. 5,6×35, первое число обозначает калибр в 5,6 *мм*, а второе — длину гильзы в 35 *мм*. Стволы нарезного оружия делаются из стали, последнее время даже чаще из стали нержавеющей (с примесью никеля или хрома). Нормальная длина стволов — 67—71 *см*, вес ствола карабина или винтовки, чем больше, тем благоприятнее для прицельной стрельбы, т. о. перевес на ствол, нежелательный для дробовика или штуцера, даже помогает устойчивости при прицеливании из

карабина или винтовки. Толщина ствола из-за больших давлений, доходящих в некоторых современных карабинах до 4 000 *atm*.



Фиг. 46.

делается в соответствии с давлением, на к-рое рассчитано данное оружие. Основной элемент при определении качества нарезного оружия — начальная скорость, т. е. быстрота перемещения снаряда при вылете из дула; чем больше эта скорость, тем отложе траектория, т. е. тем меньше линия полета пули поднимается над линией прицеливания, и следовательно тем более метким оказывается выстрел. От скорости полета пули зависит сила ее удара по объекту прицеливания, следовательно и убойность данной пули или резкость ее боя. Большая скорость полета пули оказывает влияние и на меткость попадания при стрельбе по перемещающейся цели. Чем меньше расстояние до цели, тем прямее траектория, тем больше линия фактич. полета пули приближается к линии прицеливания, до состояния почти прямого выстрела, и наоборот. Т. о. при стрельбе на большие дистанции, для того чтобы пуля попала в цель, нужно направлять дуло оружия выше цели, уравновешивая этим крутизну траектории (пуля первоначально идет по восходящей над линией прицеливания, а приблизительно с половины дистанции постепенно начинает понижаться, приближаясь к линии прицеливания, и наконец пересекает ее в точке прицеливания, если угол прицеливания взят верно). Взять тот или иной угол прицеливания помогают специальные прицельные приспособления в виде разнообразных щитков, устанавливаемых на стволе, и пр. (см. *Прицельные приспособления*). Карабины и винтовки обычно делаются с неподвижными стволами и одноствольные, причем бывают они однозарядные и магазинные (последние бывают автоматические, перезаряжающиеся силой отдачи, и неавтоматические, перезаряжающиеся силой руки стреляющего—движением затвора, подствольного цевья, отводом вниз и установкой на место рычага затвора). Затворные и ударные механизмы в однозарядках и неавтоматич. магазинках, рассчитанных под сильные патроны, чаще всего помещаются в коробке, навинченной на ствол (цилиндрич. продольно-скользящие затворы), к-рые ставятся на карабинах Манлихера-Шенауэра (фиг. 46), Маузера (фиг. 47 и 48), Ли Энфильда (фиг. 49), Бердана второго образца и других. На фиг. 47 показан разрез магазина карабина Маузера, где *1*—основание прицела, *2*—постоянный щиток, *3* и *4*—подъемный щиток на 200—300 *м*, *5*—коробка затвора, *6*—затвор, *7*—



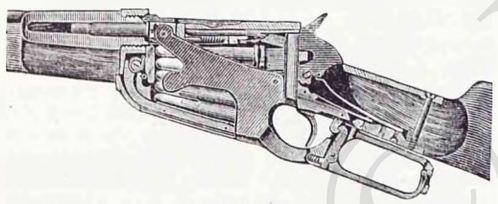
Фиг. 47.



Фиг. 48.

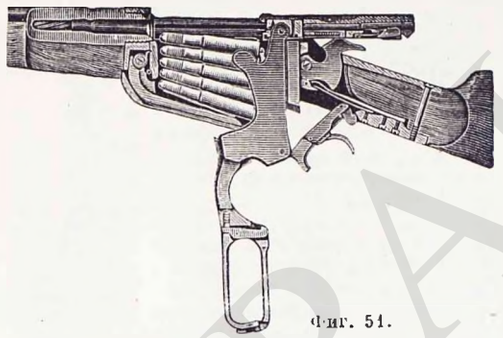


Фиг. 49.



Фиг. 50.

предохранитель, *8*—головка предохранителя, *9* —ударник, *10*—боевая пружина ударника, *11* — спусковой крючок, *12* — крючок шнеллера, *13*—рычаг магазинной коробки,



Фиг. 51.

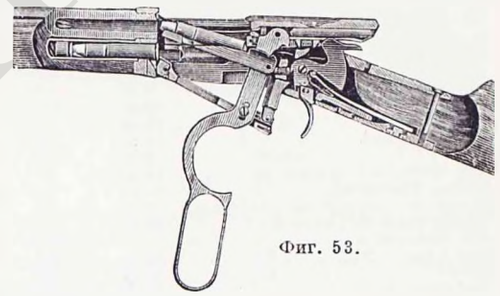


Фиг. 52.

14—регулировочный винт шнеллера, *15*—подающий механизм, *16*—пружина подающего механизма, *17* —нижняя крышка магазинной коробки и *18*—закрепляющий винт. Вторым типом мощного затвора, к-рый широко применяется американск. оружейными з-дами, являются затворы вертикальноскользящие, в которых тело затвора двигается, управляемое качающимся нижним рычагом, вверх и вниз (Винчестер, фиг. 50, 51, 52, 53, 54, 54а, Стивенс, Саведж и др.). Применяются также затворы качающиеся, с осью, расположенной перпендикулярно к оси ствола выше последней (Пибоди, Мартини и Ремингтон). Существует также много продольноскользящих затворов, рассчитанных на слабые патроны. Характеристика патронов, применяемых в нарезных ружьях, и их баллистические данные приведены в табл. 1—3.

Наиболее дорогие модели нарезного О. о. выпускает Англия (Голланд-Голланд, Ланкастер, Вестли Ричардс, Ригби, Джеффри, Гринер и др.), наиболее распространенным является однако оружие немецкое (Маузер, Зауэр, Бреннеке и др.), австрийское (Манлихер-Шенауэр) и в особенности американское (Винчестер, Ремингтон, Стивенс, Кольт Марлин, Саведж и др.), отличающиеся дешевой и хорошей работой.

Кроме нарезного О. о. имеется большое количество различных моделей малокалиберного спортивного оружия,

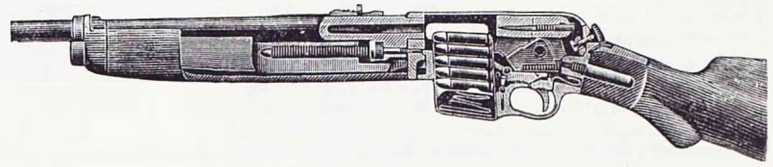


Фиг. 53.

под патрон бокового огня калибра 22 ленгрейфль и др. Наиболее распространенными из них в СССР являются винтовки Геко, Маузер, Вальтер и наша ТОЗ. Наилучшими целевыми спортивными винтовками считают B.S.A., Винчестер модель 52 и тяжелая модель Геко. Спортивное малокалиберное оружие обычно снабжено прицельными приспособлениями—диоптрами, оптич. и другими прицелами, причем чем дороже винтовка, тем сложнее и лучше прицельное приспособление. Малокалиберные спортивные винтовки обладают весьма точным боем на дистанцию до 100 *м* включительно. Пробивное действие малокалиберных свин-



Фиг. 54.



Фиг. 54а.

Табл. 1.—Баллистические данные английских патронов.

Калибры и патроны	Вес пули в *г*	Начальные скорость в *м* в *сек*	Начальные энергия, сила в *кгм*	Высота траектории в *см* при стрельбе на *м* 91,5	183	274,5	366	457,5
280. Росса	9,4	930	413	1,3	5,5	13,5	—	43,2
333. Джеффри	16,25	762	481	1,7	7,7	19	31	59
333. »	19,5	671	447	2,1	9,8	25	48	88
401. »	19,5	792	619	—	7,6	21	46,5	—

Табл. 2.—Баллистические данные американских патронов.

Калибры и патроны	Вес пули в г	Скорость пули в м/сек		Живая сила в кгм		Высота траектории в см при стрельбе на м		
		начальн.	на 91 м	у дула	на 91 м	91	183	274
22. б. о. Лонг-райфль	2.59	335	276	15	11	14	65,7	—
22. Автомат Винчестера	2.91	290	241	11,5	9	15,5	—	—
22. Центр. боя	2,91	470	343	—	—	6,5	34,8	97,3
22. Выс. силы Саведж	4.54	853	748	162	100	1,6	7,0	20.3
250—3 000	5.64	914	810	238	187,5	1,0	6,3	16.0
250—3 000	6.48	814	731	217	175	1,7	7,3	20.8
20—20. Выс. силы Винчестер	5.57	524	426	77,5	51,5	4,8	23,0	62,0
25—20. Обыкн. Винчестер	5.57	421	388	50	32,5	7,3	35,8	104.2
25—35. Винчестер	7,58	683	584	178,5	131	2,4	12,2	32.5
6,5 мм. Манлихер-Шенауэр	9.07	775	692	262,5	221,5	1.8	8,2	23,4
6,5 » » »	10,37	663	593	230	186	2,6	11,6	29.9
275. Магнум-Голланд	11,34	817	732	3,5	307,5	1,6	7,6	19,5
7 мм. Маузер	11.34	701	643	282,5	257,5	—	13,7	27,7
7 » »	9.01	914	846	382	333	1,3	5,6	14,0
300. Магнум-Голланд	14.26	777	700	436,5	352,5	1,7	8,7	21,0
30—30. Винчестер	11.02	616	533	211,5	156	3,3	14,7	38.7
30—30. Винчестер высокой силы	9.75	722	642	256.5	202,5	2,2	10,0	25,4
30. Автомат Ремингтон	10.69	663	578	242,5	181,5	2,6	12 2	31,1
300. Саведж	9,72	823	741	334	278,5	1,6	7,5	18.5
303. Британский обр. VI	13.93	610	552	259	206,5	3,1	14.0	35,6
303. » обр. VII	11,28	750	682	321,5	269	2,0	8,8	21,8
303. Саведж	12,31	594	521	219	154,5	3,2	14.7	38,9
32. Спец. Винчестер высок. силы	7,13	777	—	—	—	—	8,6	22,3
32—20. Винчестер	7.45	393	318	58,5	38	8,2	38,9	102.1
32—40. »	10,69	442	370	106	75,5	5,7	30.5	80.0
8 мм. Манлихер-Шенауэр	15.29	628	563	304	246	2,9	12,9	32,3
351. Автомат Винчестер	11.66	564	473	187,5	132	4,0	19,3	53,3
375. Магнум-Голланд	15.24	817	701	515	337,5	1,8	8.4	22,7
375. » »	17.50	780	682	539,5	412,5	1,9	8,8	23,2
375. Магнум-Голланд	19.44	747	660	550	431,5	1,7	7,3	18,4
38—55. Винчестер 4	16.52	404	346	136	100	7,2	34,4	87,4
401. Автомат Винчестер	12.96	653	525	280,5	181	2,5	16,4	43,2
405. Винчестер	19.44	672	586	445	338,5	2,6	12,1	32,3

цовых пуль довольно большое—на 50 шагов она пробивает железный лист в 3—4 *мм*, дерево на 15 *см*, глину мягкую, утрамбованную—на 12—15 *см*. Опасная дальность полета простирается до 1 000 *м*. Конструктивные данные наиболее распространенных заграничных моделей следующие. 1) B.S.A., модель 12—А, длина ствола 73,7 *см*, длина всей винтовки—111,75 *см*, длина прицельной линии—81,3 *см*, вес всей винтовки 4 *кг* (фиг. 55). Винтовка однозарядная с затвором Мартини и диоптром на шейке, (фиг. 56) Лаймана или Паркера, с микрометрич. установкой. Ствол круглый с 6 очень широкими, довольно пологими нарезами правого вращения. Нормальное рассеивание на 100 *м*—5,2 *см*. Мушка закрытая, двойная, прямоугольная. 2) Винчестер, модель 52, длина ствола 71,1 *см*, длина всей винтовки—116,2 *см*, длина прицельной линии — 77,5 *см*, вес всей винтовки—3,9 *кг*, (фиг. 57 и 58). Винтовка магазинная (магазин на 5 и 10 патронов), затвор скользящий диоптр с микрометрич. винтом установлен на коробке. Ствол круглый с 6 пологими нарезами правого вращения (глубина нарезов 0,63 *мм*). Нормальное рассеивание на 100 *м* не превышает 7,2 *см*, на 200 *м*—16,9 *см*, на 25 *м*—1,4 *см*. Мушка открытая, прямоугольная. 3) Геко, тяжелый, тип образца 1923 года. Длина ствола 65 *см*, длина всей винтовки—115 *см*, длина прицельн й линии при диоптре 80,5 *см*, при открытом прицеле (срединном)—55 *см*. Винтовка однозарядная со скользящим затвором и диоптром с микрометрической установкой (диоптр надвигается на специальный рельс с пазами, установленный сбоку стволь-

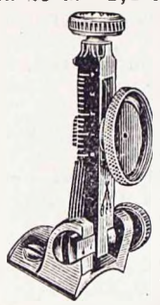
Табл. 3.—Баллистические данные маузеровских пулевых патронов.

Наименование калибра	6.5 К	7	7 S	8 норм.	8 К	8 S	8,15×46	9,0	9,3	10,75
Марка гильзы	457 А	380 L	380 L	366 J	366 L	366 N	455	491 А	474 С	515 А
Вес пули, *г*	7,7	11,2	10	14,7	10,25	10	9,3	16	18,5	22,5
» пороха, *г*	2,15	2,4	3,25	2,5	2,5	3,2	0,8	3	3,5	4,2
Нач. скор., *м/сек*	720	720	835	645	725	875	430	700	715	705
Жив. сила, *кг/м*	203	296	355	312	275	390	90	399	482	570
Траектория в см:										
Для 100 *м*	3,7	3,2	2	4	3,8	2,2	8,8	3,6	2,8	2,9
» 200 »	14	12,8	7,5	14,9	14,5	8,5	41	14,3	12,5	13
» 300 »	36	33,2	18	39,7	38	21	105	37,8	33,8	36,5

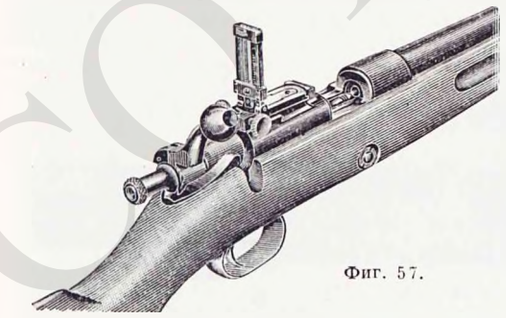
Все эти патроны бутылочной формы кроме 8,15×46 (конической); выступающую закраину имеют: 8 норм. 8 S и 8,15×46.



Фиг. 55.

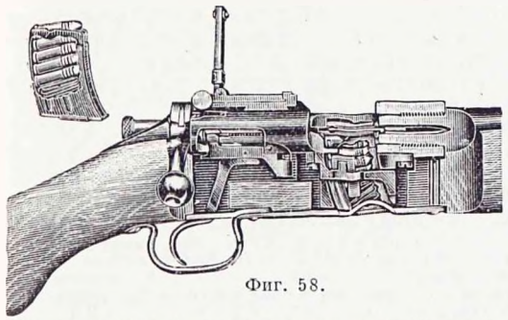


Фиг. 56.



Фиг. 57.

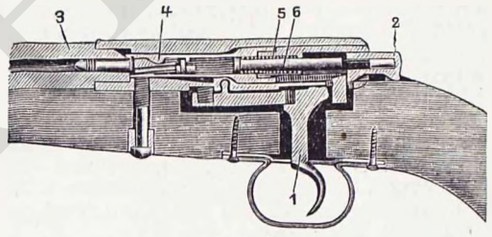
крючок, *2*—головка затвора, *3*—патронник, *4*—экстрактор, *5*—ударник, *6*—пружина ударника. На фиг. 61 разрез 5-зарядного



Фиг. 58.

Маузера, где *1*—магазинная коробка, *2*—пружина магазинной коробки.

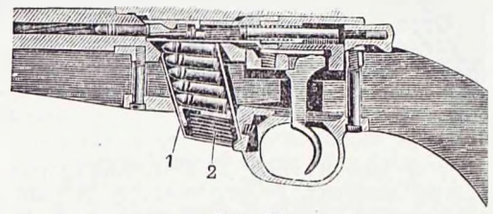
Малокалиберные винтовки по своим конструктивным особенностям подразделяются на 3 группы: специально-целевые—тяжелого веса, с длинным и толстым стволом (до 22 *мм* в дульном срезе) и очень точными прицельными приспособлениями; спортивно-целевые, весом 2,5—3,5 *кг*, со стволом средней длины и толщины (до 16,5 *мм*) и хорошими прицельными приспособлениями; карабины небольшого веса (до 2,25 *кг*) с



Фиг. 60.

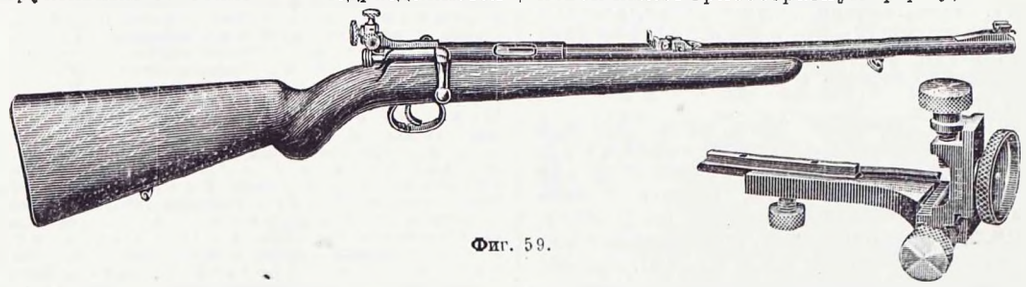
тонким и коротким стволом и простейшими прицельными приспособлениями.

Оружие духовое. Оружие, выбрасывающее снаряд (пульку, дробинку, кисточку) силой сжатого воздуха, нагнетаемого поршнем, действующим при опускании ствола вниз в моделях с откидным стволом и при отводе вниз особой рукоятки—в моделях с неподвижным стволом. Оружие духовое применяется гл. обр. для обучения и для практических занятий в целевой стрельбе. Духовое оружие изготовляется нарезное и гладкоствольное (главн. обр. для стрельбы



Фиг. 61.

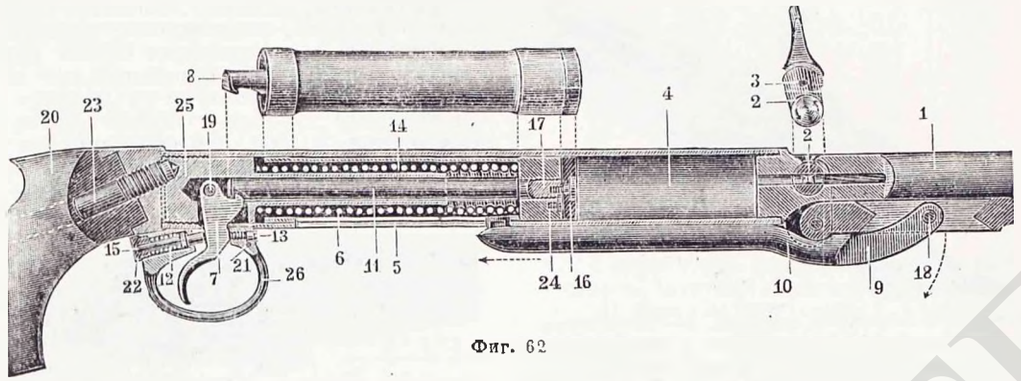
кисточкой—металлич. гвоздиком с волосяной кисточкой на конце). Калибр духового оружия обычно 4,5 *мм* и 5,6 *мм*. Нарезное снабжено 12 очень мелкими нарезами, рассчитанными на полное закупоривание канала ствола пулькой при проходе ее по нарезам. Дальность предельного огня тяжелых нарезных моделей—45 *м*, облегченных—27 *м*; скорость при вылете из дула ~ 165 *м/сек*; пробивное действие пульки в сосновой доске в нескольких *м* от дула до 4,5 *см*—для тяжелых моделей и ок. 3 *см*—для облегченных. Пульки для нарезных духовок имеют грибообразную форму, состоя



Фиг. 59.

из двух опорных окружностей—головки, соответствующей калибру, т. е. диам. по полям нарезов, и задней пустотелой части

с поперечником, равным диам. канала (по дну нарезов), что даст ей возможность врезаться в самую глубину нарезов, предупреждая этим прорыв сжатого воздуха. В гладкоствольных духовых ружьях пулька употребляется без перехвата, но также с пустотой в донной части для наиболее полного закупоривания выталкивающего ее воздуха. При стрельбе гвоздиком роль донной пустоты пульки заменяется волосяной кисточкой, которая закрывает выход воздуху между телом снаряда и стенкой канала ствола. Одной и той же кисточкой при аккуратном вынимании ее из мишени можно пользоваться до 100 раз. Наилучшими считаются английские духовки B. S. A. Тяжелые модели их употребляют даже для охотничьих целей—для стрельбы по кроликам и грачам. Разрез этого ружья изображен на фиг. 62, где *1*—ствол, *2*—затвор с



Фиг. 62

камерой для пульки *3*, *4*—цилиндр (воздушная камера), *5*—поршень, *6*—поршневая пружина, *7*—спусковой крючок, *8*—рычаг для нагнетания пружины и воздуха, к-рый отводят рукой вниз, *9*—передающая часть (колено) нагнетающего рычага, *10*—ось вращения нагнетающего рычага, *11*—поршневая задержка, *12*—пружина спускового крючка, *13*—регулятор спуска, *14*—стержень задержки поршневой трубки, *15*—стержень пружины, управляющей спусковым крючком, *16*—кожаная головка (прокладка) поршня, *17*—винт, закрепляющий кожу поршня, *18*—ось вращения колена нагнетающего рычага, *19*—ось спускового крючка, *20*—приклад (ложа), *21*—задержка регулятора спускового крючка, *22*—головка, задерживающая спусковую пружину, *23*—болт, скрепляющий ложу с металлической частью ружья, *24*—предохранительный винт поршневой головки, *25*—помещение для спускового крючка в колодке, *26*—спусковая скоба.

В виду высокой цены англ. духовок наиболее распространенными являются духовки немецкие «Диана», Гепель и др., не уступающие английским. Наряду с винтовками за границей широко распространены духовые пистолеты, стреляющие только пулькой (калибр 4,5 и 5,6 *мм*), служащие для обучения стрельбе из револьвера. Наилучшей моделью такого пистолета является пистолет англ. фирмы Веблей и Скотт; меткость его в пределах 8 *м*.

Кроме применения охотничьих ружей для разного вида охоты, как промысла и как спорта, надо иметь в виду, что при современном стремлении к военизации всего населения страны, вследствие того, что война теперь является делом не только армии, но и всего населения,—охотничье ружье может иметь и военное применение. Особенно же это относится ко многим видам нарезного О. о., обладающим большой дальнобойностью, меткостью, скорострельностью, наименьшим весом самого ружья и его патрона (заряд и пуля). Такими образцами охотничьих ружей м.б. вооружены бойцы обозов, транспортов и вообще тыловых учреждений, потому что они не решают О. о. каких-либо тактич. задач, а применяют его только для самообороны. Из тыловых частей не м. б. вооружены О. о. части стрелковой охраны путей сообщения, хотя бы и в глубоком тылу, т. к. эти части, обороняя и охраняя целые участки путей сообщения и отдельные объекты (станции, мосты, туннели и пр.), действуют по правилам тактики, т. е. нуждаются в совершенно таком же оружии (ружье, пулемет и пр.), как и прочие войсковые части. Вооружение упомянутых тыловых частей охотничьими ружьями сохранит ружья военного образца для войск, действующих против крупных неприятельских сил на фронте.

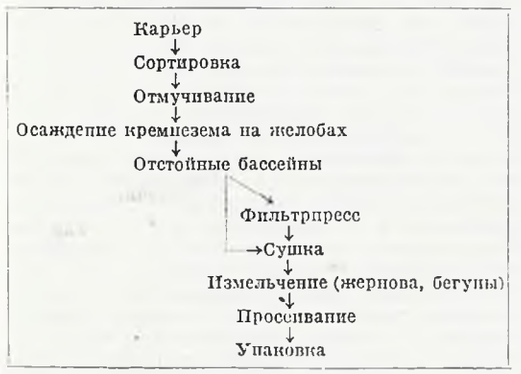
Лит.: Гринер В., Ружье, пер. с англ., Москва, 1887; Ивашенцев А. П., Бой и служба дробового ружья, СПБ, 1910; его же, Усовершенствования последних лет в охотничьем оружии, припасах и снарядах, СПБ, 1906; Гражданский Инженер, Современное дробовое ружье, М., 1913; Ланге П. В., Опыт исследования конструкций охотничьих ружей, Киев, 1909; Бутурлин С. А., Дробовое ружье и стрельба из него, 4 изд., 1930; Ланге П. В., Тройник, его конструкция и применение в условиях русской охоты, Свердловск, 1928; Нетыкса С. А., К теории ружейного дробового ствола и механике дробового выстрела, П., 1916; Лейдекер С. К., Дробовое оружие, Тула, 1902; Ивашенцев А. П., Охота и спорт, СПБ, 1906; Булыгин И., Стрелковый спорт, ч. 1—2, М., 1927; Цитович В., Стрелковый спорт, Москва, 1930; Дейнерт Б., Искусство стрельбы дробью, пер. с нем., 11 изд., М., 1930; Зернов А. А. и Крейцер Б., Стрельба дробью охотничья и спортивная, М., 1930; Зернов А. А., Как научиться хорошо стрелять на охоте, М., 1931; Генерозов В. Я., Учись стрелять, Теория и практика стрельбы дробью и пулей, М., 1928; Бутурлин С. А., Уход за ружьем дробовым и нарезным, М., 1930; Сатинский В. Н., Охотничье оружие и огнеприпасы, М., 1926; Schmuderer-Maretsch M., Jagd- u. Sport-Waffenkunde, B., 1928; Schmuderer-Maretsch M., Die Lehre v. Schuss, B., 1928; Preuss A., Jagdwaffen, Neudamm, 1922; Preuss A., Lehrb. d. Flintenschiessens, Neudamm, 1928; Townsend B., The Complete Air Gunner, L.—N. Y., 1907. **В. Сатинский.**

ОХРЫ, железные краски, природные минеральные краски, встречающиеся в различных отложениях осадочных пород в виде пластов, карманов, линз, жил или пропласток и т. п. Нередко О. являются продуктами разрушения богатых железом пород. Подобно всем вообще минеральным краскам, О. являются рудой или землистым веществом, состоящим гл. образом из глин, богатых окисями: Fe_2O_3, MnO_2 и гидратами окисей $Fe(OH)_3$, $Mn(OH)_2$. В технике все желтые железные краски называются О., а красные — мумиями и суриками (см. *Глина* и *Железный сурик*). Железные краски, содержащие от 15% и выше Fe_2O_3, называют желтыми охрами; если содержание Fe_2O_3 ниже 15%, их называют желтыми глинами; при содержании Fe_2O_3 от 20 до 40% охры называют красными мумиями и, наоборот, если содержание Fe_2O_3 не превышает 18%, их называют красными глинами. Глинистые же породы, обогащенные окисью железа до 70% и выше, известны под названием природных суриков. Т. о. под термином О. понимают не только собственно О., но и богатые железом разновидности ее. К О. близки по составу сиена и *умбра* (см.). Наощупь О. представляют собою б. или м. мягкую массу; тв. их 1,5—2. Уд. в. 2—3,5. Цвет от золотистожелтого до красно-коричневого. О. легко крошатся пальцами, образуя тонкий, мягкий и жирноватый порошок. Если О. сильно прилипает к языку и с небольшим количеством воды образует пластич. тесто (что указывает на значит. содержание окислов железа), то она пригодна для приготовления хорошей краски.

Химич. состав О. весьма непостоянен; в них входят в различных соотношениях глины и гидраты окиси железа (алюмо- и м. б. феррокремневые к-ты, а также содержатся известь, магнезия, марганец, фосфор, сера и др.). Характер цвета охры не находится в прямой зависимости от количества окиси железа, но зависит и от степени дисперсности частиц красящего пигмента в краске. О. не растворяются в воде; отчасти они растворимы в к-тах и щелочах. Перед паяльной трубкой О. чернеют и становятся магнитными. О. тем ценнее, чем больше в них окисей железа и чем меньше примесей.

Переработка О. происходит по следующей схеме (наиболее простой).

Схема простейшей обработки О.



Иногда О. встречаются настолько чистыми от примесей, что могут итти в дело без обработки. Большей же частью требуется основательная переработка. Сырой материал тщательно сортируется по породам и подбирается в куски одинаковой окраски; зачастую добытый материал промывается, затем высушивается (в пламенных печах, а иногда естественной сушкой). Высушенные О. измельчаются на шаровых мельницах, жерновах, бегунах; затем просеиваются через механич. сита. Чтобы очистить О. от примесей песка, их подвергают отмучиванию: чтобы удалить органич. вещества, О. обжигают. Если прокаливать (в закрытых барабанах) желтую О., то получится красная О. При этом при 100 — 250° цвет О. темнеет и становится желто-коричневым; при 230 — 250° цвет внезапно становится красным (с небольшой примесью желтых частей); при 700 — 950° получается пурпурно-красный цвет. При 1 000 и 1 100° получается черная окраска магнитного железняка. Свыше 1 100° масса расплавляется. Краски, изготовляемые из О., отличаются разнообразием оттенков в сухих порошках. При растирании их на олифе окраска темнеет. Из охры приготовляют следующие желтые краски: французскую, амбергскую, золотистую, китайскую, атласную. Красные краски из О. называются: восточная, венецианская, анверская, нюрнбергская, индийская мумия и болюс. Применяются эти краски чрезвычайно широко в самых разнообразных отраслях промышленности благодаря их дешевизне, стойкости по отношению к атмосферным влияниям, хорошей кроющей и красящей способности. Тонкие сорта этих красок идут для живописи, фотографии, окраски стекла, фарфора, дерева, тканей, обоев, клеенки и т. д. Грубые сорта употребляются для покраски товарных вагонов, крыш, стен и т. п. В торговле желтые О. часто фальсифицируют подкраской желтыми анилиновыми красками или подмесью кронов. Примеси узнают настаиванием пробы краски на спирту (анилиновые краски) и пропусканием через раствор краски сероводорода. При технической приемке О. к ним предъявляют следующие требования: О. должна состоять из глины и окислов железа (не менее 12%); солей кальция (в пересчете на окись кальция)— не более 2%; влаги—не более 3%; потери при прокаливании—не более 10%; реакция нейтральная.

По величине экспорта О. на первом месте стоит Франция, ежегодно добывающая ок. 40 000 *т* желтой О. и вывозящая ее почти во все страны. Германия сама добывает немного охры и гл. обр. ввозит ее из Франции и Италии. Англия добывает О. ок. 10 000 *т* ежегодно. В США ежегодно добывается от 20 000 до 25 000 *т* О. Кроме того крупная добыча О. ведется в Канаде и Индии. В СССР насчитывается ок. 400 месторождений О. и красильных глин (по М. И. Добрыниной). Особого внимания заслуживает Ленинградский район, обладающий исключительно богатыми разнообразными и высокосортными месторождениями О. близ деревни Паньковой (по реке Андоме — район Вытегорский); затем по рр. Вытегре, Нозручью,

Тагожме, Оште и Леме, на Патровой горе и др. Есть месторождения по берегам оз. Ильменя; в районах Вологодском (Устьсысольск), Тверском (Старица), Тульском (богатые месторождения — ст. Кураково), Калужском (на берегу Оки), Воронежском (Журавка), Саратовском (с. Песчанка). В районах Одессы, Киева, Полтавы, Каменец-Подольска насчитывается ряд месторождений охры. Район Кривого Рога особенно богат месторождениями железных красок; здесь добываются нежные железистые глины различных оттенков, по качеству не уступающие высокосортным французским О. Запасы Кривого Рога настолько велики, что могут покрыть не только потребность всего нашего юга, но и служить предметом экспорта. В Крыму, на Кавказе, на Урале (у горы Благодать, у Илимской дачи) встречаются большие запасы О. Встречаются О. в Казакской АССР (Акмолинский, Семипалатинский, Семиреченский и Сырдарьинский районы); затем в Сибири, в Алтайском районе (ок. 30 рудников), на Енисее (Мариинский рудник), в Забайкалье (на левом берегу р. Куды, в районе Гусиного озера, Кяхтинский аймак) исключительно богатые месторождения. Очень богатые месторождения О. встречаются в Амурской области. Использование богатых залежей О. СССР до сих пор еще стоит на низком, почти кустарном, уровне развития.

Красочные фабрики вырабатывают искусственную зеленую О. обработкой чистой О. соляной к-той, желтой кровяной солью и железным купоросом. Эта краска красивого цвета, но непрочная вследствие содержания в ней берлинской лазури; под влиянием щелочей распадается. Голубой охрой называется краска, получаемая измельчением и отмучиванием минерала *вивианита* (см.).

Лит.: ОСТ 229; Копради В. А., Охры и другие железные краски, Годовой обзор минер. ресурсов СССР за 1926/27 г., Л., 1928 (имеется литература); Климов Б. К., Краски минеральные (природные), «НИ», 1927, т. 2 (имеется лит.); Федоровский Н. М., Минералы в промышленности и в с. х-ве, 2 изд., Л., 1927. **Н. Федоровский.**

ОЧЕС, см. *Льнопрядение* и *Угары* прядильного производства.

ОЧИСТКА ГОРОДОВ и населенных мест, включает операции, имеющие целью уборку и ликвидацию (с обезвреживанием) всякого рода твердых отбросов, являющихся следствием оседлой жизни, а также снега, накопляющегося на улицах, площадях, рынках, в скверах и других местах общественного пользования. Под твердыми уличными отбросами понимаются: 1) весной, летом и осенью—грязь, образующаяся после таяния снега, смет с проездов и тротуаров и пыль, образующаяся от движения по ним, грязь, образующаяся от смешения атмосферных осадков с пылью; 2) зимой—снег, лед, скол; 3) трупы павших животных; 4) домовые хозяйственные и торгово-промышленные отбросы (см. *Мусор*). К операциям по ликвидации твердых отбросов относятся: а) подметание смета, сбор и вывоз его на свалку; б) борьба с пылью—поливка или покрытие проездов особым составом, связывающим пыль; в) мойка мостовых и тротуаров; г) уборка и вывоз снега; д) снеготаяние; е) борьба с гололедицей; ж) уборка трупов павших животных.

Улицы и тротуары должны содержаться всегда в таком состоянии, чтобы движение по ним экипажей и пешеходов совершалось беспрепятственно и без несчастных случаев. Даже при хорошем содержании улиц могут возникнуть препятствия движению моторных экипажей, лошадей и людей в случае снегопада или при смешении с атмосферными осадками незначительных скоплений смета, образующего скользкую грязь; то же самое происходит при гололедице. Пыль, развеваемая ветром, иногда образует такие тучи, что совершенно застилает путь вожатому и ведет к столкновениям; население дышит этой пылью, пыль садится на слизистую оболочку глаз, носа и рта, что ведет к различным болезням не только в смысле местного заболевания слизистых оболочек, но и к эпидемическим, т. к. в пыли содержится большое количество различных бактерий (до 10 млн. на 1 *см*³), обладающих долговременной жизнеспособностью и опасных для здоровья населения в течение продолжительного времени. Испарения, выделяющиеся с поверхности мостовых, не менее вредны. Поэтому принятие необходимых мер в целях локализации причин распространения инфекционных болезней должно составлять одну из главнейших задач по О. г.

Состав и количество смета. Уличный смет состоит из мелких минеральных частиц пыли, образующейся от износа верхнего покрытия мостовых; к этой пыли примешивается еще песок, служащий основанием для булыжных и других мостовых, и конский навоз, превращающийся также в пыль под действием копыт лошадей и колес. В смете могут содержаться также крупные предметы, как то: бумага, камни, окурки, коробки, стекло, тряпки, кости, солома, щепа и др. Рыночный смет содержит главным обр. остатки рыночных товаров, пищевых продуктов, упаковочного материала. Смет с аллей, бульваров, скверов содержит землю, песок, а осенью—опавший с деревьев лист. Состав смета не всегда одинаков; он подвержен большим колебаниям и зависит от рода верхнего покрытия, рода тяги, интенсивности движения, погоды и времени года. Если мостовая выполнена из гранитной брусчатки с залитыми швами или же, если она совершенно ровная, без швов (асфальтовая), то и пыль, получаемая от износа верхнего покрытия, минимальна, и смет состоит из конского навоза и из крупных случайных предметов. При отсутствии конной тяги и при усовершенствованных мостовых смет состоит исключительно из крупных предметов, с очень небольшим содержанием пыли. В ветреную погоду смет легко развевается и разносится всюду, в сырую погоду пыль превращается в тестообразную массу — грязь. При сильном дожде и при соответствующем уклоне продольного профиля улиц почти весь смет, за исключением крупных и тяжелых частей, смывается потоком воды, стекает по лоткам в водосточные трубы и направляется в ближайшие водоемы, крупные же и тяжелые части остаются на по-

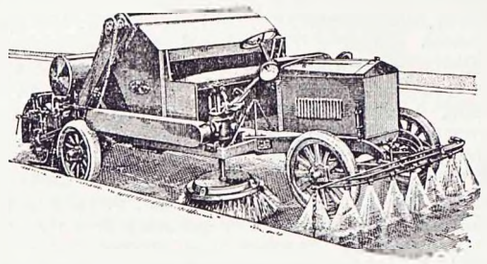
верхности мостовых. Зимой, когда мостовые покрыты долгое время снегом, конский навоз, крупные предметы и всякая другая грязь смешиваются со снегом, лежащим большим слоем на мостовых, если он не убирается своевременно; весной после таяния снега твердые отбросы накапливаются в большом количестве на мостовых и требуют специальных транспортных средств для вывоза. Отсутствие верхнего покрытия улиц ведет к интенсивному впитыванию почвой всех нечистот и загрязнению как почвы, так и почвенных вод и к большому накоплению смета, состоящего гл. обр. из земли. Уд. вес сухого смета с брусчатых и асфальтовых мостовых по произведенным в Германии исследованиям колеблется в пределах 0,54—0,59, а мокрого—0,56—0,89. При плохом состоянии мостовых удельн. в. смета в сухом виде вследствие обилия песка доходит до 1,00 и в мокром виде до 1,30. Количество смета так же, как и состав, подвержены большим колебаниям в зависимости от вышеуказанных факторов и кроме того от состояния мостовых и от плотности населения: чем легче породы верхнего покрытия мостовых и чем легче эти породы подвергаются износу, тем больше получается пыли: при преобладании конного транспорта количество смета больше. Существенным фактором, который влияет на количество смета, является интенсивность движения: при очень интенсивном движении больше портится верхнее покрытие, а если преобладает конная тяга, то получается больше животных отбросов в виде навоза. По временам года и в зависимости от погоды количество смета меняется след. обр.: весной после таяния снега и осенью после ремонта мостовых смета накапливается в 2—3 раза больше обычного. Накопление смета например для гор. Дрездена достигает максимума в октябре—0,064 *л* на 1 *м*² и минимума в мае—0,007 *л* на 1 *м*², т. е. в 9 раз меньше. Большое накопление в октябре объясняется листопадом. Зимой в северных городах, когда улицы бывают покрыты снегом, смет совершенно отсутствует. Плохое состояние мостовых является причиной большого накопления смета. Чем крупнее город, тем смета больше: в зависимости от численности населения количество смета возрастает от 15 до 35 *л* на 1 *м*² замощения. По исследованиям, произведенным Фогелем над сметом различных з.-европ. и америк. городов, количество его на 1 жит. в год колеблется в пределах 0,05—0,47 *м*³: для нем. городов оно не превышает 0,18 *м*³ (Бремен, Берлин), а минимум составляет 0,05 *м*³ (Франкфурт-на-Майне); в других городах—Гаага 0,30 *м*³, Амстердам 0,33 *м*³, Копенгаген 0,06 *м*³, Лондон 0,15 *м*³, Брюссель 0,33 *м*³, Париж 0,40 *м*³, Филадельфия 0,42 *м*³, Рим 0,43 *м*³, Вена 0,47 *м*³. В среднем по исследованиям Спиноллы можно считать 0,15 *м*³ на 1 чв-г. По американским данным на одного жителя приходится в год: при мощеных дорогах—от 0,154 до 0,300 *м*³; при грунтовых дорогах 0,774 *м*³. В Москве в течение ряда лет получалась цифра 15 *л* на 1 *м*² в год, что при переводе на 1 чел. при 2 млн. населения и при 11 млн. *м*² замощений дает 82,5 *л* в год.

Способы очистки и уборки, а также применяемые в связи с этим орудия производства и приспособления весьма разнообразны и обусловливаются состоянием мостовых, родом их покрытия, погодой, временем года и интенсивностью движения; сюда относятся: подметание вручную или машиной; поливка ручная или машинная; мойка резиновыми вальцами, ручными щетками, движками; сгребание снега вручную, движками или машинными плугами; устранение гололедицы и др. Уборочные машины, равно как и машины для вывоза смета и снега, приводятся в движение вручную, конной, автомобильной и электромобильной тягой. По мере развития усовершенствованных мостовых техника в деле машинной очистки и уборки сделала большие успехи, и в последнее время за границей появились автомашины различных конструкций, сочетающие в себе несколько операций уборки (подметание, поливка, мойка), с автоматич. забиранием в кузов и с доведением ручной работы до минимума. Однако несмотря на усовершенствования последнего времени в большинстве городов до сих пор преобладает еще ручная очистка, имеющая некоторые преимущества для уборки мостовых, не усовершенствованных и в особенности находящихся в плохом состоянии. Ручная очистка незаменима для песчаных пешеходных дорожек, щебеночных шоссе и неровных мостовых; к ней прибегают также в дождливую погоду и при снеге. Орудием производства ручной очистки являются: метла, лопата, совок, лейка, движки, тачки. Чем интенсивнее движение, тем подметание необходимо производить чаще (по нескольку раз в день), причем основательное подметание производится в ночное время, когда ослабевает движение. Подметание необходимо производить после предварительной поливки мостовых и тротуаров, чтобы избежать образования пыли во время работы. На основании практики нем. городов время, необходимое для ручного подметания проезжей части, исчисляется в 37—67 минут на 1 000 *м*² мостовых, при этом последняя цифра относится к интенсивности 100, т. е. когда через 1 *п. м* ширины проезжей части проходит в течение дня 100 экипажей; меньший предел (37 минут) относится к интенсивности 25 (каждые 25 экипажей, проходящих через 1 *п. м* проезда, составляют категорию интенсивности; т. о. интенсивность 100 относится к 4-й категории). Машинная очистка применяется (вследствие быстроты и экономичности ее работы) на улицах больших городов с оживленным движением и преимущественно на проездах, покрытых усовершенствованными мостовыми. Она возможна и на неусовершенствованных мостовых, но при этом трудно достигнуть основательной очистки из-за неровностей, и поэтому после машинной очистки приходится прибегать еще к ручной.

Комбинированные универсальные машины исполняют одновременно подметание, поливку и уборку смета. К машинам предъявляются следующие требования: 1) легкий рессорный ход и по возможности бесшумная работа; 2) устойчивая целесообразная

конструкция с предохранением движущихся частей от проникновения пыли; 3) минимальная изнашиваемость движущихся частей; 4) малый расход энергии при передвижении; 5) возможность сметания в любую сторону; 6) легкость и простота управления; 7) возможность поворота на минимальном радиусе; 8) регулировка работы с одного места вожатым; 9) возможность приспособления машины к другой работе в сезоны, когда она вынуждена стоять из-за отсутствия работы. Подметальные, поливочные, моечные и снегоочистительные машины передвигаются в редких случаях вручную, большею же частью конной тягой, а в последнее время стали переходить на автомобильную и электромобильную тягу. Выбор рода тяги в зависимости от местных условий преследует гл. образом экономич. цели. Местные условия, влияющие на экономичность работы, следующие: размеры уличной сети. ширина проездов, направление их и уклоны, цена на рабочие руки и стоимость содержания лошадей по сравнению со стоимостью содержания автомашины и электромобилей. Для подметания тротуаров и небольших площадей за границей применяются небольшие ручные подметальные машины, напр. сист. «Лютокар», рассчитанные на 1—2 рабочих и подметающие полосу в 0,75 *м*; производительность их равна 2 000—2 500 *м*² в час, что при ручном подметании требует 4—5 рабочих. Диаметр щетки, сделанной из травы «пиассава», равен 370 *мм*; вес машины 300 *кг*. Одноконная подметальная машина, например системы «Карданус», весом 610 *кг*, с поливочным приспособлением, с бочкой для воды емкостью в 250—300 *л*, рассчитана на подметание полосы шириной 190 *см*. Современные наиболее усовершенствованные подметально-поливочные машины с автомобильной тягой иногда работают целыми поездами, состоящими из 2—3 агрегатов, прицепленных друг к другу т. о., что одновременно подметается половина ширины улицы, а при обратном ходе вторая половина, если ширина проезда не превышает 12 *м*. Узкие улицы шириной до 6 *м* можно подметать в один прием. Цилиндрич. щетки из травы «пиассава» или бамбука установлены под углом 38° к направлению движения и вращаются в сторону, противоположную направлению движения. Смет складывается к лотку вправо, в виде ленты. В поливочных машинах, снабженных компрессорами, можно довести ширину поливки до 25 *м*. Емкость цистерн для воды доводится до 5 000 *л*. Комбинированные подметально-поливочные машины снабжаются еще съемными снежными плугами и при съемных щетках и цистернах м. б. превращены в снегоочистители, постановкой на шасси кузова для снега. Там, где зима непродолжительна и снег лежит недолго на мостовой, такие машины могут работать без перестановки приспособлений.

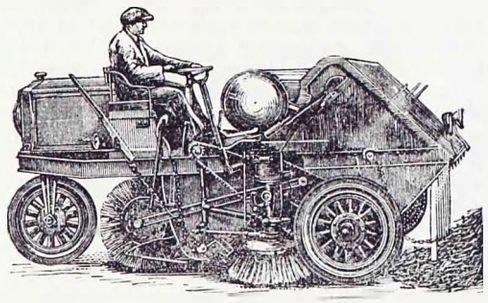
Новейший тип чистильной машины с автоматич. забором смета сист. «Остин» показан на фиг. 1; конструкция 4-колесная. Помимо главной щетки, подметающей поверхность мостовой, имеется боковая щетка для сметания смета с лотков. Эта последняя включается и выключается самостоятельно. Сметанию предшествует поливка, устраняющая образование пыли. Наклонный элеватор, который подает смет в ящик, состоит из резиновых пластин, привинченных к полосам из углового железа. Ящик для смета, емкостью в 1,5 *м*³, опоражнивается через отверстие, имеющееся на дне ящика, а через отверстие в крышке ящика вожатый следит за его наполнением. Подметаемая поверхность освещается электричеством. Движение машины производится



Фиг. 1.

29-сильным бензиновым мотором. Передачи—для боковой щетки, элеватора, насоса разбрызгивателя — отдельные для каждого механизма, заключены в кожух с маслом; передачи автоматически выключаются, когда машине дается задний ход. Все рычаги от механизмов расположены у вожатого под руками. Имеются 2 ручных тормоза, из которых один запасной. Элеватор снабжен предохранителем, задерживающим всякий крупный предмет от попадания в элеватор или в промежуток между элеватором и задней главной щеткой. В таких случаях вожатый поднятием щита на задней щетке удаляет попавший предмет при помощи особого крюка и затем ставит в прежнее положение предохранитель. При наполнении ящика вожатый действием на рычаг опоражнивает ящик, после чего дается задний ход машине, к-рая, обходя кучу смета, продолжает работу. Необходимо обратить особое внимание на правильную установку главной щетки, т. к. от степени нажатия пружин. прижимающих ее к поверхности мостовой, зависит успешность работы; при сильном нажатии щетка изнашивается быстрее, и подметание производится хуже; щетку перевертывают каждый день. Резервуар для воды, емкостью в 900 *л* (200 галлонов), снабжен двойным фильтром для предохранения от попадания пыли и грязи; вода подается насосом в разбрызгиватель под давлением (обычно 3 *atm*); разбрызгиватель снабжен 8 соплами, отвинчиваемыми для прочистки. Бак для горючего вмещает 900 *л*. Щетки имеют 2 рабочих скорости—4 и 6 миль в час. Такую же скорость имеет и боковая щетка.

На фиг. 2 изображена подметальная машина системы «Eglin» с автоматич. забором сметенного мусора в кузов машины во время подметания; конструкция 3-колесная, позволяющая развернуться на небольшой площади диам. в 7 *м*; 2 передних колеса—приводные, 3-е колесо расположено сзади. Рама шасси выдвинута вперед и поддерживает кузов для смета, собираемого с мостовой резиновой транспортной лентой. За кузовом расположена цистерна, в которой постоянно поддерживается необходимое давление воздушным 2-цилиндровым компрессором; вода разбрызгивается по подметаемой поверхности при помощи 5 дюз, расположенных перед кузовом, и 1 дюзы, расположенной справа, для лотка. За цистерной расположено сиденье для вожатого, к к-рому подведены все рычаги как от механизмов самого движения машины, так и от механизмов подметания, поливки, опоражнивания кузова от смета, закрывания его клапаном и др.; т. о. вожатый управляет машиной, не слезая с сиденья. Привод для всех механизмов расположен с левой стороны вожатого в особом ящике, так что самая ответственная часть всего управления находится под постоянным контролем вожатого. За сиденьем вожатого над задним колесом смонтирован 42-сильный бензиновый двигатель, огражденный специальным фильтром от пыли, поднимающейся при подметании. С правой стороны вожатого имеются рычаги для управления как главной щеткой, вращающейся на горизонтальном валу и расположенной под машиной сзади, так и щеткой для лотков, расположенной сбоку с правой стороны и вращающейся на вертикальной оси; передача к щетке лотка—карданная. Главная щетка, диам. 910 *мм*, расположенная под прямым углом к направлению движения и подметающая мостовую, подает смет по транспортной ленте в кузов. Боковой щеткой, диам. 650 *мм*, смет сметается с лотка и также подается в кузов. Во избежание повреждения приводного механизма транспортной ленты при переполнении кузовов колесо цепной передачи на верхнем валу ленты закреплено деревянной шпонкой, к-рая при переполнении ломается и тем самым прекращает дальнейшую по-



Фиг. 2.

дачу смета в кузов. Машина снабжена ручным и ножным тормозом. Подметаемая поверхность освещается двумя электрич. фонарями, расположенными впереди над кузовом и получающими ток от находящейся под сиденьем аккумуляторной батареи; батарея заряжается динамомашиной, приводимой в движение бензиновым мотором во время движения подметальной машины. Фонари являются существенной принадлежностью машины, т. к. в крупных городах в виду большой интенсивности движения приходится работать большей частью в ночное время. Размеры машины: длина 4 775 *мм*, высота 1 960 *мм*; ширина подметания равна 3 050 *мм*, наименьший радиус поворота 2 *м*, производительность машины в 8 часов 143 000 *м*². Расход бензина в 8 часов 38 *л*, масла 1,9 *л*. Срок службы щеток—от 12 до 14 дней при 8 ч. работы. Для замены щетки требуется 10 час.; расход травы «пиассава» для щеток 55 *кг*; срок службы боковой щетки 20 дней при 8 ч. работы. Вес машины без воды—5 100 *кг*; скорость при холостом ходе 15 *км/ч*; при подметании 6,5—10 *км/ч*. Емкость: кузова 2,1 *м*³, цистерны 760 *л*; бака для бензина 68 *л*.

Подметальные машины очищают в 8 ч. при автомобильной тяге 115 тыс. *м*². Поливочные машины поливают за то же время 400 тысяч *м*². Поезд составлен из двух электромобильных подметальных машин с одной автомобильной комбинированной универсальной машиной и очищает в час до 32 тыс. *м*². По данным герм. практики при конной тяге подметальная машина без самонаклада очищает в 8 ч. 40 тыс. *м*². Главный расход по содержанию подметальных машин приходится на щетки, причем срок их службы зависит от рода верхнего покрытия проездов: чем глаже поверхность мостовой, тем срок службы дольше. Примерные нормы стоимости очистки установить трудно; они зависят от многих факторов, как то: интенсивность движения, род верхнего покрытия мостовой, время работы (днем или ночью), погода, размер заработной платы, род тяги и другие условия.

Уборка и вывоз смета. Там, где нет подметальных машин-самонакладов (они вводятся только в последние годы), смет, сметенный машинами к лоткам, собирают и тележками свозят в определенные места хранения до вывоза; смет хранится кучами или в ящиках надземных и подземных различных конструкций, деревянных или металлических, рассчитанных на 1—2-дневное накопление с определенной площади мостовых; емкость металлич. ящиков — от 100 до 200 *л*. Оставление куч смета на улицах в санитарном отношении недопустимо. Из ящиков наиболее целесообразны и в санитарном отношении приемлемы: 1) металлич. подземные с откидным дном, приспособленные для разгрузки их кранами, установленными на платформе перевозочных средств; 2) надземные, емкостью от 100 до 200 *л*, вывозимые вместе со сметом; погрузка происходит беспыльно. Вывоз смета на свалки производится конной или автомобильной тягой, перевозочными средствами, снабженными кузовами, емкостью, соответствующей силе тяги. Во избежание стеснения движения вывозка смета б. ч. производится в ночное время. Стоимость вывоза смета в зависимости от расстояния и от рода тяги колеблется в больших пределах. При очень больших расстояниях экономнее перегрузка на ж.-д. платформы. В проездах с небольшим движением или в населенных местах с небольшим числом жителей подметание производится средствами домовладений, причем смет смешивают с домовыми отбросами и вывозят вместе с ними.

Утилизация и обезвреживание. Уличный смет в городах, где пре-

обладает конная тяга, представляет хорошее удобрение. По данным проф. Бюзинга в нем содержится 0,48% азота, 0,43% фосфорной к-ты, 0,37% калия и 1,98% извести. По америк. данным во влажном смете содержится 0,21—1,00% азота, 0,08—0,95% фосфорной кислоты и 0,09—0,86% калия. Уличный смет при небольших расстояниях отвозки может иметь сбыт в течение круглого года для с.-х. целей. В больших городах смет может иметь сбыт в определенные времена года, а иногда вследствие дальности расстояний может оставаться совершенно неиспользованным. Тогда выгоднее его компостировать, т. к. этим достигается повышение его качества и уменьшение объема, что в свою очередь уменьшает расходы по вывозу его. Если компостирование связано с большими расходами при высоких ценах на рабочие руки, то смет вывозят на свалки, к-рые д. б. отдалены в достаточной степени от жилья. Остается еще способ обезвреживания—сожигание. В этом случае смет собирают и вывозят вместе с домовыми отбросами, за исключением тех месяцев, когда вследствие большой влажности (весной и осенью) он не м. б. сожжен и вывозится в этом случае на свалки. При наличии сортировочных станций при мусоросжигательных станциях смет отсеивают и как удобрение направляют на поля (Париж). Во всяком случае способ утилизации и обезвреживания в каждом отдельном случае подсказывается местными условиями.

Борьба с пылью. Уменьшение количества пыли м. б. достигнуто сооружением мостовых из материалов твердых и мало истираемых и путем немедленного удаления пыли тотчас после ее образования. Последнее не всегда бывает возможно, когда этому препятствуют интенсивное движение и большие расходы, связанные с частым подметанием. Наиболее рациональными мерами являются поливка водой или покрытие особым составом, связывающим пыль в момент ее образования или недопускающим ее образования. Поливка водой—самое дешевое средство, к-рое применяется для всякого вида замощения; в жаркие летние дни она действует освежающе и в засушливое время поддерживает торцовые и асфальтовые мостовые в хорошем состоянии. Но действие поливки кратковременно, и частое увлажнение пыли способствует в теплую погоду развитию бактерий. Способы поливки: ручная—из лейки или из рукава от водопровода, при помощи поливочных бочек и цистерн, передвигаемых вручную или лошадьми, или механич. тягой (автомобильной, электромобильной). Первый способ применяется на улицах с малым движением, где поливка производится домоуправлениями; последний способ—в больших городах на проездах с большой интенсивностью движения; здесь применяются цистерны большой емкости, с длиной боковых струй, захватывающих всю ширину мостовой в один проезд. Такие цистерны снабжаются насосами для получения необходимого давления. Поливочные цистерны высокого давления, снабженные рукавами, применяются также и для тушения пожаров. В городах, где вследствие долговременной зимы поливочный инвентарь с автомобильной и электрич. тягой обречен на простой, шасси машины конструируется т. о., чтобы была возможность снять цистерну и вместо нее смонтировать кузов. Стоимость поливки по данным герм. городов находится в прямой зависимости от частоты поливки. Чаще всего поливаются мостовые, шоссированные щебнем; расход воды составляет в этом случае 0,4—0,7 *л* на 1 *м*² за один раз поливки; на цементмакадамные дороги расходуется воды 0,2—0,5 *л* на 1 *м*² за один раз поливки; среднее место занимают торцовые и брусчатые мостовые, на которые расходуется воды 0,3—0,6 *л* на 1 *м*² за один раз поливки.

Более дорогой способ борьбы с пылью—заливка мостовых связывающими пыль средствами. Этим способом достигается экономия в рабочей силе и в инвентаре. Средства, связывающие пыль, делятся на две группы: 1) масла, жиры, смолы, битумы и разные патентованные средства; 2) вещества, содержащие гигроскопич. соли. Средства первой группы связывают мелкие и легкие частицы в более крупные и тяжелые и тем препятствуют развеиванию пыли ветром и способствуют большему прилипанию ее к мостовой. Эти средства впервые были применены в Америке, когда приобретаемую по низкой цене нефть разливали на улицах, но вследствие распространяемого нефтью тяжелого запаха от этого средства вскоре должны были отказаться. В Германии и Австрии применяются для этой цели битуминозные массы, растворенные в воде, и другие патентованные средства, как «Вештрумит», «Ардональ», «Хуаголь», «Импрегноль» и другие. С 1926 года наибольшее распространение получило в Австрии средство «Импрегноль», дающее хорошие результаты; оно состоит примерно из 7,2% асфальта, 1,4% парафина, 31,1% битума, и покрытие им обходится в два раза дешевле, чем покрытие смолистыми веществами; покрытия хватает на 1 год. Мостовая, покрытая «Импрегнолем», представляет поверхность эластичную, мало изнашиваемую, совершенно несмываемую дождем; так же, как и смоляная эмульсия, «Импрегноль» не растворяется в воде и не оказывает вредного влияния ни на резиновые шины ни на копыта лошадей. Наносится «Импрегноль» на 1 *м*²: при первом импрегнировании 1—1,5 *кг*, при повторном 0,5—0,8 *кг*. Покрытие «Вештрумитом» улиц Дрездена обходилось в 2,5 раза дороже поливки. Средства второй группы связывают пыль при помощи воды, а гигроскопич. соли способствуют удержанию влаги и даже всасыванию влаги из воздуха. Эти средства представляют собой щелочь с содержанием ок. $^1/_3$ хлормагнезии и являются отбросом калийного производства, не представляющим никакой ценности; применяются в виде 30—50%-ного раствора для шоссированных из мелкого камня мостовых; при умелой обработке они годятся также и для булыжной мостовой. Наносятся они в количестве 0,15—0,25 *л* на 1 *м*², преимущественно в утренние и вечерние часы после предварительной очистки мостовой от грязи и пыли, а также некоторого увлажнения.

Мойка. Очистка улиц при помощи подметальных и поливочных машин не является с гигиенич. точки зрения идеальным разрешением задачи; на мостовых, выложенных из отдельных камней со швами между ними, трудно достигнуть совершенной очистки, т. к. в швах застревает грязь, к-рую щетки подметальной машины не извлекают полностью. Идеальная очистка достигается на бесшовных мостовых (деревянных, торцовых, асфальтовых) мойкой их при помощи специальных машин, снабженных резиновыми вальцами с винтообразными гребнями. Такая же очистка достигается и на мостовых из гранитной брусчатки, только при условии, если швы залиты на половину толщины покрытия литым асфальтом; на таких мостовых достигается минимальное пылеобразование. Мойка производится в утренние часы, чтобы к началу усиленного движения мостовые могли высохнуть. Если приходится мыть улицы во время большого движения, то моечные машины снабжают сушителями, пристроенными впереди моечных вальцов. Наиболее распространенными в настоящее время являются электромобильные моечные машины, снабженные цистерной для воды, емкостью 2 500 *л*, с шириной вальцов 2 *м* и производительностью в 8-час. рабочий день 45—52 тыс. *м*² мостовых. Батарея состоит из 40 элементов, установленных в 2 ящиках перед сидением вожатого; емкость батареи 145—244 Ah, рассчитанная на 10 ч. работы. Машина имеет 5 скоростей (3-я и 4-я скорости—рабочие—в 5—6,5 *км/час*, для холостого хода 5-я скорость—в 12 *км*) и электрич. и механич. тормоза. Для смывания приставшей к мостовой грязи и уноса ее водой необходимо большое давление, достигаемое специальным оборудованием, позволяющим регулировать силу струи по желанию; это приспособление заменяет ручные движки или шруббер-машины для чистки мостовых от приставшей к ним грязи. При поднятом вальце моечные машины м. б. употреблены как поливочные. Технич. требования, предъявляемые к моечным машинам: быстрая сменяемость изношенных вальцов, устойчивость, рессорный ход, бесшумная работа, возможность с сидения вожатого выключать из рабочего положения в холостое и обратно и регулировка поливаемой ширины.

Зимняя очистка улиц. В городах вырабатывается определенный план для немедленного удаления снега с улиц и с трамвайных путей. Применяются следующие способы очистки: для небольших поверхностей—сгребание снега вручную деревянными движками для свежевыпавшего снега и стальными движками для истоптанного или изъезженного снега; для больших поверхностей—машинная очистка. Самая простая машина—деревянные клинообразные плуги; на улицах с большим движением и с большой шириной уборка производится специальными машинами на колесах, снабженными железными лопатами, переставляемыми по высоте в зависимости от высоты слоя выпавшего снега. Ширина очищаемой полосы 1,8—3,0 *м*. Производительность машин 5—10 тыс. *м*² в час. При незначительном снегопаде, до 5 *см* высотой, и рыхлом сухом снеге м. б. применены подметальные машины, а при мокром и тающем снеге на усовершенствованных мостовых — моечные машины. Снег после сгребания собирают в кучи и немедленно вывозят, в особенности с улиц с большим движением, чтобы освободить поверхность мостовой до нового снегопада, могущего наступить внезапно. В последнее время в американских городах появились машины, снабженные приспособлениями для быстрой погрузки снега для вывоза, сильно сокращающие расходы. В целях сокращения расходов по вывозу применяются еще снеготаялки, работающие на топливе или использующие отходящие в дымовую трубу газы, отработанные горячие воды (банные, прачечные воды) или отработанный пар. Применение последних зависит от местных условий и не всегда возможно; первые же м. б. установлены всюду. Наиболее известными являются финляндские снеготаялки «Фениа», применяемые в в городах северных стран, в Германии и в СССР. Производительность снеготаялки «Фениа» 30 *м*³, или 5,5 *т*, в час и м. б. доведена до 50 *м*³, или 8 *т*, в час. Приблизительный расход топлива в час: антрацита 76 *кг*, кокса 89 *кг*, нефти 80 *кг*; при дровах процесс этот медленен и неэкономичен. Расходы по очистке проездов от снега, зависящие от количества осадков случайных и внезапных и неодинаковых во все годы, от отдаленности свалок, от погоды, от времени работ по уборке и от многих других причин, не м. б. определены заранее для составления предварительн. сметы. Обыкновенно пользуются средними данными, вычисленными для ряда лет. По статистике герм. городов средняя высота слоя снега за 1908 г. была 35 *см*; но для отдельных городов высота слоя колебалась в пределах 5—100 *см*. В Москве за ряд лет средняя высота выпавшего снега была равна 50 *см*. Для устранения скользкости и для придания поверхности мостовой и тротуаров шероховатости применяются песок, зола, шлаки, опилки и т. п. материалы. Больше всего представляет опасности гололедица. В особенности опасна скользкость на гладких мостовых и тротуарах (асфальтовых, торцовых). Разбрасывание песка производят быстро вручную до 5 тысяч *м*² в ч. В последнее время за границей стали применять машинное разбрасывание песка из тележек, прицепляемых к автомобилям, движущимся со скоростью до 35 *км/ч*. Расход материалов колеблется в зависимости от погоды и верхнего покрытия и равен от 2 до 10 *л* на 1 000 *м*².

Удаление трупов павших животных—см. *Утилизационные заводы*.

Организация дела очистки. Наиболее целесообразная и испытанная в городах Зап. Европы и Америки форма организации дела очистки—это муниципализация, с сосредоточением всего дела очистки как мест общего пользования, так и домовых отбросов в одном центральном аппарате. Обыкновенно процесс муниципализации дела очистки растягивается на ряд лет с тем, чтобы не обременять бюджета города сразу слишком большими затратами; с дру-

гой стороны, постепенность имеет то преимущество, что, как бы заранее ни был тщательно продуман весь план работ и вся система этой сложной проблемы, на практике всегда обнаруживаются недостатки системы и организации, которые приходится устранять в последующие годы постепенной муниципализации. Обычно город делится на районы с прикреплением к каждому району определенного штата рабочих и машин с соответствующим количеством надсмотрщиков и контролеров, работающих по маршрутам с распределением времени гл. обр. в зависимости от интенсивности движения, от рода покрытия и от погоды. Машины конструируются т. о., что они заменяют максимум рабочей силы и в зависимости от погоды выполняют те или иные работы с быстрой заменой частей. В каждом районе устраиваются места для отдыха, умывания, переодевания, разогревания пищи, сушки спецодежды и для хранения инструментов, инвентаря и материалов. Работам ведется ежедневный учет по специально выработанной форме и недельная, двухнедельная, месячная и годовая сводки данных учета, учет материалов для корректирования организации и для постепенной выработки в будущем наиболее целесообразной и экономичной организации работ. Измерителями и показателями для выяснения объема работ, стоимости первоначальных затрат и эксплоатации являются: 1) число жителей; 2) вся территория населенного пункта в *га*; 3) поперечник его в *км* (расстояние отвозки); 4) плотность населения, т. е. число жителей на *га*; 5) процент годового прироста населения; 6) площадь проездов, площадей и других мест общего пользования; 7) площадь и процент замощения; 8) площадь всех проездов и тротуаров (замощенных и незамощенных) на 1 жит.; 9) площадь замощенных проездов и тротуаров на 1 жит.; 10) процент мостовых с покрытием щебеночным, булыжным, брусчатым, торцовым и асфальтовым. Плотность населения сверх 80 чел. на *га* считается пределом, при котором д. б. обращено уже серьезное внимание на дело очистки. Процент прироста населения (естественный и механический) выясняется из статистики минимум за последние 25 лет. Площадь замощения проездов на 1 жителя по нем. данным по 100 городам колеблется от 4,5 до 10,5 *м*²; чем город больше, тем меньше площадь замощения на 1 жит.; в Москве площадь замощения на 1 жит. составляет около 5 *м*². Муниципализация очистки требует больших капиталовложений, если она д. б. осуществлена с выполнением всех требований санитарии и гигиены.

Лит.: Бурче Ф. Я., Санитарно-технические сооружения в городах З. Европы, «Коммун. хозяйство», М., 1929, *1—2* и *5—6*; его же, Коммун. очистка г. Москвы от твердых отбросов, там же, 1930, *1—2*; его же, Удаление, утилизация и обезвреживание городских твердых отбросов, в сборнике статей «Перспективы развития городов Украины» (печатается); Niedner F., Die Strassenreinigung in den deutschen Städten, Leipzig, 1911; Barsch O., Moderne Automobil-Strassenreinigungsmaschinen, Berlin, 1919; Dörr Cl., Hausmüll und Strassenkehricht, Leipzig, 1912; Klinner u. Welzel, Automobilbetrieb d. stadtischen Reinigungsamtes zu Hagen, Göttingen, 1915; Klinner u. Welzel, Strassenreinigung, Wien, 1922; Girard M. L., Le nettoiement de Paris, Paris, 1923; Lint van, Le nettoiement de la voirie de l'après guerre, Extrait des Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Gand, Paris, 1927; Hering R. and Greely S., Collection and Disposal of Municipal Refuse, New York, 1921; Jackson J., Public Cleansing, London, 1929; Elektrokarren u. Elektrolieferwagen im Dienste d. Städtereinigung, «Die Städtereinigung», Feudingen, 1928, Tagungsnummer zum XVI Verbandstag in Breslau von 2 bis 6 Juni 1928; Adolph G., Die Strassenreinigung, ibid., *21*, p. 723; Ritter E., Der Gross-Sprengwagen als Feuerlöschgerat, ibid., 1929, *10*, p. 235; Haller R., Kombinationsmöglichkeiten beim Sprengwagen, ibidem, *22*, p. 525. **Ф. Бурче.**

ОЧИСТКА ЗЕРНА имеет целью выделение из него: 1) посторонних примесей, неоднородных очищаемому зерну, 2) поврежденных зерен данной культуры и 3) зерен, вредных с точки зрения дальнейшего использования зерна в качестве посевного материала или сырья для мукомольной, крупяной, маслобойной или иной промышленности. Основное требование, предъявляемое к зерну хорошего качества,—отсутствие посторонних примесей. Особенно это относится к посевному зерну. Присутствие примесей в посевном материале часто является причиной плохого урожая вследствие засорения полей или заболеваемости зерна.

В зависимости от дальнейшего назначения зерна оно подвергается той или другой очистке или сортировке. Различают три основных рода очистки: 1) посевного зерна, 2) товарного зерна и 3) зерна, идущего для производственных целей.

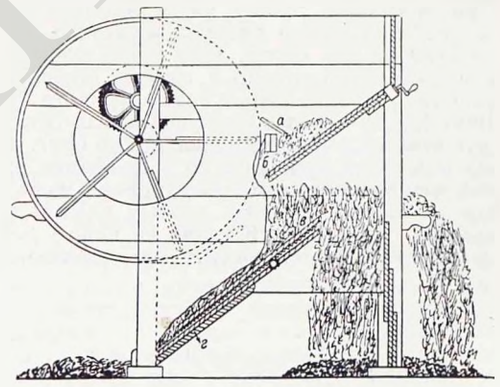
Примеси, встречающиеся в зерне. В посевном зерне различают три вида примесей: а) мертвый (индиферентный) сор, б) живой сор и в) вредные примеси. В состав мертвого сора входят: солома, полова, песок, земля и поврежденные семена данной культуры—битые, изъеденные вредителями, проросшие, т. е. все те, к-рые потеряли нормальную всхожесть. К составу живого сора относят семена всех сорных растений и всех культурных неоднородных высеваемому зерну растений. К вредным примесям относятся: спорынья, головня, куколь, повилика и пр. Из этих трех фракций примеси наиболее нежелательными для с. х-ва являются живой сор и вредная примесь—как примеси активного характера, влияющие не только на понижение урожая, но весьма часто и засоряющие зерно трудно отделимыми и вредными элементами; индиферентный сор, как это указывает само название, хотя и не оказывает непосредственного отрицательного влияния на урожай, но является излишним балластом. Для посева желательно выделение наиболее крупного зерна, как дающего больший урожай, чем мелкое. Опыты Габерлянда показали, что при посеве 528 семян гороха разной величины получился следующий урожай зерна: из мелких семян 998 *г*, из семян средней величины 495 *г* и из крупных семян 1 814 *г*.

В товарном зерне также отличают три вида примесей: сорную, зерновую и вредную. Сорная примесь состоит из соломы, половы, земли, битых и изъеденных зерен (порченных вредителями), проходящих через сито с круглыми отверстиями диам. в 1 или 2 *мм*; заплесневевших, загнивших (все с полным изменением внутреннего ядра), семян всех дикорастущих и иных культурных растений, кроме тех, к-рые причислены к зерновой примеси или основному зерну данной культуры (см. утвержденные ОСТ). Зерновая примесь состоит из битых и изъеденных зерен данной культуры, давленых, проросших, поджаренных при сушке, заплесневевших, с поврежденным покровом и частично затронутым ядром; зерна очень недоразвитые и захваченные морозом. Вредная примесь: в пшенице—спорынья и головня, в овсе—куколь и опьяняющий плевел, в льне—повилика. В товарном зерне удаляют примеси сорную и вредную, как влияющие на понижение натурального веса, выходов продукции (муки, крупы, масла и т. д.), на ухудшение ее качества (увеличение зольности, вредной примеси, изменение цвета), а иногда и портящие оборудование перерабатывающего предприятия при наличии в зерне камней, песка и других посторонних примесей. В торговых же целях для получения наилучшего и более ценного товара во многих случаях зерно подвергают сортировке по крупности, форме или цвету и ровности, что особенно часто применяется для наиболее ценных культур (чечевица, фасоль, горох, вика).

Очистка зерна на производстве. Перерабатывающее зерно предприятие преследует иные цели, чем земледелец или заготовитель зерна. Помимо удаления всех без исключения примесей оно стремится очистить зерно от приставшей к его поверхности пыли, грязи, спор грибных паразитов и удаляет даже некоторые части зерна, как волоски, бородки и зародыши, понижающие качества получаемого продукта. Естественно, что для достижения тех или других результатов на производстве употребляются различные способы очистки и различные системы машин.

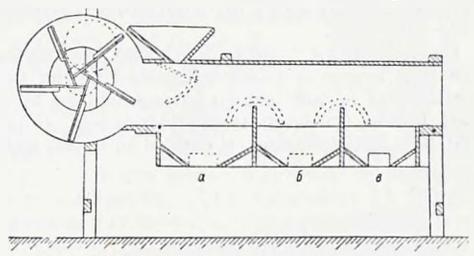
Сельскохозяйственная очистка. Машины, которые употребляются в с. х-ве для очистки зерна, делятся по принципу их действия на машины, отделяющие посторонние примеси,—веялки, триеры, и на машины, не только отделяющие примеси, но и разделяющие зерно на сорта. В основном очистка и рассортировка сводятся к разделению вороха зерна, полученного после молотьбы, на отдельные фракции и основаны на различии: 1) в весе примесей и отдельных зерен; 2) в величине, 3) в форме и 4) иных свойств семян.

1. Очистка и сортировка по весу. Самым примитивным способом, еще сохранившимся в нек-рых единоличных хозяйствах, является подбрасывание зерна лопатой на ветру, при к-ром более легкие части (полова, колос, соломенные части, пыль) относятся ветром в сторону, а хорошо налившиеся зерна, как более тяжелые, падают почти отвесно; между половою и тяжелым зерном ложатся более легкие неполные, поврежденные зерна. Из зерноочистительных машин наиболее простой является *веялка* (см.). Более совершенные веялки-сортировки не только лучше очищают зерно, но и распределяют его по сортам (по весу). Типичной сортировкой по весу является сортировка (млынок, фухтель) Вараксина (фиг. 1). В отличие от веялки ковш ее снабжен: 1) щитком *а*, регулирующим направление сыпи, с целью придания ей наклонного движения против струи ветра, 2) граблями *б* у щели, выпускающей зерно из ковша, для равномерности распределения зерна, 3) подвижным щитком *в*, удлиняющим или укорачивающим поверхность приемной



Фиг. 1.

доски *г*, чем достигается рассортировка зерна на два сорта, и 4) вертикальным щитком, стоящим на пути движения половы и выделяющим из нее легковесное зерно как более тяжелое, чем полова. Поднятием или опусканием щитка *а* достигается сужение или расширение выходной щели: этим регулируется направление и сила струи воздуха, и из половы выделяются *б*, или *м*. тяжелые примеси. На этом принципе основана весьма распространенная сортировка «Триумф» системы Ребер, отличающаяся от сортировки Вараксина только в деталях. Главное ее преимущество в более вертикальном направлении струи воздуха, чем в сортировке Вараксина, что способствует лучшему разносу зерна по разности веса. Производительность этих машин от 1 000 до 3 000 *кг/ч*. На этом же принципе основаны двухвентиляторные млынки для очистки луговых трав. В противоположность этому сортировка Якобсона (фиг. 2), разделяя зерно на три сорта (*а*—тяжеловесное, *б*—среднего веса, *в*—легковесное), не считая легких примесей,

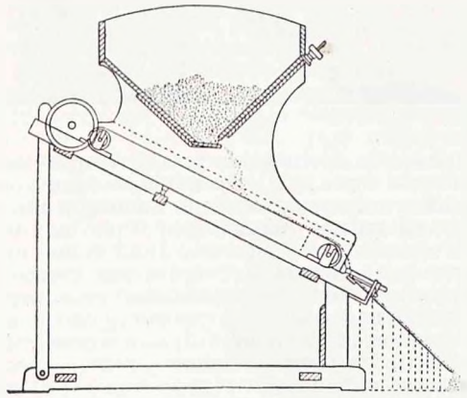


Фиг. 2.

выдуваемых за станок, имеет недостаток: горизонтальное направление ветра, неправильное направление потока зерна по направлению струи ветра, а не против нее. Производительность до 1 400 *кг/ч*.

На основе различия в весе отдельных зерен и примесей построены и сортировки, которые сортируют ворох не силою ветра, а встряхиванием, основанные на принципе

всплывания на поверхность легких примесей и легковесных зерен. Самым примитивным способом О. з. по этому принципу является обыкновенный грохот (к р у ж а л о). При вращательном и встряхивающем движении грохота наверх всплывают легкие примеси и удаляются с чистого зерна рукою. При отбирании рукою части легковесного зерна, всплывшего наверх, возможно разделение на два сорта, хотя такое разделение достаточно трудно и требует большого навыка. Производительность грохота до 100—120 *кг/ч*. Более совершенным грохотом является грохот-сортировка Жосса (фиг. 3), состоящая из приводимого в движение рукой треугольного наклонного стола, наклон к-рого можно изменять особым винтом на нижней раме. Поступающие из ковша зерна падают на приемное сито, где отделяются



Фиг. 3.

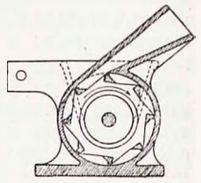
мелкие примеси. В дальнейшем, благодаря встряхиванию при ударах о борты и вставленные посредине грохота глухие треугольники, легковесные семена всплывают на поверхность и получают обратное движение к задней стенке грохота, где и удаляются через щель в борту, а тяжеловесные идут по наклонной плоскости грохота к переднему суженному концу. Лучшие результаты сортировка дает с легким (пленчатым) зерном (овес, ячмень, гречиха, подсолнух). Производительность ординарного грохота — 160—200 *кг/ч*.

На различии в весе основано сортирование при помощи разбрасывания зерна центробежной силой: зерно тяжеловесное получает более сильное поступательное движение, чем легковесное, и отбрасывается далее



Фиг. 4.

от машины. На фиг. 4 дан разбрасывающий прибор конной сортировки (ш в ы р я л к и) Мейера-Шатилова; производительность сортировки конной до 2 400—3 200 *кг/ч*. На том же принципе основана сортировка Берга. Особо стоят сортировки-швырялки типа Наумана, разбрасывающий аппарат которых вращается в вертикальной плоскости (фиг. 5), так что зерно ложится узкой полосой до 12 *м* длиною, но работа их менее четка, чем швырялок предыдущего типа. Производительность швырялки Наумана—800—1 600 *кг/ч*. Несмотря на большую производительность и хорошее сортирование зерна швырялки мало распространены; существенные недостатки их: трудность разделки зерна на отдельные сорта и необходимость больших помещений для работы. Все сортировки зерна по весу для четкости работы требуют равномерности движения. Неравномерное вращение,



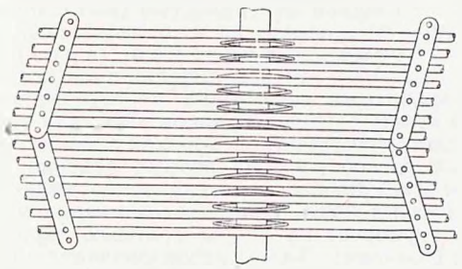
Фиг. 5.

усиливая или уменьшая силу струи ветра или центробежной силы, отражается на точности разделения по сортам. Этот недостаток наиболее ощутим в сортировках с ручным приводом, менее с конным и устраним совершенно при механич. передаче. Для достижения равномерности струи воздуха некоторые сортировки-веялки снабжены особыми клапанами в кожухе барабана, регулирующими силу струи.

Иногда для разделения зерна, в особенности посевного, применяют сортирование его в растворах поваренной соли, селитры или хлористого кальция разной концентрации. Этот способ основан на том, что более легкие зерна всплывают и удаляются с поверхности раствора ручным решетом, а тяжелые зерна тонут на дно. Обыкновенно берут сначала крепкий раствор, а затем постепенно его разбавляют водою, доводят до требуемой концентрации, погружая нужное количество семян. Однако смачивание семени растворами солей, особенно селитры, иногда отрицательно отзывается на всхожести семян, в виду чего предпочитают употреблять для этой цели раствор свекловичной патоки. Этот способ сортирования мало приемлем для пленчатых или кожурных семян (гречиха, ячмень, овес, полба), где на всплывание семян оказывает влияние большее или меньшее наличие воздушных полостей между зерном и цветочными пленками, что не всегда соответствует тяжеловесности и плотности самого зерна.

2. О ч и с т к а и с о р т и р о в а н и е п о в е л и ч и н е основаны на различной величине зерен и примесей. Во всех сортировках этого типа разделение производится при помощи сит. Сита, употребляемые для этих целей, бывают проволочные плетеные с квадратными и продолговатыми отверстиями или пробивные из листового железа или цинка с ячеями круглыми, продолговатыми и иной формы в соответствии с сортируемым зерном (гречиха, лен, чечевица и т. д.). Все эти сортировки можно разделить на сортировки с цилиндрич. ситами и с плоскими ситами. Исключение составляют сортировки центробежные с конической поверхностью сит. Самая простая цилиндрич. сортировка состоит из барабана, обтянутого 5—6 ситами проволочными или пробивными с ячеями различной величины. Принцип действия их следующий. Зерно, поступающее

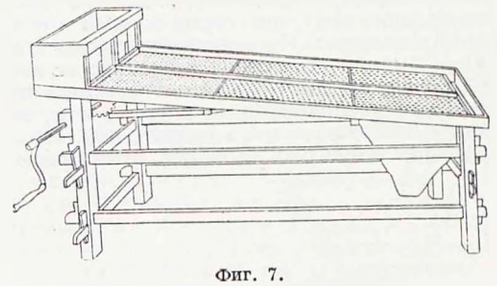
в ковш, попадает на сито с самыми мелкими ячеями и благодаря вращению барабана около горизонтальной оси (приводимого в движение рукояткою) передвигается к противоположному концу, проходя последовательно по ситам со все увеличивающимися размерами ячей, через к-рые просеиваются вначале более мелкие примеси, а затем и самое зерно, в конце же барабана сходят крупные отходы. Барабан вставляется в особую станину—ящик, в к-ром сделано столько отделений для отходов, сколько размеров сит на барабане. Эти примитивные сортировки не имеют устройства для регулирования движения зерна. Наиболее совершенной является сортировка Пеннея, состоящая из толстых параллельных проволочных колец, соединенных спиралями; растягиванием или сжиманием колец возможно суживать или расширять расстояния между кольцами, через к-рые просеиваются подлежащие отделению примеси. Барабаны снабжены внутри решет спиральными крыльями из листового железа, регулирующими движение зерна. Недостаток их тот, что при однократном пропуске через сортировку получаются только два сорта зерна с преобладанием либо более мелкого либо более крупного, в зависимости от расстояния между кольцами. Производительность до 1 000 *кг/ч* тяжелого зерна. На том же принципе основана и сортировка Колемана и Мортона. Сортировка с плоскими ситами представляет собою продольную раму с натянутыми на нее проволочными или пробивными ситами, расположенными в один (арфы) или более рядов так, что зерно, проваливаясь через верхнее сито с большими ячеями, отделяется от крупных примесей и в дальнейшем разделяется в следующих двух ситах по величине на два сорта. Подсев третьего нижнего сита составляет мелкие примеси (напр. сортировка Беляева). Недостаток таких сортировок, заключающийся в необходимости иметь большое количество сит разных размеров, устранен в сортировке Рейнфорта, где просеваю-



Фиг. 6.

щее полотно (фиг. 6) состоит из продольных проволок, прикрепленных шарнирами к зигзагообразным пластинкам, что дает возможность легко регулировать расстояние между проволоками и лучше рассортировать зерно. Производительность их до 500 *кг/ч*. Совершенно особняком стоит сортировка Кайзера, носящая название центрифуги. Работающая часть сортировки — усеченный конус, состоящий из продольных прутьев. Конус обращен широким основанием кверху, благодаря чему расстояние между проволоками книзу суживается. Конус при помощи рукоятки и шестерен приводят в быстрое вращательное движение, семена под влиянием центробежной силы поднимаются вверх по проволочным стенкам конуса и в зависимости от величины проталкиваются между прутьями выше или ниже от основания конуса и попадают в разные отдельные ящики. Сортировки по величине зерна хороши при отсортировании крупного зерна для посева. Все перечисленные сортировки по весу и величине дают неполную очистку от примеси или неполное рассортирование. В сел. х-ве чаще употребляют комбинированные сортировки-веялки, очищающие и сортирующие зерно одновременно и по весу и по величине. Эти машины являются комбинацией ветрогона с решетчатым станом.

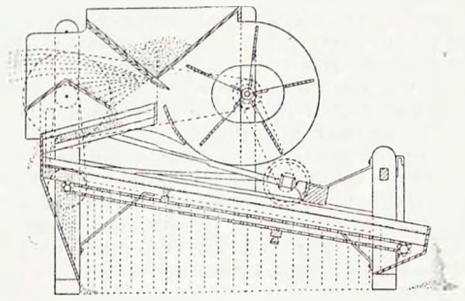
3. С о р т и р о в к и п о ф о р м е з е р н а разделяются: а) на цилиндрические, б) плоскорешетчатые и в) спиралеобразные. Цилиндрич. сортировки носят название т р и е р о в или куколе-зерноотборников и употребляются для выделения примесей или



Фиг. 7.

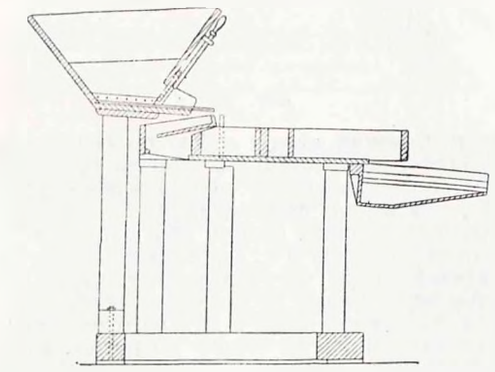
зерен, близких между собою по величине. Триеры разделяются: на триеры простого действия, отделяющие только более округлые, чем зерно, примеси (куколь, полевой горошек—от овса, фасоль шарообразную—от продолговатой и т. д.); триеры двойного действия кроме того разделяют продолговатые зерна между собою (рожь, пшеницу—от овса, ячменя); триеры тройного действия, разделяют зерно не только по родам, но и по величине. Принцип действия этих машин—см. *Триеры*. Производительность ручных триеров крайне незначительна, и в этом заключается их главный недостаток. К плоскорешетчатым сортировкам относятся трещетки (горки) для очистки льна (фиг. 7), снабженные специальными решетами с ячеями, имеющими форму семян льна, что позволяет последним свободно пройти сквозь сито, оставляя более крупные примеси на его поверхности. Для отделения от мелких примесей в голове трещетки устанавливается сито с мелкими ячеями. На этом принципе основано отделение клеверной повилики (cuscuta) от клевера. Машины этого рода представляют собою комбинированный млынок, сортирующий как по весу, так и по форме. Семена повилики по величине и весу весьма близки к семенам клевера, отличаясь от них только формою. Из очищаемых семян ветрогоном (фиг. 8) выделяются за станок легкие примеси и заключенные в стручках семена. Далее очищенное семя поступает через решето, выделяющее крупные примеси

на главную рабочую часть — проволочные квадратные сита с закрытыми особым составом углами, благодаря чему образуются просветы, соответствующие форме повилики, через к-рые она и проходит, а клевер идет сходом с сита. На принципе разделения по форме основаны и о т к а т к и-г о р к и



Фиг. 8.

(фиг. 9), разделяющие круглое зерно от продолговатого (например вику—от овса) или от менее круглого (горох полный—от деформированного). Производительность горок 240—700 *кг/ч*. Для отделения вики от овса применяются также винтообразные, вертикально расположенные поверхности, носящие название з м е е к (фиг. 10). Круглые зерна вики, раскатываясь, выскакивают



Фиг. 9.

за борты спирали, а удлиненный овес скользит по поверхности спирали книзу. Машины эти хорошей производительности и хорошо рассортировывают вику от примесей. Все приведенные машины м. б. соединяемы в группы при условии соответствия по производительности их между собой. При очистке больших партий зерна (напр. в колхозах, совхозах) зерноочистительные установки д. б. непременно оборудованы механич. двигателями.

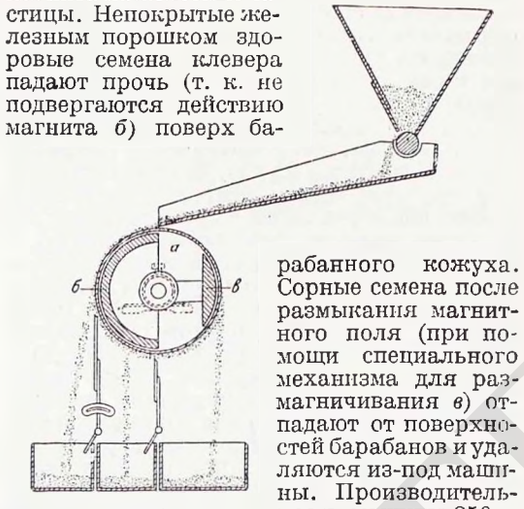






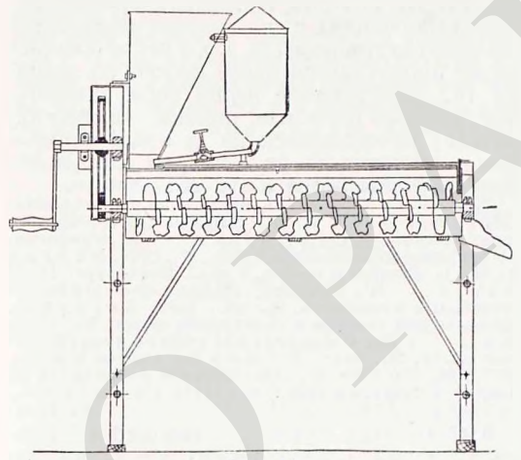
Фиг. 10.

4. О ч и с т к а, о с н о в а н н а я н а с п е ц и ф и ч е с к и х с в о й с т в а х з е р н а. На принципе различного отношения семян к посторонним предметам основана очистка магнитными машинами клевера от повилики и других сорных семян. Смоченный водою тонкий железный порошок (о п и л к и ж е л е з н ы е) примешивается в небольшом количестве к очищаемым семенам. Вода жадно впитывается повиликой и другими сорными семенами, и на их поверхности выступает клейкая жидкость, свойственная семенам паразитирующих растений, благодаря к-рой железный порошок прилипает к сорным семенам, к клеверу же, не выделяющему подобной жидкости, порошок не пристает. На фиг. 11 дана схема работы магнитной машины системы Гирш, где из ковша очищаемые семена по скатной доске поступают на секционный кожух—барабан *а*, вращающийся вокруг неподвижного магнитного поля; на барабане из клевера выделяются сорные семена, покрытые железным порошком, вследствие действия магнита на железные частицы. Непокрытые железным порошком здоровые семена клевера падают прочь (т. к. не подвергаются действию магнита *б*) поверх барабанного кожуха. Сорные семена после размыкания магнитного поля (при помощи специального механизма для размагничивания *в*) отпадают от поверхностей барабанов и удаляются из-под машины. Производительность машины 250—300 *кг/ч*. На этом же принципе основано устройство зерноочистительной машины, где железный порошок действует в сухом виде и пристает только к сорным семенам, имеющим шероховатую поверхность (повилика); сорные семена с гладкой поверхностью (напр. подорожник из клевера) не м. б. выделены.

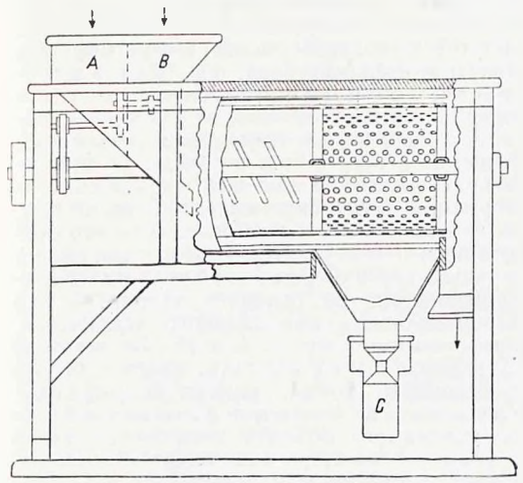


Фиг. 11.

О ч и с т к а х и м и ч е с к а я (п р о т р а в л и в а н и е). Протравливание производится ядовитыми веществами в растворенном или сухом порошкообразном виде; для этой же цели применяется и горячая вода. а) Мокрый способ протравливания основан на дезинфицирующем действии химич. веществ (формалин, мышьяковистые соединения, медный купорос) на споры грибных паразитов (головня). Зерно, предназначенное для посева, погружается в 0,5%-ный раствор $CuSO_4$, или в 1%-ный раствор формалина, или в другой дезинфицирующий раствор и тщательно смешивается с жидкостью. По выемке из раствора зерно отлеживается и подсушивается перед посевом. Протравливание производится или в обыкновенных бочках, чанах или в особо сконструированных машинах, главная работающая часть которых—шнек—передвигает зерно и смешивает его с дезинфицирующим раствором. Фиг. 12 изображает протравочную машину «з о н о с т р е б»; производительность ее 400 — 2 000 *кг/ч*. б) Сухой способ протравливания основан на смешивании зерна с порошкообразными сухими ядами (медный купорос, углекислая медь и ртутные или мышьяковистые соединения). Действие протравливания начинается в земле при посеве семян. Фиг. 13, изображающая аппарат Нейгауза, дает ясную картину работы машины. В ковши *A* и *B* поступают соответственно зерно и порошок яда. В барабане аппарата зерно смешивается кулаками с порошком, оседающим на поверхности зерна. Излишек яда через регулирующее сито в выходной части барабана собирается в сосуд *C*. в) В последнее время получил широкое распространение способ протравливания горячей водой. Зерно погружается на 3—4 ч. в воду *t*° 25—30° и затем на 10 м. в воду температуры 48—52°. Протравленное таким образом зерно обезвоживается и сушится.



Фиг. 12.



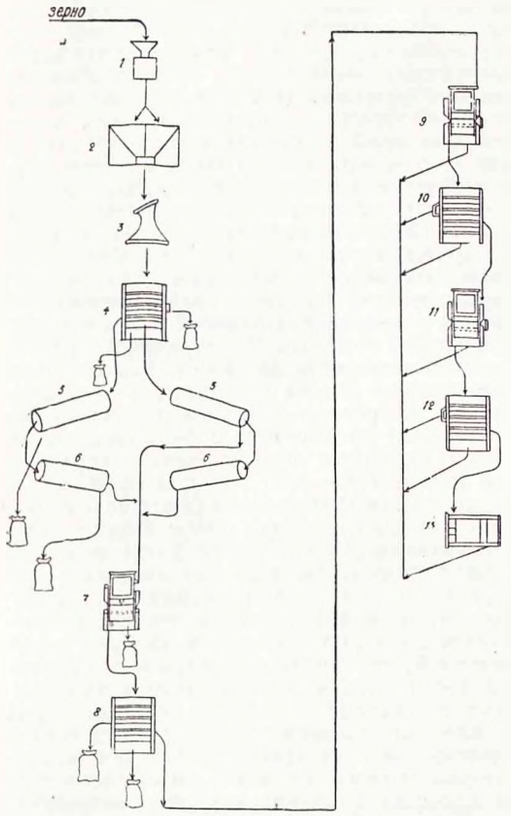
Фиг. 13.

О ч и с т к а н а э л е в а т о р а х и м е х а н и з и р о в а н н ы х з е р н о с к л а д а х. О. з. на элеваторах преследует задачу составления однородных торговых или посевных партий зерна определенного качества. Очистка и сортировка производятся на тех же основаниях, что и с.-х. очистка, но весь процесс очистки составляет непрерывную цепь отдельных процессов. Зерноочистительные элеваторные машины построены по тому же принципу, что ручные и конные, и только нек-рыми деталями и производительностью они отличаются от ручных. Главными машинами являются: аспираторы (сортировки по весу), сепараторы (сортировки по величине), триеры (сортировки по форме) и шасталки-полировки (см. *Шасталки*). Последние служат для удаления спор головни и менее ценных частей зерна (усиков, бородок, концов цветочных оболочек в овсе и ячмене) и для полирования поверхности зерна. В зависимости от поставленных целей элеваторы бывают снабжены и дополнительными машинами: горками, трещетками, сортировками-кускутами, протравливающими машинами, магнитными, сортировочными столами (грохотами) и т. д. В зависимости от целей очистки и от особенностей зерна той или иной культуры устанавливают те или другие машины, но схема в общих чертах остается без изменений. Так, для очистки и сортировки тарелочной чечевицы применяется следующая схема установки машин: аспиратор с рукавным всасывающим фильтром, сепаратор, магнитная машина, триер, служащие для отделения пыли, легких, тяжелых и металлич. примесей и для выделения овса из чечевицы. Ячеи триера 9—9,5 *мм*, круглые плоскодонные, в которых свободно помещаются семена чечевицы, а овес идет сходом. С триеров чечевица поступает на сортировки по величине и форме с 5—6 ситами с круглыми ячеями различных размеров (диам. 7,25—4,25 *мм*) и 2—3 ситами с продольными отверстиями (шириною 2,50—3,00 *мм*) для отделения плоской вики. Производительность установки 3—11 *т/ч*. Подобная схема приемлема для очистки и сортировки гороха, вики, льняного семени, фасоли, кормовой чечевицы, только с изменением размеров ячей сит и триеров с той разницей, что вместо сортировок с горизонтальными ситами весьма часто устанавливают цилиндрические. Для очистки зерна от плесени, головни, поврежденных зерен, удаления мелких камней применяют на элеваторах м о е ч н ы е м а ш и н ы, состоящие из промывного чана, первой центрифуги, промывного конвейера, второй центрифуги для удаления воды и сушилки. В промывном чане всплывают на поверхность легкие примеси и поврежденные зерна и удаляются отводным рукавом; камни, песок, земля и прочие тяжелые примеси собираются в воронкообразном дне, зерно же поступает на центрифугу (где обрабатывается щетками), затем в наклонный конвейер, где омывается сильной струей воды для удаления остатков грязи, плесени и пр.; из конвейера на центрифугу для удаления воды и на сушилку. Производительность установки до 4 *т/ч*.

С о р т и р о в к а п о ц в е т у. Описанные выше способы очистки и сортировки зерна не могут быть применяемы для разделения партий по цвету, а между тем для ценных бобовых культур, как фасоль, горох, вика, предъявляют требования одноцветности. Разница в цене на мировом рынке напр. для фасоли, смешанной по цвету и одноцветной,

достигает до 7 фн. ст. на *m*. Но для сортирования по цвету не имеется машин, и оно производится только ручным способом.

Очистка зерна на мельницах. Задача О. з. на мельницах состоит в удалении всех без исключения примесей из зерна, а также грязи, пыли, спор паразитирующих грибов, приставших к поверхности зерна, и части покровов (плодовых оболочек, эпидермиса, мезокарпия, эндокарпия) и зародыша с целью подготовить зерно к помолу и получить наиболее чистую и здоровую продукцию (муку). В связи с усложнением процесса О. з. на мельницах вводятся дополнительные машины специального назначения,



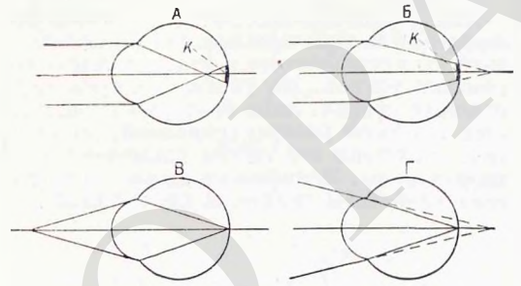
Фиг. 14.

не употребляемые при с.-х. или элеваторной очистке. Такими машинами являются: магнитные аппараты, удаляющие из зерна металлич. предметы, случайно попадающие в зерно, *обойки* (см.), обдирающие плодовые оболочки, борозду, зародыш, щеточные машины, отделяющие оболочки после обдирки, и моечные машины. В зависимости от системы мельниц весьма часто употребляют вместо сепараторов (тараров) *бурат* (см.). Очистка пшеницы на мельницах м. б. представлена в следующей общей схеме (фиг. 14). Зерно из завальной ямы по норням через весы *1* и черный закром *2* последовательно поступает на магнитные аппараты *3*, сепараторы с аспирацией (тарары) *4*, где отделяются крупные и мелкие примеси и пыль, а зерно разделяется на два сорта: крупное и легковесное. Крупное идет на триеры *5* для выделения ячменя, а мелкое на куколеотборники *6* и в дальнейшем на черную обойку *7*, аспиратор *8*, вторую обойку (чистую) *9* и второй аспиратор *10*. На нек-рых мельницах процесс обдирки на обойках с дальнейшей аспирацией проводится три раза (*11*, *12*), и после обдирки зерно пропускается через щеточную машину *13*. Пропускание зерна через добавочные машины (моечные, змейки, камнеотделители) производится на нек-рых мельницах в зависимости от схемы, их оборудования, качества зерна и его назначения.

Лит.: Горячкин П. В., Веялки и сортировки, СПБ, 1908; Дебу К. И., Машины для сортировки зерна, Петроград, 1922; Козьмин П. А., Мукомольно-крупяное производство, 4 изд., М., 1926; Варгин В. Н., О семенах и посеве, 2 изд., Петербург, 1910; Ланге А. П., Механич. оборудование зерноочистительных элеваторов, М.—Л., 1930; Бернис Г., Машины для очистки и сортировки зерна, М., 1929; Шлыков Л., О машинах для очистки и сортирования семян, М., 1921; Ершов С., Семена и посев, М., 1930; Грубе Е., Практическое руководство по приему и хранению зерна, М., 1930; Букштам С., Справочник мукомола, М., 1929. **Н. Бако.**

ОЧКИ, оптич. прибор, служащий для корригирования (исправления) аномалий *рефракции* (см.), аккомодации и аномалий мышечного аппарата *глаза* (см.), улучшающий тем самым *зрение* (см.), повышая его остроту. Специальный тип О.—защитные—служат для защиты глаз от возможных повреждений (см. *Защитные приспособления*). О., служащие для корригирования аномалий глаза, состоят из очковых стекол и очковой оправы. Очковые стекла изготовляют из оптического или зеркального стекла с показателем преломления n=1,523. Очковые стекла не должны иметь свилей, пузырей оптич. натяжения и заметной окраски.

Очковые линзы для миопии и гиперметропии. Основные аномалии рефракции глаза—миопия (близорукость) и гиперметропия (дальнозоркость) корригируются очковыми стеклами след. обр. Для эмметропического (нормального) глаза параллельный пучок света от удаленной точки, лежащей на оси глаза, дает резкое изображение в виде точки же (если не принимать во внимание явлений диффракции и аберраций оптич. системы глаза) на сетчатке; следовательно и изображение всего объекта получается резким. При миопии параллельный пучок от удаленной точки дает изображение внутри глазного яблока, а при гиперметропии — вне глазного яблока, позади сетчатки (фиг. 1, А и Б). На сетчатке получается в этих случаях, вместо резкого изображения точки, размытый кружок—кружок рассеяния *K*. От каждой точки удаленного объекта получаются такие кружки рассеяния, и глаз видит объект размытым, нерезким и не различает его деталей. Резкое изображение на сетчатке в этих случаях получается не от удаленной точки, а от так назыв. дальней точки глаза. Для неаккомодированного глаза при миопии на сетчатке получается изображение этой точки, лежащей на конечном расстоянии впереди глаза (фиг. 1, В), а при гиперметропии—изображение точки (мнимой), лежащей позади глаза (фиг. 1, Г). Величина аметропии (миопии или гиперметропии) характеризуется расстоянием дальней точки от передней главной точки глаза, лежащей в передней камере глаза на расстоянии 1,35 *мм* от вершины роговицы. Расстояние дальней точки при миопии—отрицательное, при гиперметропии—положительное. Если это расстояние выражено в *м*, то обратная величина его дает значение аметропии в *диоптриях* (см.). Чтобы при аметропии получить на сетчатке резкое изображение удаленного объекта, т. е. чтобы видеть его резко, применяются сферические линзы. При миопии



Фиг. 1.

помещают перед глазом отрицательную линзу так, чтобы ее задний фокус F' совпадал с дальней точкой PR глаза (фиг. 2, где H_1 и H_1'—главные плоскости линзы и H_2—передняя главная плоскость глаза), тогда параллельный пучок света от удаленного объекта даст его изображение в задней фокальной плоскости линзы, а т. к. эта плоскость совпадает с дальней точкой, то на сетчатке неаккомодированного глаза получается резкое изображение, и объект виден резко. Аналогично при гиперметропии перед глазом помещается положительная линза так, чтобы ее задний фокус F' (фиг. 2) совпал с дальней точкой PR; на сетчатке и в этом случае получают резкое изображение. Если бы можно было совместить заднюю главную плоскость H_1' линзы с передней главной плоскостью H_2 глаза, то величина аметропии (миопии или гиперметропии) была бы численно равна рефракции линзы, соответствующей полной коррекции глаза. В виду невозможности такого совмещения необходимо принимать во внимание расстояние между задней вершиной линзы и вершиной роговицы.

Сферические очковые линзы нумеруются по задней вершинной рефракции.

Вершинная рефракция очковой линзы—величина, обратная расстоянию (по оптической оси) от вершины линзы до фокуса. Передняя вершинная рефракция—величина, обратная расстоянию от передней вершины линзы до переднего фокуса. Задняя вершинная рефракция—величина, обратная расстоянию от задней вершины линзы до заднего фокуса. Вершинная рефракция измеряется в диоптриях (D), если соответствующие расстояния даны в *м*.

Передняя вершинная рефракция:

$$V_1 = \frac{1}{-v} = \frac{D_{12}}{1-\delta D_2}; \qquad (1)$$

задняя вершинная рефракция:

$$V_2 = \frac{1}{v'} = \frac{D_{12}}{1-\delta D_1}, \qquad (2)$$

где рефракция передней поверхности линзы

$$D_1 = \frac{n-1}{r_1}, \qquad (3)$$

рефракция задней поверхности линзы

$$D_2 = \frac{1-n}{r_2}, \qquad (4)$$

общая (главная) рефракция линзы

$$D_{12} = D_1 + D_2 - \delta D_1 D_2. \qquad (5)$$

редуцированная толщина линзы

$$\delta = \frac{d}{n}; \qquad (6)$$

здесь d—толщина линзы в *м*, n—показатель преломления, r_1—радиус передней поверхности, r_2—радиус задней поверхности. Переднее главное фокусное расстояние

$$f = -\frac{1}{D_{12}}, \qquad (7)$$

заднее главное фокусное расстояние

$$f' = \frac{1}{D_{12}}, \qquad (8)$$

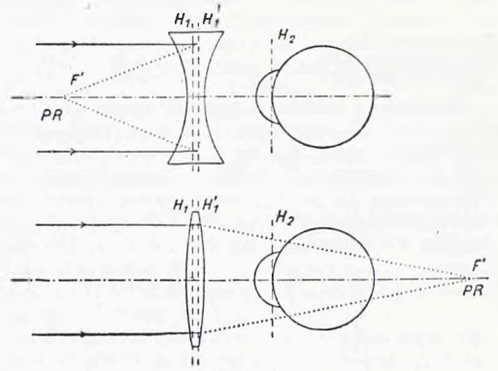
переднее вершинное фокусное расстояние

$$v = -\frac{1-\delta D_2}{D_{12}}, \qquad (9)$$

заднее вершинное фокусное расстояние

$$v' = \frac{1-\delta D_1}{D_{12}}. \qquad (10)$$

Радиусы, главные фокусные расстояния и вершинные фокусные расстояния считаются положительными, если они направлены в ту же сторону, как и световые лучи, и отрицательными, если они направлены в противоположную сторону. Направление радиуса кривизны считается от поверхности к центру кривизны. Направление главного фокусного расстояния считается от соответствующей главной точки (передней и задней) до фокуса (переднего или заднего). Направление вершинного фокусного расстояния считается от соответствующей вершины (передней или задней) до фокуса (переднего или заднего). Если в (2) V_2 имеет положительный знак, то линза называется собирающей, или положительной, линзой. Ее передний фокус лежит впереди линзы и переднее вершинное фокусное расстояние по (1) отрицательно, задний фокус лежит позади линзы и заднее вершинное фокусное расстояние положительно. Если в (2) V_2 имеет отрицательный знак, то линза называется рассеивающей, или отрицательной, линзой, а

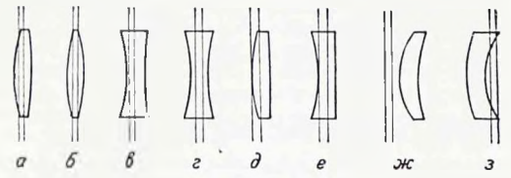


Фиг. 2.

передний фокус лежит позади линзы и переднее вершинное фокусное расстояние положительно по (1), задний фокус лежит впереди линзы и заднее вершинное фокусное расстояние отрицательно. Т. о. у положительных линз заднее главное фокусное (f') и заднее вершинное фокусное расстояние (v') положительны; у отрицательных линз эти расстояния отрицательны.

Очковые сферич. линзы по их типу разделяются на три основных группы: 1) биформа, 2) план-форма, 3) мениски (фиг. 3). Положительные линзы в первой группе имеют обе поверхности выпуклыми (двояковыпуклые линзы—фиг. 3, *а*), в частном случае обе поверхности имеют равную кривизну (равновыпуклые линзы—фиг. 3, *б*). Отрицательные линзы этой группы имеют обе поверхности вогнутые. в частном случае обе поверхности имеют равную кривизну (двояковогнутые линзы—фиг. 3, *в* и равно-

вогнутые линзы—фиг. 3, *г*). Линзы второй группы имеют одну поверхность плоскую, вторую или выпуклую (плосковыпуклые линзы — фиг. 3, *д*) или вогнутую (плосковогнутые линзы—фиг. 3, *е*). Линзы третьей

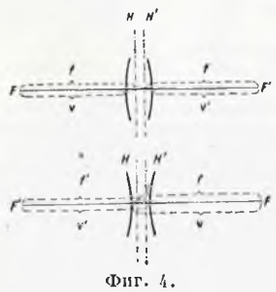


Фиг. 3.

группы имеют одну поверхность выпуклую, другую вогнутую. Если выпуклая поверхность имеет радиус кривизны меньше, чем вогнутая, то линза будет положительная (фиг. 3, *же*), если выпуклая поверхность имеет радиус кривизны больше, чем вогнутая, то линза будет отрицательная (фиг. 3, *з*). Линзы этой группы имеют различные названия в зависимости от кривизны поверхности, чаще всего встречаются а) перископич. форма, б) менисковая форма, в) глубокие мениски; различаются они по величине основания мениска, т. е. рефракции той поверхности менисковой линзы, к-рая имеет большой радиус кривизны (меньшую кривизну); т. о. основание положительного мениска—рефракция задней поверхности, основание отрицательного мениска — рефракция передней поверхности. Для трех указанных форм менисков основание равно (в диоптриях):

	Положит. линза	Отрицат. линза
Перископич. форма	−1,25	+1,25
Менисковая форма	−6,00	+6,00
Глубокие мениски	−9,00	+9,00

Основание мениска вычисляется по ф-лам (3) и (4). Положение главных плоскостей указанных трех групп линз изображено на фиг. 3. Фокусы (F и F'), главные фокусные расстояния (f и f'), вершинные фокусные расстояния (v и v') для линз би-формы и менисков изображены на фиг. 4 и 5. Во многих случаях очковой практики можно пренебречь осевой толщиной линзы и считать ее за бесконечно тонкую, тогда формула (5) принимает вид:



Фиг. 4.

$$D_0 = D_1 + D_2, \quad (11)$$

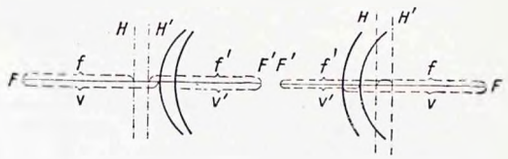
где D_0—главная рефракция бесконечно тонкой линзы. Если линза принимается за бесконечно тонкую, то ее рефракция измеряется просто суммой рефракции ее поверхностей, и ошибка, которая вводится пренебрежением толщины, м. б. определена из соотношения:

$$V_2 - D_0 = \frac{\delta D_1^2}{1 - \delta D_1}. \quad (12)$$

Разность между задней вершинной рефракцией и рефракцией бесконечно тонкой линзы, имеющей те же радиусы кривизны (для одного типичного случая):

Задняя вершинная рефракция V_2	Осевая толщина, мм	Би-форма	План-форма	Мениск $D_2 = -6$D	Мениск $D_2 = -9$D
+ 5	3	0,01	0,05	0,23	0,38
+10	5	0,08	0,32	0,80	1,12
+15	7	0,26	0,97	1,85	2,39
+20	9	0,59	2,12	3,99	4,24

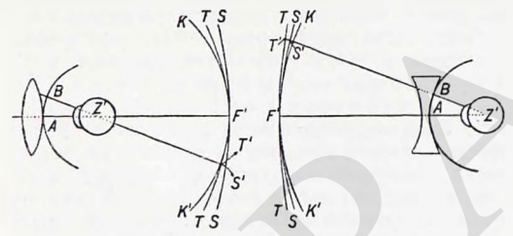
Для отрицательных линз, где осевая толщина всегда небольшая, в большинстве случаев ею пренебрегают и считают линзу бесконечно тонкой. Из указанных трех групп очковых сферич. линз би-форма у нас является наиболее распространенной, но по оптич. свойствам эти линзы наименее удовлетворительны. Менисковые линзы по оптическим свойствам являются наилучшими.



Фиг. 5.

Особенное значение в очковой оптике приобретает особый вид менисковых линз—пунктальные (анастигматические) линзы (свободные от астигматизма наклонных пучков). При фиксировании удаленного объекта, лежащего на оси очковой линзы, на линзу падает пучок, параллельный оси. Здесь глазу приходится иметь дело только с осевыми аберрациями линзы. При фиксировании удаленного объекта, лежащего вне оси линзы, вращением глаза (без поворота головы) приходится иметь дело с пучками, идущими наклонно к оси линзы, и следовательно с аберрациями линзы для наклонных пучков, в частности с *астигматизмом* (см.). При повороте глаза в разные стороны дальняя точка глаза описывает дуги с центром в центре вращения глаза. Сфера, проходящая через дальнюю точку и имеющая центром центр вращения глаза, называется сферой дальней точки. На фиг. 6 Z'—центр вращения глаза, F'—задний фокус линзы, совпадающей с дальней точкой, $KF'K'$—сфера дальней точки, T'—место изображения (для данного угла наклона) точки, образованного меридиональными лучами, S'—место изображения, образованного сагитальными лучами. Находя положение точек T' и S' для разных углов наклона, можно построить две поверхности, одну TT, проходящую через все точки T', т. е. фокальную поверхность меридиональных лучей, другую SS, проходящую через все точки S', т. е. фокальную поверхность сагитальных лучей. Эти поверхности не совпадают друг с другом и со сферой дальней точки; они совпадают только в F'. Падающий на очковую линзу параллельный пучок от удаленной точки, лежащей под некоторым углом на оси линзы, даст два изображения (в виде линий) T' и S' на поверхностях изображения для меридиональных лучей и для сагитальных лучей (фиг. 6). На

сфере дальней точки этот пучок даст кружок рассеяния, при этом тем больший, чем больше наклон пучка. Так. обр. при вращении глаза на некоторый угол все точки объекта дадут на сфере дальней точки кружки



Фиг. 6.

рассеяния, и объект будет виден нерезким, размытым. Разность расстояний BS' и BT' (фиг. 6) дает величину астигматизма для данного угла наклона. В очковой оптике астигматизм линзы выражается в диоптриях. Если рефракция линзы для меридиональных лучей равна $T = \frac{1}{BT'}$, а рефракция линзы для сагитальных лучей равна $S = \frac{1}{BS'}$ и если BT' и BS' выражены в *м*, то

$$A = T - S \quad (13)$$

дает величину астигматизма в диоптриях. Для линз одной величины и знака рефракции, но различной формы, астигматизм для одного и того же угла наклона будет различен. Наибольшие значения астигматизма для наклонных пучков имеют линзы биформы, наименьшие значения—линзы менисковой формы. Для нескольких значений рефракции и для четырех типов очковых линз величины астигматизма даны в приводимой ниже таблице.

Все данные таблицы выражены в диоптриях и относятся к видимому углу наклона для положительных линз в 35° и для отрицательных в 30°. С увеличением значения рефракции астигматизм очковой линзы для наклонных пучков увеличивается. Так. обр. астигматизм очковой линзы (особенно для более сильных линз) значительно суживает полезное поле зрения. Путем особых расчетов можно найти такие радиусы кривизны передней и задней поверхностей очковой линзы, при к-рых величина астигматизма для наклонных пучков даже для углов наклона до 30—35° будет не более 0,03—0,04 D. Линзы, удовлетворяющие этому требованию, имеют менисковую форму. Для каждой величины рефракции существует две формы анастигматич. линз: более изогнутые линзы (формы Wollaston'a) и менее изогнутые линзы (формы Ostwalt'a); последняя наиболее распространена. Анастигматич. очковые линзы рассчитываются на определенное расстояние вершины задней поверхности от центра вращения глаза (обычно 25 *мм*), т. е. на определенное расстояние линзы от вершины роговицы (12 *мм*). Анастигматич. линза, рассчитанная на это расстояние и поставленная перед глазом на друг. расстояние, может не дать тех преимуществ по сравнению с обычными линзами, которые она должна дать. Анастигматич. линзы м. б. изготовлены для

Величины астигматизма.

Вершинная рефракция V_2	Рефракция на краю линзы: для сагитальных пучков S	Рефракция на краю линзы: для меридиональных пучков T	Астигматизм A
Би-форма			
+ 2	+ 2,27	+ 3,49	+ 1,22
+ 8	+ 9,49	+17,17	+ 7,68
+16	+21,89	+63,79	+41,90
− 2	− 2,19	− 2,88	− 0,69
− 8	− 8,90	−11,64	− 2,74
−16	−19,57	−27,34	− 7,77
План-форма			
+ 2	+ 2,19	+ 3,13	+ 0,94
+ 8	+ 8,35	+10,97	+ 2,62
+16	+16,97	+22,97	+ 6,00
− 2	− 2,13	− 2,68	− 0,55
− 8	− 8,12	− 8,96	− 0,84
−16	−15,87	−16,09	− 0,22
Перископическая форма			
+ 2	+ 2,11	+ 2,76	+ 0,64
+ 8	+ 8,11	+ 9,94	+ 1,83
+16	+16,85	+21,84	+ 4,99
− 2	− 2,08	− 2,47	− 0,39
− 8	− 7,95	− 8,42	− 0,47
−16	−15,64	−15,41	+ 0,23
Менисковая форма			
+ 2	+ 1,89	+ 1,94	+ 0,05
+ 8	+ 7,55	+ 7,87	+ 0,32
+16	+16,40	+20,12	+ 3,72
− 2	− 1,94	− 1,99	− 0,05
− 8	− 7,56	− 7,20	+ 0,36
−16	−17,29	−16,21	+ 1,08

значений рефракции от −24 до +8 D. Анастигматические положительные линзы сильнее +8 D не м. б. изготовлены с обычными сферич. поверхностями. Анастигматич. линзы, значительно расширяя полезное поле зрения, давая возможность пользоваться и краевыми частями линзы при повороте глаза (без поворота головы), представляют очень большое преимущество перед линзами обычных форм, поэтому несмотря на их высокую стоимость эти линзы за границей получили значительное распространение. Впервые анастигматические (пунктальные) очковые линзы были выпущены фирмой Цейсс под названием «Punktal Gläser».

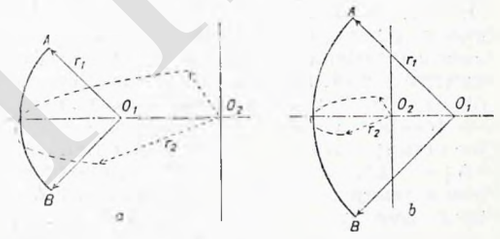
Очковые линзы для корригирования афакии. Афакическим глазом называется глаз, лишенный хрусталика (после оперативного удаления помутневшего хрусталика). При отсутствии хрусталика рефракция глаза изменяется. Нормальный средний глаз имеет рефракцию +58,64 D, при отсутствии хрусталика рефракция того же глаза равна +43,05 D. Положение дальней точки для такого афакического глаза равно +85,9 *мм*, т. е. такой глаз может рассматриваться как гиперметропич. глаз +11,6 D. Поэтому для корригирования афакии применяются положительные сферические линзы. Если глаз до удаления хрусталика был или миопическим или гиперметропическим, и величина аметропии была равна A, то после удаления хрусталика глаз должен корригироваться очковой линзой, равной ок. +11,6 D+A. Точные значения рефракции необходимой линзы определяются обыч-

ными приемами. Выше указано, что для рефракции более +8 D невозможно получить анастигматических (пунктальных) линз простым подбором соответствующих радиусов кривизны. Такие анастигматические линзы с большой положительной рефракцией (а в частности для случая афакии) изготовляют, делая одну из поверхностей линзы асферической по кривой, полученной по специальному вычислению, а другую—сферической. Асферические линзы, предложенные Gullstrand'ом, изготовляются фирмой Цейсс под названием «Katralgläser». Астигматизм катральных линз очень незначителен; для линз +14 и +16 D он равен +0,11 D и +0,33 D (ср. с астигматизмом для би-формы в таблице). Изготовление катральных линз требует большой тщательности, они значительно дороже даже обычных менисков.

Очковые линзы для корригирования астигматизма. Если одна или несколько поверхностей оптич. системы глаза имеют различные радиусы кривизны в различных направлениях (меридианах), то рефракция глаза в различных меридианах будет различна. Параллельный пучок от удаленной точки соберется на сетчатке и даст изображение в виде линии только для одного сечения глаза, для перпендикулярного первому сечению он соберется в виде линии же (перпендикулярной к первой) или ближе или дальше сетчатки (явление астигматизма глаза на оси). Если в одном меридиане, напр. вертикальном, рефракция глаза нормальная, а в горизонтальном—миопическая или гиперметропическая, то при рассматривании удаленного креста из перекрещивающихся вертикальной и горизонтальной линий, на сетчатке получается резкое изображение горизонтальной линии, размытое—вертикальной, как получающееся перед или позади сетчатки. Для корригирования астигматизма служат цилиндрические очковые линзы. Обычно одна поверхность цилиндрич. линзы плоская, другая цилиндрическая—вогнутая или выпуклая. Линия, проходящая через центр цилиндрич. линзы и параллельная образующей цилиндра, называется осью цилиндрич. линзы. Плоскость, проходящая через ось цилиндрич. линзы, пересекает обе поверхности по прямой линии, следовательно радиусы кривизны обеих поверхностей в этом сечении равны бесконечности, а рефракция по формулам (3) и (4) равна нулю. Плоскость, наклонная к оси цилиндра, пересекает их по кривой; чем больше угол между этой плоскостью и осью цилиндра, тем больше кривизна этого сечения. Плоскость, перпендикулярная к оси цилиндра, пересекает цилиндрич. поверхность по кривой максимальной для данного цилиндра кривизны. В этом сечении цилиндрич. линза имеет максимальную рефракцию. Фокусное расстояние, главная и вершинная рефракции цилиндрической очковой линзы определяются так же, как и для сферической; они относятся к меридиану, перпендикулярному к оси цилиндра. Если в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра, рефракция будет D_0, то в плоскости, наклонной к оси под углом φ, рефракция будет $D = D_0 \sin^2 \varphi$; в плоскости, проходящей через ось, $\varphi = 0$ и $D = 0$. Цилиндрич. очковые линзы нумеруются по задней вершинной рефракции, отнесенной к плоской поверхности. При установке цилиндрич. линзы перед астигматич. глазом ось цилиндра помещается параллельно тому меридиану глаза, для к-рого рефракция нормальна.

Если глаз имеет аметропию различного значения в двух перпендикулярных меридианах, то она корригируется сферо-цилиндрическими очковыми линзами. Сферо-цилиндрические очковые линзы изготовляются так, что одна поверхность делается сферической, другая—цилиндрической. Если глаз имеет в одном меридиане, например вертикальном, аметропию $+K_1$ диоптрий, а в горизонтальном $+K_2$ диоптрий, то для полного корригирования надо дать очковую линзу, к-рая в двух меридианах имеет такую же рефракцию. Если $K_2 > K_1$, то ось цилиндра устанавливается вертикально. Вообще ось сферо-цилиндрич. линзы устанавливается в том меридиане, в к-ром аметропия глаза меньше. Данный глаз имеет общую гиперметропию $+K_1$ плюс астигматизм, в горизонтальном сечении имеющий величину $+(K_2 - K_1)$. Общая гиперметропия корригируется сферич. элементом сферо-цилиндрич. линзы, а астигматизм — цилиндрич. элементом. Сферо-цилиндрич. линзы нумеруются по их задней вершинной рефракции в двух перпендикулярных меридианах.

Сферо-цилиндрическая очковая линза для одного и того же значения астигматизма глаза м. б. изготовлена самыми разнообразными комбинациями значений рефракции сферич. и цилиндрич. поверхности. Наиболее выгодной формой в смысле уменьшения астигматизма для наклонных пучков является сферо-цилиндрич. мениск, у к-рого одна сторона выпуклая, а другая вогнутая, хотя и в этом случае астигматизм наклонных пучков имеет значительную величину. Более совершенными в этом отношении являются сферо-торические линзы, у к-рых одна поверхность сферическая, другая—торическая, образованная вращением дуги круга AB около оси, проходящей через O_2 (фиг. 7, а и б). При $r_1 < r_2$ поверхность называется колбасообразной торической поверхностью (фиг. 8, а), при $r_1 > r_2$—бочкообразной торической поверхностью (фиг. 8, б). Для обеих форм показаны (фиг. 8) план-торическая положительная и план-торическая отрицательная линзы. Если

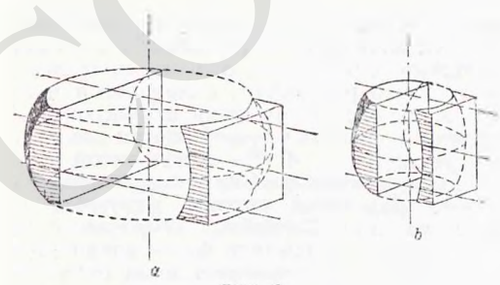


Фиг. 7.

вместо плоской поверхности сделать сферическую соответствующего радиуса, то получим сферо-торич. линзу. Т. обр. торическая поверхность имеет разные радиусы кривизны в разных меридианах, она эквивалентна

двум цилиндрич. поверхностям разных радиусов с осями, перпендикулярными друг к другу. Сферо-торич. линзы не м. б. совсем освобождены от астигматизма для наклонных пучков, т. о. нельзя иметь анастигматические сферо-торич. линзы. Вычислением можно найти значения радиусов кривизны сферо-торич. линзы, при к-рых астигматизм имеет сравнительно небольшую величину. Такие линзы называются сферо-торич. линзами наиболее целесообразного гнутия (Gläser zweckmässiger Durchbiegung, punktförmig, punktähnlich). Для афакич. астигматич. глаза приходится употреблять более сложные формы, именно асферо-торические линзы, т. е. линзы, одна поверхность которых асферическая, другая торическая. Такая форма имеет очень небольшой астигматизм для наклонных пучков. Подобные линзы требуют большой точности выполнения, и их стоимость очень высокая.

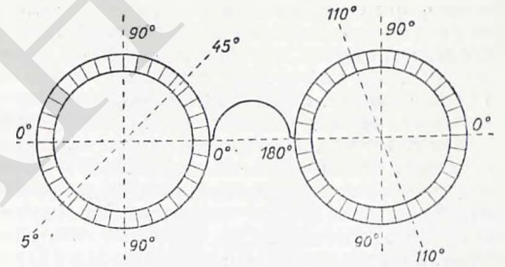
При установке в очках сферо-цилиндрической или сферо-торич. линзы необходимо, чтобы ось цилиндра была установлена пра-



Фиг. 8.

вильно по отношению к соответствующему меридиану глаза. Положение оси цилиндра обозначается в рецептах по т. н. стандартной системе. На фиг. 9 О. изображены так, как они обычно изображаются в рецептах, т. е. со стороны врача (правый глаз налево, левый направо). Деления идут от 0 до 180°, после 180° деления повторяются. На фиг. 9 изображено положение оси для правого глаза 45°, для левого 110°.

Очковые линзы для работы и чтения. Глаз, корригированный очковой линзой так, чтобы резко видеть удаленный объект, для рассматривания близких объектов должен применять аккомодационное усилие. В молодом возрасте это вполне возможно, и при О. для дали можно резко видеть и близкие объекты. При уменьшении с возрастом предела аккомодации (пресбиопия) это делается труднее и наконец становится невозможным. Приходится давать различные очковые линзы для дали и для чтения. Уменьшение аккомодации заключается в том, что вследствие уменьшения эластичности хрусталика, ближняя точка глаза, резкое изображение которой на сетчатке получается при максимальной аккомодации, удаляется и при полной потере аккомодации совпадает с дальней точкой. Если глаз имеет нормальную рефракцию, то при наличии полной *пресбиопии* (см.) для рассматривания близких объектов он нуждается в положительной сферической линзе, к-рая устанавливается так, чтобы ее передний фокус совпадал с плоскостью рассматриваемого объекта. Из линзы выйдут параллельные пучки и дадут на сетчатке резкое изображение. Если глаз миопический или гиперметропический, то,



Фиг. 9.

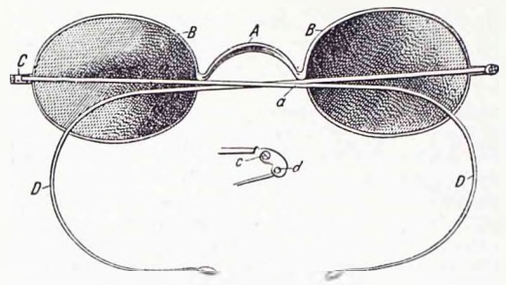
при полной пресбиопии, к линзе, корригирующей данную степень аметропии, надо прибавить линзу, передний фокус которой опять совпадает с плоскостью объекта. Из этой дополнительной линзы выйдут параллельные пучки, к-рые соберутся основной линзой в ее заднем фокусе, совпадающем с дальней точкой глаза, на сетчатке опять получится резкое изображение. Обычно такие две линзы для чтения заменяются одной с рефракцией, равной алгебраич. сумме рефракций обеих линз. Напр. глаз корригируется для дали линзой −5 D, требуется линза для чтения на расстоянии 33 *см* (=3 D) и рефракция (приближенно) равна $-5+3 = -2$ D. Если глаз еще сохраняет нек-рую величину аккомодации, то обычно, чтобы дать упражнение мышцам, сокращающим хрусталик, и совершенно не атрофировать их, дополнительная линза или дополнительная рефракция основной линзы уменьшается на величину остаточной аккомодации. Нек-рые иностранные очковые фирмы выпускают особые дополнительные оправы с линзами для чтения, надевающимися при помощи крючков на основании О. для дали. Если линза не имеет астигматизма для наклонных пучков от удаленного объекта, то, вообще говоря, это значит, что она не будет иметь астигматизма для объекта на близком расстоянии, но специальные вычисления показывают, что астигматич. линзы, вычисленные для дали, при употреблении их на близком расстоянии, дают сравнительно небольшое значение астигматизма. Если глаз нуждается в очковых линзах только для чтения, то анастигматич. линзы м. б. изготовлены на основании значений соответствующих радиусов кривизны. Для афакич. глаза катральные линзы, вычисленные для дали, нельзя употреблять для чтения, для такого глаза нужно дать особые катральные линзы, рассчитанные на определенное расстояние.

Часто удобно иметь не две пары О. для дали и для чтения, а одну, к-рая служила бы для обоих случаев. Такие О. делаются с бифокальными линзами. Бифокальная линза в одной своей части имеет рефракцию, соответствующую коррекции для дали, а в другой—рефракцию, соответствующую коррекции для чтения. Бифокальные линзы имеют четыре формы. Линза первой формы представляет две половины разных линз, разрезанных по диаметру, причем половина одной линзы складывается с половиной дру-

гой и т. о. зажимается в оправу (Франклиновы О.). Вторая форма—линза для дали, к к-рой канадским бальзамом приклеивается дополнительная линзочка для чтения. Третья форма—линза для дали, в к-рой делается углубление, в него вкладывается по размеру кусок стекла другого показателя преломления, их сплавляют или склеивают и шлифуют вместе. Радиус кривизны внутренней части этой дополнительной линзочки выбирается согласно ее показателю преломления так, чтобы часть основной линзы вместе с дополнительной дали нужную рефракцию. Четвертая форма—цельные бифокальные линзы, у которых на одной из поверхностей, изготовленной с определенным радиусом кривизны, вышлифовывается небольшая часть с другим радиусом кривизны. Бифокальные линзы обычно изготовляются менисковой формы. Форма дополнительной части бифокальной линзы бывает самая разнообразная, чаще всего она встречается в виде круга или двухугольного овала. Когда аккомодация значительно понижена, применяются трифокальные линзы. Одна часть линзы служит для дали, вторая для чтения, третья для среднего расстояния. Для астигматич. глаза бифокальные линзы изготовляют так, что цилиндрич. или торич. поверхность находятся на стороне, противоположной дополнительной части.

Призматические очковые стекла назначаются при различных аномалиях мышечного аппарата глаза. Они характеризуются и нумеруются по даваемому ими отклонению светового луча. Отклонение луча призмой измеряется в призменных диоптриях, обозначаемых Δ и характеризующихся величиной отклонения луча на 1 *см* на расстоянии от призмы в 1 *м*. Если призматич. стекло имеет 2,5 Δ, то оно дает лучу отклонение в 2,5 *см* на расстоянии 1 *м* или 5 *см* на расстоянии 2 *м*. Очковые призматич. стекла нумеруются иногда по углу отклонения, выраженному в центрадах Cr (одна сотая радиана, или 0.573°). Для малых углов отклонения эти две нумерации численно совпадают, для больших углов они несколько различаются, так 20 Δ = 19,774 Cr. Отклонения, по величине которых нумеруются очковые призмы, относятся к плоскости, перпендикулярной к ребру призмы. Диаметр призмы, перпендикулярный к ребру ее, называется линией вершина-основа'ние. В плоскости, перпендикулярной к этой линии, отклонение будет равно нулю, во всякой другой плоскости под углом φ к этой линии отклонение будет $\Delta = \Delta_m \cos\varphi$. Если глаз аметропический и кроме того требует применения призмы, то призматич. действие можно получить децентрированием сферич. линзы, причем отклонение равно $\Delta = cD_{12}$, где D_{12}—главная рефакция линзы, а c—смещение оси в *см*. Аналогичное призматич. действие можно получить и децентрировкой сферо-цилиндрич. линзы, если глаз нуждается в ее применении и кроме того требует призмы. Анастигматич. призматич. стекла изготовляются при помощи поворота анастигматич. линзы около центра вращения глаза.

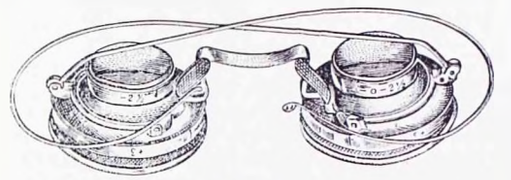
Очковые оправы. Основное требование предъявляемое к установке очковых линз в очковой оправе,—точная центрировка их по глазам и неизменность этой центрировки. Последнее м. б. выполнено правильно подобранной очковой оправой. Очковые оправы изготовляются: 1) металлические с ободком и без ободка, гл. обр. из никелина, 2) металлические, обтянутые частично или целиком, 3) неметаллические—черепаховые, роговые, эбонитовые, галалитовые и т. п. Основные части оправы (фиг. 10): переносье A (средина его называется седлом), ободки B, шарниры C, заушники D (прямые, с жесткими крючками, с мягкими, витыми крючками). В заушнике различают: основание a и витую часть. Для соединения шарниров и оснований заушника употребляются два винта c и две шпильки d. На конце витой части помещается небольшой прилив грушевидной формы. Переносье оправы изготовляется W-формы или C-формы; W-форма более удобна, т. к. позволяет более точно подогнать оправу по строению лица пациента. Оптич. ось каждого стекла должна проходить через центр зрачка, расстояние между осями обеих линз должно соответствовать расстоянию между центрами зрачков.



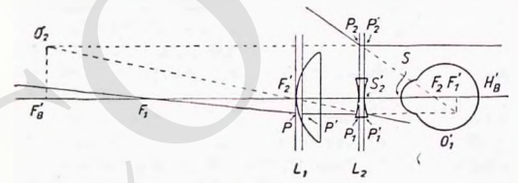
Фиг. 10.

Пенснэ. Другим видом укрепления очковых стекол перед глазами является пенснэ. Пенснэ укрепляется различного вида пружинами на переносице и не имеет заушников. Пенснэ изготовляются с ободками и без ободков, в последнем случае очковые линзы прикрепляются к мостику пенснэ при помощи лапок и винтов, проходящих через отверстие в стеклах. Для правильной установки очковых стекол мостик пенснэ должен быть тщательно подобран по строению носа пациента. Пенснэ старых типов, где мостик может раздвигаться, крайне неудобны, в виду крайней затруднительности обеспечить правильную установку стекол по глазам и ее постоянство. Для астигматиков пенснэ вообще не могут применяться за исключением пенснэ типа Фищу, к-рые при правильном подборе оправы могут до нек-рой степени обеспечить правильность установки и ее постоянство. В этом типе расстояние между центрами стекол не изменяется и не изменяется их взаимный наклон.

Телескопические О. Очень сильно пониженная острота зрения, обычная при сильных степенях миопии, встречается также и при нормальной рефракции и при гиперметропии. Глазу с пониженной остротой зрения надо дать увеличивающую оптич. систему, к-рая кроме увеличения давала бы коррекцию данной степени аметропий. Такой системой служат—телескопич. О. Оптич. система телескопич. О. состоит из двух линз (для каждого глаза)—положительной и отрицательной. Телескопич. О. представляют систему бинокля Галилея (фиг. 11). Передняя линза L_1—положительная в виде слабо прогнутого мениска, вторая L_2—сильная отрицательная ахроматич. линза. Обе линзы (для каждого глаза) находятся на постоянном расстоянии. Положительная линза L_1 (объектив) дает уменьшенное обратное изображение $F_1'O_1'$ удаленного объекта в ее задней фокальной плоскости. Передний фокус отрицательной линзы (окуляр) находится в F_2. По обычным правилам построения изображения можно получить изображение $F_1'O_1'$ через отрицательную линзу L_2. Луч $O_1'P_1'$ идет параллельно оси, а после отрицательной линзы через ее задний фокус F_2'. Луч $O_1'P_2$ идет через передний фокус F_2 и затем параллельно оси. Так. образ. получается прямое увеличенное изображение $O_2'F_B'$. В данном случае задний фокус объектива не совпадает с передним фокусом окуляра. Окуляр приближен к объективу. Окончательное изображение $O_2'F_B'$ удаленного объекта должно совпадать со сферой дальней точки глаза, причем задняя главная точка ближе к глазу, чем передняя. Заднее фокусное расстояние этой системы—$H_B'F_B'$, а ее вершинное расстояние—$S_2'F_B'$. Задняя вершинная рефракция такой системы значительно больше ее главной рефракции, в виду того что $S_2'F_2' < H_B'F_2'$. Выбором величины рефракции передней и задней линзы и их взаимного расстояния можно получить систему заданной вершинной рефракции и увеличения. Телескопич. О. нумеруются по их задней вершинной рефракции (всей системы) и по даваемому ими увеличению. Телескопич. О. выпускаются фирмой Цейсс с увеличением 1,3 и 1,8 и с рефракцией от −6 до −40 D и от 0 до +15 D. Оптич. система для каждого глаза укрепляется в легкую алюминиевую оправу (фиг. 12). Вес телескопич. О. равен


Фиг. 12.

30 *г*. Телескопич. О. имеют анастигматич. системы. Для астигматич. глаза, имеющего кроме того аметропию и нуждающегося в телескопич. О., задняя поверхность второй линзы изготовляется торической. Для работы телескопич. очки имеют подобную же форму, только выполняются по особому вычислению. Подбор телескопич. О. требует особой тщательности. Правильно подобранные и изготовленные телескопич. О. часто практически слепому позволяют работать. Требования к О. установлены Главн. палатой мер и весов и опубликованы в брошюре.



Фиг. 11.

Лит.: Мурашкинский В. Е., Мерц А. И., Майзель С. О., Мильк Г. А., Офтальмологич. оптика, Л., 1928; Очковые стекла и приборы для измерения их оптич. свойств, Постановления президиума ВСНХ СССР, Правила и такса, Л., 1927; Гассовский Л. Н., Расстройства бинокулярного зрения как следствие некорригированной аметропии, «Освещение промышленных предприятий», Москва, 1930; его же, «Русский офтальмологический журнал», Москва, 1927—28; его же, «Труды Всесоюзного Съезда глазных врачей», М., 1927; Emsley H. a. Swaine W., Ophthalmic Lenses, London, 1928; Hencker O., Einführung in die Brillenlehre, 2 Auflage, Weimar, 1927; Brückner A., Grundzüge d. Brillenlehre f. Augenärzte, B. 1, B., 1924; Rohr M., Die Brille als optisches Instrument, Berlin, 1921; Gleichen A. u. Klein E., Schule d. Optik, 3 Aufl., Stg., 1921; Swaine W., Ophthalmo-optical Manual, L., 1924; Greeff R., Lehrbuch d. Formen u. Fassungen d. Augengläser u. ihrer Verwendungen in d. Praxis, Jena, 1925; «Ztschr. f. ophthalmologische Optik», B.; «Zentralzeitung f. Optik u. Mechanik», B.; «The Optician», L. **В. Мурашкинский.**

Анизометропические очки, по своему внешнему виду мало отличающиеся от телескопических, состоят из трех пар линз и позволяют обеспечить зрение двумя глазами лицам с очень большой разницей в аметропии обоих глаз. В особенности важно их применение в тех случаях, когда хрусталик одного из глаз удален.

Призматические лупы, очковые приборы, имеющие своим назначением ослабить напряжения аккомодирующих и конвергирующих мышц, что бывает при длительной, непрерывной работе на производствах, где рабочие имеют дело с очень мелкими деталями (часовщики, граверы и др.).

Телескопические лупы, приборы, имеющие вид призматич. бинокля, укрепленного особым кожаным ремнем на голове человека, относятся к разряду сложных очков, или очковых приборов. Применяются при сильных ослаблениях зрения, когда телескопич. О. помочь уже не могут (фиг. 13).

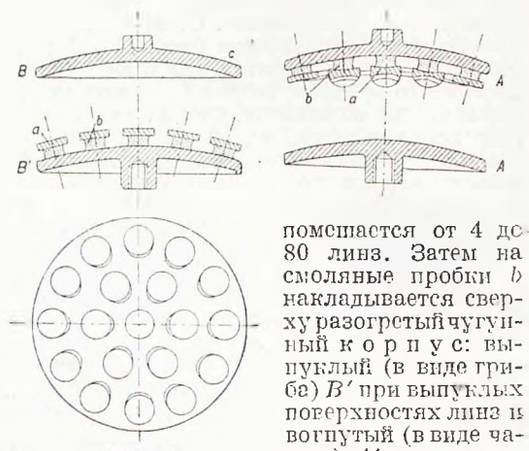
Производство очковых линз. В качестве исходного материала для очковых линз применяется *оптическое стекло* (см.) в виде зеркальных пластин разной толщины или в виде кусков стекла определенного веса. В настоящее время только равносторонние линзы до ± 3,0 D и цилиндрические изготовляют непосредственно на заводах очкового производства: первые из плоских кружков, вторые из плоских квадратов толщиной до 5 *мм*; все же остальные линзы поступают в производство с близкой к требуемой кривизной поверхностей. При этом для придания стеклу соответствующей кривизны поверхностей применяют или способ гнутия на шамотовой форме в муфельной печи или способ прессования стекла. Первый способ применяется для изготовления вогнутых стекол (перископические, мениски, торические и


Фиг. 13.

усовершенствованной формы); второй способ применяется в тех случаях, когда стеклу необходимо придать любую комбинацию радиусов кривизны обеих поверхностей (сферические цилиндрические и др.). Очковые стекла, полученные одним из указанных способов, перед тем как поступить в дальнейшую обработку, подвергаются тщательному исследованию для определения наличия натяжений, трещин, свилей, пузырьков. Годные куски идут на завод для обработки.

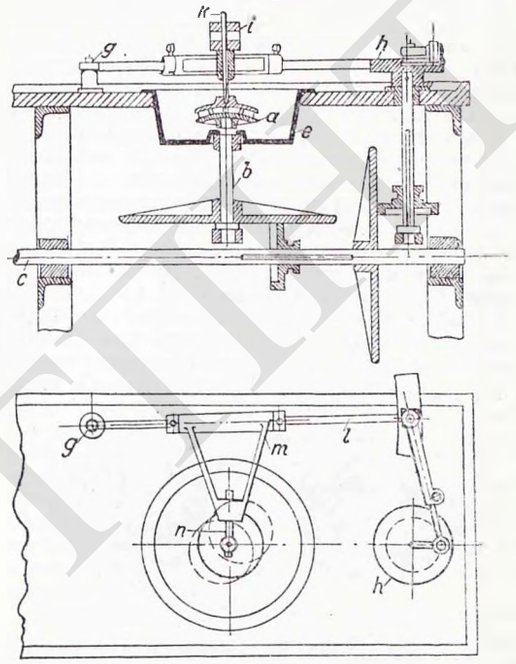
Обработка очковых стекол состоит из трех процессов: шруповки (обдирки), шлифовки и полировки. При обдирке, к-рую производят при помощи грубых крупнозернистых материалов (хорошо просеянный, морской или речной, кварцевый песок), стеклу придают приблизительно правильную форму требуемой поверхности. Правильность проверяют обыкновенными шаблонами (плоский отрезок круга требуемого радиуса). Шлифовкой сглаживают крупнозернистую (матовую) поверхность стекла, доводя ее до мелкозернистой, причем постепенно меняют шлифующие материалы (м и н у т н и к и) от более крупных 5-минутников до мелких 15- и 30-минутников. Происхождение названия «минутник» обязано методу отмучивания шлифующего материала: не осаждающийся из воды на дно в течение 5 мин. называется 5-минутником и т. д. На очковых з-дах для массового отмучивания шлифующего материала применяются специальные установки, состоящие из системы бетонных корыт, ступенчато (одно ниже другого) расположенных и снабженных каждое валом с лопастями. Вращая вал в верхнем корыте, сообщают воде со шлифующим материалом определенную скорость, при к-рой на дно корыта осядут зерна определенного номера, а во взвешенном состоянии останутся более мелкие. Сливают затем воду в следующее нижнее корыто и вращают его вал с меньшей скоростью и т. д. до самого нижнего корыта со все уменьшающимися скоростями вращения лопастей. Т. о. на дне каждого корыта получаются зерна только одного номера. Полировка состоит в удалении мельчайших неровностей, оставшихся на стекле от предыдущих процессов. В результате полировки поверхность стекла приобретает глянец, линза становится вполне прозрачной. В большинстве случаев полировка производится микроскопически мелкими частицами (0.003—0,006 *мм*) *крокуса* (см.), к-рым смазывают (увлажнив в воде) сукно или войлок (фильц), наклеиваемый при помощи смолы на поверхность специальной полировочн. чашки. При большом расходовании крокуса в производстве его очищают от посторонних примесей, отмучивают и вновь пускают в производство, чем удешевляется продукция.

При изготовлении с ф е р и ч е с к и х л и н з прессованные линзы (наиболее широко распространенный способ) в разогретом состоянии наклеивают на особые пробки (лепешки), сделанные из смоляной массы. После этого линзы *a* чистой поверхностью притирают к слегка смазанной маслом формовочной чашке (фиг. 14) соответствующего радиуса, но противоположной кривизны поверхности линзы: для вогнутых поверхностей берется выпуклая чашка A, для выпуклых—вогнутая B. На чашке в зависимости от кривизны



Фиг. 14.

помещается от 4 до 80 линз. Затем на смоляные пробки b накладывается сверху разогретый чугунный к о р п у с: выпуклый (в виде гриба) B' при выпуклых поверхностях линз и вогнутый (в виде чашки) A' при вогнутых. Смола с линзами при остывании корпуса приклеивается к нему и формовочную чашку удаляют. Заготовленный так. обр. выпуклый корпус *a* (фиг. 15) с линзами (или выпуклая шлифующая чашка) навинчивается на вертикальный шпиндель b шлифовального станка. Вал c при помощи дисковой или фрикционной передачи передает вращение шпинделю b и эксцентриковой шайбе h. Скорость вращения шпинделя и шайбы можно регулировать. Рычаг l качается взад и вперед около оси g в горизонтальной плоскости с помощью передаточного рычага, соединенного с шайбой h. Качание рычага l передается

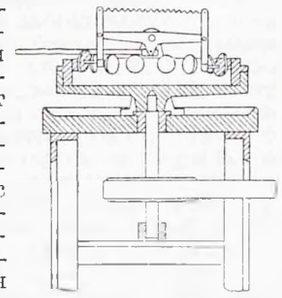


Фиг. 15.

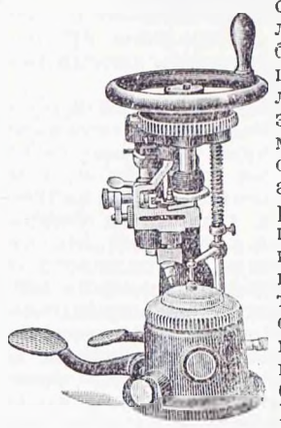
на верхнюю чашку (шлифующую чашку или корпус) посредством тр-ка m и стержня n с поводком k, который имеет шарообраз-

ный наконечник, входящий в соответствующее гнездо чашки. Верхняя чашка получает простое колебательное движение около оси g взад и вперед и увлекается во вращательное движение нижней чашкой. По мере надобности на поводок k накладываются грузы i для получения достаточного давления верхней чашки на нижнюю. Таз *e* предохраняет станок от загрязнения отлетающими брызгами воды со шлифующим материалом. Процесс полировки совершается на полировочном станке, ничем не отличающемся по своей конструкции и методам работы от шлифовочного станка.

При изготовлении ц и л и н д р и ч. л и н з вместо шлифующих чашек со сферич. поверхностью употребляют чашки с цилиндрич. поверхностями. Шлифовочные и полировочные станки строятся специальной конструкции. При помощи эксцентриситета нижней цилиндрической чашке сообщается поступательное движение взад и вперед, каждая же точка верхней чашки описывает небольшой круг с помощью эксцентрично насаженных на два вертикальных шпинделя поводков с шарообразными наконечниками, или верхняя чашка получает поступательное движение, перпендикулярное движению нижней чашки. Для изготовления т о р и ч е с к и х л и н з пользуются по б. ч. прессованными стеклами. Наклейка этих линз д. б. произведена весьма точно: оси всех линз одного кольца (линии сечений их слабейшего оптического действия) должны лежать по окружности в одной плоскости. Шлифовку и полировку торич. линз производят на специальных станках весьма различной конструкции, из к-рых б. или м. широкое распространение получили нек-рые америк. модели различных фирм (The Standard Optical Co., Geneva, American Optical Co., Southbridge). На фиг. 16 изображен тип станка с корпусом в форме кольца, на наружную или внутреннюю поверхность к-рого в один ряд наклеиваются линзы. Такие станки делаются многошпиндельными с горизонтально расположенными кольцами, получающими вращение от вертикальных шпинделей для внутренней и наружной торич. поверхности и с вертикально расположенными кольцами на горизонтальном общем валу для наружных торич. поверхностей. Диаметрально расположенная пара шлифующих чашек прижимается к линзам пружиной и имеет поступательное поперечное движение. Для изготовления б и ф о к а л ь н ы х л и н з из одного куска существует несколько конструкций станков, разделяющихся на станки для изготовления линз с видимой линией раздела и станки для линз с невидимой линией раздела. Бифокальные линзы из двух сплавленных или склеенных частей шлифуют и полируют на особых станках для одиночной шлифовки. Из мастерских


Фиг. 16.

з-да после тщательного контроля выходят линзы с необточенными краями, «сырые». Перед вставлением в оправу их обрезают и обтачивают по размерам ободков и просверливают отверстия для винтов. Современные мастерские употребляют станочки для о б р е з к и линз алмазом. На фиг. 17 изображен станок для обрезки линз по копиру. К главным преимуществам этого станка относятся: возможность установки алмаза перпендикулярно обрезываемой поверхности, возможность точной установки направления оси у цилиндрич. и торич. линз; возможность быстрой (в несколько ск.) смены копиров; абсолютная точность обрезки линзы любых формы и размера; возможность обрезки линз по специально изготовленному копиру любой формы огибающей. О б т о ч к а (калибрирование) линзы производится при массовом производстве на специальных автоматах с диаметром камня до 650 *мм*, при этом в качестве шлифовальных камней теперь исключительно применяются мало снашивающиеся нортоновские искусственные карборундовые камни. Просверливание отверстий в линзе в настоящее время быстро и точно производится при помощи алмазного сверла на сверлильном станке.


Фиг. 17.

Изготовление очковых оправ. Каждый тип (фасон) оправ (фиг. 10) в производстве разбивается на ряд серий (номеров). О материалах, применяемых для оправ, см. выше. Винты и шпильки изготовляют из хартмикеля и мельхиора. Для прилива в витой части (о л и в к и) применяют часто олово. П е р е н о с и ц а изготовляется из проволоки ⌀ 2 *мм*. Материал на вальцовочном станке доводится до желаемого профиля (овала). Провальцованная проволока пропускается на верстачных ножницах через фасонное ушко до упора и режется на заготовки, у к-рых на малом прессе загибаются концы. Затем на фрезерных станках в обоих загибах переносицы профрезовываются углубления для впайки ободков. Фасон изгиба, отвечающий номеру оправы, придается переносице уже в собранном виде после спайки с ободками. В верхний выгиб переносицы укрепляется пробковая или роговая прокладка (предохранение от *t*°-ных колебаний). О б о д к и в соответствии с формой линз изготовляются: круглые, овальные, пантоскопические, подковообразные и черепицеобразные. Наиболее распространены первые 2 формы. Изготовление начинают с пропуска проволоки через вальцовочный станок. Провальцованная проволока поступает затем на загибочные вальцы, перематывающие проволоку соответственно фасону ободка в круглую или овальную спираль. При каждом полном обороте фасона

на проволоке автоматически делается зарубка, по к-рой спираль после снятия с загибочных вальцов режут кусачками на отдельные ободки. Ш а р н и р н о е с о е д и н е н и е ободков с заушниками слагается из тела шарнира, винта, скрепляющего обе половинки, шпильки или штифта и основания заушника. Конструкции шарниров и способы их обработки весьма разнообразны. Наибольшее распространение имеет глухой шарнир (фиг. 18), изготовляемый из полосового или пруткового материала. З а у ш н и к делается: прямой («дамский»), с коленом («мужской») и крючковый (наиболее распространенный). В изготовлении прямого и «мужского» заушников преобладают прессовочные операции; в изготовлении крючкового кроме завивки проволоки, дающей гибкую часть, встречается пайка.



Фиг. 18.

Заготовленные детали поступают в сборку, которая ведется постепенно отдельными сборочными комплектами (комплект заушника, комплект ободка с шарниром, комплект ободка с переносицей). После получения предварительных комплектов собираются вместе переносье и заушники. На специальной плите оправа доводится до точного размера, ободок рихтуется овальными клещами, заушник выправляется до правильного склонения и формы, и в таком виде оправа сдается в контрольную для определения ее доброкачественности и установления номера. Оправы запаковывают в конверты или коробочки и отправляют в торговые склады.

Производство очковых линз и оправ в СССР сосредоточивается на з-де № 19 в Павшине Московской области и на Гос. Витебской фабрике. Крупнейшие очковые фирмы за границей —American Optical Co. в США и фирма Nitsche & Günther в Германии.

Лит.: М у р а ш к и н с к и й В. Е., М е р ц А. И., М а й з е л ь С. О., М и л ь к Г. А., Офтальмологич. оптика, гл. 4, Л., 1928.

ОШИБКИ ИЗМЕРЕНИЙ И НАБЛЮДЕНИЙ, объективные и субъективные ошибки, неизбежно сопровождающие как процесс измерений, так и процесс наблюдений.

Ошибки измерений (О. и.). Измеряя несколько раз одну и ту же величину со всей доступной нам тщательностью, мы в разных областях научного исследования, где применяются такие измерения (в астрономии, физике, химии, геодезии и пр.), получаем нек-рое, хотя и очень небольшое, расхождение результатов между собою. Так, при измерении при помощи микрометра несколько раз подряд одного и того же расстояния между двумя намеченными точками, мы несомненно найдем, что полученные результаты не будут в точности одинаковы. Причины этого явления ясны: недостаточная отчетливость в отметке точек; при переходе от одного измерения к следующему небольшие изменения (напр. под влиянием изменений $t°$ и влажности воздуха) как самого объекта измерения, так и той мерки, с помощью к-рой производилось измерение; субъективный отсчет, зависящий от мгновенного состояния измерителя и могущий допустить случайное отклонение в ту или в другую сторону. Наконец ряд условий, связанных с различными видами наблюдения, вызывает эти колебания в результатах измерений. Принимают, что во всех таких случаях можно говорить о нек-ром «истинном» значении измеряемой величины; каждый отдельный результат измерения содержит «ошибку», которая равна разности между этим результатом и истинным значением измеряемой величины, причем это истинное значение в большинстве случаев неизвестно измеряющему. Вопрос о том, является ли принципиально допустимым во всех случаях говорить об истинном значении, есть вопрос теории познания. В качестве рабочей гипотезы это понятие оказывается весьма полезным.

Ошибки измерений различают систематические и случайные. С и с т е м а т и ч е с к о й называют ошибку, к-рая возникает под действием некоторой причины и потому сказывающуюся одинаково или приблизительно одинаково для всех повторных измерений. Сюда относятся ошибки, возникающие вследствие неправильного графления линейки, ошибочной конструкции весов и вообще всякой постоянной неправильности прибора, с помощью которого производится измерение. Сюда же надо отнести общие для всех ошибки, определяемые пространственными и временными условиями наблюдения или восприятия, в которых производится измерение (см. ниже ошибки наблюдения), и т. н. и н д и в и д у а л ь н ы е ошибки, т. е. регулярные, всегда в одну и ту же сторону и приблизительно одинаковые по величине погрешности, имеющие своей причиной личные свойства измерителя или наблюдателя, связанные с несовершенством рецепторных органов человека. Эти систематич. О. и., свойственные данному способу измерения, д. б. изучены до начала измерений и затем или предупреждаются правильной организацией условий измерения или должны исключаться из каждого полученного результата. Способы определения этих систематических ошибок для каждого прибора, а также и индивидуальных ошибок для каждого наблюдателя, равно как названных выше ошибок, вытекающих из общих психологич. условий наблюдения, разумеется, различны для различных измерительных процессов. С л у ч а й н ы м и называются ошибки, причины к-рых не имеют постоянного характера, но меняются от измерения к измерению, так что и ошибки, вызываемые ими, от случая к случаю могут иметь разную величину и даже разный знак. Сюда в значительной мере относятся О. и., возникающие благодаря изменениям $t°$, силы и направления ветра, влажности воздуха и т. п., а также случайные погрешности субъективного отсчета, гл. обр. зависящего от психологич. фактора колебаний внимания.

Говоря об общей теории О. и., почти всегда имеют в виду только случайные ошибки, т. к. методы исключения систематич. ошибок зависят от данного прибора и не м. б. сколько-нибудь общими. Особенностью случайных О. и. является прежде всего то, что они м. б. исключаемы, в отличие от систематич. О. и., только после уже произведенных измерений. Основными задачами теории являются следующие: 1) на основании произведенных измерений определить наивероятнейшее значение измеряемой величины и 2) оценить доброкачественность (надежность) полученного т. о. значения. Уже из этой постановки задач совершенно ясно, что они должны решаться методами теории вероятностей.

В основу теории, которая в главных чертах была разработана Гауссом, кладется задача: найти вероятность того, что ошибка окажется заключенной в данных пределах (a, b). Эта задача может быть решена различными способами; в основу каждого из них полагается та или иная гипотеза. Сам Гаусс выбрал за исходную точку постулат (требование), обычно называемый п р и н ц и п о м с р е д н е г о а р и ф м е т и ч е с к о г о: этот постулат состоит в том, что наивероятнейший вывод из системы равноточных измерений должен равняться среднему арифметическому полученных результатов. В настоящее время часто строят вывод на т. н. г и п о т е з е э л е м е н т а р н ы х о ш и б о к, состоящей в том, что ошибка каждого измерения представляет собою сумму большого числа весьма малых ошибок, причины к-рых действуют независимо друг от друга. Примем ли мы в основание вывода ту или иную из этих двух гипотез, результат математич. анализа в обоих случаях оказывается одинаковым: вероятность того, что О. и. окажется заключенной между x и $x+dx$, где dx—малое положительное число, равна $\frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2x^2} dx$; отсюда следует, что вероятность попадания ошибки в конечный промежуток (a, b) равна $\int_a^b \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2x^2} dx$. Это и есть известная формула Гаусса. Здесь h означает положительное число, постоянное для данного типа измерений, но различное для различных типов измерений. Легко убедиться, что для измерений с большим значением h сколько-нибудь значительные по абсолютной величине ошибки становятся очень мало вероятными, что свидетельствует о надежности измерений. Напротив, если h мало, то относительно крупные ошибки могут сохранять еще довольно значительную долю вероятности, вследствие чего измерения являются мало надежными. Поэтому величину h обычно называют м е р о ю т о ч н о с т и данного типа измерений. Мера точности д. б. известна для того, чтобы можно было практически подойти к решению поставленных задач. Теория Гаусса позволяет из самих произведенных измерений найти наивероятнейшее значение h. Именно, если произведено n измерений и $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ означают результаты этих измерений, а ξ среднее арифметическое этих чисел, то наивероятнейшее значение h равно

$$\sqrt{\frac{n}{2\sum_{i=1}^{n}(x_i-\xi)^2}}.$$

Это число h, являясь показателем доброкачественности измерений, и решает собою поставленную задачу; однако часто бывает удобнее оценивать точность измерения другими показателями, к-рые все тесно связаны с h и м. б. вычислены, если h известно. Наиболее употребительны три следующих.

1) В е р о я т н а я о ш и б к а—положительное число r, обладающее тем свойством, что вероятность быть меньше r для абсолютной величины ошибки равна в точности половине. Пользуясь приведенной выше формулой Гаусса, легко найти

$$r = \frac{0.476936}{h}.$$

2) С р е д н я я о ш и б к а ϑ — т. н. математическое ожидание абсолютной величины ошибки:

$$\vartheta = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} x|e^{-h^2x^2} dx = \frac{2h}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} xe^{-h^2x^2} dx = \frac{1}{h\sqrt{\pi}}.$$

3) С р е д н я я к в а д р а т и ч н а я о ш и б к а σ—квадратный корень из математического ожидания квадрата ошибки:

$$\sigma^2 = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 e^{-h^2x^2} dx = \frac{1}{2h^2},$$

откуда

$$\sigma = \frac{1}{h\sqrt{2}}.$$

Все три показателя обратно пропорциональны h и отличаются друг от друга только постоянными множителями. Эти выражения ясно показывают, что величина h характеризует собою точность измерений.

Если имеется ряд неравноточных измерений, то для совместной их обработки удобно вводить т. н. в е с а отдельных измерений. Весом измерения называют величину, пропорциональную квадрату меры точности и по возможности выражающуюся целым числом. Если мы имеем ряд измерений, меры точности к-рых соответственно равны $h_1, h_2, \ldots, h_n$, а веса $g_1, g_2, \ldots, g_n$, то $h_1^2 = g_1h^2$, $h_2^2 = g_2h^2$, …, $h_n^2 = g_nh^2$, где h^2—множитель пропорциональности; число h обыкновенно называют н о р м а л ь н о й (вернее было бы н о р м и р о в а н н о й) м е р о й т о ч н о с т и. Смысл введения весов заключается в том, что единичное измерение веса g можно считать равносильным группе из g измерений веса 1. Поэтому, если все веса выражены целыми числами, всю имеющуюся систему измерений можно заменить для математич. обработки системой измерений веса 1. Этим задача обработки неравноточных измерений сводится к измерениям равноточным. Нормальная мера точности h очевидно есть мера точности каждого из тех равноточных измерений (веса 1), к к-рым мы сводим первоначальный ряд неравноточных измерений.

Нормальная мера точности h в сущности есть величина совершенно произвольная. Ее удобно брать малою, потому что тогда веса измерений становятся большими и с небольшою относительной погрешностью м. б. заменены целыми числами. Однако при слишком больших весах вычисления становятся затруднительными; поэтому практически следует в каждом отдельном случае доводить h лишь до такой степени малости, чтобы округление весов до целых чисел не вызывало существенных искажений резуль-

татов. Не может существовать общего правила для этого выбора, в каждом отдельном случае приходится руководствоваться особым расчетом, к-рый при нек-ром навыке не вызывает больших затруднений.

Уже давно были замечены отдельные случаи, когда распределение ошибок значительно отклоняется от ф-лы Гаусса; в частности ф-ла Гаусса дает симметричное распределение положительных и отрицательных О. н.; иногда на практике приходится встречаться с распределением, значительно отклоняющимся от симметрии; такое распределение не охватывается ф-лой Гаусса ни при каком значении параметра h. Иногда в таких случаях говорят, что ошибки не подчиняются теории вероятностей; это утверждение неправильно, потому что ф-ла Гаусса выводится не из общих принципов теории вероятностей, а на основе специальных гипотез, как мы это видели выше; поэтому, если в каком-либо частном случае распределение О. н. не подчиняется закону Гаусса, то это может только означать, что гипотезы, лежащие в основе ф-лы Гаусса, в этом случае не выполнены. Различными авторами были предложены в большом числе другие законы распределения О. н., и некоторые из этих законов имеют опытное подтверждение; однако лишь весьма немногие из них по своей значимости выходят за пределы простых эмпирич. формул.

На практике часто приходится иметь дело со случаем, когда величины, к-рые нужно определить, недоступны непосредственному измерению, но мы можем измерить целый ряд ф-ий от этих величин. Тогда возникает вопрос о наилучшем возможном использовании полученных результатов измерений для определения искомых величин. В случае, когда число измерений превосходит число неизвестных, эта задача становится проблемой теории вероятностей. Метод, найденный Гауссом для ее решения и основанный на теории О. н., носит название способа наименьших квадратов.

Лит.: Лахтин Л. К., Курс теории вероятностей, Москва, 1924; Мизес Р., Вероятность и статистика, перевод с нем., стр. 174—183, М.—Л., 1930; Czuber E., Wahrscheinlichkeitsrechnung, B. I, T. 2, Lpz.—B., 1908.

А. Хинчин.

Ошибки наблюдений. Пользование самыми точными измерительными приборами в научном изучении различных явлений при простом и экспериментальном наблюдении и в разных видах технич. деятельности не гарантирует абсолютной точности измерения, поскольку агентом, производящим измерение, является всегда живой наблюдатель. Воспринимающий аппарат этого последнего не обладает абсолютным совершенством. Ошибки, которые допускает этот аппарат, определяются несовершенством его рецепторных органов, недостаточной их чувствительностью, своеобразными явлениями взаимодействия тех впечатлений, которые приходится воспринимать, а также психологическими условиями наблюдения при комплексной работе этих органов. Наконец в тех случаях, когда стоит задача регистрации и измерения наблюдаемого явления при помощи манипуляций с регистрирующими и измерительными аппаратами, входят в силу личные особенности движений наблюдателя. Тем более серьезное влияние ошибок на непосредственное наблюдение, которое еще не поддается проверке при помощи точных приборов. Психологически изучена довольно обстоятельно прежде всего область рецепторной сферы, деятельность глаза, уха и др. органов чувств, которая прежде всего определяет наблюдение и в к-рой и появляются источники ошибок наблюдений. В специальной области т. н. психофизических исследований разрешалась задача определения чувствительности наших рецепторных органов к действующим на них раздражителям. Задача формулировалась как определение порога чувствительности и обычно разрешалась в двух направлениях: 1) определения абсолютного порога, т. е. минимальной величины раздражителя, которую способен замечать данный воспринимающий орган—глаз, ухо и т. д., и 2) определения относительного порога, т. е. того минимального различия в раздражителях, к-рое эти органы в состоянии уловить. Для примера можно привести нек-рые данные, относящиеся к зрению и слуху. В области различения цветовых тонов максимальная чувствительность устанавливается по отношению к желтому и голубому, минимальная—по отношению к красному, фиолетовому и зеленому цвету. Кроме количественных различий в степени чувствительности здесь известны случаи цветовой слепоты — неспособности различать некоторые виды цветов, встречающейся в общем довольно часто—от 3 до 6% всего мужского населения (*см. Дальтонизм*). Изменение силы освещения, напр. при переходе от дневного света к сумеркам, создает изменение в восприятии цветовых оттенков в отношении как их цветового тона, так особенно их светлоты (т. н. явление Пуркинье); при полном дневном свете наиболее светлыми кажутся желтые цветовые тона, а в сумерки—зеленые и голубые, причем эти последние легко смешиваются в их цветовом качестве. Наконец в области цветового восприятия в смысле источника ошибок может действовать контраст одновременно или последовательно появляющихся цветовых раздражителей, в силу которого и светлота и цветовое качество изменяются (белый цвет на темном фоне кажется более светлым, красный цвет на зеленом фоне слегка изменяется в пурпуровый цвет, на желтом приобретает фиолетовый оттенок, в то же время самый желтый фон получает зеленоватый налет и т. д.).

Целый ряд ошибок присущ зрению в области восприятия величины и расстояния предметов. Наиболее известными являются т. н. геометрико-оптические иллюзии: заполненное расстояние кажется бо́льшим, нежели равное ему незаполненное; небольшие расстояния, заключенные между сторонами острых углов, переоцениваются в сравнении с бо́льшими расстояниями между сторонами тупых углов и т. д. Предметы различного цвета, находящиеся на одинаковом расстоянии от наблюдателя, кажутся одни более близкими (красные и желтые), а другие (синие и голубые) более далекими и т. п.

В области слухового восприятия ошибки в определении силы звука или высоты тона также зависят от степени чувствительности наблюдателя, с одной стороны, и от условий восприятия,—с другой. В средних высотах музыкальн. скалы нормально развитый средний слух может различать тона, отличающиеся на несколько колебаний в ск., а опытное ухо различает даже дробь колебания. Различна у разных наблюдателей чувствительность к интенсивности звука. В качестве общих условий, вызывающих здесь ошибки восприятия, нужно констатировать временные условия предъявления раздражителей, создающие контрастное взаимное влияние раздражений различной интенсивности: более сильный звук, предшествующий менее интенсивному, еще ослабляет этот последний для наблюдателя. Степень чувствительности воспринимающего аппарата индивидуально различна и в других областях, имеющих меньшее значение для научного наблюдения явлений,—в области обонятельного, осязательного в узком смысле слова, осязательно-двигательного, температурного, вкусового и т. д. восприятия. В качестве общего условия, вызывающего ошибки восприятия, здесь так же, как и в сфере зрения и слуха (являющихся основными средствами научного и практическ. наблюдения), оказывается взаимное влияние одновременных и последовательных раздражений. Напр. отмеченный выше закон контраста—в смысле усиления одним раздражителем следующего за ним противоположного—действует и в области температурного восприятия (погружение нагретой или охлажденной руки в холодную или теплую воду) или вкусового (горький раздражитель, предшествующий сладкому, и наоборот) и т. д.

Значение указанных выше источников ошибок в области собственно рецепторной сферы проявляется и д. б. учитываемо в сфере самых разнообразных сложных процессов научной и техн. деятельности. Ошибки в области цветового восприятия отражаются в ряде физич. наблюдений, в сфере цветовой и обонятельной, в области наблюдения химич. реакций, в области восприятия музыкальных тонов—в деятельности, оперирующей музыкальными инструментами, в области восприятия интенсивности и качества звуковых шумов, в области медицинских (аускультация и перкуссия) и технич. наблюдений, в области зрительно-пространственного восприятия в сфере геодезич. и технич. измерений, в области цветового и пространственного восприятия в таких искусствах, как архитектура и живопись, в сфере чувств мускульного сопротивления—в некоторых областях технич. деятельности и т. д. В сфере наблюдения сложных явлений и процессов вступают в силу ошибки, проистекающие не от входящей в это наблюдение в качестве элементов деятельности собственно рецепторной сферы, а относящиеся к самому сложному акту наблюдения. Они зависят гл. обр. от деятельности внимания. При наблюдении неожиданно возникающих и быстро протекающих явлений может сказаться на неточности наблюдения недостаточная подготовленность внимания. При быстроте протекания процесса скажется ограниченность объема внимания, не позволяющая в одном быстром акте схватывать большое количество зрительных или звуковых элементов. При длительно протекающих процессах обнаружится действие закона колебаний внимания, в силу к-рого последнее не может долго держаться на одной и той же высоте по отношению к однородным впечатлениям (общеизвестное явление—последовательного прекращения и возобновления тикания часов при долговременном слушании и т. п.). Дальше идет ряд ошибок т. н. ожидания, проистекающих от установки, определившейся в силу привычных ассоциаций: переоценка веса груза, имеющего бо́льший размер, или медленно поднимаемой тяжести; или ошибки (в сторону преувеличения устанавливаемой величины) при уравнивании большей величины с меньшей и обратная ошибка при обратном отношении основной и подравниваемой к ней. Такого рода ошибки лишь отчасти элиминируются применением измерительных приборов. Известные ошибки при субъективной оценке малых и больших промежутков времени устраняются применением хронометрич. приборов. Но часто нельзя устранить и ошибки объективной регистрации времени наступления или протекания явлений, связанные с применением хронометрич. приборов и зависящие от индивидуальных различий, восприятий, момента центральной переработки двигательных реакций. Повод к изучению этих последних дан был астрономическими наблюдениями, где было замечено, что различные наблюдатели давали различную регистрацию времени наступления одного и того же феномена, причем эта регистрация связана была с движением руки. Эта ошибка, называемая личной разницей или личным уравнением и выражающаяся в нескольких сотых и тысячных долях ск., м. б. учтена путем установления типичного для данного наблюдателя замедленного или быстрого течения его двигательных реакций. Конкретные количественные данные, относящиеся к вышеизложенному, см. *Спр. ТЭ*, т. 1, стр. 116—121.

Лит.: Вундт В., Основания физиологич. психологии, пер. с нем., т. 2, гл. 10, 13, 14 и 15, т. 3, гл. 9, Москва, 1881; Hofmann F., Raumsinn des Auges, B. 1 u 2, Berlin, 1925; Luckiesh M., Visual Illusions, Their Causes, Characteristics a. Applications, New York, 1922; Muller G. E., Die Gesichtspunkte u. die Tatsachen d. psychophysischen Methodik, B. 1 u 2, B., 1904; Czuber E., Theorie d. Beobachtungsfehler, Lpz., 1911.

В. Экземплярский.

П

ПАВОДОК, внезапная б. или м. значительная прибыль воды в открытых водоемах вследствие выпавшего сильного дождя или происшедших аварий с гидротехнич. сооружениями (прорыв плотины). В зависимости от интенсивности П. он может сопровождаться *наводнениями* (см.). Максимумы П., рассматриваемые в отношении одиночной паводочной волны, проходят в следующем порядке: в каждом сечении потока сначала наступает максимум средней скорости, затем максимум расхода и наконец максимум высоты горизонта. Максимум расхода перемещается тем быстрее, чем больше сам расход. При движении П. по реке происходит постепенное растягивание его и понижение его гребня. Гребень движется быстрее, чем начало и конец П.; поэтому передняя часть паводочной волны делается по мере движения все более крутой, а задняя—все более пологой. Гребень П. перемещается тем быстрее, чем он выше расположен над низким установившимся горизонтом и чем скаты его круче. Иногда гребень П. превращается в площадку той или иной длины, причем в этом случае максимальная высота П. может сохранять свою величину довольно продолжительное время. Длина этой площадки по мере ее продвижения по реке постепенно сокращается и при достаточном протяжении последней может и совсем исчезнуть. Тогда вершина П. закруглится, причем максимумы скоростей расходов и горизонтов, считая от этой точки вниз, начнут уменьшаться. Продвижение паводочной волны может происходить в одном и том же сечении реки с различными скоростями, вследствие чего при подъеме воды во время П. поперечный профиль поверхности воды реки может иметь вид кривой, выпуклой в середине, а при спаде, наоборот,—кривой, вогнутой в середине. Вот почему плывущие по поверхности воды тела во время быстрых подъемов воды прижимаются к берегу, а во время спада,—наоборот, переносятся к стрежню реки.

Если H есть высота горизонта перед П., а $H+h$—высота горизонта во время П., причем гребень последнего образуется перепадом (который м. б. не вертикальным) и движется вниз по течению со скоростью w, то расход на единицу ширины реки и в единицу времени увеличится на величину wh. Отсюда мы можем написать, что

$$v_1(H+h) - v_2 H = wh, \qquad (1)$$

где по основной формуле Шези (Chezy) при падении J скорости v_1 и v_2 будут иметь следующие значения:

$$v_1 = c\sqrt{(H+h)J} \qquad (2)$$

и

$$v_2 = c\sqrt{HJ}. \qquad (3)$$

В ф-лах (2) и (3) величина c есть коэфициент Шези. Подставляя значения величин v_1 и v_2 из ф-л (2) и (3) в ф-лу (1), в конечном итоге, при условии, что h мало сравнительно с H, получаем равенство, из к-рого следует, что

$$w = \frac{3}{2} v_2, \qquad (4)$$

т. е. что гребень П. движется со скоростью, равной полуторной скорости движения воды перед ним. При этом вычислении не было принято во внимание распластывание П. в стороны. Деформация пойменного П. находится в зависимости от местных сужений и от уширений поймы. При разливе в стороны остается меньше воды на дальнейшее образование перепада, вследствие чего паводочная волна мельчает и скорость ее уменьшается. При прохождении П. озера часть воды задерживается им, повышая тем самым уровень воды в озере; остальная часть в тот же период времени течет дальше, т. о. в период П. расход воды из озера меньше, чем приток в озеро. В Европе П. нарастают постепенно в отличие от П. нек-рых других стран, где реки отличаются маловодностью, напр. в Ю. Америке в Аравии; здесь П. протекают чрезвычайно бурно с пенящимся катящимся гребнем. По Цекони (Ceconi) такой бурный П. обусловливается неравенством:

$$\frac{dQ}{dt} > \frac{bv^4}{c^2 z} \qquad (5)$$

или

$$\frac{d(Q)^2}{dt} > \frac{2b^2 v^5}{c^2}, \qquad (6)$$

где Q—расход, t—время, b—ширина реки, z—глубина воды, v—скорость и c—коэфициент Шези.

Общее действие паводочной волны на речное русло заключается в последовательном захватывании твердых частиц и переносе их на расстояния, зависящие от размера зерен грунта, длины и формы паводочной волны, скорости самого потока и разности между скоростями паводочной волны и потока. Взвешенные наносы, передвигаемые вниз по течению со скоростью самого потока, усиливаются во время П. процессами, связанными с движением паводочной волны, двигающейся, как мы видели выше, с большей скоростью, чем скорость самого потока. В начальной своей стадии П. взвешивает более крупные частицы, чем в конечной, но максимальное расстояние переноса более мелких частиц в конечной больше, чем в начальной. Расстояние L переноса частицы вдоль реки м. б. выражено равенством:

$$L = l\frac{v}{w-v}, \qquad (7)$$

где l—расстояние между точками П., в к-рых вертикальная составляющая скорости имеет предельное значение, достаточное для взвешивания частицы; v—скорость потока; w—скорость П. Во время П. происходит сильное смывание образовавшихся в устьях оврагов конусов отложений, не доступных меженним водам, а также подмывание берегов на высоте, не достигаемой для меженних горизонтов. В. Г. Глушков на основании ряда исследований на туркестанских реках дает следующую зависимость твердого расхода от характера и порядкового номера П.:

$$a - a_0 = \frac{k(Q-Q_0)^n}{t^2 N}, \qquad (8)$$

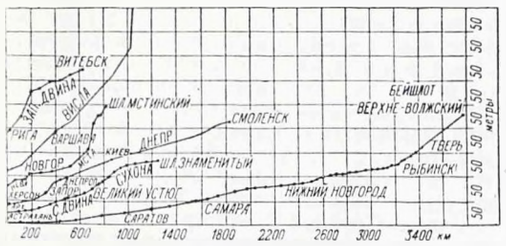
где a и a_0—соответственно относительная мутность воды при П. и межени; Q—наибольший секундный расход П.; Q_0—расход межени; t—продолжительность П.; N—порядковый номер П.; k и n—соответственно коэф-т и показатель, характеризующие режим реки и имеющие для каждой реки свое значение. Формула (8) выражает, что на увеличение мутности влияют превышение паводочного расхода над меженним и отрицательные стороны режима реки, увеличивающие значения k и n; с другой стороны, мутность уменьшается с увеличением продолжительности П., влияющего на взвешивающую силу его, и с повышением порядкового номера П., имея в виду, что каждый последующий П. имеет дело с берегами уже размытыми предыдущими П., вследствие чего материал для взвешивания с каждым П. того же года уменьшается. Занос в русло реки камней происходит лишь при особенной силе П., обыкновенно же такой занос камней с поймы рек происходит под действием *половодья* (см.) или, чаще, *ледохода* (см.). В горных реках такой занос камней представляет собой частое явление.

Что касается интенсивности П., то она зависит от величины *стока воды* (см.), размер которого в основном зависит от факторов: климатических и метеорологических, топографических и гидрографических, почвенно-геологических, растительных и культурно-хозяйственных. Во всех случаях постройки гидротехнич. сооружений и при технич. эксплоатации их, а также в деле водных перевозок чрезвычайно важным вопросом является знание высот горизонтов воды как имеющихся в данный момент, так и ожидаемых. Чтобы иметь представление об ожидаемой прибыли воды используются сведения метеорологических станций, а также статистические, гидрографич. и другие данные за б. или м. продолжительный промежуток времени. Пользуясь корреляционным методом исчисления, можно составить ф-лы, определяющие высоту стока в каждом месяце по высоте атмосферных осадков за определенный предшествующий этому месяцу промежуток времени, причем высота атмосферных осадков определяется в свою очередь тем же корреляционным методом исчисления в зависимости от темп-ры и давления воздуха в предшествующие месяцы. Впервые еще недавно этот метод был применен Кеслицем (W. Kesslitz) для бассейна, питающего искусственный водоем, с положительными результатами. Необходимо на судоходных реках широко развить сеть наблюдений, по которым можно было бы предсказать паводок и мелководье. Обыкновенно довольствуются предсказаниями, к-рые делаются для данного места по положению горизонтов воды, определяемых на водомерных постах, расположенных выше по течению реки и на ее притоках, впадающих выше данного места. Измерение положения горизонтов вод производится при помощи водомерных реек или т. н. простых негелей, по которым эти положения отсчитываются непосредственно. Рейки м. б. цельные и составные, деревянные и металлические, крашеные и рельефные или с особыми фарфоровыми вставками, постоянные и переносные. Отсчет обыкновенно производится один раз в день (в 12 часов) и только во время сильных колебаний уровня воды во время П. такие отсчеты делаются несколько раз в день, а при опасении наводнений при сильных П. и во время половодий—даже каждый час. Отсчет по водомерным рейкам не дает ясной картины повышения и понижения уровня воды в водоеме; более целесообразным поэтому является применение самопишущих негелей, у которых положение уровней воды водоема фиксируется на графленой бумаге, натянутой на барабан, вращаемый часовым механизмом. Колебания уровня воды в водоеме передаются на пишущий штифт посредством поплавка и шнуровой передачи. В конструкциях, в которых барабан вращается от поплавка, пишущий штифт приводится в движение часовым механизмом. При наличии самопишущего негеля все же производят проверку отсчетом по водомерной рейке. Колебания уровня воды могут быть переданы самопишущему негелю и на расстояние. Приемный аппарат может содержать несколько регистрирующих приборов, воспринимающих каждый показания передаточных приборов, установленных в разных местах. При расположении регистрирующих приборов в здании, таковое возводится на берегу над шахтным колодцем, в котором колебания воды в водоеме отражаются сифоном.

Лит.: Лохтин В. М., Гидрология, П., 1918; его же, О механизме речного русла, СПБ, 1897; Акулов К. А. и Великанов М. А., Краткое изложение теории движения речного потока,

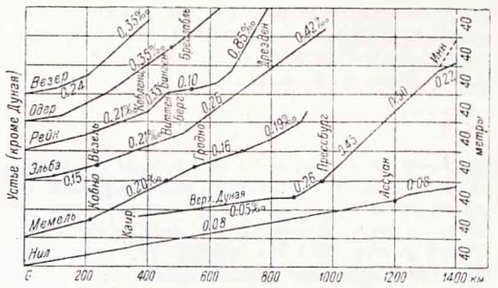
М., 1928; Г. У. З. и З. отд. зем. улучш. Отчеты гидрометрич. части (в Туркестанском крае) за 1910—1914 гг. (22 тома); Труды 3 съезда русских деятелей по водным путям, 1896. Доклады о предсказании колебания уровней воды; Труды международного судоходного конгресса в 1908 г., в СПБ. Доклады по предсказанию паводков; Бернадский Н. М., Теория и расчет речного паводка с применением их к суточному регулированию реки Волхова, Материалы по исследованию реки Волхова и его бассейна, вып. 17, Ленинград, 1926; Forchheimer Ph., Hydraulik, 3 Aufl., Lpz., 1930; Forchheimer Ph., Grundriss d. Hydraulik, 2 Aufl., Lpz., 1926; Gravelius H., Flusskunde, B., 1920; Engels H., Handbuch des Wasserbaues, Leipzig, 1923; Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 3 Teil, B. 1, Leipzig, 1923; Mayer A. F., The Elements of Hydrology, N. Y., 1917; Flamant, «Hidraulique», 3 éd., Paris, 1909; Meteorologische Zeitschrift, 1922. **С. Брилинг.**

ПАДЕНИЕ РЕКИ, разность высот поверхности воды в начале и конце какого-либо ее участка, которая соответствует мгновенному состоянию уровня воды. Падения неодинаковы не только для различных рек, но и для отдельных участков каждой реки, изменяясь для каждого места при колебании высоты уровня воды. Отношение величины П. р. к горизонтальному расстоянию от начала до конца участка, считая по оси реки, называется средним относительным падением (уклоном) реки для этого участка, как выражающим величину падения на единицу длины реки. Так напр., для р. Свири, соединяющей Онежское озеро с Ладожским и имеющей на общем протяжении 220 *км* абсолютную величину падения в 27,5 *м*, среднее относительное падение равно 0,125 *м* на 1 *км* длины реки, или, как принято условно обозначать, 0,125‰. Относительные падения или уклоны, обозначают буквою J, а величины их выражают в виде дроби; так например, для р. Свири средний уклон J на всем протяжении равен 0,000125. Для рек, берущих начало в гористых областях, протекающих через постепенно понижающиеся холмистые местности и спускающихся в низменные равнины с хорошо выраженным верхним, средним и нижним течением (нормальная река), П. р. отличается характерными особенностями: в верхнем течении оно наиболее значительно, с крутыми сильно меняющимися уклонами, достигающими для горных рек до сотых долей, среднее же течение, соответствующее



Фиг. 1.

холмистой местности, имеет П. р. менее крутое, без уступов,—уклоны здесь смягчаются и отличаются большим постоянством; в нижнем течении в равнинных и низменных местностях П. р. весьма малы, выражаясь в стотысячных и даже миллионных долях. Однако не все реки отвечают вполне типу нормальной реки. Так напр., р. Нил имеет падение, весьма мало меняющееся на всем его протяжении. Часто бывают только горные или только равнинные реки. Большинство рек Европ. части СССР (Волга, Днепр, Дон и другие) вытекают из плоской возвышенности, проходят по сравнительно ровным местностям, совсем не имея горных областей. Падения этих рек хотя и убывают от истоков к устьям, но невелики сравнительно с другими реками. Для сопоставления на фиг. 1 представлены продольные профили нек-рых рек Европ. части СССР, а на фиг. 2—больших рек Запада. Большие равнин-



Фиг. 2.

ные реки СССР имеют, сравнительно с реками Запада, весьма небольшие падения. В то время как для рек Европы средние падения в нижнем течении колеблются в пределах от 0,15 до 0,20‰, для р. Волги в верхнем течении (от истоков до г. Рыбинска) они выражаются 0,11—0,17‰, а в нижней части (от впадения р. Камы до г. Астрахани) всего лишь 0,02—0,04‰. Наблюдаются крутые падения и на чисто равнинных реках в среднем и даже нижнем течении, когда они при встрече с каменными массами образуют водопады, пороги, водоскаты и принимают характер горных рек. Так например, Днепр между Днепропетровском и Запорожьем пересекает широкую полосу гранито-гнейсов, образуя Днепровские пороги, имея от начала первого порога (Старо-Кайдакского) до конца последнего (Вильного) протяжения 66,14 *км* и общее падение 31,79 *м*, т. е. 0,48‰ при среднем относительном П. р. от истока к устью, равном 0,11‰. У реки Ангары среднее падение 0,1‰, в порожистых же частях П. р. увеличивается и доходит до 10,0‰, или $J=0{,}01$.

П. р. зависит от многих факторов, из которых главные: общий рельеф местности, геологич. строение и очертание речн. долины, впадающие притоки, колебания расходов и др. Величиной П. р. (уклоном поверхности воды) обусловливается движущая сила речного потока. Эта сила постоянно вызывает размыв русла и отложение наносов. На участках с крутым П. р. происходит сильный размыв русла, там же где П. р. мало—отложение наносов. В результате этого процесса речное ложе как бы выравнивается, сглаживая П. р.; однако вследствие разной твердости пород, выстилающих ложе реки, процесс этот неодинаков для отдельных участков реки и продолжителен во времени. Особенно эти деформации проявляются в верхнем и нижнем течениях реки, вызывая т. о.

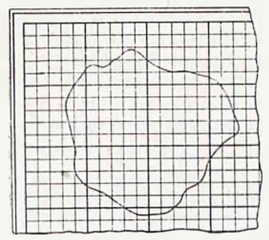
как бы вращение кривой П. р. около среднего ее течения. Согласно вышеизложенному П. р. не представляет собою постоянных значений для отдельных участков реки в разное время. Однако когда речное течение имеет характер близкий установившемуся и колебания горизонта воды происходят достаточно медленно, то отдельные речные участки можно характеризовать в отдельности сравнительно однородными величинами падений. При быстрых подъемах уровня (см. *Паводок*) уклоны поверхности подвергаются резким колебаниям и их определение затруднительно. Поэтому нивелирование поверхности воды для определения продольного ее профиля надлежит производить при меженних условиях; только тогда этот профиль имеет определенный характер.

Лит.: Акулов К. А., Образование речных русел, М., 1930; Броунов П. И., Курс физической географии, стр. 300—364, П., 1917; Кандиба Б. П., Внутренние водные сообщения, вып. 1. Свойства рек в естественном состоянии, П., 1922; Акулов К., Брилинг Е. и Марцелли М., Курс внутренних водных сообщений, т. 1, гл. 1, отд. 2, М.—Л., 1927; Drenkhahn R., Kreislauf d. Wassers u. Gewässerkunde, p. 55—74, B., 1927; Jasmund R., Handb. d. Ing., 5 Aufl., T. 3, B. 1, Lpz., 1925. **С. Каплинский.**

ПАКГАУЗЫ, см. *Складское дело.*

ПАКЛЯ, см. *Волокна прядильные* и *Лен.*

ПАЛЕТКА, простейший прибор для определения площадей криволинейных фигур. Представляет собой прозрачную стеклянную, роговую или желатиновую пластинку, на к-рой нарезаны или начерчены две системы равноотстоящих параллельных и взаимно перпендикулярных прямых (фиг.). Стороны малых квадратиков берут величиной обычно в 1—5 *мм*—для лучшего приспособления к *масштабу* (см.) плана. Так напр., для масштаба 1:10000 удобно в П. иметь стороны квадратиков в 1 *мм*, тогда в одном квадратике будет 1,01 *га*. Каждая пятая черта для удобства подсчета числа квадратиков делается толще других. Для определения площади какой-либо фигуры на плане данного масштаба сначала определяют значение наименьшего деления П. для данного масштаба (малого квадрата) в земельных мерах, затем П. накладывают на план черточками вниз (во избежание параллакса) и считают число малых квадратиков, заключающихся в контуре данной площади, прибавляя к полному числу их сумму неполных, оцениваемых на-глаз. Для получения размера площади в земельных мерах число малых квадратиков умножают на значение наименьшего деления П. Точность определения площадей П. зависит от формы контура фигуры, от верности нанесения квадратиков и индивидуальных особенностей работника, и вообще она менее точности определения площади механич. способом. П. может служить также для перерисовки планов «по квадратикам». В этом случае избавляют ценные планы от графления на них линий и достигают



большей точности, т. к. взаимно перпендикулярные линии П., сделанные механиком, точнее ручного графления.

Лит.: Витковский В. В., Топография, 3 издание, Москва, 1928.

ПАЛЛАДИЙ, Pd, элемент 8-й группы периодич. системы, аналог родия и рутения—образует вместе с ними триаду легких платиновых металлов (см. *Платина*); ат. вес 106,7, порядковый номер 46, ат. объем 9,0. П.—металл серебристо-белого цвета, мягче и легче плавится, чем платина; легко вытягивается в проволоку и раскатывается в листы. Подобно платине П. может быть получен в виде губки и черни. Вильм получил палладистую губку, накаливая $PdCl_2 \cdot 2NH_3$. В коллоидной форме палладий образует черные блестящие волокна (тонкие металлич. пластинки), легко растворимые в воде; гидрозоль П.—темнокоричневого цвета, в тонком слое прозрачный; получается восстановлением солей П. водородом, гидратом гидразина и др.; в качестве защитного коллоида употребляются продукты распада яичного белка (протальбиновая и лизальбиновая к-ты), гуммиарабик, отвар исландского моха (см. *Коллоиды,* Стабилизация). Уд. в. литого П. (при 22,5°) 11,4, кованого 11,9; тв. по шкале Моса 4,0; модуль упругости (1,00—1,43)·10^{-6} *кг/см*²; предельное сопротивление на разрыв 21 *кг/мм*²; сжимаемость 0,6·10^{-6} *мм*²*/кг*; $t°_{пл.}$ 1 557°; в вакууме П. перегоняется при 735°. Коэфициент линейного расширения (при 50°) 1,186·10^{-5}; теплопроводность чистого палладия (при 100°) 0,1817 cal *см/см*² *сек.* °C; теплота плавления 36,3 cal/ч.; уд. теплоемкость (при 100°) 0,0617 cal/ч.; электропроводность (при 0°) 9,8·10^4 мо; $t°$-ный коэф. сопротивления (при 0—100°) 354·10^{-5}; магнитная восприимчивость (при 18°) +5,8·10^{-6}.

Палладий характеризуется высокой способностью окклюдировать водород. Чистый металл (нагретый до 100° и затем охлажденный) поглощает 600-кратный объем водорода, не теряя металлич. вида; палладиевая чернь адсорбирует 873 объема H_2 (при 15° и нормальном давлении); чернь, суспендированная в воде—1 200 объемов; коллоидный раствор П.—ок. 3 000 объемов; поглощение H_2 сопровождается выделением тепла (на 1 *г* водорода—4 200 cal) и увеличением объема металла (приблизительно на 10%). Образующийся продукт носит название водородистого палладия; представляет ли он твердый раствор H_2 в П. или же содержит определенные химич. соединения вопрос не решенный. При накаливании и уменьшении давления окклюдированный в П. газ выделяется: при 40—50° уходит бо́льшая часть газа; при накаливании до 440° весь газ освобождается; водородистый П. отдает в вакууме до 92% своего водорода. Сплавы П. с серебром (до 40% Ag) поглощают водород так же легко, как и чистый П.; см. *Гидриды, Окклюзия.* Палладиевая чернь, нагретая в токе кислорода, поглощает ок. 1 000 объемов газа, превращаясь в темнокоричневую модификацию, содержащую вероятно окись П., PdO. В тонкоразмельченном и коллоидном состоянии П. поглощает также ацетилен. С окисью углерода

II. дает довольно прочное соединение, диссоциирующее при 250°. Соединения четырехвалентного II., типа PdX_4, неустойчивы и за исключением PdO_2 в чистом виде не были выделены, чем II. отличается от платины; двухвалентный II. дает соединения типа PdX_2 (о них см. ниже). Так же как и платина, II. легко образует комплексные соединения. В отличие от других платиновых металлов II. легко растворяется в к-тах — в азотной к-те на холоду, легче при нагревании, причем раствор окрашивается в бурокрасный цвет, растворяется в крепкой соляной и серной к-тах и в иодистоводородной к-те с выделением водорода. В природе II. сопутствует платине гл. образом в рудах Бразилии. (О получении II. см. *Платина*).

Аналитич. определение II. производят цианистой ртутью; при действии ее на растворы солей II. выпадает белый желатиноподобный осадок цианистого II. $Pd(CN)_2$; при действии раствора иодистого калия получается темнокоричневый осадок иодистого II. Красный раствор корня алканны от прибавления незначительного количества хлористого II. становится сперва оранжево-желтым, затем стально-серым и наконец—зеленым; чувствительной реакцией на II. является α-нитрозо-β-нафтол, дающий с соединениями II. коричнево-красный осадок.

Применение II. Благодаря способности поглощать и активировать водород II. применяют в разнообразнейших реакциях гидрирования органических ненасыщенных соединений (см. *Гидрирование*, *Гидрогенизация жиров*, *Катализ*); в последнее время для этих целей стали применять более дешевый никель. II. является лучшим катализатором при окислении SO_2 в SO_3. Сплав II. с серебром применяют в зубоврачебной технике; сплав из 80 ч. золота и 20 ч. II. употребляют для изготовления частей часовых механизмов (о сплавах II. см. *Спр. ТЭ*, т. II). Т. к. на воздухе II. не чернеет и не тускнеет, то им покрывают металлич. лимбы астрономических и других точных инструментов, на которых нанесенные деления должны оставаться отчетливыми. Покрытие металлов II. (палладирование) производят гальванотехническим путем, применяя II. в виде хлористого II., $PdCl_2$, или его соединения с аммиаком, $PdCl_2 \cdot 2NH_3$.

Соединения II. Наиболее важное значение имеет хлористый II., $PdCl_2$, коричнево-красные кристаллы, получающиеся растворением палладиевой губки в соляной к-те; реакцию можно ускорить, введя непосредственно в раствор хлор; с щелочными металлами $PdCl_2$ дает двойные соли, формулы $PdCl_2 \cdot 2MeCl$; $PdCl_2$ применяется как чувствительный реактив на окись углерода, CO, к-рая его восстанавливает до металла; $PdCl_2$ применяется и для покрытия металлов II. гальванотехническим путем и в медицинской практике при лечении туберкулеза. Иодистый II., PdJ_2, получается из растворов солей II. действием иодистого калия, KJ, в виде характерного черного осадка, нерастворимого в воде и щелочах, но легко растворимого в избытке раствора KJ (раствор коричневого цвета). Соединения Pd отвечают двум степеням окисления PdO и PdO_2 сами окислы в высшей степени неустойчивы: PdO_2 неизвестна в свободном состоянии, а PdO действием водорода легко восстанавливается до металла. Гидроокись II., $Pd(OH)_2$, получается из растворов солей Pd (чаще $PdCl_2$) действием соды или щелочей; из раствора $Pd(OH)_2$ выпадает в виде коричневого аморфного порошка, растворимого в к-тах. Цианистый II., $Pd(CN)_2$, светло-желтый аморфный порошок, не растворяется в воде, легко растворяется в аммиаке. Комплексные соединения II. по составу и свойствам аналогичны и часто изоморфны комплексным соединениям платины. Палладий образует три типа этих соединений: $M_2(PdX_2)$, $M_2(PdX_4)$ и $M_2(PdX_6)$; третий тип легко переходит во второй, чем II. отличается от платины. Наиболее устойчивы аммиачные соединения II. Палладозамминовое соединение, $PdCl_2 \cdot 2NH_3$, выпадает в виде осадка из аммиачного раствора окиси палладия при действии соляной к-ты, в холодной воде нерастворимо, при накаливании дает палладиевую губку. Из синеродистых солей II. известны только соли типа $M_2Pd(CN)_4$.

Лит.: Менделеев Д. И., Основы химии, т. 2, М.—Л., 1928; Ephraim F., Anorganische Chemie, Dresden—Lpz., 1929. **Н. Ельцина.**

ПАЛЛОГРАФ, прибор, регистрирующий колебания и вибрации судов (см. *Колебательные движения*).

ПАЛЬМИТИНОВАЯ КИСЛОТА, высокомолекулярная кислота жирного ряда, формулы $CH_3 \cdot (CH_2)_{14} \cdot COOH$; очень распространена в природе, гл. обр. в виде сложных эфиров; ее глицерид трипальмитин (пальмитин) вместе с тристеарином и триолеином входит в состав животных жиров и растительных масел (см. *Жиры и масла*) и является главной составной частью пальмового масла; в виде мирицилового эфира П. к. входит в пчелиный воск, в виде цетилового эфира—в спермацет и в виде глицерида—в японский воск (см. *Воски* и *Воск пчелиный*); П. к. входит также и в некоторые эфирные масла (пиментовое эфирное масло, масло цветов арники и др.). Добывают П. к. из японского воска или из пальмового масла омылением; дальнейшей перегонкой отделяют П. к. от других жирных кислот; при перегонке с водяным паром П. к. отгоняется при 170—180°, в вакууме—при 215°. Выкристаллизованная из 70%-ного спирта П. к. представляет собой белые с жирным блеском чешуйчатые кристаллы с $t°_{пл.}$ 62°, $t°_{кип.}$ 268° при 100 *мм* Hg (другие характеристики П. к. см. *Спр. ТЭ*, т. IV, стр. 83). П. к. растворяет твердые смолы (копалы, янтарь) и дает с ними прочные лаки, а также сообщает нерастворимым смолам свойство растворимости. Соли П. к. получают из жирных к-т пальмового масла омылением щелочами и обработкой раствора полученных солей соответствующими солями тяжелых металлов. Большинство солей П. к. нерастворимы в воде (кроме т. н. «настоящих мыл»—солей щелочных металлов), растворимы в бензине и минеральных маслах; они применяются в виде растворов для приготовления водонепроницаемых тканей, смазочных масел и консистентных мазей. Щелочные соли П. к. обладают дезинфицирующими свойствами; поэтому их применяют при изготовлении медицинских мыл и мазей. Кроме солей техническое значение имеют также и некоторые другие производные П. к., например ее хлорангидрид—пальмитилхлорид, или хлористый пальмитил, получаемый из П. к. действием хлористого тионила, $SOCl_2$, растворенного в четыреххлористом углероде; конденсируя его с анилином и аммиаком получают амиды и анилиды П. к., применяемые для приготовления медицинских мазей, моющих препаратов и эмульгаторов. **Н. Ельцина.**

ПАЛЬМОВОЕ И ПАЛЬМОЯДЕРНОЕ МАСЛА. Плоды масличной пальмы Elaeis guineensis (Африка—экваториальный пояс до 14° шир.—и Бразилия) и семена той же пальмы являются богатым источником твердых масел; первые дают т.н. пальмовое масло, вторые—пальмоядерное масло; в мясе плодов содержится 54,6—66,5% масла, которое добывают экстрагированием или прессованием. Свежепрессованное масло светложелтого (до оранжевого) цвета. Масло легко разлагается вероятно действием липазы; свежеэкстрагированное масло содержит до 1% свободных жирных кислот, прессованное через 2—3 дня содержит уже до 10% свободных кислот. Разложение идет быстро и может дойти до 100%. В пищу применяется масло с кислотным числом не выше 16. Более разложившееся масло употребляется в мыловарении и в свечном деле. В виду сильного спроса на эти масла площадь культуры масличной пальмы сильно растет: с 1918 по 1922 г. с 8 500 до 28 000 акров. Масла различного происхождения, а также из мяса и ядер (семян) сильно отличаются по своим физич. и химич. свойствам:

Физич. и химич. свойства	Пальмовое масло из Африки	Пальмоядерное масло
$t°_{пл.}$	32—43°	23—30°
Число омыления	196,4—206,7	242—250
Иодное число	34,2—58,5	10—17
n_D^{40}	1,4548	1,4510
D_{15}^{15}	0,921—0,925	0,928—0,952
Число Рейхерт-Мейсля	0,7—1,9	5—7
Титр ($t°_{заст.}$ жирных к-т)	35,8—47,6°	20—25°

Пальмовое масло содержит 40—50% твердых к-т, из к-рых 30—40% пальмитиновой, остальные жидкие—олеиновая и линоленовая,—10% триолеина, 10% трипальмитина. Найден также олеодипальмитин и пальмитодиолеин. Пальмоядерное масло содержит 2% капроновой кислоты, 5% каприловой, 6% каприновой, 50—55% лауриновой, 12—16% миристиновой; 6,5—9% пальмитиновой, 1—7% стеариновой; 4—16,5% олеиновой, 1% линолевой. Выделены: каприломиристоолеин, $t°_{пл.}$ 13,9°; миристодилаурин, $t°_{пл.}$ 45,2°, миристодипальмитин, $t°_{пл.}$ 51,4°. Отпрессованная твердая часть пальмоядерного масла стеарин имеет $t°_{пл.}$ 34—35°, D_{15}^{15} 0,918; число омыления 240÷241, иодное число 11,2÷11,5, число Рейхерт-Мейсля 2,8—3,1 и число Поленске 6,9. На территории СССР культура масличной пальмы невозможна по климатич. условиям.

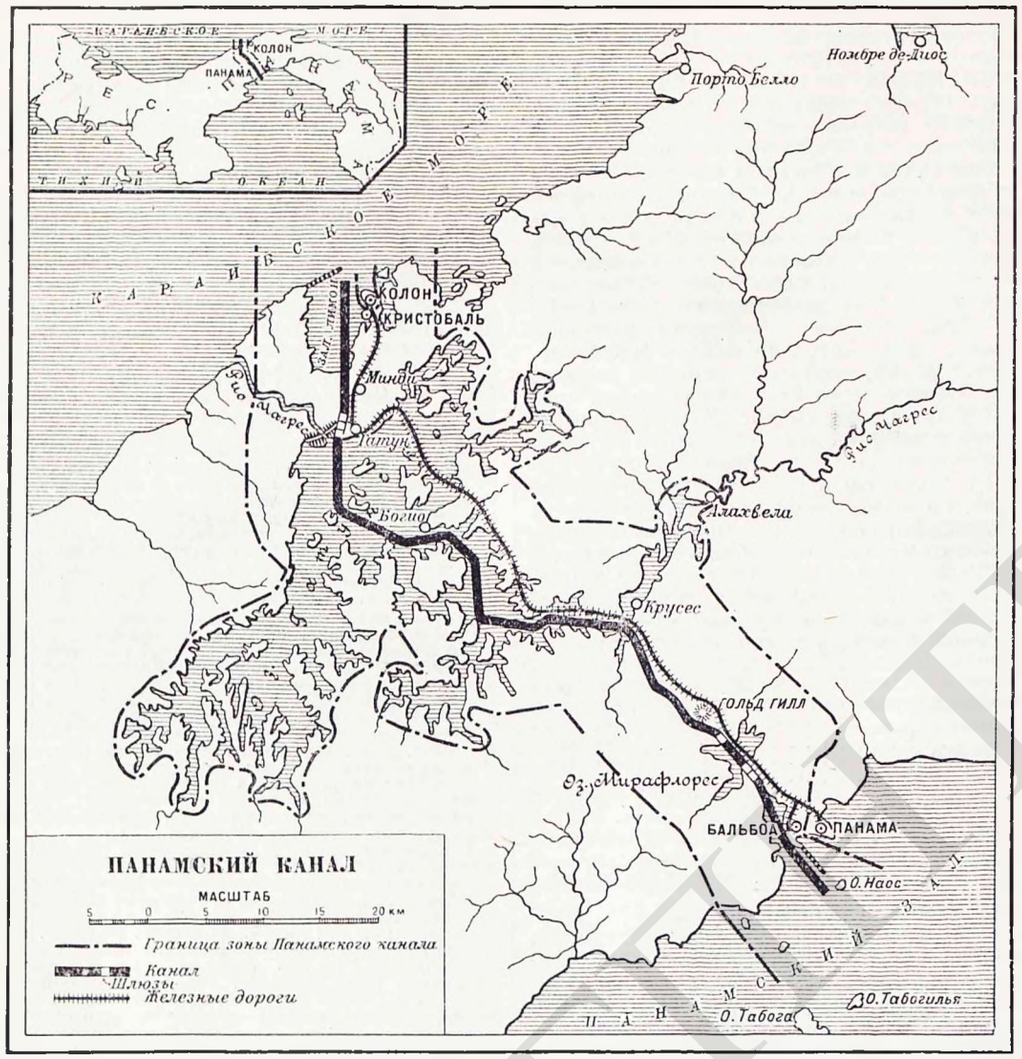
Лит.: Иванов С. Л., Масла тропич. растений, «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», Л., 1929; Демьянов Н. и Прянишников Н., Жиры и воска, 2 изд., М.—Л., 1928; Elsdon G., The Chemistry and Examination of Edible Oils and Fats, London, 1926; Davidsohn I., Lehrbuch der Seifenfabrikation, Berlin, 1928. **С. Иванов.**

ПАНАМСКИЙ КАНАЛ соединяет Атлантич. океан (Карибское море) с Тихим океаном, пересекая америк. перешеек на 9° с. широты и на 85° з. долготы, приблизительно в самой узкой и низкой его части. Он уменьшает морской путь от Нью Йорка до Сан-Франциско на 14 550 *км* (10 700 *км* вместо 24 300 *км* пути через Магелланов пролив), с подобным же сокращением расстояния до многих портов Юж. Америки и стран Востока. Длина канала, соединяющего воды обоих океанов,—81 *км*. Проход по каналу занимает в среднем приблизительно 8 ч. Постройка канала закончена в 1914 г.

Исторический очерк. Еще в 1534 году испанское правительство приказало исследовать местность от Круца (Cruces) на Атлантическом океане до Панамы на Тихом океане, чтобы определить возможность соединения искусственным водным путем реки Чагрес (Chagres) с Тихим океаном, но результаты этих изысканий оказались неблагоприятными. В первой половине прошлого века неоднократно создавались планы проведения канала через перешеек. В 1814 г. испанские кортесы издали декрет об устройстве канала и об образовании общества для его постройки. Но, потеряв в 1823 году все свои колонии в Центральной и Южной Америке, Испания оказалась отстраненной от всякого отношения к постройке предполагаемого канала. В течение следующих 50 лет изыскания и предварительные проекты делались американцами, англичанами, голландцами и французами, но все они не привели ни к чему. В 1876 г. французская компания получила на 99 лет концессию и исключительное право постройки канала, а в 1879 г. это предприятие перешло в руки Ф. Лессепса, строителя Суецкого канала, и в 1882 г. фактически была начата работа по постройке канала открытого нешлюзованного типа. Компания Лессепса разорилась и в 1889 г. было назначено конкурсное управление. В 1894 г. образовалась новая французская компания по постройке Панамского канала, начавшая работать над устройством шлюзованного канала, а в 1904 году предприятие было продано правительству США за 40 млн. долларов. В 1903 г. Республика Панама сделалась независимой от Колумбии и в 1904 г. США договорились с правительством Панамы о вечной аренде зоны канала, составляющей полосу в 16 *км* шириной, за сумму в 10 млн. долл. и ежегодную плату в 250 тыс. долл. В итоге со времени образования компании Лессепса до перехода предприятия в собственность США было вынуто ок. 60 млн. $м^3$ земли, израсходовано 270 млн. долл. и погибло ок. 20 000 человеческих жизней, преимущественно от тропич. болезней.

В течение 1904—07 гг. был проведен ряд подготовительных работ, без к-рых однако едва ли было бы возможно построить канал. Первая комиссия по постройке П. к. окончательно установила направление канала. Вторая комиссия, назначенная в том же году во главе с инж. Ф. Уоллесом (John F. Wallace), была передана в ведение военного министерства, под наблюдением к-рого с тех пор находился канал. В это время медициной было доказано, что желтая лихорадка, унесшая в Панаме такое огромное количество человеческих жертв, так же как и менее опасная малярия, причинялись укусами москитов. Руководитель санитарной части комиссии В. Горгас (W. Gorgas), весьма успешно боровшийся ранее с желтой лихорадкой в Гаване и на Кубе, сразу принялся за оздоровление местности и уже к 1906 г. он совершенно уничтожил москитов, а вместе с ними желтую лихорадку и в значительной степени малярию, и сделал перешеек совершенно безопасным и здоровым местом для ведения работ по постройке канала. Между тем рытье канала, которое было начато с людьми и снаряжением, оставленными французами, шло не особенно успешно, и в 1905 г. была назначена третья комиссия с главным инженером Ф. Стивенс (J. F. Stevens). По указанию последнего земляные работы были временно остановлены до создания благоприятных условий для продуктивной работы. К 1906 г. были приготовлены жилые помещения, организовано снабжение продуктами и чистой водой, построены двойной ж.-д. путь, мастерские, склады, доки, доставлены новейшие экскаваторы и т. п. На все это, включая санитарные мероприятия, истрачено за 2 года 30 млн. долл. Количество рабочих достигло 17 000 чел. и все время увеличивалось.

В 1905 году в Вашингтоне был собран Международный комитет инженеров-консультантов для выбора типа канала. Как уже было упомянуто, Лессепс твердо стоял за тип открытого канала на уровне моря, однако новая французская компания до продажи предприятия правительству США начала постройку шлюзованного канала. В комитете консультантов мнения также разделились. По по совету Третьей комиссии и инженера Стевенс мнение меньшинства, рекомендовавшего тип шлюзованного канала, было принято и утверждено Конгрессом в июне 1906 года. Для выбора шлюзованного типа канала было много



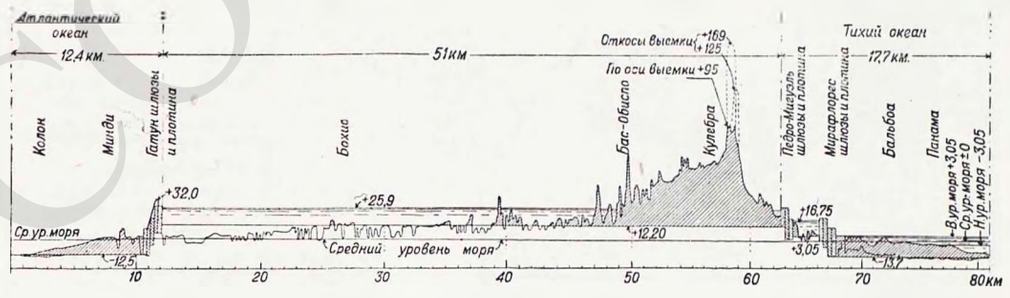
Фиг. 1.

оснований; два главные из них—сильное увеличение земляных работ и трудность регулирования периодических разливов реки Чагрес при канале открытого типа. Дополнительное углубление центральной выемки на 26 *м*, которое потребовалось бы для канала открытого типа, представляло собой чрезвычайно трудную и дорогую работу, особенно в виду происходивших оползней. Указывалось, что канал открытого типа лучше обеспечивает бесперебойную навигацию, но 15 лет службы существующего канала дали полное доказательство превосходства избранного типа. После улучшения условий работы на перешейке и принятия типа канала земляные работы были вновь начаты более ускоренным темпом. В общем за 1904—1906 гг. было вынуто ок. 5 400 000 $м^3$ земли; в то же время все было подготовлено, чтобы в 1907 году развернуть производство земляных работ в еще большем масштабе. В начале 1907 г. был назначен новый главный инженер Гетхельз (Goethals) и сформирована новая комиссия, т. н. Четвертая комиссия по проведению канала, состоявшая из семи членов, к-рая начала работать в апреле 1907 г. и окончила канал в 1914 г.

Общее описание (фиг. 1—2). Высший уровень шлюзования канала на 25,9 *м* выше среднего уровня воды в обоих океанах. Наибольшая разница уровней воды в Тихом океане — 6,7 *м*, а в Атлантическом океане — 0,6 *м*. Своеобразной особенностью канала является Гатунское озеро, представляющее искусственный бассейн воды площадью 424 $км^2$, образующий самый высокий уровень поверхности воды в канале. Глубина озера настолько велика, что суда могут проходить свыше половины расстояния между океанами с большой скоростью. Для образования озера потребовалось построить высокую земляную плотину в долине р. Чагрес при Гатуне и дорогостоящие трех-

ступенчатые шлюзы, но, с другой стороны, уменьшение глубины выемки верхнего канала при Кулебре сильно сократило количество земляных работ, так что в общем получилась экономия во времени и стоимости постройки по сравнению с открытым нешлюзованным каналом. В более глубоких участках Гатунского озера выемки земли фактически не потребовалось, и работы по устройству канала свелись гл. обр. к производству выемок на приокеанских участках, выемке перевального гребня, постройке Гатунской и нескольких меньших плотин и сооружению шлюзов и водосливов.

Начиная с Атлантич. океана последовательные подразделения канала следующие: 1) канал приокеанский в 11,3 *км* длиной и в 152,5 *м* шириной по дну, доходящий до шлюзов и плотины в Гатуне; 2) Гатунский шлюз с тремя ступенями ок. 8,6 *м* каждая; 3) Гатунское озеро на высоте 25,9 *м*, образующее высший уровень, который остается и



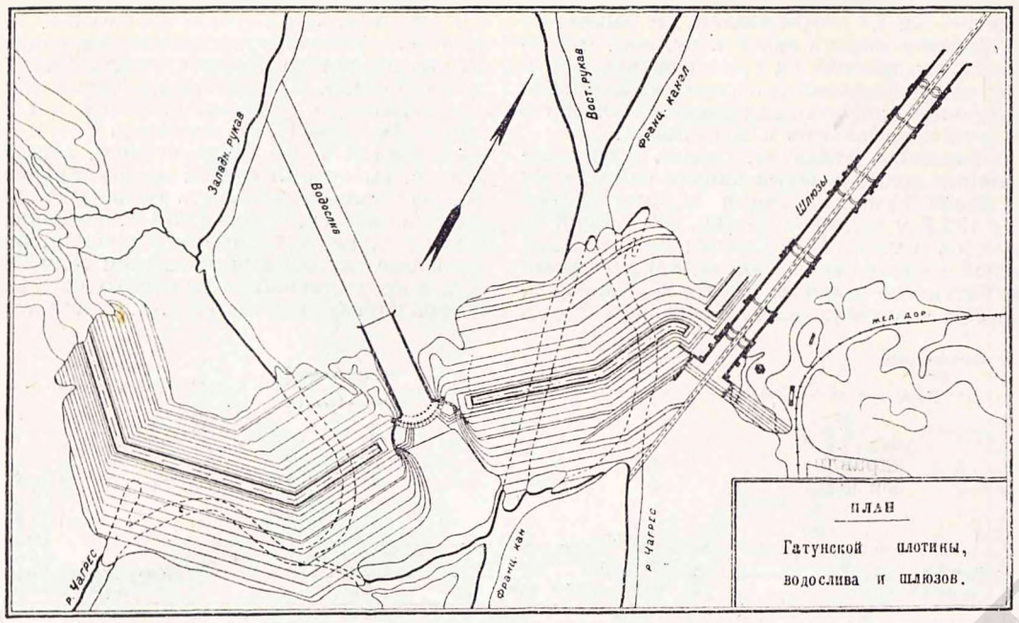
Фиг. 2.

в Кулебрском канале (Гайльярд), прорезающем перевальный участок, до шлюза при Педро-Мигуэле; общая длина этого участка П. к. с высшим уровнем составляет 51 *км*, из к-рых 25 *км* имеют 305 *м* ширины и от 13,7 *м* до 22,9 *м* глубины, 7,25 *км* шириной в 244 *м*, 6,4 *км* шириной в 152,5 *м* и 12,5 *км* в Кулебрском канале шириной в 91,5 *м*; 4) шлюз Педро-Мигуэля с одной только ступенью в 9,1 *м*; 5) Мирафлорское озеро площадью 4 $км^2$ с уровнем +16,7 *м* и каналом в 2,4 *км* длиной, 152,5 *м* шириной и 13,7 *м* глубиной; 6) Мирафлорские шлюзы в две ступени с высотой подъема 6,7—10 *м* на каждой в зависимости от уровня воды в Тихом океане и наконец 7) часть приокеанская в 152,5 *м* шириной и 13 *км* длиной, доходящая до глубоких вод Тихого океана. Т. о. наименьшая ширина канала, за исключением шлюзов,—91,5 *м*, а минимальная глубина—13,7 *м*. Для облегчения поворота судов в местах изменения направления оси канала, ширина последнего несколько увеличена благодаря тому, что вместо закруглений внешний берег прочерчен касательными прямыми до их пересечения, а внутренний срезан по хорде. Кроме маяков при входах, направление канала ясно указывается днем и ночью целой системой створных огней, баканов и буев. Повороты в озере и приокеанских каналах обозначены створными огнями, пользуясь к-рыми, суда, идущие в противоположных направлениях, держатся курсов на расстоянии 60—75 *м* друг от друга. В Кулебрском канале, в котором слишком коротки расстояния между поворотами и крутизна берегов не позволяют применять створные огни, последние заменены баканами с экранами, расположенными т. о., что с любого места канала видны только те огни, которые необходимы для определения курса. Кроме того берега канала обозначаются большим количеством газовых буев.

Гатунское озеро и плотина. Как уже было упомянуто, особенностью окончательно принятого проекта канала было Гатунское озеро. В первоначальных проектах предполагалось устроить плотины при Бохио и Бас-Обиспо, но местность Гатун была признана более подходящей и, как оказалось, выбор был сделан вполне правильно. Она дала возможность образовать громадный бассейн, нужный для шлюзования и устраняющий серьезные затруднения, причиняемые ежегодными разливами реки Чагрес, и предоставила 35 *км* судоходного фарватера почти без выемки земли. План Гатунской плотины, водослива и шлюзов показан на фиг. 3. Небольшая возвышенность, разделяющая долину р. Чагрес у Гатуна, разбивает реку на два рукава. Франц. канал пересекал восточный проток реки. Плотина состоит из гряд насыпанного камня и земляной насыпи (фиг. 4) и пересекает оба рукава. Бетонный водослив построен в возвышенности между ними. Западный конец плотины упирается в крутой берег долины, а восточный примыкает к шлюзам. Длина гребня плотины ок. 2,5 *км*, а ширина ее основания доходит в русле р. Чагрес до 0,8 *км*. Гребень плотины, расположенный на высоте +32 *м*, возвышается на 6,1 *м* над нормальным уровнем воды в Гатунском озере. Ширина гребня—30,5 *м*, ширина плотины на уровне воды—122 *м*. Только 150 *м* всей длины плотины подвергаются наибольшему напору воды. Поверхность Гатунского озера находится на высоте +25,9 *м* и занимает площадь в 424 $км^2$.

Вопрос о возможности наполнения водой такого резервуара и поддержания необходимого уровня был исследован предварительно. Оказалось, что в исключительные по сухости периоды в 1911—12 годах приток составлял 185,6 $м^3/сек$, чего вполне достаточно, чтобы наполнить озеро в 400 дней. Необходимый запас воды обусловливается потребностью для проведения судов через шлюзы, расходом для силовых установок, водоснабжения и т. п. и потерями на испарение, всасывание и утечку через ворота шлюзов и водоспуска. На основании как имеющихся дан-

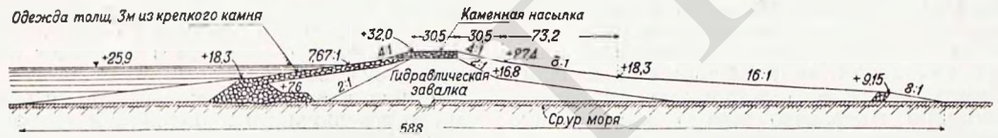
ных, так и нек-рых предположений суточный расход воды был определен в 119 $м^3/сек$ при одном шлюзовании в час в каждом направлении. Было признано, что эти требования м. б. выполнены, если во время дождливого сезона поднимать уровень воды в озере до +26,5 *м* и допускать его понижение



Фиг. 3.

до +24,4 *м* во время засухи. При этом минимуме в Гатунском озере оставалась вполне достаточная для навигации глубина в 12,2 *м* в Кулебрском канале. Результаты опыта эксплоатации П. к. со времени устройства доказали, что расчеты были сделаны правильно.

По первоначальному проекту предполагалось устройство добавочной плотины при Алахвела (Alhajuela) на 16 *км* выше того пункта, где Чагрес входит в канал. В течение прошедших лет (до 1926 г.) в этой плотине не было нужды, т. к. запас в 2,1 *м*, соответствующий ~900 млн. $м^3$, был совершенно достаточен для засушливого сезона. Отчет за 1926 г. показывает, что высота воды в озере к началу необычного сухого сезона была +26,7 *м* и несмотря на значительную



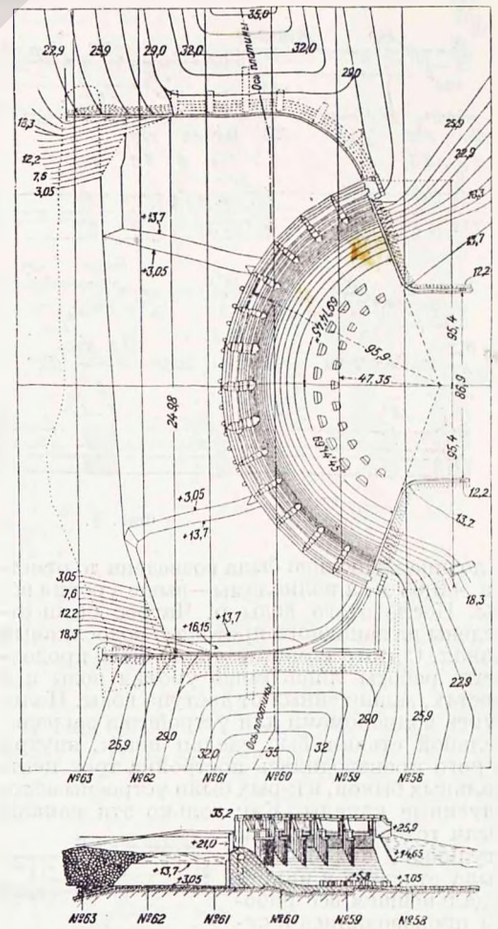
Фиг. 4.

экономию в расходе воды упала до +24,8 *м*. На следующий год уровень воды опустился до +25,84 *м*. Оба отчета указывают, что ~51% воды было спущено через водослив в период дождей и 700 млн. $м^3$ м. б. получено в качестве добавочного запаса, если сделать плотину в верхнем течении р. Чагрес.

Предварительные работы для сооружения Гатунской плотины, как то: изыскания для нахождения поблизости достаточного количества пригодного материала, исследование грунта для основания плотины и выяснение возможности применения гидравлического способа постройки плотины были успешно закончены к 1908 г. Запас материала был найден в расстоянии 2,4 *км* от места постройки и в местах, подходящих для гидравлич. землечерпания; кроме того материал мог быть получен от углубительных работ в Лимонной бухте. Общий план работ состоял в соединении франц. канала с восточным протоком Чагрес и отведении всей воды через западный проток реки. После этого начиналась постройка восточной части плотины и выемка грунта для канала водослива с подготовкой для отведения воды из западного протока в этот канал. Можно было также одновременно сделать нек-рое количество земляных работ по устройству плотины в западном рукаве прежде, чем вода из него была отведена. После отвода воды в спускной канал насыпка и бетонирование обеих частей плотины пошли нормальным порядком. Для устройства насыпи был применен такой способ: 1) камень подвозили поездами по эстакадным путям, которые были расположены вдоль места работ, и сбрасывали, образуя параллельные каменные гряды, 2) пространство между этими грядами заваливали землей при помощи рефулеров. В таком порядке продолжалась работа, пока насыпь не была закончена. Наброска камня и очистка восточного рукава для гидравлич.

завалки землей были начаты в полном объеме около половины 1908 г. При очистке поверхности для земляной насыпи грунт из русла реки вычерпывали до песчаной глины, а во франц. канале до твердой синей глины. Обломки камней были тщательно убраны и берега выровнены с небольшим уклоном в красной глине. Засыпка производилась тремя рефулерами. Подаваемая ими масса содержала, разумеется, большой процент воды, к-рую нужно было удалить. Спуск воды производился двумя группами из трех 20-дм. труб, выходивших с небольшим уклоном в открытые сточные канавы. Другие концы этих труб были подняты вертикально в земляной засыпке и своими верхними концами приближались к поверхности воды, которая редко поднималась выше 30,5 *см* над ними. По мере возрастания насыпи трубы наращивались. Весной 1910 г. р. Чагрес была отведена из западного протока в водоспуск и была начата постройка западной плотины по тому же методу. Был пущен в дело четвертый рефулер. Материал для сухой засыпки привозили с Кулебрской выемки и в небольшом количестве с земляных работ на шлюзе и водосливе. Насыпь для плотины была закончена весной 1913 г. Глина для верхнего слоя гидравлической засыпки поступала из карьеров к северу от плотины. Некоторые затруднения были вызваны оседанием и сползанием северного откоса плотины близ ее западного конца. В этом случае так же, как в подобном же оползне на северной стороне восточной части насыпи, подошва была сильно укреплена и откос увеличен до 1 : 7,67. Та часть откоса плотины, которая подвержена прибою волн, вызываемому сильными южными ветрами, временами господствующими на озере, была вымощена.

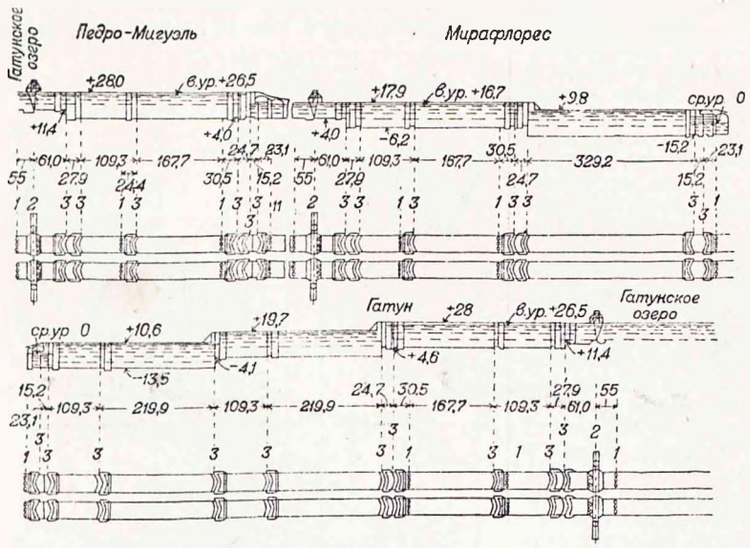
Гатунский водослив. Для удаления излишка воды во время дождливого сезона в возвышенности, разделяющей долину р. Чагрес, был сделан водослив, представляющий собою бетонную плотину с поверхностью, приспособленной для спуска воды, и канал для отвода воды в реке Чагрес. Для обеспечения максимального необходимого спуска воды в количестве 5 150 $м^3/сек$ потребовался бы нерегулируемый водослив длиной в 600 *м*. Поэтому был принят проект водослива, изогнутого по дуге окружности и имеющего род ворот для регулирования спуска (фиг. 5). Очертание поперечного сечения плотины состоит из параболы, короткой касательной прямой и дуги окружности, переходящей в плоский порог ниже плотины. Кривая поверхность водослива рассчитана так. образом, чтобы нижний слой воды оставался в соприкосновении с поверхностью водослива при глубине потока 1,83 *м* и более. Струи направляются к центру дуги водослива, сталкиваясь между собой, вследствие чего их энергия частично нейтрализуется. Для этой же цели поставлены два ряда бетонных волноломов, верхний ряд которых расположен на 36,6 *м* от гребня вниз по течению, и возвышается на 3,05 *м* над порогом. Со стороны потока волноломы облицованы чугунными плитами. Двумя устоями и 13 быками гребень плотины разделен на 14 пролетов по 13,72 *м* шириной, в к-рых установлены ворота Стони (Stoney). Нормальный уровень озера был принят на отметке +25,9 *м*, а максимальный допустимый уровень—на отметке +26,5 *м*. Пороги ворот водослива были сделаны на отметке +21,03 *м* или на 4,87 *м* ниже нормального уровня. Для низа ворот, поднятых полностью, была принята отметка +28,04 *м*, т. е. на 2,14 *м* выше принятого уровня воды в озере. Вода, пройдя через плотину, входит в веерообразную камеру, к-рая направляет



Фиг. 5.

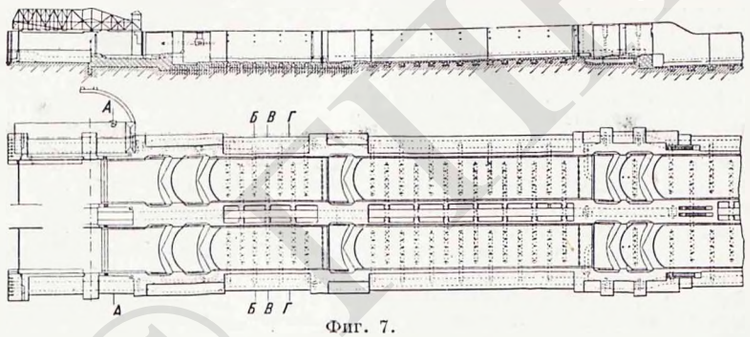
поток в облицованный бетоном канал водослива 86,88 *м* ширины и 366 *м* длины, прорытый в скале до р. Чагрес ниже плотины. При максимальной высоте воды +26,5 *м* пропускная способность всех 14 пролетов водослива рассчитана в 4 358 $м^3/сек$. Она значительно превосходит известный до сих пор максимальный приток в 3 879 $м^3/сек$ в течение 33 часов. Ширина ворот—14,11 *м*, их высота—5,79 *м* и толщина—ок. 1,4 *м*. Каждые ворота весят 39 *т*. Конструкция ворот состоит из 4 горизонтальных балок, уширяющихся к средине и прикрепленных своими концами к двум вертикальным балкам. С обеих сторон сделана обшивка из листовой стали толщиной $^3/_8$ дм. (9,4 *мм*). Ворота приводятся в действие электричеством. Рытье

канала водослива было начато в 1907 г. и производилось главным образом взрывными работами. По общему плану работ для возведения Гатунской плотины надо было возможно скорее отвести воду из реки в канал водослива. Весной 1909 г. была начата бетонная кладка по устройству водосливного канала; кладка была выведена выше ожидаемого уровня отведенной в канал реки.



Фиг. 6.

Плотина водослива была возведена до отметки +3,05 *м*, а волноломы—выше уровня воды. После этого воды р. Чагрес были отведены из западного протока в водосливный канал. С этого момента можно было продолжать работы лишь выше уровня воды и в местах, защищенных от доступа воды. Пользуясь волноломами для устройства заградительной стенки, был сделан ящик, внутри к-рого производилась постройка трех центральных быков, в к-рых были устроены водоспускные каналы. Как только эти каналы были готовы, вода в наступивший сухой сезон была отведена в них, и в дальнейшем все работы производились в сухом месте нормальным порядком. После окончания плотины и быков были поставлены ворота во всех пролетах, кроме двух центральных. Затем отверстия каналов были закрыты заградительными стенками и каналы заполнены бетоном. Установка двух последних ворот производилась под защитой деревянных перегородок, перекрывавших пролеты и опиравшихся на переднюю часть быков.



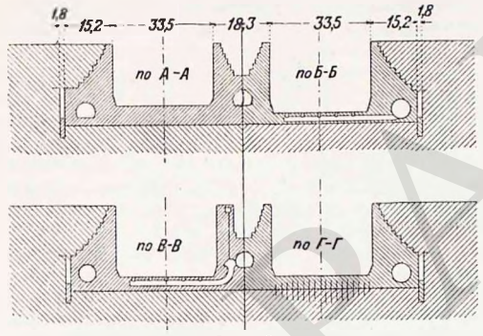
Фиг. 7.

Мирафлорское озеро и плотина. Мирафлорское озеро образовалось от запружения р. Рио-Гранде и ее маленьких притоков Мирафлорской плотиной. Оно представляет собой также искусственный резервуар неправильной формы между плотинами в Педро-Мигуэле и Мирафлоресе и образует промежуточный уровень между Тихим океаном и Гатунским озером. Его поверхность на отметке +16,75 *м* на 9,15 *м* ниже нормального уровня Гатунского озера. Плотина в Педро-Мигуэле от зап. стены шлюза направлена почти параллельно каналу до близлежащих холмов, в к-рые она упирается. Она имеет гребень на отметке +32 *м* и состоит из насыпных каменных гряд и земли, утрамбованной слоями. Плотина при Мирафлоресе состоит, подобно Гатунской, из гидравлич. земляного заполнения между каменными отсыпками и имеет примыкающий к шлюзам водослив с гребнем по прямой линии и 8 пролетами по 13,71 *м*. Гребень водослива — на отметке +11,79 *м*. Максимальная пропускная способность водослива сделана гораздо больше требующейся для отвода вод, притекающих в озеро и идущих из шлюза Педро-Мигуэля. Сделано это на случай серьезного повреждения ворот этого шлюза и прорыва воды через шлюз в озеро. Из этих расчетов водослив запроектирован с пропускной способностью в 2 600 *м*³/*сек*. Его общая длина 131,7 *м*.

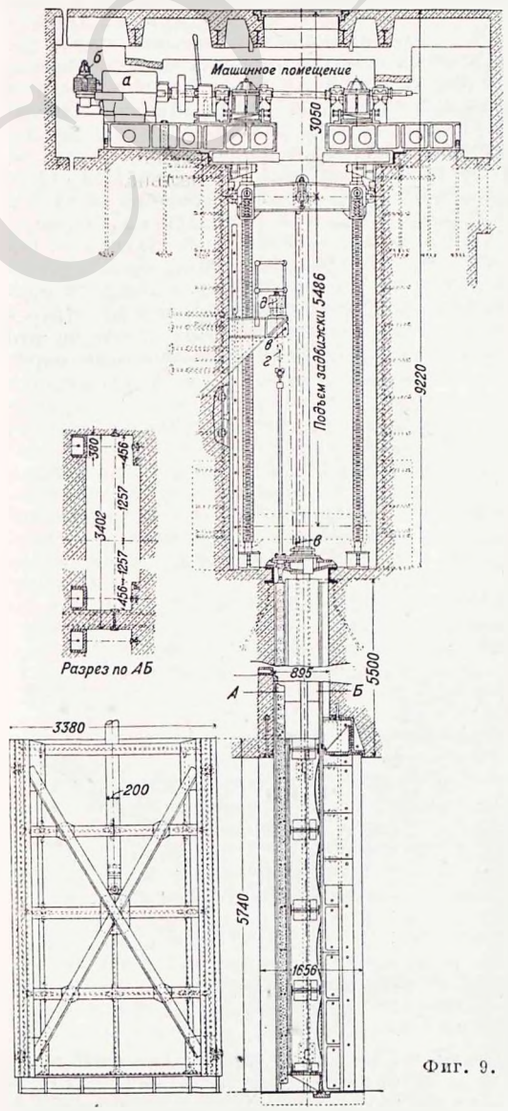
Чтобы закрыть любой пролет водослива для исправления повреждений ворот, применяется плавающий опускной ящик, к-рый примыкает к переднему краю двух соседних быков. Ящик сделан из стали и имеет размеры 14,17 *м* в длину, 1,83 *м* в ширину и 7,4 *м* в высоту. Дно ящика и края, которыми он упирается в быки, обделаны деревянными брусьями для увеличения водонепроницаемости. Такие ящики имеются в Гатуне и Мирафлоресе.

Общее описание шлюзов. Всего имеется три группы шлюзов: гатунская—из 3 ступеней, мирафлорская—из 2 ступеней и в Педро-Мигуэле — с одной ступенью

(фиг. 6). На фиг. 6 : *1*—предохранительная цепь, *2*—запасная запруда, *3*—ворота шлюзов. Конструкция и общий вид гатунских шлюзов изображены на фиг. 7 и 8 и на

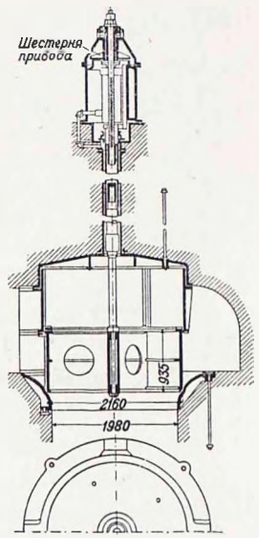


Фиг. 8.



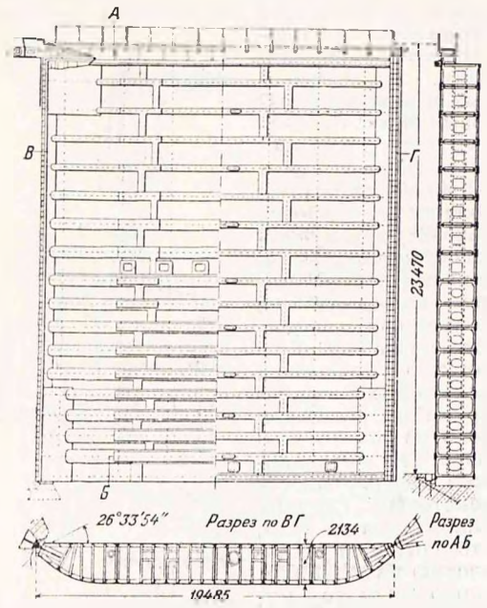
Фиг. 9.

вкл. листе. Для наполнения и опорожнения шлюзов в средней и боковых стенах сделаны круглые каналы с площадью поперечного сечения по 23,6 *м*² каждый. Они соединяются с поперечными эллиптич. каналами с площадью сечения 3,8 *м*², проложенными под полом шлюзов на расстоянии около 11 *м* друг от друга. Каждый канал имеет выход вверх в шлюзовую камеру через пять круглых отверстий площадью по 1,11 *м*². Пропуск воды по главным каналам регулируется задвижками системы Стони (фиг. 9), помещенными близ верхних, промежуточных и нижних шлюзовых ворот. Свободный проход в задвижке 2,43 *м* ширины и 5,49 *м* высоты. Задвижки установлены парами, разделенными стенками. Для безопасности около каждой пары задвижек установлен запасный комплект. Устройство механизма для открывания и закрывания задвижек ясно из самого чертежа. Так как задвижки выдерживают в некоторых случаях напор воды до 18 *м*, что соответствует давлению на задвижку около 250 *т*, то в виду большого давления на задвижку, она не скользит непосредственно по направляющим, а перекатывается по роликовым лентам, которые помещены между закраинами задвижки и направляющими в гнезде. Стержень задвижки проходит через крышку гнезда, снабженную сальником, и соединен с поперечиной, имеющей на концах ролики, которые катаются по направляющим. Передвижение поперечины производится двумя винтовыми подъемниками, приводимыми в движение от электромотора *а*. На валу электромотора помещен также тормоз *б*. Для того чтобы движение задвижки происходило без скольжения, роликовые ленты должны совершать путь вдвое меньший величины подъема задвижки. Поэтому для перемещения роликовой ленты сделан привод, который состоит из штанги, проходящей сквозь крышку гнезда и соединенной нижним концом с лентой, а верхним концом подвешенный к передвижному блоку *г*. Цепь, закрепленная одним концом в пружинной подвеске *д*, огибает подвижный блок *г* и неподвижные блоки *в*, *в* и прикреплена другим концом к поперечине. Операция подъема задвижки совершается в одну минуту. В поперечных каналах, идущих от главного канала в средней стене шлюза, установлены цилиндрич. клапаны, изображенные на фиг. 10. Верхний цилиндр неподвижен, а нижний может перемещаться по вертикали. Когда нижний цилиндр поднят, клапан открыт. Клапан приводится в действие электромотором в 7 *HP*. Время, потребное для открытия или закрытия кла-



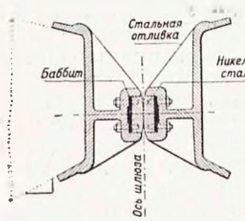
Фиг. 10.

пана,—10 ск. Наполнение водой шлюза в 275 *м* длиной через два канала совершается в 7—8 мин., а через один канал в боковой стене—в $12^1/_2$—$13^1/_2$ мин. На практике было обнаружено очень неравномерное поступление воды через различные отверстия поперечного канала, причем наибольший приток наблюдался из отверстия, более отдаленного от главного канала. Вследствие

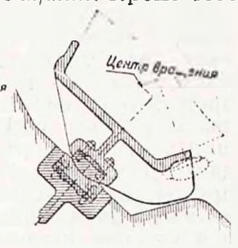


Фиг. 11.

этого судно, стоящее в шлюзе, имеет стремление прижаться к стенке, из которой происходит наполнение. Пришлось перейти к пользованию обоими каналами в течение всего процесса наполнения, получая т. о. совершенно одинаковое распределение и допуская безопасно максимальную скорость изменения уровня в 2,28 *м/мин*. Кроме того



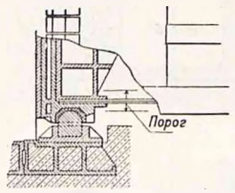
Фиг. 12.



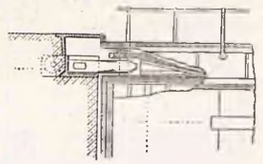
Фиг. 13.

было замечено повышение уровня воды, вызываемое ускорением движения воды по трубам. Вследствие больших продольных и поперечных сечений шлюзов этот процесс, не принятый в расчет обычными формулами, имеет важное значение, т. к. укорачивает время наполнения примерно на 2 минуты. Коэфициенты истечения приблизительно равны: для наполнения при пользовании трубами боковой и средней стен C=0,65, при пользовании только боковой трубой C=0,82; для опоражнивания при пользовании трубами боковой и средней стен C=0,67, при пользовании только боковой трубой C=0,73.

Ворота шлюзов—двустворчатые. Створки установлены под углом в 26°33′ 54″ (уклон

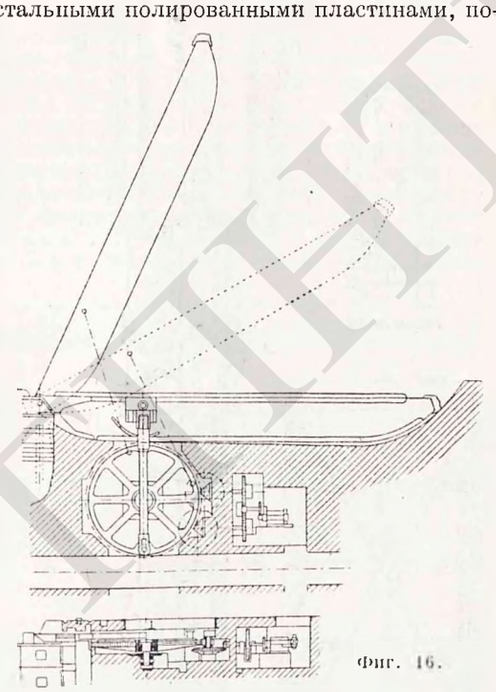


Фиг. 14.



Фиг. 15.

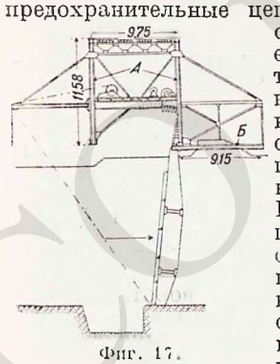
1 : 4) к плоскости поперечного сечения шлюза. Расположение ворот в шлюзах показано на фиг. 6. Двойные комплекты ворот поставлены для обеспечения от случайностей. При проходе судов до 275 *м* длиной оба комплекта замыкающих шлюз верхних и нижних ворот могут быть закрыты. Суда в 275—300 *м* устанавливаются лишь при одних открытых воротах, причем судно всегда имеет перед собой двойные закрытые ворота как при спуске, так и при подъеме. Промежуточные ворота разделяют шлюз на два отсека для провода более мелких судов. Во всех шлюзах канала 46 ворот. Все створки имеют одинаковую ширину в 19,48 *м* и толщину в 2,13 *м* и разнятся по высоте от 14,30 до 25 *м* и по весу от 360 до 675 *т*. Общий вес ворот равен 54 400 *т*. Конструкция ворот показана на фиг. 11. Стыки створок между собой по середине ворот (фиг. 12) и со стенками шлюза (фиг. 13), образованные стальными полированными пластинами, по-



Фиг. 16.

казали на практике полную водонепроницаемость. Порог сделан из деревянных брусьев с резиновой обкладкой. Нижним концом створка установлена в подпятнике (фиг. 14), а вверху она имеет шип, вращающийся в

петле (фиг. 15), закрепленной в стенке шлюза. Механизм для поворачивания створок (фиг. 16) был впервые применен при постройке П. к. и состоит из горизонтальной штанги, шарнирно соединенной одним концом с верхушкой створки, а другим концом с большой шестерней вблизи ее внешней окружности. Шестерня получает движение от электромотора в 25 HP через зубчатую передачу. Наименьшие скорости перемещения створок достигаются при этом механизме в начале и конце движения, т. е. в моменты, когда гидравлич. сопротивление достигает максимумов. Помещения для машин, приводящих в движение ворота, задвижки и предохранительные цепи сделаны внутри стенок шлюзов и соединены между собой туннелями. Управление всеми механизмами производится из центрального помещения на средней стене шлюзов. В центральном же помещении находится контрольный стол, на к-ром сделан в миниатюре план шлюза с моделями, которые передвигаются одновременно с настоящими воротами, задвижками, предохранительными цепями и т. д.



Фиг. 17.

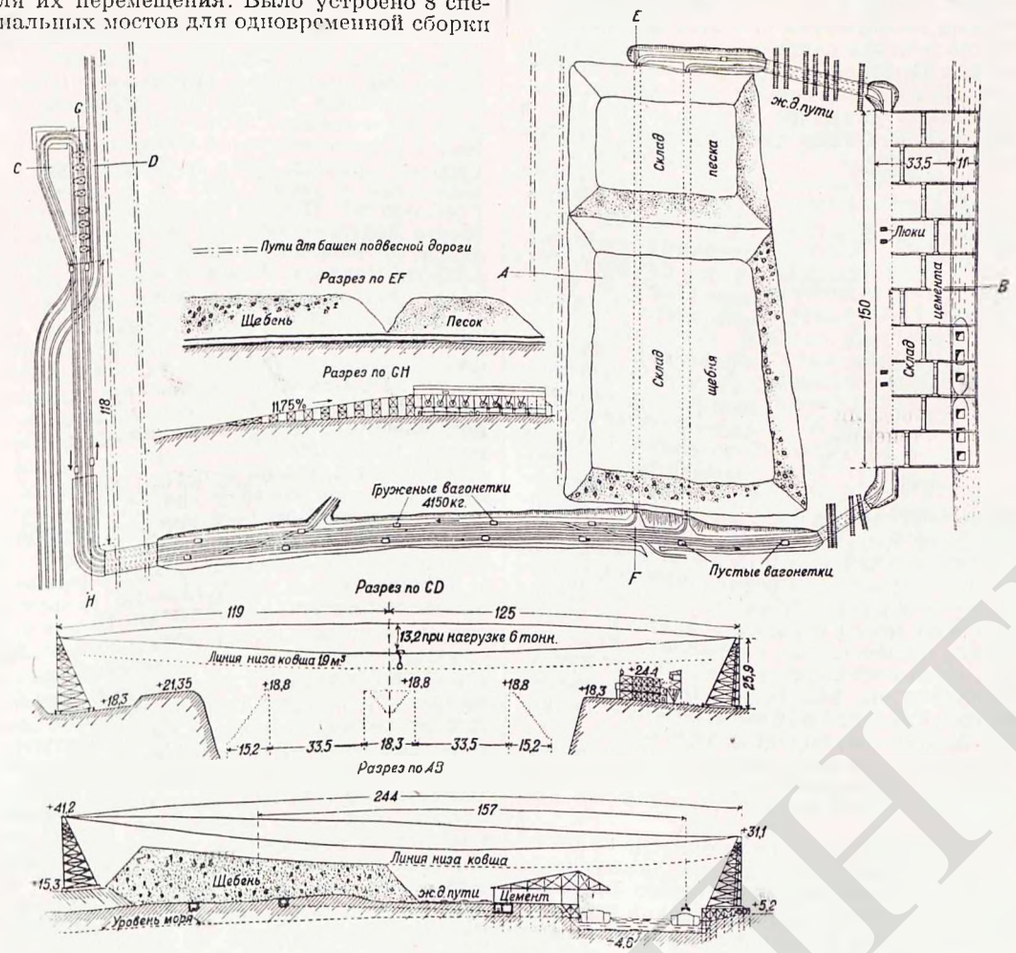
Для защиты ворот и судов от возможных ударов протянуты предохранительные цепи перед воротами поперек шлюзов. Передвижение цепей и регулирование их натяжения производятся гидравлич. механизмом. Цепь постепенно останавливает наткнувшееся на нее судно. Было доказано опытом, что судно в 16 000 *т* водоизмещения, двигающееся со скоростью 4 *км/ч*, м. б. легко остановлено на расстоянии ок. 17 *м* без малейшего повреждения судна или цепи. Для пропуска судна цепь опускается на дно шлюза.

Буксирование судов при проходе по шлюзам производят электровозами, движущимися по зубчатым рельсам на стенах по обеим сторонам шлюзов. Тяговое усилие электровоза ок. 11 тыс. *кг*, скорость—1,6—3,2 *км/ч*.

Для прегражденія потока воды в случае повреждения ворот выше каждой группы шлюзов построены запасные запруды. Все 6 запруд для двух каналов трех групп шлюзов сделаны одинаково. Конструкция запасной запруды (фиг. 17) совершенно аналогична разводному мосту и состоит из двух ферм, вращающихся на вертикальной опоре, установленной на берегу канала. Один конец моста имеет длину в 50 *м*, достаточную для перекрытия шлюза, а другой—29,9 *м* и загружен бетонным противовесом и механизмами. Горизонтальная ферма *Б* принимает на себя давление воды и передает его береговым опорам. Ряд балок, находящихся на расстоянии 2,8 *м* друг от друга, опускается от пояса фермы *Б* на дно канала. Промежутки между балками заполняются небольшими щитами, снабженными направляющими роликами для опускания по балкам.

Постройка шлюзов. Земляные работы по устройству Гатунских шлюзов были начаты в 1907 г. Бурением было обнаружено залегание глинистых песчаников и выступающие в верхнем конце шлюзов слои мягкого песчаника и туфа. Основание для шлюзов было взято в верхних слоях глинистого песчаника, а в верхней части шлюза углублено и укреплено. Работа производилась следующим порядком. Пробивали боковые траншеи вдоль всей линии шлюзов и весь грунт между ними взрыхляли взрывными работами, убирали паровыми лопатами и отвозили на постройку Гатунской плотины. Окончательная планировка производилась ручным способом. Работы были закончены в 1911 г., было вынуто 3 600 000 $м^3$ грунта. Бетонные работы были начаты в 1909 г. и закончены в конце 1913 г. в количестве 1 580 000 $м^3$. Цемент привозился из порта Колон, песок—с берегов Номбре-де-Диос в 62 *км* от Колона, а камень — из карьера в Порто-Белло в 32 *км* к востоку от Колона, где был устроен дробильный з-д. Вся доставка производилась на баржах по старому французскому каналу. Общее расположение работ по заготовке бетона показано на фиг. 18. Цемент выгружался в склады на набережной, песок и щебень подавались по подвесным путям в большие штабели. Вагонетки, проходящие по туннелям под складами цемента, камня и песка, получали соответствующие составу бетона количества этих материалов и, доставив их к бетонному з-ду, возвращались обратно к складам. Из бетономешалок бетонная масса выгружалась в вагоны, к-рые двигались по рельсовым путям, параллельным шлюзам. Бадьи с бетоном снимались на подвесную дорогу, проходящую перпендикулярно оси шлюзов, по к-рой они направлялись к формам. Все подвесные дороги были смонтированы на передвижных башнях и могли передвигаться по мере необходимости. Бетонирование стен шлюза производилось отдельными монолитами длиной в 11 *м* в переносных стальных формах (фиг. 19). Деревянные формы употреблялись только при устройстве пола и нек-рых деталей неправильной формы. Все формы использовались многократно и передвигались с места на место по рельсам. Формы были собраны на полную высоту, за исключением задней стенки, к-рая наращивалась по мере заполнения формы в виду постепенного сужения стены кверху. Передняя стенка формы была прикреплена к башне для предохранения от распирания формы. Боковые стенки для этой же цели были снабжены контрфорсами. Башня передвигалась по рельсам для перемещения формы из одного положения в другое. Постройка всех стен производилась одновременно, причем последовательно заполнялись формы, стоящие на направлении подвесной дороги. После этого переходили к следующему ряду, для чего башни подвесной дороги соответственно перемещались. Общий вид постройки представлен на вкл. листе. Кладка производилась из бетона 1 : 3 : 6, кроме стенок главных водяных каналов, для которых применялся состав 1 : 2 : 4. Горизонтальные поверхности покрывались цементным раствором 1 : 3.

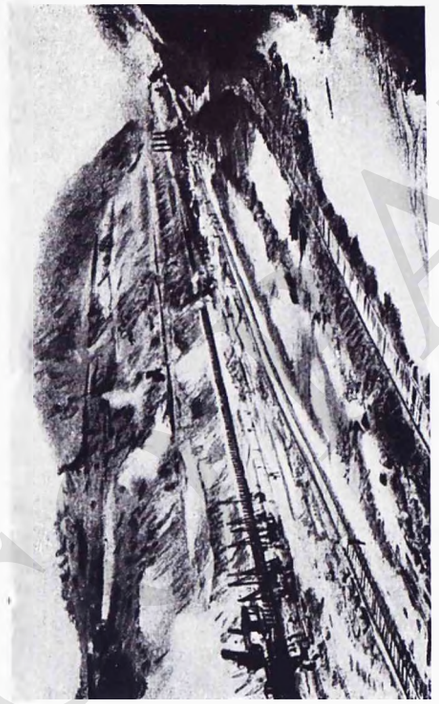
Установка ворот представляла значительные трудности в виду необходимости обеспечить правильное распределение напряжений, точную навеску и водонепроницаемость. Все клепаные балки, из к-рых составлялись остовы створок, а также и остальные детали доставлялись на места работ в готовом виде. Вследствие большого веса отдельных частей потребовалось много механич. средств для их перемещения. Было устроено 8 специальных мостов для одновременной сборки



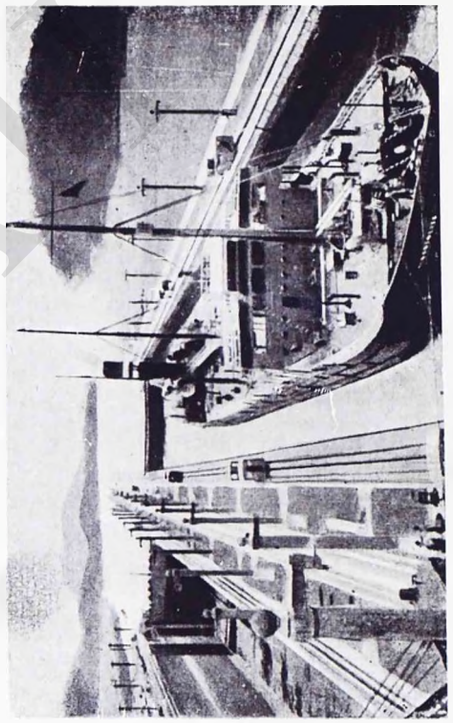
Фиг. 18.

16 створок. На подъеме и переноске частей работали 10 передвижных паровых кранов. Сборка остова производилась с большой тщательностью, в результате чего отклонение вертикальных стоек от правильного положения не превышало 3,18 *мм*, а разница с чертежем по высоте была не более 6,35 *мм*. К собранному скелету пригонялись и временно прикреплялись обшивочные листы для того, чтобы освободить мост на другую установку. После этого обшивка приклепывалась, причем все дыры для заклепок развертывались на месте пневматич. развертками. Во всех воротах было поставлено около 4 млн. заклепок. После очень сложной работы по установке опорных частей, потребовавшей большого количества предосторожностей и чрезвычайной точности, ворота навешивались при помощи специального приспособления (фиг. 20). Оно состояло из двух ферм, прикрепляемых к створке ворот с обеих сторон. Фермы были укреплены на рамах, стоящих на роликах. При помощи клиновых устройств в рамах фермы приподнимались, отделяя створку ворот от подставок, на к-рых производилась сборка. После этого створку передвигали к месту навески, опускали на подпятник и устанавливали петлю на верхнем шипе.

Постройка шлюзов в Педро-Мигуэле и Мирафлоресе производилась тем же способом, как и в Гатуне, только с некоторыми изменениями в организации бетонных работ соответственно местным условиям. В Педро-Мигуэле склады щебня и песка пришлось отодвинуть от места постройки в продольном направлении, расположив их по обеим сторонам параллельно оси шлюза. Материалы подвозились поездами по эстакадным путям. Подача щебня и песка на бетонный з-д производилась при помощи двух специальных кранов с вылетами в обе стороны по 45,7 *м*. В башнях кранов были установлены бетономешалки. Цемент подавался по элеватору на площадки в башнях. Готовый



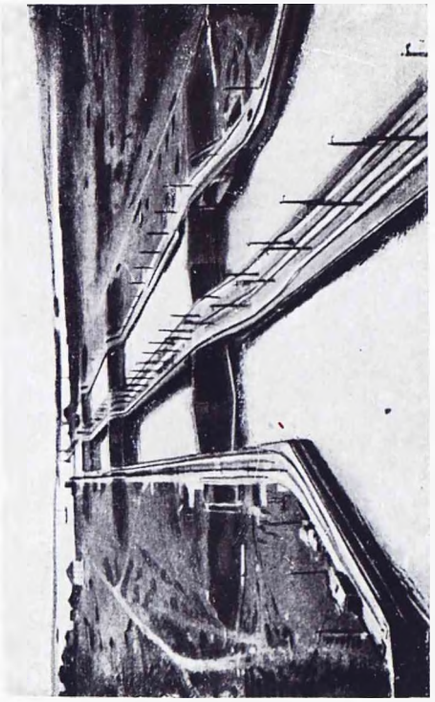
Кулебрская выемка.



Сухие шлюзы.



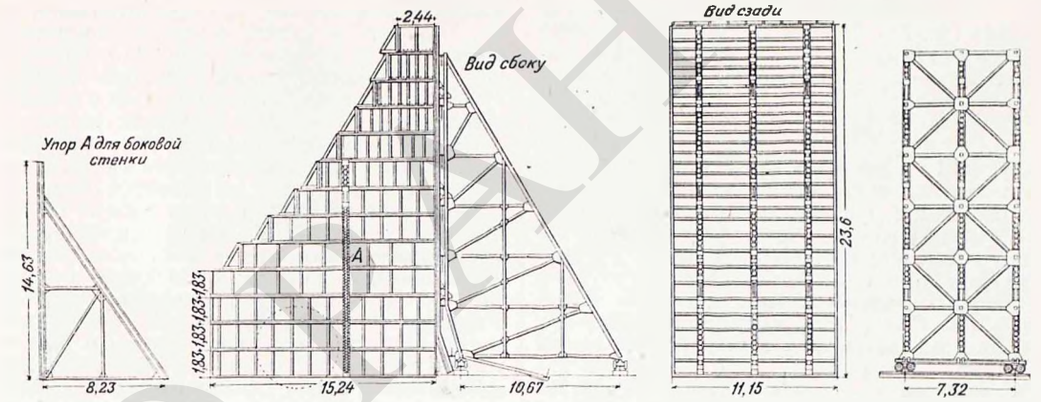
Постройка шлюзов.



Шлюзы в Гатуне.

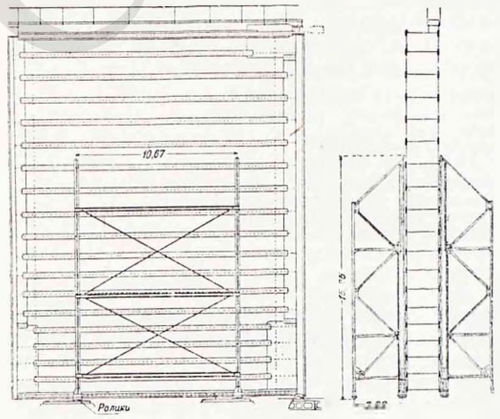
РЕПОЗИТОРИЙ ГГТУ

бетон спускался в вагонетки, к-рые отвозили его по узкоколейному пути к месту работ. В виду значительной разницы уровня пола



Фиг. 19.

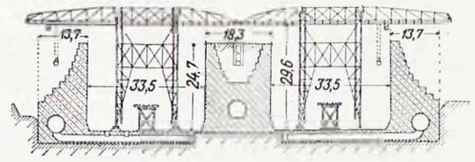
шлюза и места заготовки бетона узкоколейные пути были уложены на эстакадах с уклоном в 0,023. На фиг. 21 показаны краны, применявшиеся для укладки бетона в стены шлюза. Таких кранов было 4. Кладку бетона производили в деревянных формах, которые постепенно перемещали вверх после заполнения слоя в 1,83 *м*. В Мирафлоресе



Фиг. 20.

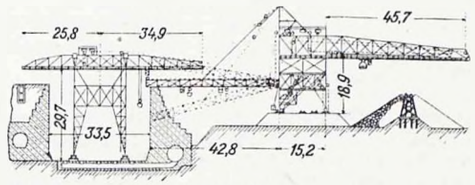
склады материалов можно было расположить по обоим берегам шлюзов. Краны для подачи на бетонный з-д были совершенно такой же конструкции, как и в Педро-Мигуэле, но лишь с одним вылетом (фиг. 22). Бетон с завода отправлялся по крановой ферме, один конец к-рой можно было поднимать вверх на 15,25 *м* по мере возведения постройки. Бетон выгружался или непосредственно на боковую стену шлюза или перегружался в бадью на кране для средней стены. Общее количество бетонной кладки шлюзов в Педро-Мигуэле и Мирафлоресе ок. 1 530 000 $м^3$.

Кулебрский канал. Самой значительной статьей расходов по сооружению П. к. были работы по устройству выемки для Кулебрского канала, составлявшие почти половину всей стоимости. В основном эта задача была такой, какой она является при всякой выемке для постройки ж. д. и других целей. Однако громадный объем работ в связи с оползнями в Кулебрской выемке придает панамским земляным работам большой интерес. Глубина выемки в перевальной точке достигала 83 *м* по оси канала, а по крутому склону Гольдхилла работы восходили до 157 *м* над дном канала. Рисунок, данный на вкл. л., представляет Кулебрскую выемку во время производства работ. По первоначальным подсчетам в Кулебрской



Фиг. 21.

выемке предполагалось 41 млн. $м^3$ земляных работ. Вследствие решенного в 1908 г. уширения дна канала на 30,5 *м* количество работ д. б. увеличиться на 10 млн. $м^3$. Но благодаря оползням оно возросло в большой степени, и борьба с оползнями не прекращалась в течение всего времени эксплоатации канала. Оползни происходили на протяжении немного более 1,5 *км* по обеим сторонам Гольдхилла. До открытия канала в конце 1914 г. было удалено около 40 млн. $м^3$ оползней и за время эксплоатации до 1924 г. было вынуто еще 30,6 млн. $м^3$, полученных главным образом от оползней. В конце 1915 года большой оползень завалил канал на 75 *м* шириной и на 20 *м* выше



Фиг. 22.

уровня воды и вызвал прекращение навигации на полгода.

Кулебрская выемка представляла собой самый низкий участок на много $км^2$ и сливалась с долиной р. Обиспо на значительном

© ГПНТБ СССР

протяжении. Поэтому Обиспо была отведена в новое русло и спущена в р. Чагрес. То же самое было сделано с р. Камачо. Протекавшая по местности, предназначенной для выемки, р. Рио-Гранде также была переведена в новое русло и для защиты от нее была выстроена длинная дамба вдоль южного берега канала. Кроме того потребовалось устройство временной плотины для заграждения от вод р. Чагрес, так как дно выемки было на 12 *м* ниже уровня реки. Для удаления местной воды, собиравшейся в выемке протяжением в 13 *км*, перед началом разработки каждого слоя пробивали траншею по всей длине канала. Собиравшаяся в траншею вода стекала к концам выемки и ее откачивали центробежными насосами через плотины. Около 70% выемки было сделано взрывными работами в скале. Общая длина шнуров составляла ок. 6 500 *км*, и было израсходовано до 13 600 *т* взрывчатых веществ. Подорванный грунт убирали и нагружали в вагоны паровыми лопатами и по путям, соединенным с Панамской ж. д., отвозили в места, предназначенные для свалки или на другие работы. Средняя месячная производительность колебалась по годам от 765 000 до 1 200 000 $м^3$ и доходила в отдельные месяцы до 1 500 000 $м^3$. Средняя стоимость земляных работ по всему центральному участку Панамского канала от Гатуна до Педро-Мигуэля получилась ок. 1 р. 80 к. за 1 $м^3$.

Приокеанские участки канала. Вследствие изменений в устьях канала, могла быть использована только небольшая часть работ, произведенных франц. компанией в обеих приокеанских частях канала. Франц. канал от Колона до Гатуна был временно использован для перевозки материалов при сооружении шлюзов, но вход в канал был совершенно изменен. На тихоокеанском берегу могло быть использовано лишь около 2 500 000 $м^3$ франц. земляных работ. Общая длина обеих приокеанских частей канала составляет 25 *км*, т. е. около $^1/_3$ длины всего канала. Ширина в этих участках 152,5 *м* с глубиной на тихоокеанской стороне в 13,7 *м* и на атлантич. берегу—12,5 *м* ниже среднего уровня моря. Общий объем выемок на тихоокеанском берегу, включая ок. 5 350 000 $м^3$ для устройства гавани и доков в Бальбоа, достигает 36 500 000 $м^3$, а на атлантич. берегу около 30 000 000 $м^3$. Для защиты от господствующих сев. ветров и от заноса грунтом устьев канала построены два брекватера общей длиной ок. 5 *км* в Лимонной бухте и один брекватер также ок. 5 *км* длиной, параллельный устью канала, от Бальбоа до острова Наос. Последнее сооружение содержит ок. 14 000 000 $м^3$. Материал доставлялся из Кулебрской выемки. Постройка атлантич. участка канала производилась преимущественно подводными работами, но часть работ (ок. 10%) представилось возможным сделать сухим способом. Как видно из продольного профиля канала, местность около Минди-Хилла значительно возвышается над уровнем моря. Благодаря незначительному просачиванию грунтовых вод экскаваторы работали на этом участке значительно ниже уровня моря, и сухая выработка была прекращена лишь за год до окончания всех работ на атлантич. участке. Подводные работы были оборудованы одним мощным землесосом производительностью ок. 17 000 $м^3$ в сутки, 4 землечерпалками, к к-рым были добавлены еще две после того как в сделанную сухим способом выемку была пущена вода, и одним судном с 4 буровыми установками для взрывных работ.

На тихоокеанском участке все работы производились подводным способом и с таким же оборудованием, как и на атлантич. участке. Исключение составили лишь работы на небольшом участке в $2^1/_2$ *км* от Мирафлореса, где в намеченном русле канала оказалась выступающая скала ок. 1 100 000 $м^3$, покрытая в среднем на 11,6 *м* наносным грунтом. Удаление этого грунта было произведено гидравлич. способом, состоявшим в размывании грунта сильными струями воды под давлением в 8 *atm* и откачивании насосами жидкой грязи, к-рая была использована для завалки окрестных болот и преимущественно для образования непроницаемого ядра плотины в Мирафлоресе. Всего было удалено таким образом ок. 1 200 000 $м^3$ грунта. Все земляные работы на приокеанских участках стоили ок. 60—65 коп. за 1 $м^3$.

Стоимость канала и статистика перевозок. Канал был открыт для движения в конце 1914 г., но его достройка и улучшение продолжали вызывать дополнительные затраты. На 1 июня 1918 г. стоимость П. к. составлялась из следующих статей расходов (в млн. долл.).

Уплата за концессию	10
Покупка франц. предприятия	39
Прорытие канала	158
Шлюзы и плотины	93
Брекватеры, гавани, доки и пр.	29
Силовые установки и передача энергии	5
Городские участки и недвижимость	5
Перестройка Панамской ж. д.	16
Здания, водоснабжение, санитарные мероприятия и пр.	20
Итого	349

К этой сумме нужно прибавить значительные дополнительные расходы с 1914 года на удаление оползней и на разные другие надобности. Сверх того была назначена сумма в 30 млн. долл. на военные укрепления. Приведенные выше суммы конечно еще возросли на сегодняшний день, т. к. многие статьи удвоились со времени войны. Отчет губернатора зоны канала за 1927 год указывает, что за 1927 фискальный год было сделано 16 941 шлюзование и что 29 декабря 1926 г. было пропущено через Гатунские шлюзы 28 коммерческих судов, что составляет рекордную цифру для Гатунских шлюзов. В отчете приводится сводка пропуска судов в течение 1915—1927 гг. (см. табл.).

Новейшие цифры перевозок по П. к. даны Крамером. Он отмечает интересный факт, что хотя Суецкий канал открыт с 1870 г., а П. к. с 1914 г., но за 1927 г. тоннаж в П. к. (28 610 984 *т*) почти не разнился от тоннажа в Суецком канале (28 965 000 *т*). Крамер на основании кривых перевозок доказывает, что П. к. в своем современном виде с устройством Алахвельской плотины. к-рая дает дополнительное количество воды, будет справляться с перевозками вплоть до

Число судов, пропущенных за 1915—1927 гг. через Панамский канал.

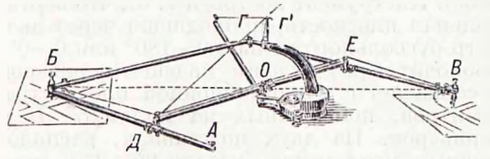
Год	Число судов	Чистый тоннаж П. к.	Пошлины в долл.
1915	1 075	3 792 572	4 367 550,19
1916	758	2 396 162	2 408 089,62
1917	1 803	5 798 557	5 627 463,05
1918	2 069	6 574 073	6 438 853,15
1919	2 024	6 124 990	6 172 828,59
1920	2 478	8 546 044	8 515 933,15
1921	2 892	11 415 876	11 276 889,91
1922	2 736	11 417 459	11 197 832,41
1923	3 967	18 605 786	17 508 414,85
1924	5 230	26 148 878	24 290 963,54
1925	4 673	22 855 151	21 400 523,51
1926	5 197	24 774 591	22 931 055,98
1927	5 475	26 227 815	24 228 830,11
Всего	40 377	174 677 954	166 363 228,06

1970 г., делая излишним сооружение Никарагуйского канала.

Лит.: Тимонов В. Е., Мировой водный путь через Панамский перешеек, Петербург, 1913 (указана лит. до 1913 г.); Franzius O., Der Verkehrswasserbau, B., 1927 (указана лит.)]; Annal Reports of the Isthmian Canal Commission a. the Panama Canal, Wsh., 1906—27; Morrow J. J., Maintenance a. Operation of the Panama Canal, Panama, 1923; Gillette H. P., The Panama Canal, «Engineering a. Contracting», Chicago, 1914, v. 41, 1, p. 3; International Engineering Congress, v. 1 a. 2, San Francisco, 1915; Kramer H., The Isthmian Canal Situation, «Proceedings of the American Society of Civil Engineers», New York, 1928, August. **Г. Гольдмарк.***

ПАНТОГРАФ, прибор, служащий для перерисовки планов и чертежей в том же или в ином измененном масштабе; изобретен в 1603 г. Шейнером, впоследствии значительно усовершенствован.

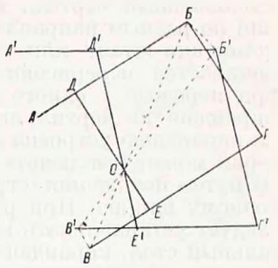
Он состоит (фиг. 1) из четырех, имеющих в сечении прямоугольник, металлич. штанг, соединенных в своих концах шарнирами; штанги образуют параллелограм. Скрепленные вершины позволяют штангам параллелограма изменять взаимное положение, т. е. размеры диагоналей параллелограма, оставаясь в то же время неизменными по своей длине при данной установке пантографа. П. устроен т. о., что линейки $ДЕ$ и $БГ$



Фиг. 1.

представляют постоянные стороны параллелограма, а две другие — $АБ$ и $ВГ$ — переменные, для чего скрепление этих штанг в точках $Д$ и $Е$ устроено таким образом, что позволяет сближать и удалять штанги $ДЕ$ и $БГ$ и устанавливать их в любом положении, параллельном между собой.

В точках $Б$, $О$ и $В$ устроены обоймы с отверстиями, в которые вставлены обводная игла (точка—$Б$), карандаш (точка—$В$) и неподвижная вертикальная ось—$О$ вращения прибора. Обоймы в точках $Б$ и $В$ неподвижны, обойма же в точке $О$ переставляется вдоль рычага $ДЕ$. Линейки $ДЕ$, $АБ$ и $ВГ$ имеют миллиметровые деления, что позволяет во время работы П. соблюсти основное требование правильности его работы, состоящее в том, что точки $Б$, $О$ и $В$ должны лежать на одной прямой линии. Для удобства работы пантографа в точке $Б$ и $В$ имеются на подставках колесики, которые предохраняют бумагу при обводе контура чертежа от повреждений; кроме того в точке $Г'$ устроен подвес на проволоке, который поддерживает весь прибор на весу в горизонтальном положении т. о., чтобы карандаш и обводный шпиль касались бумаги. Этот подвес, регулируемый при самом начале работ по пантографированию, обеспечивает правильность, а также точность работы прибора.



Фиг. 2.

Принцип работы П. основан на следующих 2 геометрич. зависимостях: 1) установленные на одной прямой карандаш, обводная игла и ось вращения прибора остаются все время на прямой при всяком положении П.; 2) если ось вращения во время работы неподвижна, то фигуры, описываемые иглой и карандашом, подобны между собой. Действительно, если точки $Б$, $О$ и $В$ лежат на одной прямой, то вследствие параллельности $ДЕ$ и $БГ$ будем иметь (фиг. 1):

$$ДБ : ДО = ВЕ : ОЕ. \qquad (1)$$

При любом положении штанг $АБ$ будет параллельна $ВГ$, длины частей штанг $ДБ$, $ДО$, $ВЕ$ и $ОЕ$ останутся неизменными, и следовательно отношение (1) будет иметь место при любом положении пантографа. Отсюда вытекает, что $\angle ДОБ = \angle ВОЕ$, так как тр-ки $ДОБ$ и $ВОЕ$ подобны, а следовательно, если точки $Д$, $О$ и $Е$ расположены на одной прямой, то и точки $Б$, $О$ и $В$ также будут лежать всегда на одной прямой.

Для доказательства 2-го условия рассмотрим следующий чертеж (фиг. 2). Допустим, что обводная игла переместилась из точки $Б$ в точку $Б'$; тогда карандаш переместится из точки $В$ в точку $В'$. Точки $Б$, $О$ и $В$, а также $Б'$, $О$ и $В'$ лежат на прямых; следовательно тр-ки $ДОБ$ и $ВОЕ$, а также тр-ки $Д'ОБ'$ и $В'ОЕ'$ подобны между собой; отсюда

$$БО : ОВ = ДО : ОЕ, \qquad (2)$$

$$Б'О : ОВ' = ОД' : ОВ' = ДО : ОЕ. \qquad (3)$$

Если вторая часть равенства (2) равна второй части равенства (3), то следовательно и первые части их равны. Отсюда следует, что тр-ки $ББ'О$ и $ВВ'О$ подобны, т. е.

$$ББ' : ВВ' = БО : ОВ = ОД : ОЕ. \qquad (4)$$

При помощи равенства (4) можно доказать вторую зависимость.

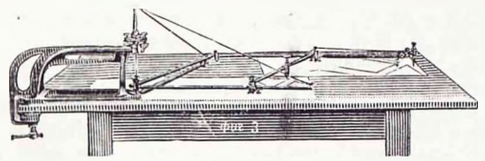
Практич. пользование П. сводится к следующему: допустим, что требуется уменьшить данный чертеж в $^1/_n$ раз, для этого необходимо, чтобы

$$ОЕ : ОД = ЕВ : ЕГ = ^1/_n \text{ и } БД = ЕГ.$$

Установка П. производится по миллиметро-

* Перевел и обработал П. Фрязиновский.

вым делениям, нанесенным на штангах, или по особым нарезкам, отмеченным на штангах: $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$ и т. д. После установки штанг неподвижная ось ставится на подставку П., представляющую тяжелый груз, остающийся неподвижным во все время работы инструмента. Штанги приводятся в горизонтальное положение при помощи накладного уровня и регулирования проволоками. Далее под обводный шпиль подкладывают чертеж, а под карандаш чистый лист бумаги, на который наносится уменьшенный чертеж. После ряда сравнений по разным направлениям правильности установки штанг или коэф-та уменьшения начинается перерисовка. Для того чтобы при переводе с одного контура на другой карандаш не чертил лишних линий, в П. на карандаше устроена специальная муфта, к-рая может выключать карандаш из работы путем натяжения струны, идущей к обводному шпилю. При работе П. последний следует устанавливать на плоский горизонтальный стол, карандаш по мере его притупления следует чинить; сила нажима карандаша регулируется специальными грузиками, одеваемыми на карандаш. П. новейших систем отличаются от прежних: 1) длиной рычагов, доходящих до 1 *м*, что обеспечивает возможность перерисовки больших чертежей; 2) устройством подставки для установки неподвижной оси, которая делается более массивной и привинчивающейся струбцинкой к столу, что гарантирует неподвижность и постоянство установки всего П. во время работы; 3) более тщательной регулировкой П. подвесными проволоками; 4) совершенством устройства шарниров, соединяющих штанги П. между собой, и 5) устройством микрометрич. винтов для тщательной установки обойм, движущихся по штангам. П. (фиг. 3). Правильность и точность работы П. обусловливаются следующими условиями его изготовления: 1) тщательной и точной пригонкой осей шарниров (отсутствие люфта), связывающих штанги между собой; 2) тщательной и точной пригонкой цилиндра с карандашом в муфте (отсутствие люфта); 3) точной подгонкой гнезда для установки конца неподвижной оси, оканчивающейся обыкновенно сферой; 4) правильностью нанесения делений на штангах, что обеспечивает установку на одной линии карандаша, обводного шпиля и неподвижной оси.

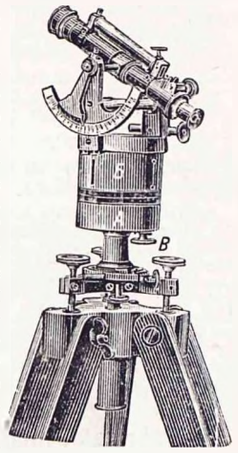


Фиг. 3.

В настоящее время П. изготовляются на з-дах Треста точной механики в СССР, фирмой Коради в Швейцарии, фирмой Вихмана в Германии и пр.

Лит.: Красовский Ф. Н., Чеботарев А. С., Александольский Н. М., Курс геодезии, под ред. Краевского, т. 1, Москва, 1930; Орлов П. М., Курс геодезии, 2 изд., М., 1929; Бик А. Н. и Чеботарев А. С., Учебник низшей геодезии, М.—Л., 1928; Соловьев С. М., Курс низшей геодезии, 3 изд., Москва, 1914. **В. Платон.**

ПАНТОМЕТР, угломерный инструмент. По своей конструкции представляет попытку соединить в одном инструменте *экер* (см.), *астролябию* (см.) с *диоптрами* (см.) и астролябию с трубой. Пантометр с полным вертикальным кругом по конструкции близко подходит к общему типу угломерного инструмента, *теодолиту* (см.), но все же значительно уступает ему гл. обр. в устройстве *лимба* (см.) и *алидады* (см.), а также осей вращения, являющейся менее совершенной, чем у теодолитов. П. состоит (фиг.) из двух полых цилиндров *А* и *Б* с диам. ~10 *см*, заменяющих собою лимб и алидаду. Вращение верхнего алидадного цилиндра *Б* производится посредством особого винта *В*. Нижний цилиндр (лимб *А*) неподвижен. На верхнем крае цилиндра *А* (лимб) нанесены деления 0—360° против хода часовой стрелки; на цилиндре же *Б* (алидада) с края расположены на диаметрально противоположных концах два *верньера* (см.), позволяющие делать отсчет направления с точностью до 2′. На боковой поверхности цилиндра *А* против делений 0° и 180° сделаны два прореза—неподвижные диоптры; в боковой поверхности цилиндра *Б* сделаны четыре прореза по взаимно перпендикулярным направлениям (подвижные диоптры), причем 2 прореза сделаны против нулей верньеров, расположенных, как указывалось выше, на подвижном цилиндре *Б*. Сверху цилиндра *Б* помещена *буссоль* (см.) для определения азимутов или румбов измеряемых направлений; внутреннее кольцо буссоли имеет деления 0—360° (азимутальное) или от диаметра 0—0° в обе стороны до 90° (румбическое). Инструмент построен т. о., что вертикальная плоскость, проходящая через диаметр буссольного кольца 0—180° или 0—0°, проходит через нулевые индексы верньеров и совпадает с коллимационной плоскостью диоптров, помещенных на цилиндре *Б* у верньеров. На двух подставках, расположенных у диаметра буссоли 90—270° (или 90—90°, если кольцо румбическое) покоится *зрительная труба* (см.), снабженная дальномерной сеткой нитей. Труба П. устанавливается так. обр., чтобы ее коллимационная плоскость проходила через диам. 0—180° или 0—0° буссольного кольца и через индексы нониуса. На одной из подставок трубы имеется сектор, или вертикальный круг, по к-рому производятся отсчеты для направлений в вертикальной плоскости (углы наклона). Между подставками трубы расположен уровень для приведения всего инструмента в горизонтальное положение. При производстве работ П. устанавливается на штативе с к-рым скрепляется становым винтом.



К недостаткам П. следует отнести: 1) невозможность в некоторых его системах перевести трубу через зенит, вследствие чего нельзя устранить из результата измерений горизонтального угла влияние коллимационной ошибки трубы и наклона к лимбу ее горизонтальной оси, 2) короткость оси вращения алидады, наконец 3) грубость зубцов шестерни винта *В*, вращающего алидаду, мешающую быстро и плавно навести центр нитей сетки трубы на визируемую точку. В инструментах позднейшей конструкции винт *В* заменен закрепительным и микрометренным винтами, позволяющими устранить возможность грубой наводки центра нитей трубы на визируемую точку.

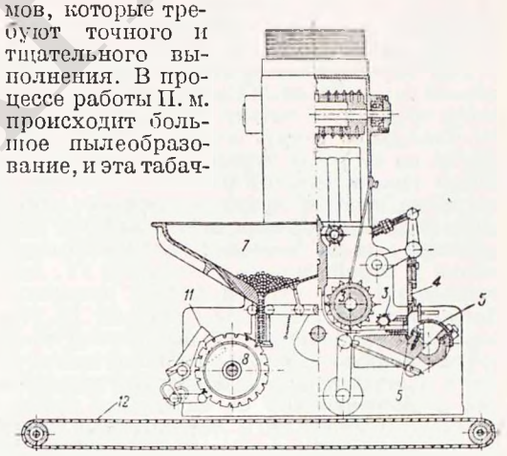
П. как инструмент, поглощающий несколько инструментов (сборный), требует выполнения суммы всех условий, обязательных для каждого из поглощенных им инструментов. Между тем его конструкция, не будучи оригинальной, не дает возможности довести путем поверок и исправлений выполнение этих условий до степени, позволяющей рассчитывать на удовлетворительную точность геодезич. измерений. В виду этого П. является малоценным угломерным инструментом; в практике он уступил место теодолиту. П. может применяться при производстве изысканий, на второстепенных работах, как например при разбивке продольной оси *нивелирования* (см.), разбивке нивелирных поперечников, съемке внутренней ситуации сомкнутых полигонов и т. п., особенно в горных и лесистых местностях.

Лит.: Пославский М., Низшая геодезия, 6 изд., М.—Л., 1929; Андросов И. Д., Теория геодезич. инструментов, Одесса, 1928; Бик А. Н. и Чеботарев А. С., Учебник низшей геодезии, 9 изд., М.—Л., 1928; Орлов П., Практика низшей геодезии, 8 изд., М.—Л., 1930; Соловьев С. М., Курс низшей геодезии, 3 изд., М., 1914. **В. Платон.**

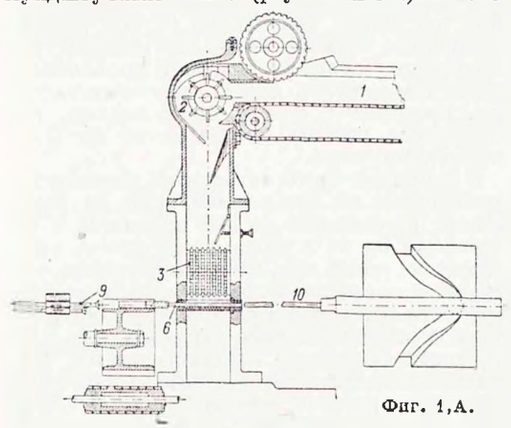
ПАНТОПОН, см. *Алкалоиды*.

ПАПИРОСОНАБИВНАЯ МАШИНА, машина для наполнения табаком гильзы (см. *Гильзовые машины*).

П. м. разделяются на два типа: машина для наполнения мундштучных гильз табаком и машина для наполнения табаком безмундштучных гильз (рубашек) с изготовлением этих рубашек на этой же машине. В СССР безмундштучные машины не получили применения. Вся выпускаемая табачными фабриками СССР продукция состоит почти исключительно из мундштучных папирос. В функции папиросонабивных машин входит дозировать табак, придать дозе определенные, точные объемные размеры и вставить ее в гильзу. Папиросонабивная машина состоит из очень тонких, сложных механизмов, которые требуют точного и тщательного выполнения. В процессе работы П. м. происходит большое пылеобразование, и эта табачная пыль содержит в себе много песку, осевшего на листьях табака в плантационный период. Пыль способствует износу нек-рых деталей. Для быстрой замены сработанных деталей во избежание больших простоев последние конструируются по принципу взаимозаменяемости их. За последние 25 лет в постройке П. м. специализировались ленинградские заводы: з-д точного машиностроения им. Макса Гельца и завод им. Фридриха Энгельса.



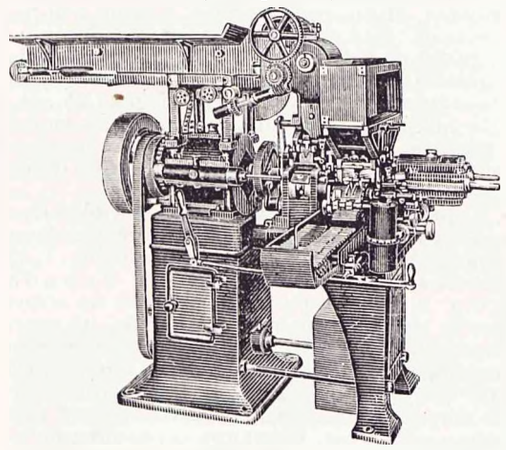
Фиг. 1,Б.



Фиг. 1,А.

Принципиальная схема мундштучной П.м. следующая. Табак, укладываемый в табачн. приемник (дистрибутор) *1* (фиг. 1,А), начесывается игольчатым барабаном *2*, иглы к-рого вычесывают из общей массы табака отдельные волокна. С этого барабана табачные волокна направляются равномерной струей в табачную камеру, где они формуются в табачную ленту, по ширине и толщине соответствующей размерам папиросы. Нижними игольчатыми барабанами *3* (фиг. 1, Б) табачная лента периодически продвигается вперед к ножу *4*, который отрезает от нее длинные порции табака. Отрезанная порция принудительно попадает в промежуток между двумя полупрессами *5*, к-рые спрессовывают табак в цилиндр по диаметру меньший, чем внутренний диаметр гильзы. С одной стороны прессов прикреплена табачная трубочка *6* со скошенным концом. На эту трубочку наталкивается гильза своей безмундштучной частью (куркой). Подача гильз на трубочку также автоматизирована. Гильзы укладываются работницей, обслуживающей П. м., в гильзовый приемник *7*, в дне к-рого вращается периодически барабан *8* с лункообразными канавками вдоль образующей его (митральеза). При каждом повороте митральезы в каждую лунку укладывается одна гильза. Вынесенная из гильзовой коробки лункой митральезы гильза (при следующем повороте) оста-

навливается против табачной трубки. В это время гильзотолкатель *9*, приводимый в поступательно-возвратное движение барабанным эксцентриком, толкает гильзу вперед, надевает ее на трубочку и быстро возвращается назад. С другой стороны пресса вдоль его оси движется шомпол *10*, который к моменту возвращения гильзотолкателя делает движение вперед (также ведомый барабанным эксцентриком) и выталкивает спрессованный цилиндрик из прессов через трубочку в гильзу. Этим же движением благодаря упору табака в край мундштука со стороны курки наполненная табаком гильза (папироса) снимается с трубочки назад в лунку митральезы. Вбитый в гильзу цилиндрик табака длиннее курки папиросы на 5—8 *мм*; этот конец отрезается у самой гильзы ножницами *11*, действующими при каждой подаче папиросы. После отрезки папиросы попадают на бесконечный транспортер *12*, выносящий их за предел машины. Благодаря обилию механизмов с поступательно-возвратными движениями и эксцентриков со сложными кривыми число оборотов П. м. ограничено и почти все системы работают при числе оборотов главного вала в 150—160 об/м. В конструкциях П. м. последних выпусков сист. Кацкого-Климовича (см. фиг. 2) и Фельдмана



Фиг. 2.

достигли увеличения производительности вдвое путем дублирования некоторых механизмов. В настоящее время разрабатывается П. м. ротационного типа большой производительности.

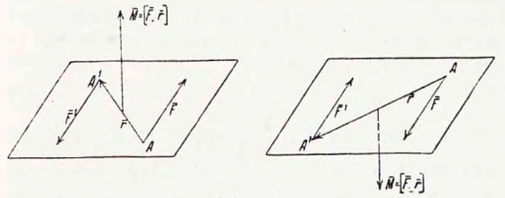
Принципиальная схема безмундштучных П. м. следующая: начесываемый дистрибутором табак падает на бесконечную ленту желобчатой формы. С этой ленты табак поступает на ленту гильзовой бумаги, лежащую на другой бесконечной ленте. Гильзовая лента движется вместе с транспортером, на котором она лежит, и этот транспортер по пути своего следования постепенно сворачивается в трубку, сворачивая также и гильзовую ленту и спрессовывая табак в длинный беспрерывно движущийся шнур, обернутый папиросной бумагой. Края гильзовой ленты направляются и накладываются один на один, причем верхний край предварительно касается края вращающегося диска, постоянно покрытого специальным клеем, не дающим неприятного запаха при сгорании. Таким образом получают бесконечную безмундштучную папиросу, от к-рой круглый быстро вращающийся нож отрезает куски желаемой длины. На нек-рых машинах имеются аппараты, обклеивающие концы папиросы бронзированной бумажкой или пробковой фольгой. Наибольшее распространение в Зап. Европе получили П. м. Мюллера (Дрезден). Благодаря ротационности всех почти механизмов этих машин производительность их сравнительно очень велика и в нек-рых системах доходит до 500 тыс. папирос в рабочий день. На табачных фабриках СССР таких П. м. имеется всего две, мундштучных же П. м. системы Кацкого—1 500 шт., Куркевича—2 976 шт., Кацкого-Климовича—481 и Фельдмана—211 шт. **В. Эткин.**

ПАПЬЕ-МАШЕ, неклееная или клееная, нередко с добавлением наполняющих веществ, волокнистая масса из бумажной или картонной макулатуры, древесной массы, целлюлозы и тряпья, употребляемая для формовки разнообразных предметов. Применение того или иного сорта волокнистого материала и качество массы зависят от способа производства и характера использования изготовляемых предметов. Способы получения самой массы ничем не отличаются от способов получения массы для производства бумаги (см. *Бумажное производство*). Неклееная масса без наполняющих веществ применяется для изготовления предметов, требующих тонкой работы, напр. для предметов, подражающих резьбе по дереву, тиснению по коже, скульптурным произведениям и пр. Производство этих предметов ведется следующим образом: на внутреннюю поверхность заранее приготовленной формы подлежащего изготовлению предмета, смазанную салом, накладывают постепенно, проклеивая клейстером, листы массы до тех пор, пока не достигнут желаемой толщины стенки; после сушки и вынутия из формы отделывают снаружи лаком и красят. Такие предметы, как игрушки, делают из двух половинок, склеивают и затем отделывают. Для предметов, требующих грубой работы, применяют обычно массу из макулатуры, смешанную с наполняющими и проклеивающими веществами, к-рую выливают в формы, прессуют в них и просушивают. Все описанные работы производства из П.-м. ведутся вручную.

В Германии взяты патенты на машины для производств из папье-маше. Одна из таких машин изготовляет до 320 предметов в час емкостью по 54 *л* каждый. Сущность этого метода состоит в том, что на эластичную сетку, представляющую форму изготовляемого предмета и помещенную в массу с содержанием абсолютно сухого вещества 0,5—1%, набирают благодаря созданию внутри формы разрежения слой волокна достаточной толщины. Затем сетчатую форму с волокном на наружной поверхности переносят в отжимную форму, которая представляет изображение того же предмета; внутри сетчатой формы создается давление, и слой волокна переходит на внутреннюю поверхность отжимной формы. Эти операции повторяются до тех пор, пока не будет достигнута заданная толщина стенок. Полученный так. образом предмет переносят в ряд следующих форм для окончательного обезвоживания и сушки. В последней форме давление доходит до 100 *atm*. По другому патенту масса слабой концентрации заполняет форму из сетки, в которую подводится изнутри сильно нагретый сжатый воздух. Последний не только равномерно распределяет волокно по сетке и отжимает его, но в то же время и высушивает. Широкое распространение получило за границей в последнее время применение изготовленной из П.-м. посуды (тарелок, вилок, ложек, стаканов и проч.) в заразных больницах, местах общественного пользования посудой и т. п. Бутылки же для молока, благодаря своим преимуществам перед стеклянными—легкости, отсутствию боя, гигиеничности (бутылки, как и вся посуда из П.-м., предназначены для употребления только в течение одного раза), безопасности в обращении и дешевизне—настолько прочно завоевали молочный рынок Германии и Америки, что существует ряд предприятий, выпускающих от 50 000 до 60 000 шт. бутылок в день. Для производства 50 000 шт. таких бутылок требуется 1 *т* целлюлозы. См. *Тара*.

Лит.: «Papierfabrikant», Berlin, 1930; «Pulp and Paper Magazine of Canada», Gardens, 1930; Müller Fr., Papierfabrikation und deren Maschinen, B. 2, Biberach, 1926. **В. Макошин.**

ПАРА СИЛ, или сокращенно, «пара», две равные по величине и противоположные по направлению силы, приложенные к одному и тому же телу. Плоскость, определяемая линиями действия сил, составляющих пару ($\boldsymbol{F}, \boldsymbol{F}'$), называется плоскостью действия пары, а расстояние d между этими линиями действия называется плечом пары. Силы, составляющие пару, определяют по отношению к какой-либо произвольной точке, лежащей в части плоскости, ограниченной линиями действия сил пары, нек-рую сторону вращения пары. Моментом $\boldsymbol{M}$ пары называется вектор, модуль которого M равен произведению $F \cdot d = F' \cdot d$ и к-рый направлен перпендикулярно к плоскости действия



Фиг. 1.

пары в такую сторону, чтобы он образовал вместе со стороною вращения пары правовинтовую систему (фиг. 1). Если A и A' суть точки приложения сил $\boldsymbol{F}$ и $\boldsymbol{F}'$ и $\boldsymbol{r} = \overrightarrow{AA'}$, то не трудно усмотреть, что

$$\boldsymbol{M} = [\boldsymbol{F} \cdot \boldsymbol{r}]. \qquad (1)$$

Модуль M численно равен площади параллелограмма, образованного векторами $\boldsymbol{F}$ и $\boldsymbol{F}'$. Пусть имеются две параллельные, неравные по величине силы $\boldsymbol{F}_1$ и $\boldsymbol{F}_2$, так что $F_1 > F_2$ (фиг. 2) и пусть A_1 и A_2 — точки приложения этих сил. Найдя равнодействующую $\boldsymbol{R}$ этих сил (см. *Механика теоретическая*), приложенную к точке A, имеем:

$$R = F_1 - F_2 \qquad (2)$$

$$\frac{\overline{AA_2}}{\overline{AA_1}} = \frac{F_1}{F_2} \qquad (3)$$

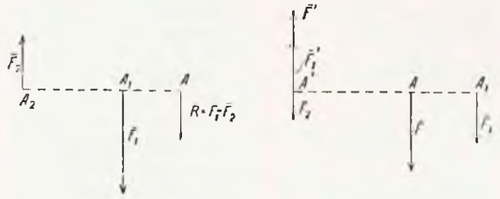
или

$$\frac{\overline{AA_2} - \overline{AA_1}}{\overline{AA_1}} = \frac{F_1 - F_2}{F_2} = \frac{R}{F_2}, \qquad (4)$$

откуда имеем:

$$\overline{AA_1} = \overline{A_1A_2}\,\frac{F_2}{F_1 - F_2}. \qquad (5)$$

По мере приближения величины F_1 к величине F_2 отрезок AA_1 увеличивается, а R—уменьшается. В пределе, когда $F_1 = F_2$,



Фиг. 2. Фиг. 3.

т. е. когда обе силы составят пару, $R = 0$ и, как видно из равенства (5), $\overline{AA_1} = \infty$. Отсюда следует, что П. с. не имеет равнодействующей силы, или что П. с. имеет равнодействующую, равную нулю и удаленную в бесконечность.

Пусть имеется пара ($\boldsymbol{F}, \boldsymbol{F}'$), точки приложения сил к-рой суть A и A' (фиг. 3). Разложив силу $\boldsymbol{F}$ на две составляющие $\boldsymbol{F}_1$ и $\boldsymbol{F}_2$ с точками приложения A_1 и A', получим систему, состоящую из трех сил—$\boldsymbol{F}'$, $\boldsymbol{F}_1$ и $\boldsymbol{F}_2$. Сложив затем силы $\boldsymbol{F}_2$ и $\boldsymbol{F}'$ в одну равнодействующую $\boldsymbol{F}_1' = \boldsymbol{F}' - \boldsymbol{F}_2$, получим новую пару ($\boldsymbol{F}_1, \boldsymbol{F}_1'$), статически эквивалентную данной; это значит, что одновременное действие сил $-\boldsymbol{F}_1, -\boldsymbol{F}_1'$, противоположных силам последней пары ($\boldsymbol{F}_1, \boldsymbol{F}_1'$), уничтожает действие первой пары ($\boldsymbol{F}, \boldsymbol{F}'$).

Так как

$$\frac{F_1}{AA'} = \frac{F_2}{AA_1} = \frac{F - F_1}{AA_1}, \qquad (6)$$

то

$$\frac{F_1}{AA'} = \frac{F - F_1 + F_1}{AA_1 + AA'} = \frac{F}{A_1A'}. \qquad (7)$$

Отсюда имеем:

$$F \cdot \overline{AA'} = F_1 \cdot \overline{A_1A'}, \qquad (8)$$

т. е. модули моментов двух рассматриваемых статически эквивалентных пар равны между собой. а т. к. и стороны вращения этих пар одинаковы, то и моменты их равны. Нетрудно доказать это положение и для более общего случая, а именно: если две пары, произвольным образом расположенные в двух параллельных плоскостях, имеют равные моменты, то эти пары статически эквивалентны. Применяя правило параллелограма сил, можно одновременное действие двух пар заменить действием одной единственной пары, называемой равнодействующей парой, причем момент последней пары равняется сумме (векторной) линейных моментов составляющих пар. По-

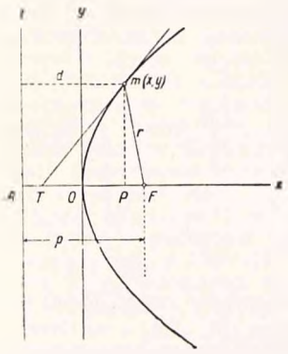
следовательным сложением можно получить равнодействующую пару для какого угодно числа пар составляющих. **М. Серебренников.**

Лит.: см. *Механика теоретическая.*

ПАРАБОЛА, общее название плоских кривых, определяемых ур-нем вида:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \ldots + a_nx^n,$$

где показатель степени старшего члена указывает порядок П. Наибольшее значение имеет П. 2-го порядка, получаемая при сечении прямого круглого конуса плоскостью, параллельною одной из его образующих (см. *Конические сечения*). П.—геометрическое место точек, равноудаленных от данной точки F (фокус) и от данной прямой l (директриса).



П. имеет одну ось симметрии, перпендикулярную директрисе l и проходящую через фокус F, и пересекает ее в точке O (вершина), делящей пополам расстояние p (параметр) от фокуса до директрисы. Если же за ось абсцисс взять ось симметрии, начало прямоугольной системы координат поместить в вершине O, а ось ординат направить параллельно директрисе (касательная в вершине), то получим канонич. ур-ие П.: $y^2 = 2px$.

П.—предельная форма *эллипса* (см.), когда большая ось беспредельно растет, а параметр сохраняет постоянную величину. П. имеет одну бесконечно удаленную точку, т. е. касается бесконечно удаленной прямой. Центр П. лежит в бесконечности. Касательная в любой точке П. делит пополам угол между радиусом-вектором r этой точки и перпендикуляром d, опущенным из нее на директрису. Отсюда вытекает свойство параболич. зеркал собирать после отражения параллельные лучи в фокусе и преобразовывать расходящийся пучок лучей, исходящий из фокуса, в пучок лучей параллельных.

П. служит траекторией тела, брошенного по горизонтальному или наклонному направлению и падающего под действием тяжести; параболичны также пути многих комет. П. находит применение в разных отраслях техники. П. выражается зависимость сопротивления воздуха от скорости движения тела, форма тела равного сопротивления на изгиб и т. д. **В. Коновалова.**

ПАРАБОЛИЧЕСКОЕ ЗЕРКАЛО, *зеркало* (см.) с кривой параболич. поверхностью, употребляется в *прожекторах* (см.) и в автофонарях. Если в фокусе зеркала помещен источник света силой J, то световой поток Φ, перехваченный зеркалом, определяется следующей ф-лой:

$$\Phi = J\Omega, \qquad (1)$$

где Ω—телесный угол, под которым виден отражатель из фокуса, причем

$$\Omega = \frac{\pi D^2}{4f^2}, \qquad (2)$$

где D — диаметр зеркала, f — фокусное расстояние. Из (2) и (1) видно, что количество света, использованное отражателем, пропорционально квадрату отношения $\frac{D}{f}$, к-рое называется относительным отверстием зеркала. В зависимости от конструкции зеркала $\frac{D}{f}$ бывает от 2 до 2,5 у прожекторных зеркал и до 5—6 в автофонарях. Разница значений $\frac{D}{f}$ для этих двух групп зеркал объясняется меньшими требованиями, предъявляемыми к автофонарям. Параболические зеркала бывают стеклянные и металлические.

Стеклянные зеркала. Фокусное расстояние f стеклянных зеркал вычисляется по ф-ле:

$$f = \frac{r_2}{2}\frac{1}{\frac{r_2}{r_1} + n\left(1-\frac{r_2}{r_1}\right) - 2\frac{(n-1)d}{r_1} + \frac{(n-1)^2d}{n}\cdot\frac{r_2}{r_1^2} + \frac{(n-1)^2d^2}{nr_1^2}} \qquad (3)$$

где r_1 и r_2—параметры передней и задней (посеребренной) поверхности, d—толщина в центре зеркала, n—показатель преломления. Фокусное расстояние f зеркала определяется диаметром D_1 освещенного круга, находящегося на расстоянии LM от прожектора, когда в фокусе зеркала находится светящийся предмет диаметра δ, именно:

$$D_1 = \frac{\delta}{f}L. \qquad (4)$$

Расстояние S от фокуса зеркала до его передней (непосеребренной) поверхности вычисляется по ф-ле:

$$S = \frac{r_1}{2}\frac{1-2d\left(\frac{n-1}{nr_1}-\frac{1}{r_2}\right)-2\frac{(n-1)d^2}{nr_1r_2}}{1+n\left(\frac{r_1}{r_2}-1\right)+(n-1)d\left(\frac{n-1}{r_1n}-\frac{2}{r_2}\right)+\frac{(n-1)^2d^2}{nr_1r_2}} \qquad (5)$$

Обозначения в ф-ле (5) те же, как и в ф-ле (3). В обеих ф-лах (3) и (5) членами, содержащими $\frac{1}{r^2}$, можно пренебречь. В конструкции стеклянных П. з. могут быть два случая: 1) обе поверхности параболические и 2) одна поверхность параболическая, а другая несколько отличается от параболической. Первый случай разбивается на две группы: а) конфокальные П. з., когда обе поверхности имеют общий фокус параболоидов; параметры поверхностей связаны равенством:

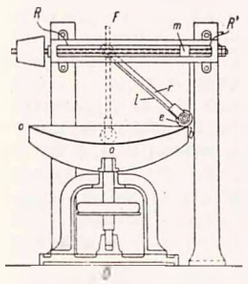
$$r_2 = r_1 - d; \qquad (6)$$

б) зеркала с безаберрационной передней поверхностью, когда фокус передней поверхности совпадает с фокусом зеркала, т. е. имеет место равенство:

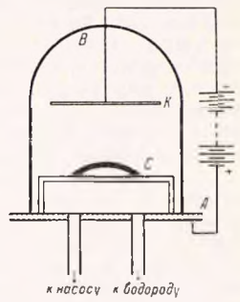
$$S = \frac{r_1}{2}. \qquad (7)$$

Обе группы зеркал делаются с относительным отверстием $\frac{D}{f} = 2:1$ для больших D (до 2 *м*) и $\frac{D}{f} = 2{,}5:1$ для малых. Второй случай: одна из поверхностей параболическая, а другая несколько отличается от параболы. Это делается для того, чтобы направление лучей, отраженных от задней и от передней поверхностей, совпадало, отчего интенсивность отражен. пучка повышается до 7%.

Производство стеклянных П. з. 1) Изготовление грубой заготовки состоит в следующем. Из стеклянного листа вырезают круглый диск, площадь к-рого равна выпуклой поверхности зеркала при заданном фокусе и диам. отверстия. Для обрезки краев при шлифовке делается допуск в диам. диска около 1,5 *см*. Обрезанный диск кладется на металлич. чашку, имеющую форму выпуклой стороны зеркала, и ставится в печь, $t°$ которой постепенно поднимается до 600°. При этой $t°$ стекло размягчается и принимает форму чашки. После этого печь оставляют равномерно остывать вместе со стеклом. 2) Шлифовка зеркал. Так как радиус кривизны у параболических поверхностей не сохраняет постоянного значения и не происходит одновременного соприкосновения по всей обрабатываемой поверхности шлифующего тела со шлифуемым, то шлифовка происходит последовательно на отдельных участках обрабатываемой поверхности, т. е. шлифовальник обрабатывает только небольшой участок поверхности, все зеркало вращается вокруг своей оси, а какой-либо ведущий механизм передвигает шлифовальник по меридиональному сечению зеркала, т. е. по параболе. Шлифовальником является наждачный круг, приводимый во вращение специальным мотором. Плоскость наждачного диска бывает либо параллельна либо перпендикулярна меридиональному сечению зеркала. Перемещение шлифовальника по параболе происходит или при помощи шаблона или используются какие-либо геометрические способы. Шаблоны применяются главным образом тогда, когда шлифуемые поверхности зеркал несколько отличаются от парабол, а также в случае стандартизованного производства зеркал одного и того же фокусного расстояния. На фиг. 1 представлен схематический чертеж шлифовальной машины, у которой для передвижения шлифовальника применен нитяной способ построения параболы: ab—шлифуемое зеркало, которое вращается вокруг оси Oo. Шлифовальник e, приводимый во вращение отдельным мотором, скреплен с штангой r; металлич. лента l, укрепленная одним концом в точке F — фокусе шлифуемого параболоида, проходит через шлифовальник e и другим концом закреплена в гайке m, к-рая движется вдоль салазок RR'. Так как при движении гайки m общая длина ленты остается постоянной, то край шлифовальника описывает параболу. 3) Полировка параболических поверхностей происходит на особых станках. Полируемая поверхность вращается вокруг своей оси. Полировальник состоит или из большого диска с наклеенным на нем войлоком или из ряда маленьких отдельных полировальников, насаженных на один общий диск. Полировальник движется туда и обратно по диам. отверстия зеркала, и одновременно диск полировальника вращается вокруг своей оси. Полирующим материалом служит крокус. 4) Серебрение зеркал большого диам. происходит обычно химич. путем. Необходимым условием получения хороших серебряных слоев является чистота поверхности стекла, которая перед серебрением промывается сперва раствором KOH (15%-ным), а затем азотной кислотой и для предохранения от пыли погружается до момента серебрения в дистиллированную воду. Способов серебрения имеется весьма много. Напр. смешивают равные объемы 6%-ного раствора $AgNO_3$ и 6%-ного раствора KOH. К полученному раствору прибавляют 23%-ный раствор NH_4OH до тех пор, пока образовавшийся осадок не растворится и останется белесоватая муть. Полученный раствор вливают в ванну и к нему прибавляют глюкозу. Количество глюкозы берется равным количеству серебра. В полученный раствор как можно скорее погружают заранее подготовленное зеркало. После окончания серебрения зеркало промывают чистой водой и высушивают. Слой должен быть наложен таким обр., чтобы никаких посторонних частиц не оставалось между ним и стеклом. Он должен настолько плотно прилегать к стеклу, чтобы была исключена возможность попадания каких-либо посторонних веществ — твердых, жидких или газообразных. Для серебрения зеркал малого диаметра (100 *мм*) в последнее время применяется способ катодного распыления (фиг. 2). Зеркало C помещается в замкнутом сосуде B в атмосфере водорода при давлении 0,01 *мм* Hg и над ним на расстоянии ~3 *см* подвешивается серебряная пластинка K, служащая катодом. Анодом служит металлич. дно A сосуда. Диаметр серебряной пластинки в 1,5 раза превышает диаметр зеркала. Между анодом и катодом происходит электрич. разряд, как в гейслеровой трубке, во время которого частицы серебра покрывают поверхность зеркала, обращенную к катоду. Плотность тока берется равной 5 mA/*см*² катода; время распыления—ок. $^1/_2$ часа. Достоинство способа: большая прочность слоя и высокая отражательная способность. 5) Поверх отражательного слоя накладывается электролитич. слой меди такой толщины, чтобы закрепить отражательный слой и предохранить его от механич. повреждений. Плотность тока при электролизе берется равной 1 A/*дм*². Состав ванны: (в весовых %): 20% $CuSO_4$ и 0,5% H_2SO_4; время осаждения—ок. 4 мин. 6) Поверх медного слоя накладывается в один или несколько слоев краска или эмаль такого качества, чтобы обеспечить наивысшую защиту против сырости и газов, к-рые могут повредить медный и серебряный слои. 7) Поверх предохранительной окраски или эмали накладывается плетеная сетка из закаленной бронзы или меди. Сетка плотно прикрепляется при помощи цементирующего материала, который пристает и к сетке и к краске.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Испытание зеркал. Качество зеркала определяется его коэф-том отражения,

сферич. аберрацией, отсутствием натяжений в теле отражателя и качеством серебряного слоя. Коэф. отражения определяется путем измерений фотометром яркости освещенной пластинки, поставленной перед зеркалом, и ее изображения в зеркале. Отношение обеих яркостей равно коэф-ту отражения. У хороших зеркал он колеблется в пределах 0,85—0,92. Сферич. аберрация измеряется приборами, выпускаемыми фирмами Цейсс, Шуккерт, Герц, Филотехника и др. Общая идея этих приборов такова: на зеркало падает узкий световой пучок, параллельный оси зеркала, и определяются места пересечения отраженного пучка с осью зеркала. Для пучков, падающих на зеркало на различных расстояниях от оси, места пересечения пучка с осью будут вследствие аберрации различны. Для качественного испытания зеркал принят метод В. Чиколева: перед зеркалом устанавливается экран с нанесенной на нем квадратной сеткой. Сторона квадрата примерно 3 *см*. В середине экрана сделано небольшое отверстие, через которое видно изображение экрана в зеркале. При этом прямые линии сетки экрана кажутся изогнутыми. Всякое отклонение зеркала от плавной формы скажется в изломе линий. Этот способ не дает аберраций зеркала, он указывает лишь на отклонение поверхности от плавной формы. Так как прожекторное зеркало имеет при работе сильные местные нагревания, то оно до посеребрения и облицовки испытывается по всей его поверхности в отношении натяжений в поляризованном свете. Стекло испытывается при комнатной $t°$ и при 100°. Испытание зеркал на прочность прилегания серебряного слоя к стеклу и прочность защитного лака производится т. о.: опытный образец выдерживается ок. 70 ч. в насыщенном растворе поваренной соли при комнатной $t°$, около 70 ч. в чистой воде при $t°$ ок. 100° и ок. 70 ч. в воздухе при $t°$ 90°. После испытания не д. б. ни искрашивания, ни трещин в облицовке, ни расслаивания ее, ни отставания от стекла отражающего слоя. Затем зеркало помещают в атмосферу сероводорода на 6 ч. К концу испытания не д. б. признаков сульфации у отражательного слоя.

Металлические зеркала представляют параболоид вращения, в фокусе которого помещается кратер дуги. Сперва изготовляется точный стеклянный шаблон, полированная выпуклая поверхность к-рого имеет форму параболоида заданного фокуса. Выпуклую поверхность серебрят и на серебряный слой электролитически накладывают слой меди. Толщина медного слоя делается ок. 3 *мм*. Необходимо плотное и равномерное осаждение меди на серебряном слое. После этого шаблон погружают в теплую (50°) водяную ванну. Вследствие разности коэф-тов расширения меди и серебра со стеклом зеркало легко снимается с шаблона. После этого зеркало с вогнутой стороны покрывают тонким слоем палладия (толщина слоя ок. 4—5 μ). Во Франции металлич. зеркала покрывают слоем золота. Это делается потому, что коэф. отражения золота для желтой и красной части спектра мало отличается от коэф-та отражения серебра. В то же время желтые и красные лучи проникают в атмосфере на бо́льшие расстояния, чем синие и фиолетовые.

П. з., применяемые в астрономии,—см. *Рефлектор*.

Лит.: Чиколев В. Н., О поверке рефлекторов электрич. освещения фотографированием, СПБ, 1892; Куприянов Д. А., Прожектор, его теория, свойства и методы исследования, Петроград, 1918 (есть лит.); его же, Методы исследования прожекторных зеркал, Метод фотографирования сетки, П., 1918; его же, Об одном способе поверки прожекторных зеркал, Петроград, 1915; его же, К вопросу об исследовании прожекторов фотометрированием, СПБ, 1914; Rey J., Méthode de verification des reflecteurs optiques, «CR», 1913, t. 157, p. 329—331; Salmoiraghy A., Description d'un nouvel appareil à mesurer les constantes optiques des miroirs paraboliques pour projecteurs et phares, Milan, 1909; Gullstrand A., Über asphärische Flachen in optischen Instrumenten, B., 1919; Czapski S. u. Eppenstein O., Grundzuge d. Theorie d. optischen Instrumente nach Abbe, 3 Aufl., Lpz., 1924; Sonnefeld A., Die Hohlspiegel, B., 1926; Rey J., The Range of Electric Searchlights Projectors, London, 1917; Benford Fr., Lens a. Reflectory for Railroad Service, «General Electr. Review», Schenectady, 1927, v. 21. **Е. Юдин.**

ПАРАГОНИТ, натровая слюда, встречающаяся в виде агрегатов тонкочешуйчатых белых листочков. См. *Слюда*.

ПАРАЗИТНЫЕ ТОКИ в электрич. устройствах, появляющиеся от внешних причин электрич. токи, не требующиеся, а иногда и вредные для эксплоатации. П. т. весьма многочисленны и разнообразны по своему характеру. В электротехнике сильных и слабых токов наиболее часто приходится считаться с вредным влиянием: а) *вихревых токов* (см.), или токов Фуко, б) высших гармоник генераторов переменного тока, преобразователей и выпрямителей, в) токов электростатической и электромагнитной индукции электрич. цепей друг на друга, г) блуждающих токов (см. *Токи блуждающие*) электрич. установок, пользующихся землей в качестве обратного провода, д) земных токов при магнитных бурях (см. *Токи теллурические*), е) токов стекания электростатических зарядов, образующихся на изолированных от земли воздушных телефонных линиях. Ниже описываются: 1) вредное действие гармоник в установках сильного тока и помех, создаваемых электромагнитной и электростатич. индукцией линий высокого напряжения и сильного тока на *линиях связи* (см.), а также 2) меры борьбы с блуждающими токами на подземных трубопроводах и кабелях, с земными токами на телеграфных линиях и токами стекания электростатических зарядов на телефонных цепях.

Токи высших гармоник. Искажение формы кривой тока и напряжения в электромагнитных генераторах зависит от наличия гармоник различных частот и амплитуд, получающихся вследствие неправильности распределения индукционных линий магнитного потока в междужелезном пространстве машины, а также от способа размещения обмоток на статоре и роторе машины. Слишком сильное намагничивание железа в генераторах и в трансформаторах также является причиной появления гармоник. Наличие различных гармоник в кривых напряжения генераторов, т. е. различные очертания кривой напряжения генераторов, создает уравнительные токи между генераторами при параллельной работе их, повышая тем потери энергии на нагревание

машин. В трехфазных установках с нулевым проводом или с заземленными нейтралями наличие гармоник третьего порядка влечет за собой образование токов этих гармоник, к-рые, повышая нагрузку проводов, понижают кпд установки и увеличивают нагревание машин и трансформаторов. При заземленных нейтралях гармоники третьего порядка производят индукцию на соседние линии связи, мешая телеграфу, создавая шум в телефонных цепях. Попадая в резонанс с собственными колебаниями электрической сети, гармоники могут нарушать правильность работы линий передачи электрич. энергии, вызывать корону на проводах и т. п. Переменные составляющие напряжения и тока преобразователей и выпрямителей могут достигать значительной величины, особенно в однофазных установках. С повышением числа фаз повышается частота гармоник и значительно снижается амплитуда их. Однако в ртутных выпрямителях, даже при шести фазах, переменные составляющие получаются настолько значительные, что при питании выпрямителями линий электрич. тяги создаются сильные помехи соседним телефонным линиям, для снижения которых требуется гашение гармоник с помощью дроссельных катушек, включаемых последовательно в линию постоянного тока, и резонансных шунтов, настроенных на соответственные гармоники и включаемых между проводами линии за дроссельной катушкой.

Электростатическая и электромагнитная индукция сильных токов на слабые токи. Если линия передачи электрич. энергии высокого напряжения располагается на нек-ром протяжении параллельно телефонным проводам, то она действует изменениями своего магнитного и электрич. поля на эти цепи слабого тока. Колебания магнитного поля, пронизывающего замкнутую цепь (двухпроводную телефонную цепь или замкнутую через землю однопроводную телефонную цепь), производят в ней мешающие токи. Изменение силы электрич. поля линии электропередачи тоже создает токи в замкнутых телеграфных и телефонных цепях вследствие уравнения потенциалов, приобретаемых проводами в электрич. поле. Эти П. т., проходя через телефоны, включенные по концам цепи, вызывают в них шум, мешающий разговору, особенно если в кривой напряжения или тока линии электропередачи имеются гармоники с частотами, наиболее воспринимаемыми ухом, т. е. 800—1 200 пер/ск. Телеграфные аппараты подвергаются мешающему действию токов с частотой 0—150 пер/ск., если сила их достигает 5—10% от величины рабочего тока телеграфных аппаратов. Индуктированные на линиях связи мешающие токи м. б. снижены симметрированием проводов линии электропередачи по отношению к линии связи. Для этого необходимо произвести скрутку (транспозицию) проводов линии электропередачи и притом так, чтобы на участке сближения с линией связи расположилось полное число циклов транспозиции. Мешающее действие индукции на телефонных цепях м. б. снижено также учащением скрещивания цепей на участке сближения согласованно со скруткой линии электропередачи, т. е. чтобы на каждый полный цикл скрутки линии электропередачи приходился уравновешенный участок телефонной цепи. Мешающее действие индукции на однопроводных телеграфных цепях наблюдается главн. обр. при сближениях с линиями электрич. жел. дор. переменного тока и устраняется применением двухпроводной схемы телеграфирования (без земли).

Радикальной мерой защиты телефонных цепей от мешающего действия электрич. установок является каблирование их. Опыт показывает, что при прокладке кабеля даже рядом с полотном ж. д. мешающее действие (шумы в телефонных цепях) не превосходит нормы, допускаемой для телефонных цепей Международным консультативным комитетом по телефонии (5 mV эквивалентного напряжения, отнесенного к частоте 800 пер/ск.). При соседстве линий связи с линиями электропередачи приходится считаться не только с смещающими токами, циркулирующими в них, но также и с напряжением цепи по отношению к земле, получающимся в проводах связи от электростатич. индукции линии электропередачи, которое при неблагоприятных обстоятельствах может достигать величины, опасной для установок связи и для обслуживающих их работников. Обычно опасные напряжения по отношению к земле возникают в проводах связи при авариях на линиях электропередачи, которые случаются редко и действие их кратковременно (измеряется секундами). Внутренняя станционная проводка и оборудование предприятий связи могут выдерживать безопасно для себя (с нек-рым запасом прочности) кратковременное напряжение в 300—400 V. Поэтому все предприятия связи защищаются от грозовых и опасных напряжений приспособлениями, выключающими линию тотчас же, лишь только напряжение на линии превзойдет 300—400 V (амплитудных). Приспособление это состоит из включенного между проводом и землей громоотвода, который пробивается при указанном напряжении, и плавкого предохранителя, включенного последовательно в провод между воздушной линией и громоотводом. При появлении на проводе напряжения свыше 300—400 V громоотвод замыкает через себя и плавкий предохранитель ток с провода на землю, причем предохранитель сгорает и тем самым изолирует станцию от провода. Хотя авария на линии электропередачи случается редко, все-таки такой способ защиты сопряжен каждый раз с перегоранием предохранителей, а следовательно с более или менее длительным перерывом в работе телефонных и телеграфных цепей. Кроме того на линии остается опасное напряжение, к-рое может попортить вводный кабель, если оно достигает 1 000 V. Поэтому в СССР принято защищать линии связи на участках сближения с линиями высокого напряжения мощными громоотводами (разрядниками типа Чернышева), выдерживающими ту силу тока, к-рая может получиться на проводе при коротком замыкании на линии электропередачи. В этом случае плавкий предохранитель не ставится. Т. о. разрядники остаются постоянно вклю-

ченными в линию и не дают повышаться напряжению более разрядного напряжения громоотвода (300 V амплитудных).

Действие громоотводов или разрядников под влиянием индуктированного на проводах связи напряжения вызывает в телефонах сильные акустич. удары, способные попортить слух телефониста или вызвать от неожиданности сильное нервное потрясение, особенно при пользовании головными телефонами. Поэтому во всех тех случаях когда подсчеты показывают, что громоотводы или разрядники могут перекрываться при индуктированном напряжении, необходимо защитить телефоны при коммутаторах от акустич. ударов специальными приспособлениями, не позволяющими напряжению на телефоне превосходить 1—2 V. В СССР применяются для этой цели электролитич. ограничители Велихина, представляющие собой поляризационный элемент с двумя тонкими и короткими платиновыми проволочками, погруженными в разбавленную серную или азотную к-ту. Но ни разрядники на линии ни ограничители на станции не являются полной гарантией того, что на линии не произойдет порчи кабелей, а на станции не случится акустич. удара. Поэтому было бы правильнее не допускать таких сближений, при к-рых могут возникнуть на проводах связи опасные напряжения, либо принимать меры на самой линии электропередачи, защищающие линии связи от опасных напряжений. В качестве такой меры, проверенной практически, является подвеска на линии электропередачи бронзовых заземленных тросов, снижающих электромагнитную индукцию на линии связи примерно на 50%.

Однофазные линии электрич. ж. д. высокого напряжения, пользующиеся рельсами в качестве обратного провода, создают особенно сильную индукцию на соседние линии связи как электрическим, так и магнитным полем. Кроме того при значительном падении напряжения в рельсах, ответвляющийся с них в землю ток часто создает помехи не только на линиях слабого тока, но даже на линиях сильного тока, в к-рых земля служит обратным проводом. Такие случаи т. н. гальванич. связи между линиями ж. д. переменного тока и расположенными на некотором расстоянии параллельно с ними на протяжении нескольких *км* рельсами пригородного трамвая постоянного тока наблюдались не раз в Германии, причем влияние получалось столь значительное, что вызывало вибрации генераторов постоянного тока на трамвайной станции. Наблюдались также и случаи гальванического воздействия ж. д. переменного тока на трехпроводные осветительные сети постоянного тока с заземленным нейтральным проводом, которое выражалось постоянным миганием ламп осветительной сети. Переменное магнитное поле рабочего провода однофазной электрич. ж. д. индуктирует в земле, как в массивном проводнике, токи Фуко, к-рые, складываясь с обратными токами, ответвляющимися с рельсов в землю, образуют т. н. б л у ж д а ю щ и е т о к и. Эти токи, проходя по земле, частью попадают в подземные металлич. трубопроводы и оболочки кабелей, достигая в них иногда значительной силы, и создают при рассоединении труб во время ремонта их напряжения, часто причиняющие сотрясение организма монтеров, работающих и опирающихся телом на сырую землю.

Б л у ж д а ю щ и е т о к и э л е к т р и ч е с к и х ж. д. п о с т о я н н о г о т о к а. Из П. т. наиболее вредными являются блуждающие токи городских электрич. трамваев постоянного тока, т. к. борьба с ними особенно трудна, а вред, причиняемый ими, значительный. Дело в том, что в отношении прохождения тока почва ведет себя как электролит; поэтому там, где положительный ток выходит из металла в землю, происходит электролитическое разъедание металла, приблизительно пропорциональное плотности тока на поверхности металла. Блуждающие токи, ответвляясь с рельсов в землю, распространяются по ней, как по проводнику очень большого сечения, удельная проводимость которого однако мала по сравнению с проводимостью металлов. Поэтому в тех местах, где плотность блуждающих токов в земле значительна и где встречаются металлич. трубопроводы и металлич. оболочки кабелей, облегчающие возвращение тока на станцию, эти токи концентрируются в них прямо пропорционально проводимости металла, по сравнению с проводимостью грунта, достигая значительной силы. Т. к. в зависимости от состава и влажности грунта проводимость его сильно меняется, то в местах выхода тока из трубопровода или из оболочки кабеля легко может получиться значительная неравномерность плотности тока и следовательно сосредоточенное разъедание металла, вызывающее быструю порчу трубы или оболочки кабеля. При таких условиях тонкие свинцовые оболочки телефонных кабелей, прокладываемых в бетонных канализациях, если есть влага в них, очень легко могут подвергаться сосредоточенной порче блуждающими токами, и поэтому на защиту их следует обратить особое внимание.

Первопричиной блуждающих токов является рельсовая трамвайная сеть, от состояния которой зависит сила ответвляющегося тока с рельсов в землю. Чем лучше проводят ток рельсы, чем меньше сопротивление рельсовых стыков (сваренные стыки) и чем меньше падение напряжения в рельсах, тем меньше сила блуждающих токов при одинаковых прочих условиях (напр. способ укладки рельсов, нагрузки сети, состояние грунта и т. п.). Поэтому во всех правилах защиты трубопроводов и кабелей от блуждающих токов, принятых в разных государствах, прежде всего ставятся условия электрич. состоянию рельсовой сети и падению напряжения в рельсах. Особое внимание уделяют состоянию рельсовых стыков, так как каждая пара поврежденных стыков между двумя соседними междурельсовыми поперечными соединениями прекращает путь тока по рельсам, и весь он идет через землю и подземные металлич. сооружения, вызывая электролитич. коррозию их там, где прежде не было ее. Однако при совершенно одинаковой проводимости рельсового пути и совершенно одинаковой нагрузке его сила блуждающих токов может оказаться весьма различной в зависимости от величины переходного сопротивления току с рельсов в землю, которое даже при одинаковом способе укладки рельсов может разниться раз в 20. Это обстоятельство показывает, что сила блуждающих токов в трубопроводах и кабелях даже при исправной рельсовой сети может оказаться опасной для них. Поэтому поддерживая в исправном состоянии рельсовую сеть, необходимо принимать меры для снижения опасности от блуждающих токов и на самих кабелях и трубопроводах. Трубопроводы и кабели необходимо удалять от рельсов, выбирая для них сухие места. Телефонная канализация д. б. сухой и свободной от завалов. Полезно снижать продольную проводимость трубопроводов применением изолирующих стыковых соединений, где этому не препятствует сырость грунта. В нек-рых случаях полезно и на телефонных кабелях ограничивать ток в оболочках перерывом металлич. пути с помощью специальных изолирующих муфт при условии, чтобы это не нарушало электрич. свойств кабеля и защиты его от индукции сильных токов. В опасных местах, где ток выходит из оболочки кабеля в землю, если никакими другими мерами нельзя защитить кабель от порчи, м. б. применен электрический дренаж, т. е. отвод тока из оболочки кабеля изолированным проводом к отсасывающему кабелю рельсовой сети, при условии однако, что эта мера не вызовет порчи других кабелей и трубопроводов.

Т о к и м а г н и т н ы х б у р ь. Телеграфные линии большого протяжения, пользующиеся землей в качестве обратного провода, очень часто подвергаются действию значительных токов в этих проводах, создаваемых разностью потенциалов между заземлениями под влиянием з е м н ы х т о к о в. Эти явления в телеграфных проводах называются м а г н и т н ы м и б у р я м и (см. *Земной магнетизм*). Возникающие при этом токи не остаются постоянными, а непрерывно меняют силу и направление, однако изменения эти происходят медленно, обыкновенно значительно медленнее телеграфных посылок тока. Накладываясь на телеграфные сигналы, токи магнитной бури способны совершенно нарушить телеграфную связь. Иногда сила земных токов в проводах достигает такой величины, что пережигает плавкие предохранители в телеграфных аппаратах, вызывает значительное нагревание обмоток катушек электромагнита, вызывает свечение громоотводов. Наиболее радикальной мерой защиты от мешающего действия токов магнитных возмущений является изолирование телеграфной цепи от земли, т. е. телеграфирование по двухпроводной линии. В тех случаях, когда скомпенсирована на однопроводных цепях индукция соседних проводов, можно преградить доступ земных токов в телеграфный приемный аппарат при помощи конденсатора, подобранного по эмпирическ. свойствам провода и приемного аппарата. Двухпроводные телеграфные и телефонные цепи не подвергаются мешающему действию магнитных бурь до тех пор, пока разность потенциалов по отношению к земле по концам двухпроводной цепи не достигнет разрядного напряжения безвоздушного громоотвода. Тогда всякая связь нарушается. Радиоприем тоже испытывает помехи от магнитных бурь, значительно снижая силу приема, а иногда и совершенно замолкая.

Т о к и э л е к т р о с т а т и ч е с к и х з а р я д о в в о з д у ш н ы х т е л е ф о н н ы х л и н и й. Двухпроводные телефонные цепи, изолированные от земли, очень часто подвергаются помехам от действия электростатич. зарядов, появляющихся на этих проводах во время сухой морозной снежной метели или сухой горячей мелкой пыли. Потенциал проводов при хорошей изоляции их быстро достигает при этом разрядного напряжения громоотводов и последние в зависимости от характеристики их или светятся непрерывно или вспыхивают периодически. Получающееся при этом замыкание линии через громоотвод на землю вызывает шум, гул и треск в телефоне, мешая работе его. Те телефонные цепи, которые имеют в своей схеме систематич. заземление, этим помехам не подвергаются, т. к. электростатич. заряд свободно стекает в землю через это заземление. Удалить электростатич. заряд с телефонной изолированной цепи можно, заземляя среднюю точку обмотки линейного трансформатора на одном из концов того участка цепи, на к-ром наблюдается свечение громоотводов.

Лит.: Ю р ь е в М. Ю., Влияние высоковольтных линий на линии связи, Москва, 1929; У г р и м о в Б. И., Техника высоких напряжений, вып. 7, М.—Л., 1929; К и т а е в Е. В., Защита сооружений связи от индуктивного влияния электропередач, Москва, 1928; Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance, Paris; Electrolysis in Concrete, Technological Papers of the Bureau of Standards, Wsh., 1913, *18*. **П. Азбукин.**

ПАРАЛЛАКС, угол, под к-рым некоторое данное расстояние видно из данной точки. Так, если расстояние a между точками A и B видно из отдаленного пункта S (фиг. 1) под углом ε, то последний и называется параллаксом пункта S по отношению к a. При постоянном AS (например $AS = d$) величина параллакса будет зависеть от угла BAS; при $AS = BS$ величина ε достигает своего максимума и определяется из следующего соотношения:



Фиг. 1.

$$\operatorname{tg}\frac{\varepsilon}{2} = \frac{1}{2}\frac{a}{d}.$$

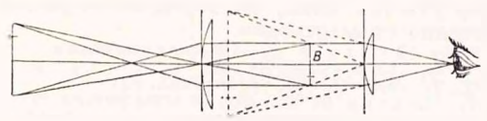
Если пункт S лежит на направлении AB, то $\varepsilon = 0$. Так как при вычислениях ε обычно не превышает 1°, то на практике вместо приведенного выше ур-ия пользуются ф-лой:

$$\varepsilon'' = \frac{a}{d}\varphi'',$$

где $\varphi = 206\,265$. Таким обр. при сделанных допущениях величина П. обратно пропорциональна расстоянию. В астрономии под расстоянием a подразумевают либо радиус земного экватора (при вычислении расстояний внутри солнечной системы) либо средний радиус земной орбиты (равный ок. 23 400 земных радиусов), если вопрос касается расстояний неподвижных звезд от тел солнечной системы. **В. Никаноров.**

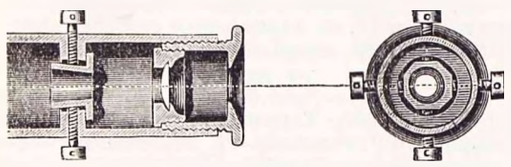
П. в а с т р о н о м и и различают суточный и годичный, причем с у т о ч н ы м П. называется угол, под к-рым со светила виден радиус земли, проведенный в данную точку

земной поверхности, а также угол между направлениями на светило из данной точки и из центра земли. Наибольшей величины для данной точки П. достигает, когда светило видно в горизонте; соответствующий П. называется горизонтальным П. Наибольшую величину для земли вообще П. имеет в горизонте для точки земного экватора; соответствующий П. называется горизонтальным экваториальным П.; в дальнейшем он обозначен через π_0. Последний зависит только от расстояния Δ светила и связан с ним простым соотношением: $\Delta = \frac{p}{\sin \pi_0}$, где p—радиус земного экватора. Для всех тел солнечной системы кроме луны (для которой средний $\pi_0 = 57'\ 2{,}70''$) можно по малости П. заменить $\sin\pi_0$ через $\pi''_0 \sin 1''$. Если еще за единицу расстояния принять большую полуось a земной орбиты, то для Δ получается формула: $\Delta = \frac{8{,}80''}{\pi_0}$, где в числителе стоит средний горизонтальный экваториальный П. солнца. Имея в виду эту простую связь между расстоянием и П., эти два термина в современной астрономии принимают равнозначащими. Расстояния луны и солнца определяются именно посредством



Фиг. 2.

измерения П. либо путем наблюдения из двух разных точек земной поверхности, что дает разность соответствующих местных П., либо наблюдая из одного места, но пользуясь перемещением последнего вследствие суточного вращения земли (отсюда произошел и самый термин: суточный П.). В астрономических ежегодниках и таблицах положение тел солнечной системы всегда дается для центра земли (геоцентрические координаты). Чтобы найти топоцентрические координаты, т. е. видимые из данного места земной поверхности, нужно учесть влияние П., к-рый понижает светило к горизонту на угол $\frac{\pi_0 \varrho}{p} \sin z$, являющийся П. по высоте. Здесь ϱ есть местный радиус земли, z—зенитное расстояние. Влияние П. на



Фиг. 3.

азимут ничтожно, т.к. происходит лишь благодаря отклонению формы земли от точного шара и ощутимо только для луны. П. по прямому восхождению α и склонению δ вычисляется по ф-лам:

$$\Delta\alpha = \frac{\pi_0 \varrho}{p} \cos\varphi' \sin t \sec\delta;$$

$$\Delta\delta = \frac{\pi_0 \varrho}{p} \sin\varphi' \sin(\gamma - \delta) \csc\gamma;\ \operatorname{tg}\gamma = \operatorname{tg}\varphi' \sec t,$$

где φ'—геоцентрическая широта места. t—часовой угол светила. Для луны эти выражения недостаточно строги и требуют еще дополнительных членов. Суточный П. для звезд исчезающе мал. По отношению к ним говорят о годичном П., т. е. угле, под к-рым со звезды видна полуось земной орбиты. Связь годичного П. с расстоянием дается ф-лой $\Delta = \frac{a}{\pi'' \sin 1''} = \frac{206\,265}{\pi''} a$. Ближайшая звезда имеет $\pi = 0{,}76''$, откуда $\Delta = 270\,000\ a$. Для выражения таких больших расстояний

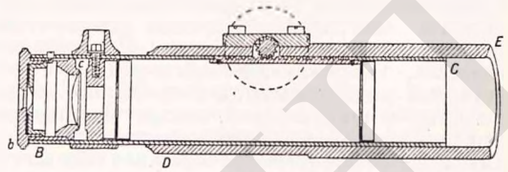


Фиг. 4.

употребляется особая единица, называемая парсеком (начальные слоги двух слов: параллакс, секунда); она равна $206\,265\ a = 3{,}09 \times 10^{13}\ км = 3{,}26$ световых лет. Тогда связь между П. и расстоянием становится еще проще: $\Delta = \frac{1}{\pi''}$ парсеков. Годичный П. влияет на видимое положение звезды. Однако по малости его приходится учитывать только для немногих самых близких звезд. Для огромного большинства звезд он меньше $0{,}01''$. Иногда употребляется еще термин вековой П. Последний обозначает смещение звезды, вызываемое движением солнечной системы в пространстве.

Лит.: Иванов А., Курс сферич. астрономии, Берлин, 1923; de Ball L., Lehrbuch d. sphärischen Astronomie, Lpz., 1912; Enzyklopadie d. mathematischen Wissenschaften, B. 6, T. 2, Leipzig, 1905—23; Valentiner W., Handwörterbuch d. Astronomie, B. 3, T. 1, Breslau, 1899. **А. Михайлов.**

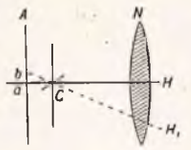
П. нитей трубы—кажущееся перемещение центра нитей трубы относительно точки визирования при перемещении глаза



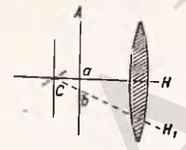
Фиг. 5.

наблюдателя, вправо или влево, вверх или вниз относительно центра окуляра. Диафрагма с сеткою нитей устанавливается в трубе, в сеточном колене, в фокусе объектива, т. е. в том месте, где получается действительное изображение предметов через объектив, рассматриваемое наблюдателем через окуляр (фиг. 2—4): на фиг. 2—в точке B. При визировании трубою наводят на точку визирования центр пересечения двух нитей, или центр квадратика, образуемого четырьмя нитями, или центр тр-ка, образуемого тремя нитями. При визировании нити должны представляться наблюдателю резкими линиями; поэтому перед наблюдением надо вдвинуть (или выдвинуть) окулярную трубочку bc из окулярного колена BC настолько, чтобы нити представлялись резкими линиями (фиг. 5). Затем при визировании на каждый предмет необходимо получать в трубе наиболее ясное его изображение; это достигается вдвижением (или выдвижением) всего окулярного колена BC (вместе с трубочкой

bc) в объективное колено DE с помощью зубчатого колеса и рейки (кремальеры). Однако точная установка сетки относительно действительного изображения предмета ви-

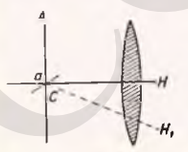


Фиг. 6.



Фиг. 7.

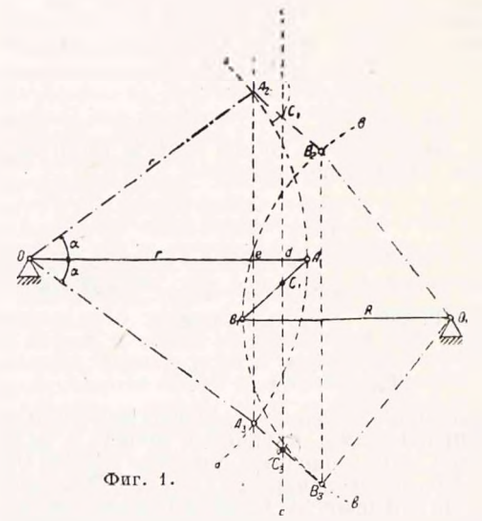
зирования не м. б. достигнута одною только ясностью видения изображения, потому что глаз не всегда улавливает при этом неточное совмещение плоскости сетки с плоскостью изображения в трубе. Между тем если сетка нитей не вполне совмещена с действительным изображением в трубе, то при различных положениях глаза наблюдателя центр нитей покрывает разные точки изображения, поэтому точное наведение не достигается. На фиг. 6—8, где C—плоскость сетки, A—действительное изображение, N—окуляр, H—глаз, видно, что только при полном совмещении сетки C с изображением A точка изображения, лежащая против центра сетки, не зависит от положения глаза. Отсюда ясно, что при визировании, добившись ясности изображения предмета визирования и точки визирования, необходимо мелкими перемещениями глаза вправо, влево, вверх и вниз относительно центра окуляра убедиться в отсутствии П. нитей; если П. имеет место, то надо его уничтожить движением кремальеры, т. е. сближением (или удалением) окуляра с объективом довести плоскость сетки до точного совпадения с плоскостью изображения (фиг. 8). Только при отсутствии П. нитей точность визирования трубою W равна точности визирования диоптрами ($1'$), деленной на увеличение v трубы: $W = \frac{1'}{v}$.



Фиг. 8.

Лит.: Соловьев С. М., Курс низшей геодезии, 3 изд., Москва, 1914; Витковский В. В., Топография, 3 изд., М., 1928; Бик А. Н. и Чеботарев А. С., Учебник низшей геодезии, 9 изд., М.—Л., 1928. **М. Бонч-Бруевич.**

ПАРАЛЛЕЛОГРАМ УАТТА, приближенный направляющий механизм, т. е. шарнирный механизм, одна или несколько точек к-рого движутся по траекториям, б. или м. близко подходящим к прямой линии. П. У. применяется для обеспечения прямолинейно-возвратного движения системы во всех тех случаях, когда устройство поступательной пары (ползуна и направляющих) является нежелательным. Предположим, что звено $OA_1 = r$ (фиг. 1) совершает около точки O качательное движение, отклоняясь на угол α от своего среднего положения OA_1, и достигает при этом крайних положений OA_2 и OA_3. Соединив прямою точки A_2 и A_3, проведем через середину d отрезка $A_1 e$ прямую $cc \perp OA_1$; прямая cc разделит звено A_1B_1 на части $A_1C_1 = a$ и $C_1B_1 = b$. Пусть при крайних положениях звена OA_1 точка C_1 звена A_1B_1 совпадает с определенными двумя точками на прямой cc. Засекаем из точек A_2 и A_3 радиусом, равным $A_1C_1 = a$ на прямой cc эти две точки C_2 и C_3. Проводим прямые A_2C_2 и A_3C_3 и на их продолжениях откладываем отрезки A_2B_2 и A_3B_3, равные длине звена A_1B_1. По трем точкам B_1, B_2, B_3 определяем центр O_1 дуги окружности bb, по к-рой должна перемещаться точка B_1 звена A_1B_1, и тем самым определяем длину звена $O_1B_1 = R$. При вращении звеньев OA_1 и O_1B_1 около центров O и O_1 точка C_1 звена A_1B_1 будет при достаточно малом угле α и достаточно большой длине звена OA_1 описывать траекторию, приближающуюся с достаточной для

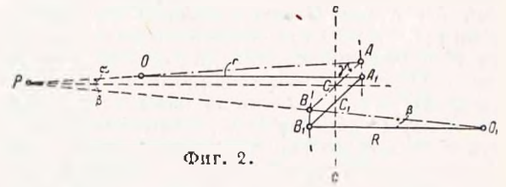


Фиг. 1.

технич. целей точностью к прямой cc. Можно доказать, что в данном на фиг. 1 четырехзвенном шарнирном механизме $OA_1B_1O_1$ имеет место следующее соотношение:

$$a : b = R : r.$$

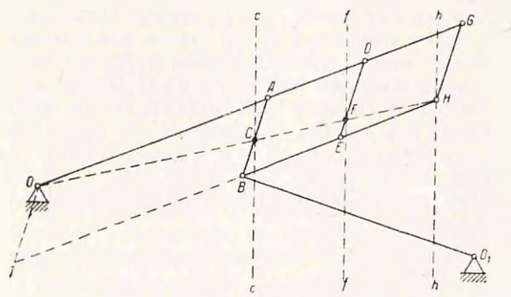
Действительно, при параллельном положении звеньев r и R (фиг. 2) мгновенный полюс вращения для звена A_1B_1 будет удален в бесконечность, поэтому за бесконечно малый промежуток времени dt звено A_1B_1 переместится в положение AB, все точки звена A_1B_1 переместятся параллельно направлению cc перпендикулярно к OA_1, и



Фиг. 2.

можно принять, что $A_1A \# B_1B$, откуда следует, что $R\beta = r\alpha$. В следующий момент времени, когда звено A_1B_1 заняло положение AB, мгновенный полюс вращения для этого звена будет находиться в точке P на пересечении оси звена OA с осью звена O_1B, причем уже только точка C, которая лежит

на пересечении звена AB с лучом CP, перпендикулярным к направлению cc, опять будет иметь направление скорости, совпадающее с направлением cc, следовательно точка C и будет искомой точкой, совершающей движение по направлению, совпадающему с прямой cc. При малом угле α



Фиг. 3.

можно принять, что $\angle PBC = 180° - \gamma$, тогда из рассмотрения тр-ков PAC и PCB получим следующие равенства:

$$\frac{\overline{PC}}{\sin\gamma} = \frac{\overline{AC}}{\sin\alpha} = \frac{\overline{CB}}{\sin\beta}.$$

Из последнего равенства, учитывая незначительность углов α и β и вышеуказанное отношение $\frac{R}{r} = \frac{a}{\beta}$, получим:

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{CB}} = \frac{a}{b} = \frac{a}{\beta}, \text{ т. е. что } \frac{a}{b} = \frac{R}{r}.$$

Уатт брал всегда $a = b$, вследствие чего в его направляющем механизме точка C делит звено A_1B_1 пополам; при этом звенья OA_1 и O_1B_1 также равны друг другу. Продолжив звено OA (фиг. 3), построим параллелограм $OGHI$ со сторонами GH и OI, параллельными звену AB. Параллелограм $OGHI$ может вращаться около его вершины O; если в то же время вершина H будет иметь движение по линии hh, то будет изменяться как форма параллелограма, так и длина диагонали OH, к-рая пересекает звено AB в точке C. Из подобия тр-ков следует:

$$\overline{AC} = \overline{OA} \cdot \overline{GH}/\overline{OG} = \text{Const},$$

т. е. при вращении параллелограма около вершины O его диагональ OH, изменяясь по величине, пересекает звено AB всегда в одной и той же точке C, которая будет описывать траекторию cc, подобную траектории hh точки H относительно центра подобия O. То же будет справедливо и для точки F пересечения диагональю OH отрезка $DE \parallel AB$, шарнирно соединенного со сторонами AG и BH параллелограма $ABGH$. Если точка C шарнирного механизма $OABO_1$ будет перемещаться по прямой cc, то, как следует из вышеизложенного, точки F и H связанного со звеном OG параллелограма $ABGH$ будут совершать движение по прямым ff и hh. Механизм $OAGHBO_1$ и носит название параллелограма Уатта, который впервые применил этот механизм для своей паровой машины, шарнирно соединив с точками C, F и H штоки поршней паровых цилиндров и воздушного насоса.

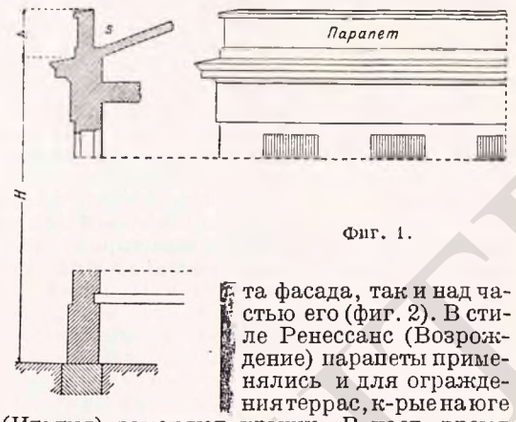
Другие типы направляющих механизмов см. *Шарнирные направляющие механизмы*.

Лит.: Мерцалов Н. И., Кинематика механизмов, М., 1923. **Б. Шприн.**

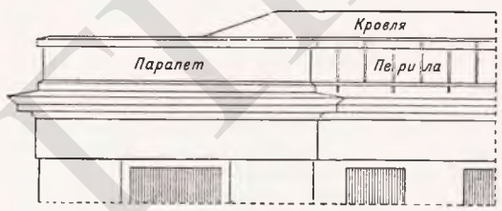
ПАРАМЕТР, буквенная величина, входящая в математич. формулу наряду с основными переменными. Напр. уравнение прямой линии (см. *Аналитическая геометрия*) $y = kx + b$ кроме переменных x, y содержит два П.: k и b (семейство прямых на плоскости зависит от двух П.); общее ур-ие кривой 2-го порядка зависит от 5 П. П. называются также независимые переменные, через которые выражаются координаты линии или поверхности. Например уравнение окружности в параметрической форме: $x = a\cos t$, $y = a\sin t$, где t есть параметр. Аналогично будет и уравнение сферы: $x = a\sin\vartheta\cos\varphi$, $y = a\sin\vartheta\sin\varphi$, $z = a\cos\vartheta$, где ϑ и φ суть параметры; гауссовы координаты—см. *Дифференциальная геометрия*. **В. Степанов.**

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ, см. *Колебания электрические*.

ПАРАПЕТЫ, невысокие стенки, расположенные выше карниза (фиг. 1). Парапеты могут быть устроены как вдоль всего фронта фасада, так и над частью его (фиг. 2). В стиле Ренессанс (Возрождение) парапеты применялись и для ограждения террас, к-рые на юге (Италия) заменяют крыши. В наст. время П. применяют с двоякою целью: 1) сделать ограждение крыши для безопасного хождения по ней во время ремонта или очистки ее от снега, 2) замаскировать крышу и подчеркнуть верхнюю часть фасада строгой горизонтальной архитектурной линией. Устройство П. в последнем случае часто вызывается необходимостью закрыть от взоров прохожих ряд разбросанных по всей крыше дымовых или вентиляционных труб, слуховых (чердачных) окон и т. п. В обыкновенных зданиях П. делают высотою от 0,85 до 1,00 *м*, в общественных капитальных зда-

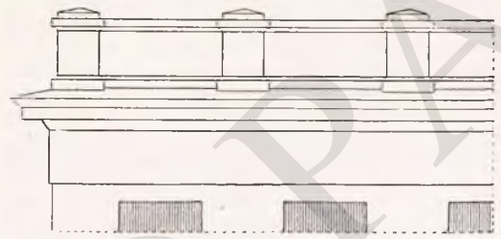


Фиг. 1.



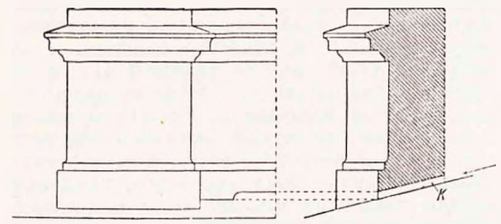
Фиг. 2.

ниях П. делают и более высокими, что зависит от архитектурной композиции фасада. Архитектурная обработка П. в зданиях старых стилей во всем схожа и подобна обработке классических пьедесталов (фиг. 1 и 4), а в современных—в виде невысокой гладкой стенки. П. в зависимости от композиции фасада может быть сплошь гладкий (фиг. 1) или же расчленен на ряд небольших выступов (фиг. 3). Такие выступы в архитектуре называются тумбами.



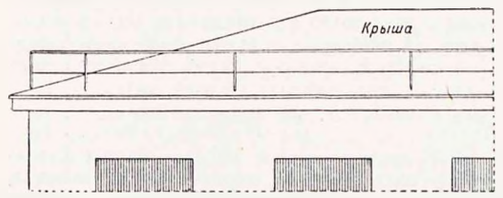
Фиг. 3.

В наших суровых климатических условиях сплошные П. (вдоль всего фасада) не практичны, т. к. за ними (*s* на фиг. 1) зимою скопляется много снега и задерживается сток воды с крыши (талая и дождевая вода), что нередко бывает причиною протекания кровли. Для скорейшего удаления воды с кровли внизу в П. следует устраивать прорезы K (фиг. 4). Целесообразнее иногда бывает



Фиг. 4.

П. над зданием делать не сплошным, а только над выступающими и главными частями здания, и т. о. подчеркнуть большее значение последних (фиг. 2); в этом случае в промежутках несплошных П. обыкновенно ставят железные перила-решетки. Для определения высоты здания, имеющего П., измеряют мерой протяжения от тротуара до линии пересечения поверхности фасадной стены с поверхностью крыши и прибавляют



Фиг. 5.

высоту П., т. е. вся высота здания равна $H + h$ (фиг. 1). Если П. над карнизом здания расположены не сплошь по всему фронту фасада, а только над главными или выступающими частями, то высота здания определяется прибавлением к основной высоте здания $^1/_3$ высоты П., т. е. в таких случаях высота здания принимается равной $H + {}^1/_3 h$. Такие условия для измерений установлены органами, планирующими и регулирующими гражданское строительство в стране. В современных зданиях П. находят сравнительно небольшое применение и чаще заменяются легкими непрерывными перилами-решетками (фиг. 5).

П. называются также каменные, иногда железобетонные, оградительные стенки речных или портовых набережных или гребней дорожных дамб.

Лит.: Флетчер Б. и Б., История архитектуры, пер. с англ., вып. 1—3, СПБ, 1911—13; Султанов Н., Теория архитектурных форм, 3 изд., Москва, 1914; Шуази О., История архитектуры, пер. с франц., т. 1 и 2, Москва, 1907. **С. Герольский.**

ПАРАФЕНИЛЕНДИАМИН, один из трех существующих диаминобензолов (*о-*, *м-*, *п*-фенилендиамин). Парафенилендиамин служит основой для получения многочислен. красителей, окрашивающих материал в коричневый и черный цвет; имеет торговое название «диамин»; ядовит, действует, подобно анилину и его производным, на кожу и поражает пищеварительные органы и дыхательные пути. О его получении см. *Диамины* и *Фенилендиамины*.

ПАРАФИН, смесь твердых углеводородов предельного характера, к-рые выделяются из нефти, а также из продуктов сухой перегонки бурого угля и горючих сланцев. П. находится также в древесном, торфяном и каменноугольном дегте и изредка встречается в эфирных маслах и смолах нек-рых растений. П. был открыт впервые Бухнером в нефти из Тегернского озера (Бавария. 1820 г.) и Рейхенбахом в древесном дегте (1830 г.). Производство парафина началось с 1850 г. в Англии из продуктов сухой перегонки кенельского угля и горючих сланцев (Юпг), позднее — в Германии из бурого угля (Гюбнер). В настоящее время главная масса П. добывается из парафинистых нефтей (США, а также СССР, Румыния, Польша), прежнее же сырье для получения парафина — горючие сланцы (Шотландия) и бурые угли (Германия и другие европейские страны) — отошло в этой области на второй план.

Производство П. осуществляется на специальных парафиновых з-дах и в основном состоит из следующих операций. Прежде всего получают т. н. парафиновый дистиллат, для чего подвергают разгонке парафинистый мазут. Разгонка ведется на батарее типа масляной батарен и повторяется дважды, т. к. после первой перегонки дистиллат получается в состоянии, мало пригодном для последующего выделения П.; лишь после второй перегонки последний полностью переходит в кристаллич. состояние и легко фильтруется. В зависимости от исходного сырья парафинистый дистиллат имеет уд. в. 0,848—0,875 и кипит в широких пределах, захватывая гл. обр. соляровые и веретенные фракции. Содержание П. в нем 5—12%. Перед пуском парафинового дистиллата на кристаллизацию из него д. б. удалены вода

и механические примеси (грязь). Для этого дистиллат перекачивают в особые резервуары-отстойники, снабженные для ускорения отстоя подогревателями-змеевиками. Когда вода и грязь удалены, дистиллат перекачивают в громадные непрерывно работающие кристаллизаторы-охладители с поверхностью охлаждения до 50 $м^2$ и более. Наиболее применимыми являются охладители с двойными трубами: по внутренним 6-дм. трубам перекачивается дистиллат, причем, чтобы облегчить продвигание застывшего П. вместе с дистиллатом, внутри этих труб имеется шнек, приводимый в движение особым цепным колесом; снаружи эти трубы окружены 8-дм. хорошо изолированными трубами, и охлаждающая жидкость (холодный соляной раствор) от специальных холодильных установок периодически перекачивается по межтрубному пространству. Если не переохлаждать парафинового дистиллата, поддерживая $t°$ его ок. 0°, то он вполне сохраняет свою подвижность; с помощью плунжерных насосов его подают на фильтрпрессы и отделяют главную часть масла. Успех отделения его от выкристаллизовавшегося П. зависит от качества дистиллата, $t°$ и давления, при к-рых происходит фильтрация, от длительности процесса и других факторов. Фильтрация происходит через плотную хл.-бум. ткань, покрывающую камеры пресса и пропускающую через себя лишь масло, но не кристаллы П. Под влиянием давления, которое в хороших фильтрпрессах можно доводить до 50 atm, камеры фильтрпресса постепенно заполняются кристаллами П., масло же спускается в приемник отжимного масла и может служить сырьем для переработки на смазочные масла. По окончании фильтрации приступают к разгрузке фильтрпресса, в результате чего получают лепешки *парафинового гача*. Часто гач содержит еще значительное количество масла (до 50% от веса гача) как следствие недостаточной фильтрации. В подобных случаях гач расплавляют, отливают в новые формы, по охлаждении заворачивают в специальную ткань из верблюжьей шерсти и отжимают на гидравлич. прессах с применением давления до 40 atm.

После этой операции приступают к очистке гача серной кислотой, затем—едким натром и водой (промывка) в мешалках обычного типа, но с обогревом, т. к. при очистке гач д. б. в жидком состоянии. Темп-ра поддерживается ≅ 70—75°; расход к-ты достигает 4—5%. Задача очистки гача заключается в освобождении его от смолистых веществ, присутствие которых нежелательно при следующей важной операции в процессе производства П.—*потении гача*. Процесс потения гача в целях дальнейшего освобождения его от масла производится в особых камерах потения, состоящих из ряда неглубоких ящиков, устанавливаемых по 8—10 шт. один над другим на особых стойках, в хорошо изолированном помещении. В новейших установках обычные размеры ящиков для потения 15—18 $м$ длины и 3 $м$ ширины; их днища имеют форму обратных пологих пирамид; полезная емкость их—от 5 300 до 6 300 $л$. Каждый ящик снабжен решеткой из легкого углового или таврового железа, тщательно устанавливаемой по уровню. Поверх решетки кладется сетка из оцинкованной проволоки с квадратными отверстиями в 6,25 $см^2$; далее—вторая сетка из латунной проволоки, имеющая 50 отверстий на 2,5 $см$, и наконец выше—водяные змеевики для охлаждения П. Ящики сначала заполняют через особые трубы водой немного выше уровня сетки, затем в них накачивается расплавленный П. до образования слоя толщиною в 15 $см$. Путем пропускания через змеевики холодной воды П. охлаждается и превращается в твердую массу; затем спускают воду из ящиков, закрывают камеры и начинают пропускать в змеевики горячую воду, поддерживая в камерах $t°$ немного ниже $t°_{пл.}$ П. В этих условиях масло, оставшееся между кристаллами П., начинает выпотевать, стекает через сетки и через спускные отверстия в центре ящиков отводится в резервуары для хранения и последующей обработки; вместе с маслом отходит и нек-рая часть П. Осторожно поднимая $t°$ в камерах, можно углублять процесс потения до почти полного удаления масла и получения П. с желаемой $t°_{пл.}$, после чего П. расплавляют пропусканием через змеевики пара и спускают в сливной резервуар. Вся операция потения каждой загрузки занимает 40—48 ч.; для нек-рых сортов П. это время м. б. снижено. Загрузка каждой камеры составляет около 30 $т$. Сырой П. после первого потения имеет $t°_{пл.}$ 40—49° и находит разнообразное применение в промышленности. Если требуется более высокоплавкий П., необходимо подвергнуть его второму потению. Что касается наконец отпотевшего масла, то в зависимости от содержания в нем твердого П. его подвергают вторичному потению в надлежащих $t°$-ных условиях, предварительно подвергая его по мере надобности либо вторичной перегонке, либо сразу пуская в кристаллизаторы и на фильтрпрессы. П., полученный после потения, имеет обыкновенно желтоватый цвет и неприятный керосиновый вкус и запах. Если необходимо избавиться от этих недостатков и получить очищенный (refined) П., его подвергают дополнительной очистке—отбеливанию—крепкой серной к-той (олеум или моногидрат) с последующей промывкой и обработкой флоридином, после чего П. получается бесцветным, лишенным вкуса и запаха и стабильным к свету. Упаковывается П. либо в бочках в виде стружки либо в плитах путем отливки с помощью специальных отливочных машин. О размерах современной выработки П. из нефти можно составить представление из следующих данных (в тыс. $т$):

США в 1929 г. . . .	286	Канада в 1929 г. . . .	8,0
Польша » . .	35,8	Германия в 1926 г. . .	8,9

В СССР лишь в конце 1927 г. начал функционировать первый парафиновый завод (в Грозном), к-рый в первый же год дал 4 000 $т$ П. В 1931 г. производство П. на этом з-де д. б. доведено до 13 000 $т$. Кроме того имеется успешно работающий з-д (Москва) для получения из озокерита особого рода парафина, известного под именем *церезина* (см.).

Свойства П. Очищенный П.—бесцветная или белая, б. или м. прозрачная масса без запаха и вкуса, слегка жирная наощупь. Нерастворим в воде; мало растворим в абсолютном спирте, хорошо—в эфире, хлороформе, бензоле, петролейном эфире, сероуглероде и минеральных маслах; при нагревании растворяется также во многих растительных маслах. Удельный вес П. в твердом состоянии существенно зависит от содержания в нем масла: очищенный П. при 15° имеет уд. в. 0,907—0,915; для сырого же П. после однократного потения уд. в. колеблется в пределах 0,881÷0,905. В жидком состоянии, напр. при 60°, все П. имеют очень близкие уд. в. 0,776—0,781. В виду неоднородности П. $t°_{пл.}$ колеблется в некоторых пределах; для большинства торговых сортов она колеблется в пределах примерно 10÷12°, напр. очищенный грозненский П. плавится при 49—60°; желтый при 41—58°; американские же спецификации делят очищенный П. в этом отношении на три сорта:

П., плавящийся при	130—132° F,	т. е.	~55° C
» » »	124—127° »	»	~52° »
» » »	117—120° »	»	~45° »

Отсюда видно, что америк. П. (очищенные) представляют собой весьма узкую фракцию; их $t°_{пл.}$ после перекристаллизации действительно почти не изменяются. Определяется $t°_{пл.}$ П. лучше всего в пробирке с погруженным термометром. Более резкую, чем $t°_{пл.}$, характеристику П. дает его $t°_{заст.}$ (в приборе Жукова), которая лежит в пределах между темп-рами начала и конца плавления П. ($t°$-ный интервал плавления). Крайне важно, что на обе константы ($t°_{пл.}$ и $t°_{заст.}$) примесь масла к парафину в известных пределах оказывает весьма малое влияние. Большую важность для характеристики П. имеет его консистентность (консистометр Абрагама), так как уже небольшие примеси масла оказывают на нее резкое влияние; так напр., прибавление ½% масла понижает консистентность П. на 20%, прибавление 1%—на 30% и т. д. Цвет П. зависит от степени его очистки, а также от нахождения в нем масла. Хорошо очищенные и свободные от масел П. — бесцветны и не изменяют своего цвета на свету. Недостаточно очищенный П. имеет светложелтый, желтый и буровато-желтый цвет, причем интенсивность его окраски на свету увеличивается. Определение цвета П. производится в расплавленном состоянии при помощи колориметра.

По своему химич. составу П. представляет собой смесь углеводородов ряда метана общей формулы C_nH_{2n+2}. В хорошо очищенных П. содержание углеводородов других рядов, напр. непредельных, совершенно ничтожно и серная кислота при встряхивании с ними либо вовсе не окрашивается либо окрашивается в слабожелтый цвет. Неочищенные или слабо очищенные П., наоборот, окрашивают серную кислоту б. или м. интенсивно и обнаруживают явное присутствие непредельных углеводородов, полученных вследствие частичного разложения при перегонке, т. е. при получении парафинового дистиллата. П. весьма устойчив к самым разнообразным реагентам, как то: к-там (галоидоводородные, азотные и др.), щелочам и разного рода основаниям (гидразин, органич. основания), окислителям и т. п. Вопрос о химич. строении входящих в состав П. углеводородов пока еще не может считаться решенным окончательно: наряду с указаниями в пользу нормального их строения по формуле $CH_3 \cdot (CH_2)_n \cdot CH_3$ имеются данные, которые заставляют предполагать наличие в их углеродной цепи боковых цепей или групп. Большое практическое значение имеет определение в П. содержания масла, к-рое в нек-рых сортах П. может достигать нескольких %. Простейший, хотя и далеко не безупречный, способ этого определения заключается в отжатии навески П. (15—35 $г$) между несколькими кружочками фильтровальной бумаги и специальной ткани, помещенными в особом кольце, при давлении в 70 $кг/см^2$ при 15,6°. После соскабливания приставшего П. общий привес бумаги и ткани принимается за содержание масла в данной навеске. Кроме того применяются и другие методы определения масла в П. (рефрактометрич., консистометрич. методы и метод селективного растворения).

Применение П. чрезвычайно разнообразно. Главная масса П. идет на изготовление свечей («парафиновые» с примесью 1,5—4% стеарина и «композиционные» с содержанием до 30% стеарина) и спичек (спичечный парафин). Далее парафин находит применение в электротехнике в качестве изолятора, в парфюмерной промышленности—для поглощения летучих ароматич. веществ (напр. из цветов), в текстильной промышленности—для аппретуры тканей, в бумажной промышленности—для приготовления вощеной бумаги и т. п., в химической промышленности—при упаковке химич. реагентов и т. д. Кроме того П. применяется для изготовления искусственного вазелина, разного рода мазей и композиций (сапожный крем, мази для натирания полов, для предохранения от ржавчины и т. п.), а также в граверном деле, в прачечном и кондитерском предприятиях и для многих других специальных назначений.

Лит.: Любавин Н. Н., Технич. химия, т. 5, ч. 1, М., 1910; Гурвич Л. Г., Научные основы переработки нефти, М.—Л., 1925; Добрянский А. Ф., Анализ нефтяных продуктов, М.—Л., 1925; Белл А., Америк. методы переработки нефти, пер. с англ. (с 1-го изд.), М.—Л., 1925; Аблавацкий и Бражников, Парафиновый завод Грознефти, «АзНХ», 1928, *6—7*; Наметкин С. С., Великовский А. С. и Нифонтова С. С., Сравнительное исследование советских и америк. парафинов, «НХ», 1929, *10*; «НХ», 1928—30; Bell H., American Petroleum Refining, 2 ed., L., 1930; Wyand L. D., Marsh L. G., Paraffin-wax a. Its Properties, «Technical Paper Bureau of Mines», *388*; Das Erdöl, seine Physik, Chemie, Geologie, Technologie u. Wirtschaftsbetrieb, herausgegeben v. C. Engler u. H. Hofer, B. 2, Leipzig, 1909.

С. Наметкин.

ПАРАФИН ЖИДКИЙ (paraffinum liquidum, oleum vaselini), парфюмерное *вазелиновое масло* (см.), нефтяное масло специально высокой степени очистки. Для его приготовления служат соляровые дистиллаты уд. в. 0,880—0,892 бакинских масляных и эмбенских нефтей, подвергаемые дополнительной перегонке и тщательной очистке дымящей серн. кислотой. Количество последней может достигать 50% от веса дистиллата. Кислоту прибавляют в 10—12 приемов; после каждой порции производится тщательное перемеши-

вание ($1^1/_2$—2 часа), затем отстаивание, наконец отделение кислого гудрона. Далее следует нейтрализация едким натром, обработка флоридином для обесцвечивания масла и наконец фильтрация отстоявшегося масла через горячие фильтрпрессы с плотной фильтрующей тканью для отделения мельчайших взвешенных частиц порошка. Хорошо очищенный П. ж. представляет собою бесцветное прозрачное масло без запаха и вкуса. Уд. вес его при 15°—0,875—0,890. Темп-ра вспышки—не ниже 160° (по Бренкену). Вязкость при 50° по Энглеру 2,5—3,0. Нерастворим в воде и почти нерастворим в спирте; легко растворим в эфире, хлороформе и других органических растворителях. При сильном охлаждении мутится вследствие выделения твердого парафина, но при 0° должен оставаться прозрачным без признаков опалесценции. Подобно твердому П. очень устойчив к различным реагентам (кислоты, щелочи и т. д.). П. ж. находит обширное применение как суррогат растительного (оливкового) масла, в смеси с церезином—для приготовления искусственного вазелина, а также идет для изготовления разнообразных др. медицинских препаратов (вазоген и т. п.). **С. Наметкин.**

Лит.: см. *Нефть*.

ПАРАФИНЫ, предельные (насыщенные) углеводороды жирного рода общей формулы C_nH_{2n+2}. Простейший П.—м е т а н CH_4; следующий за ним э т а н C_2H_6 по химическ. строению молекулы представляет собою метан, в котором один водородный атом замещен группой CH_3—м е т и л о м; подобным же образом составляются и молекулы всех остальных членов гомологич. ряда П.; гомологич. разность ряда $= CH_2$. Начиная с П. с 4 углеводородными атомами возможны изомеры (см. *Изомерия*); бутан C_4H_{10} существует в двух изомерных формах: н о р м а л ь н ы й б у т а н $CH_3\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot CH_3$ и и з о б у т а н $\genfrac{}{}{0pt}{}{CH_3}{CH_3}\!\!>\!CH\cdot CH_3$; число возможных изомеров растет с числом углеродных атомов. Многие из теоретически возможных изомеров найдены в природе и получены синтетическим путем. П. с общей формулой $CH_3(CH_2)_n\cdot CH_3$ называются н о р м а л ь н ы м и П. Названия нормальных П. (начиная с пентана) составляются из греч. или латинского слова, обозначающего число углеродных атомов в данном П. с прибавлением окончания «ан». Названия изомерных П. составляют из названия нормального П. и радикалов, замещающих водородные атомы, напр. диметилэтилметан

$$\overset{1}{CH_3}\cdot\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{2}{CH}}\cdot\overset{3}{CH_2}\cdot\overset{4}{CH_3}.$$

По Женевской (научной) номенклатуре названия производят от углеводорода с самой длинной цепью, обозначая цифрами углеводородные атомы, считая от начала; таким образом вышеприведенный П. получает название 2-метилбутана.

Ф и з и ч. с в о й с т в а П.: четыре низших члена П.—газы; начиная с пентана до углеводорода с 16 углеродными атомами—жидкости; высшие П.—твердые тела; $t°_{пл.}$ и $t°_{кип.}$ постепенно повышаются с мол. весом ($t°_{кип.}$ для соседних гомологов—в среднем на 25—30°); у изомерных П. $t°_{пл.}$ и $t°_{кип.}$ более низкие, чем у нормальных П. Удельный вес П. растет медленно и для высших членов ряда является почти постоянным числом (см. табл.).

Х и м и ч. с в о й с т в а. П. характеризуются крайней химич. инертностью (откуда и произошло их название: parum affinis—мало сродства); для них (как для соединений вполне насыщенных) совершенно невозможны реакции присоединения. К-ты, даже сильные, при обыкновенной $t°$ на них не действуют; при нагревании крепкая азотная к-та и другие сильные окислители разрушают П., образуя в конечном итоге углекислоту и воду; слабая азотная к-та нитрует П.; галоиды, хлор и бром действуют на них даже на холоду, образуя продукты замещения (см. *Галоидные алкилы*, *Металепсия*). Под действием высокой $t°$ (выше 1 000°) высокомолекулярные П. распадаются, образуя низшие П. и ненасыщенные углеводороды (C_2H_4, C_2H_2); при этом они подвергаются сложному химич. превращению (пиролиз); подобные же процессы распада высших П. происходят при крекировании нефти (см. *Крекинг-процесс*, *Бензин-крекинг*).

П а р а ф и н ы и г л а в н е й ш и е и х с в о й с т в а.

Название	Химич. ф-ла	$t°_{пл.}$	$t°_{кип.}$	Уд. вес
Метан	CH_4	−184	−164	—
Этан	C_2H_6	−172,1	− 88,3	0,5459 (при $t°_{кип.}$)
Пропан	C_3H_8	−189,9	− 44,5	0,5853 (при $t°_{кип.}$)
Бутан норм.	C_4H_{10}	−135,0	0,6	0,60 (0°)
Изобутан (триметилметан)	$(CH_3)_3CH$	−145,0	− 10,2	—
Пентан норм. . . .	C_5H_{12}	−131,5	36,15	0,6217 (21,5°)
Изопентан (2-метилбутан)	C_5H_{12}	−159,6	27,95	0,6395 (0°)
Гексан норм. . . .	C_6H_{14}	− 94,3	68,85	0,6595 (20°)
Гептан » . . .	C_7H_{16}	− 90,0	98,4	0,7304 (20,5°)
Октан » . . .	C_8H_{18}	− 56,5	125,8	0,7022 (20°)
Нонан » . . .	C_9H_{20}	− 51,0	149,5	0,7177 (20°)
Декан » . . .	$C_{10}H_{22}$	− 32,0	173,0	0,7454 (0°)
Ундекан норм. . .	$C_{11}H_{24}$	− 27,0	195,0	0,682
Додекан » . .	$C_{12}H_{26}$	− 12,0	215,0	0,751
Тридекан » . .	$C_{13}H_{28}$	− 5,5	234,0	0,7571 (20°)
Тетрадекан » . .	$C_{14}H_{30}$	− 12,0	127 (15 *мм*)	0,765
Пентадекан норм.	$C_{15}H_{32}$	9,7	270,5	0,7689 (20°)
Гексадекан » .	$C_{16}H_{34}$	19	287,5	0,7754 (18°)
Гептадекан » .	$C_{17}H_{36}$	22,5	303,0	0,778 (20°)
Октадекан » .	$C_{18}H_{38}$	28,0	317,0	0,777 (20°)
Нонадекан » .	$C_{19}H_{40}$	32,0	330,0	0,777 (32°)
Эйкозан » .	$C_{20}H_{42}$	38,0	205 (15 *мм*)	0,778 (36°)
Унэйкозан » .	$C_{21}H_{44}$	40,4	215 (15 *мм*)	0,775 (45°)
Докозан » .	$C_{22}H_{46}$	44,4	224,5 (15 *мм*)	0,778 (44°)
Трикозан » .	$C_{23}H_{48}$	47,7	234 (15 *мм*)	0,779 (48°)
Тетракозан » .	$C_{24}H_{50}$	54,0	324,1	0,779 (51°)
Пентакозан » .	$C_{25}H_{52}$	54,0	284 (40 *мм*)	0,779 (20°)
Гексакозан » .	$C_{26}H_{54}$	60,0	296 (40 *мм*)	0,779 (20°)
Гептакозан » .	$C_{27}H_{56}$	59,5	270 (15 *мм*)	0,779 (59,5°)
Октакозан » .	$C_{28}H_{58}$	65,0	318 (40 *мм*)	0,779 (20°)
Нонакозан » .	$C_{29}H_{60}$	63,6	348 (40 *мм*)	0,780 (20°)
Триаконтан » .	$C_{30}H_{62}$	76,0	235	0,780 (20°)
Унтриаконтан » .	$C_{31}H_{64}$	68,1	302 (15 *мм*)	0,781 (68°)
Дотриаконтан » .	$C_{32}H_{66}$	75,0	310 (15 *мм*)	0,775 (79,4°)
Тетратриаконтан норм.	$C_{34}H_{70}$	76,5	255,0	0,781 (20°)
Пентатриаконтан норм.	$C_{35}H_{72}$	74,7	324,1	0,779 (51°)
Гексатриаконтан норм.	$C_{36}H_{74}$	76,5	265,0	0,782 (76°)
. . . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Гексаконтан норм.	$C_{60}H_{122}$	101—102	—	—

Н а х о ж д е н и е П. в п р и р о д е и п о л у ч е н и е и х. П. встречаются в значительных количествах в природе; низшие газообразные П. (гл. обр. метан) выделяются во многих местностях непосредственно из почвы (Пенсильвания, Кавказ—близ Баку, Крым); средние и высшие П. входят в состав нефти; кроме того П. входят в состав битуминозных сланцев, являются главной составной частью озокерита; получаются они также в результате сухой перегонки дерева, торфа и других органич. веществ. Главным источником их добывания является нефть, главным образом пенсильванская.

Синтетически П. получают разными способами: 1) из ненасыщенных углеводородов—присоединением водорода по общей ф-ле:

$$C_nH_{2n}+H_2=C_nH_{2n+2};$$

легче всего эта реакция происходит при действии катализаторов; 2) из галоидных алкилов (гл. обр. иодистых)—действием металла (натрия или цинка), например:

$$2\,CH_3J+2\,Na_2=C_2H_6+2\,NaJ;$$

3) из металлоорганических (гл. обр. магнийорганических) соединений—действием к-т; 4) из предельных жирных кислот—отнятием элементов углекислоты:

$$C_nH_{2n+1}\cdot COOH-CO_2=C_nH_{2n+2};$$

5) из жирных кислот и их солей—действием щелочей:

$$CH_3\cdot COONa+NaOH=CH_4+Na_2CO_3$$

и 6) электролитич. путем:

$$2\,C_nH_{2n+1}\cdot COOH=[C_{2n}H_{4n+2}+2\,CO_2]^{\cdot}+H'_2.$$

Лит.: см. *Жирные соединения*. **Н. Ельцина.**

ПАРАХОР, величина, введенная в физич. химию С. Сегденом (S. Sugden), определяемая как постоянный (независящий от $t°$) коэф. P в ф-ле

$$\sigma^{\frac{1}{4}} = P(D-d), \qquad (1)$$

предложенной независимо друг от друга Бачинским и Мак-Леодом (Mc Leod) для выражения зависимости поверхностного натяжения σ чистых жидкостей от $t°$ через изменение (с $t°$) разности $(D-d)$ плотностей жидкости D и ее ненасыщенного пара d. Из выражения (1) следует, что:

$$P = \frac{\sigma^{\frac{1}{4}}}{D-d}; \qquad (2)$$

при достаточно низких температурах (далеких от $t°_{крит.}$)

$$D-d \cong D \text{ и тогда } P = \frac{\sigma^{\frac{1}{4}}}{D}. \qquad (2')$$

П. служит для характеристики строения молекул органич. жидкостей. Будучи $t°$-ным инвариантом, тесно связанным с молекулярными свойствами жидкостей, П. обладает ценными а д д и т и в н ы м и свойствами. П. данной жидкости рассматривается как сумма $n\cdot(P_i)$ отдельных структурных элементов (числом n_i), образующих молекулу жидкости:

$$P = \Sigma_i n_i P_i.$$

Под с т р у к т у р н ы м и э л е м е н т а м и понимают атомы и атомные группы, отличающиеся не только составом, но и расположением в молекуле; напр. надо отличать гидроксильный водород (в группе OH) от углеводородного (в CH_3), первичные, вторичные и третичные атомы углерода ($-C\cdot$, $>C:$ и $>C\cdot$).

Особыми структурными элементами являются углеводородные группы с двойными и тройными связями, ароматические ядра (см. таблицу, в которой даны некоторые значения П., по Сегдену).

Значения П.	H_2	Cl_2	Норм. гептан C_7H_{16}	CCl_4	Хлороформ $CHCl_3$	Бензол C_6H_6	Толуол C_7H_8	CH_3NO_2	Пиридин C_5H_5N	Пиперидин $C_5H_{11}N$	Тристеарин $C_{57}H_{110}O_6$
$P_{изм.}$	35,2	111,5	309,3	219	183,5	206,3	246,0	132,1	199,8	231,5	2 380
$P_{выч.}$	34,2	108,3	307,2	222	184,8	207,1	246,1	131,1	197,7	230,7	2 335

Основные значения P: для $=CH_2$—39,0; H — 17,1; C — 4,8; N — 12,5; для двойной связи (=)—23,2; тройной связи (≡) — 46,6; шестичленного кольца—6,1.

Отклонение измеренных значений P от вычисленных составляет, как мы видим, ок. 0,1—2,0%.

Значение P для данного соединения составляет в среднем ок. 0,78 (0,75—0,81) от его критического объема V_c, что позволяет вычислять V_c по P.

Так как П. является величиной чисто эмпирической, не имеющей теоретич. обоснования, то целесообразно заменить его другой величиной, связанной с молекулярными свойствами и, как и P, не зависящей от температуры. Такой величиной является например м о л я р н а я п о л н а я п о в е р х н о с т н а я э н е р г и я

$$E = (MV)^{\frac{2}{3}}\left(\sigma - T\,\frac{\partial\sigma}{\partial T}\right),$$

рассмотренная впервые А. Эйнштейном, а затем гл. обр. Гаркинсом и его школой. Т. к. $\sigma\cdot(MV)^{\frac{2}{3}}$ (как и σ) линейно убывает с $t°$ вдали от $t°_{крит.}$ (см. *Жидкости*, *Капиллярные явления*), то E, как и P, не зависит от $t°$ в достаточно широком интервале:

$$\frac{\partial E}{\partial T} = 0;$$

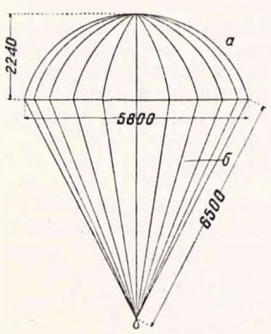
Гаркинс на обширном материале показал, что E, как и P, характеризует состав и строение молекул органич. жидкостей, так что этой величиной можно воспользоваться,

как и P, для определения строения молекулы. Часто структура полярных органич. молекул значительно характернее сказывается при измерении поверхностного натяжения (σ) не чистых жидкостей, а их водных растворов, на границе с паром или углеводородной (неполярной) жидкостью—например гексаном. При этом характеристикой строения является так наз. «поверхностная активность» $G=-\frac{\partial\sigma}{\partial c}$, т. е. способность растворенного вещества понижать σ данной поверхности раздела, адсорбируясь в поверхностном слое (см. *Поверхностное натяжение*).

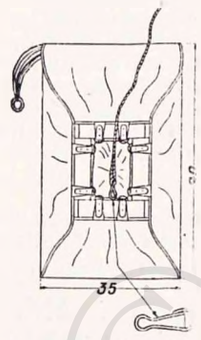
Лит.: Бачинский А. И., О формулах поверхностного натяжения, «Известия физическ. института», Москва, 1922, т. 2, стр. 60 [основная работа, установившая зависимость $\sigma=P(D-d)^4$]; Ребиндер П. А. и Таубман А. Б., Поверхности. активность и структура полярных молекул, «Журнал прикладной физики», М.—Л., 1930, т. 7, вып. 3, стр. 3; Полин В., «Научные труды индустр. педагогич. ин-та им. Либкнехта», Физико-математич. серия, М., 1929, 6; Лагуткина Л., там же, М., 1929, 9; Ребиндер П. А., Об измерении поверхностной энергии и поверхностной активности, «Журнал экспериментальной биологии и медицины», М., 1929, т. 4, стр. 939; Einstein A., «Ann. d. Phys.», Leipzig. 1901, 4 Folge, B. 4, p. 513; Kleemann, «Philosophical Magazine» (6), London, 1909, series 6, v. 18, p. 495, 1911, v. 22, p. 566; Harkins W. a. Roberts, «Journal of the American Chemical Soc.», Easton, Pa, 1922, v. 44, p. 653; Bennet u. Mitchell, «Ztschr. für physikalische Chemie», Lpz., 1913, B. 84, p. 475; Rideal E., Surface Chemistry, L., 1926; Freundlich H., Kapillarchemie, 3 Aufl., Lpz., 1930; Sugden S., «Journ. of the Chemical Soc.», L., 1924, v. 125, p. 1177; 1925, v. 127, p. 1525, 2517 и за последующие годы; Lindemann H. u. Thiele H., «B», 1928, B. 61, p. 1529; Kistiakowski W., «Ztschr. f. Elektrochemie», Leipzig, 1906, B. 12, p. 513; Walden P., «Ztschr. f. phys. Chem.», Leipzig, 1908, B. 65, p. 257, 1911, B. 75, p. 555; Leod Mc, «Transactions Farad. Soc.», Leipzig, 1923, v. 19, p. 38.

П. Ребиндер.

ПАРАШЮТ, аппарат для замедления скорости падения тела с большой высоты. П. бывают для людей и для сбрасывания груза. П. берутся на самолет, аэростат и дирижабль как летное снаряжение экипажа, необходимое на случай аварии с самолетом (аэростатом, дирижаблем) в воздухе или на случай высадки людей или сбрасывания груза в промежуточных пунктах полета. Наличие П. на военном самолете является обязательным, как наличие шлюпок и спасательных поясов на морском судне; прыжки на П. с



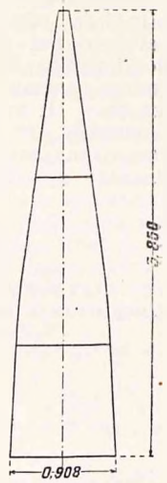
Фиг. 1.



Фиг. 2.

самолета вводятся в курс обучения пилотажу. П. применяются для сбрасывания с самолетов почты, оружия, продовольствия; напр. при помощи П. снабжалась в 1918 г. снарядами и оружием бельгийская армия в течение нек-рого времени при операциях в районе Ипра; в 1929 г. после катастрофы с дирижаблем «Италия» снабжение продовольствием и одеждой группы Вильери до похода ледокола «Красина» производилось только при помощи П. Современный самолетный П. (фиг. 1) состоит в основном из матерчатого купола a, подвесной системы в виде строп $б$, из ранца (фиг. 2), в к-ром помещается купол в сложенном виде и от к-рого идут помочи


Фиг. 3.



Фиг. 4.

(фиг. 3), надеваемые на себя парашютистом; к помочам присоединяются при помощи особого приспособления собранные вместе концы строп, выходящие из ранца. Купол в разных системах П. имеет различную первоначальную раскройную форму, варьирующую по б. ч. от плоского круга до полусферы с промежуточными формами сферич. сегментов, имеющих различную степень выпуклости. Применяются также куполы эллиптич. формы, образованные путем обращения четверти эллипса около малой полуоси. Купол сшивается из 12—24 полотнищ (фиг. 4), к-рые в свою очередь состоят обычно из нескольких сшитых между собой частей, имеющих форму трапеции. Материей для купола служит шелк или прочная хл.-бум. ткань, реже—шелковое полотно. В вершине купола делается т. наз. полюсное отверстие, служащее для уменьшения рывка при раскрытии П. и способствующее устойчивости П. во время спуска; в некоторых конструкциях для тех же целей служит еще несколько отверстий, расположенных по поверхности купола. Стропы П.—шелковые или пеньковые шнуры, обычно по числу полотнищ купола. Стропы крепятся или к кромке основания купола, в которую вставляются зажимающие ее с двух сторон штампованные кольца—люверсы, или же стропы вшиваются в шов между двумя полотнищами (как в П. «Ирвин»); в последнем случае сквозная стропа проходит через полюсное отверстие и далее по шву на противоположной стороне купола, выходя из него наружу опять у кромки основания. При проходе через полюсное отверстие стропы

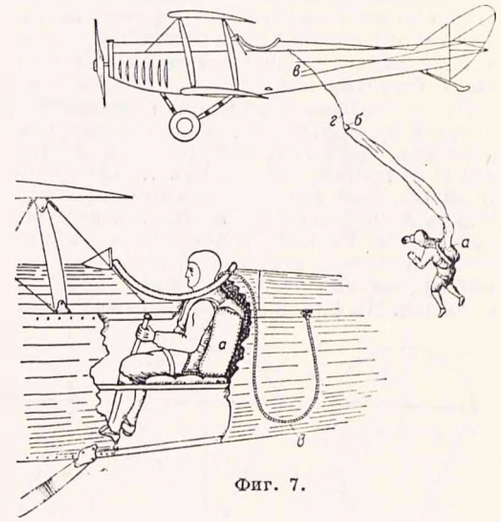
пересекаются в одной точке, образуя при этом т. наз. полюсную уздечку. Все стропы, идущие от кромки купола, соединяются в один узел, к-рый оканчивается петлей. Длина стропы от точки крепления ее к кромке П. до узла обычно равна или немного больше диам. основания (раскройного) купола П. Помочи (фиг. 3) изготовляются


Фиг. 5.

из очень прочной парусины и состоят из пояса с пряжкой впереди, из плечевых и ножных обхватывающих полос, застегивающихся при помощи пряжек или карабинов; иногда же вместо пояса делается перемычка между плечевыми обхватами на груди; в нек-рых типах ножных обхватов нет, зато усилен пояс. Ранец изготовляется из прорезиненной материи, реже из кожи, и имеет обыкновенно основание прямоугольной формы и 4 прикрепленных к основанию и откидывающихся по его сторонам части различной формы; реже форма основания ранца, близкая к кругу, и число откидывающихся частей больше четырех. После укладки парашюта в ранец (при этом сначала укладываются стропы, а поверх них купол) ранец закрывается, как конверт; все откидывающиеся части конверта соединяются поверх сложенного П. различными для разных систем затворами. Для быстрого откидывания сторон при раскрытии ранца последний снабжен резинками, прикрепленными снаружи к его основанию и к откидывающимся сторонам (резинки натянуты при закрытом ранце). Прикрепленный к помочам ранец помещается или на сидении парашютиста (фиг. 5) в виде подушки (что особенно удобно для летчика), или на его спине, иногда на коленях или груди; последнее крепление—в случае, если парашютист берет два П. (фиг. 6) (второй на случай отказа действия первого). Механизм для раскрытия ранца и способ вытягивания П. из ранца различны у различных систем П.


Фиг. 6.

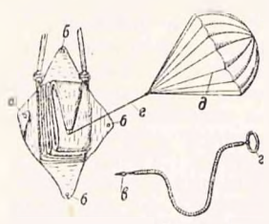
Классификация П. П. для людей делятся на индивидуальные — для одного человека и коллективные—для одновременного сбрасывания нескольких человек. Коллективные П. применяются на аэростатах, от которых отцепляется парашют сразу со всей корзиной и находящимися в ней наблюдателями; в стадии опытов находится применение П. для спуска целого самолета, и в стадии проекта—парашют для спуска отделяющейся от самолета пассажирской кабины. Индивидуальные П. по способу действия делятся на 2 категории: а) вытягивающие (выхватывающие) парашютиста из самолета, б) раскрывающиеся после прыжка парашютиста. П. по первому способу (Пегу) требуют сложной установки на самолете и опасны, в настоящее время эти П. не применяются. П. по второму способу подразделяются по системе действия: 1) на П. с автоматич. раскрытием, связанные с самолетом или с летчиком, и 2) неавтоматические, раскрывающиеся только при участии парашютиста. П. с автоматич. раскрытием имеют укупорочное приспособление на аэростате или самолете (например внутри фюзеляжа с нижней стороны его); к самолету прикрепляется вытяжная веревка, к другому концу к-рой привязывается тонкая (не больше 2 *мм*) отрывная бечевка, соединенная с полюсной уздечкой купола парашюта; летчик с надетыми на него помочами, к которым прикреплены (через посредство поясной стропы) концы строп, выбрасывается из самолета; П. при этом вы-



Фиг. 7.

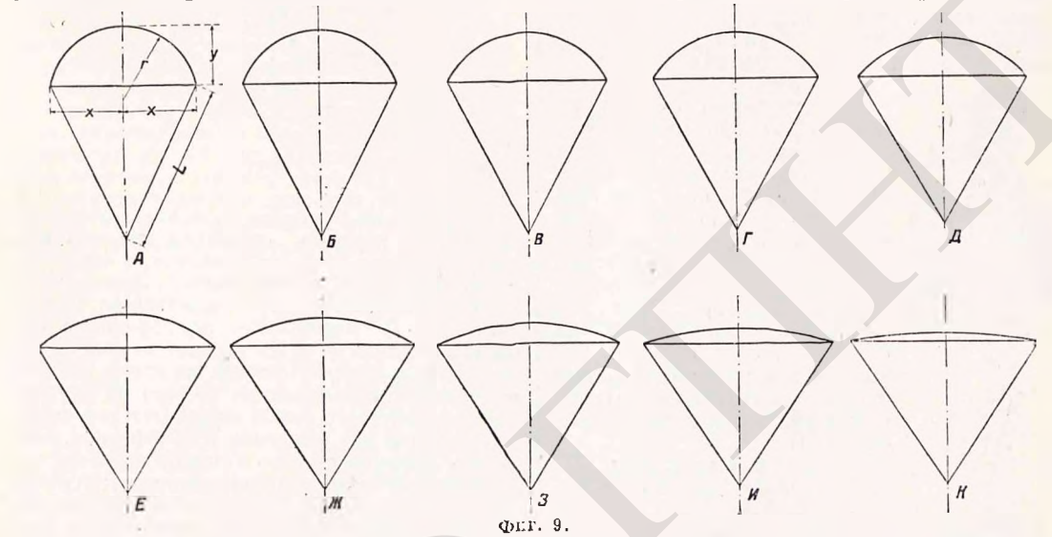
тягивается из самолета и, когда натянется вытяжная веревка, отрывная бечевка под действием веса тела разрывается, и освобождающийся купол раскрывается. Эта система обладает целым рядом недостатков: 1) для действия П. необходимо приобретение начальной скорости относительно скорости падения самолета; 2) летчик не имеет выбора и должен выбрасываться только на ту сторону самолета, с к-рой находится его связь с П., иногда же, например при штопоре, возможен прыжок только с одной стороны самолета (с внешней стороны штопора); 3) опасность уничтожения П. во время пожара самолета, раньше чем летчик сможет им воспользоваться; 4) сложность выбора подходящего места для установки П. и пр. П. с автоматич. раскрытием, связанным с летчиком, находится в ранце, прикрепленном к летчику, который и выбрасывается вместе с ним; схема действия П. дана на фиг. 7, где $а$—ранец, $б$—полюсная уздечка, $в$—вытяжная веревка и $г$ — отрывная бечевка. К типу автоматич. П. относится большинство французских (Орс, Бланкье, Кормье), некото-

рые немецкие (напр. Хейнеке), английские и шведские. Недостатки этой системы те же, что при П., связанных с самолетом; кроме того возможен и преждевременный разрыв разрывной бечевки вследствие зацепления ее или вытяжной веревки за детали самолета. Наиболее распространены П., раскрывающиеся только при участии летчика, так как при этом устраняются указанные выше недостатки, однако требуется большая выдержка от парашютиста, который только после того, как выбросится из самолета, должен сам принять меры к раскрытию ранца. Это требование отрицательно отзывается на применении П. подобного типа для пассажиров. Раскрытие ранца в П. происходит после того как парашютист, выпрыгнув из самолета, дернет за кольцо вытяжного троса, на другом конце которого имеется чека (шпилька), соединяющая между собой все откидные стороны ранца. Вытягивание из ранца самого купола П. происходит обыкновенно посредством добавочного маленького вытяжного парашютика (парашюта-пилота), прикрепленного к полюсной уздечке купола основного парашюта. Как только ранец раскрывается, вытяжной парашютик автоматически выбрасывается из него и тотчас же раскрывается благодаря легкому пружинному механизму, находящемуся внутри купола парашютика. На фиг. 8 показана схема вытягивания таким путем основного парашюта из ранца. Откидные стороны ранца имеют на своих концах: одна сторона—штифт *а* с отверстием, а остальные три стороны—вделанные в материю кольца *б*, к-рые и надеваются на этот штифт. В отверстие на конце штифта вдевается при закрытии ранца чека (шпилька) *в*, соединенная с гибким тросом, другой конец ее снабжен кольцом *г*. Трос идет от ранца через плечо летчика, так что кольцо находится у летчика под рукой; на фиг. 8 изображен также раскрывшийся вытяжной парашютик *д* со стропой *е*, посредством которой он соединен с полюсной уздечкой основного П. При укладке П. в ранец сначала кладут тщательно разобранные стропы, затем собранный гармоникой по складкам купол в виде узкого тр-ка так, чтобы полюсное отверстие его находилось наверху, и затем—вытяжной П.



Фиг. 8.

Основные размеры пилотского П. (на сиденье) «Ирвин» следующие: ⌀ купола П. 7,315 *м*, общая длина вытянутого П. 10,5 *м*, высота отдельного полотнища 3,42 *м*, ширина основания—0,957 *м* (всего полотнищ 24), поверхность П. 42 *м*², ⌀ полюсного отверстия 0,85 *м*, ⌀ вытяжного П. 0,9 *м*, его поверхность 0,6 *м*² и ⌀ полюсного отверстия 0.08 *м*, длина строп главного П. 4,92 *м*, ⌀ стропы 4 *мм*, длина вытяжного троса вместе с кольцом 0,9 *м*. Длина ранца 0,39 *м*, ширина 0,335 *м*. Ширина пояса, плечевых и ножных обхватов помочей по 45 *мм*, толщина помочей 4,5 *мм*. Веса: купола П. 2,3 *кг*, строп 1,59 *кг*, вспомогательного П. 0,19 *кг*, помочей 2,45 *кг*, ранца с подушкой и прочим 2,1 *кг*, вытяжного троса 0,095 *кг*; общий вес П. со снаряжением 8,725 *кг*. Вес 1 *м*² шелковой материи, из которой изготовлен купол П., 60,5 *г*. Общий вес П. других систем 7,5—9,5 *кг*, поверхность купола 40—60 *м*². Время от момента, когда парашютист дергает за кольцо троса, до полного раскрытия П. (для нормального П. и раскрытия) 1,5—3 ск.; обыкновенно П. в первый момент увлекается самолетом и опережает человека и только в конце первой полсекунды П. возвращается на траекторию полета, где и располагается позади человека. В продолжение следующих 1—1,5 ск. купол П. имеет вид вытянутой трубки, только в последнюю секунду раскрывается с шумом. После раскрытия П. начинает падать со все замедляющейся скоростью до тех пор, пока вызываемое П. при падении сопротивление воздуха не становится равным весу всей системы, тогда $G=Q=C_x \cdot \rho S v^2$, где G — вес всей системы в *кг*, Q — лобовое сопротивление в *кг*, C_x — коэф. лобового сопротивления, ρ — массовая плотность воздуха, S — площадь основания купола в *м*², v — скорость падения в *м/ск*. После того как П. перешел в режим установившегося спуска, скорость его снижения остается почти постоянной и нормально равна 5,5—4,5 *м/ск* при приближении к земле.



Фиг. 9.

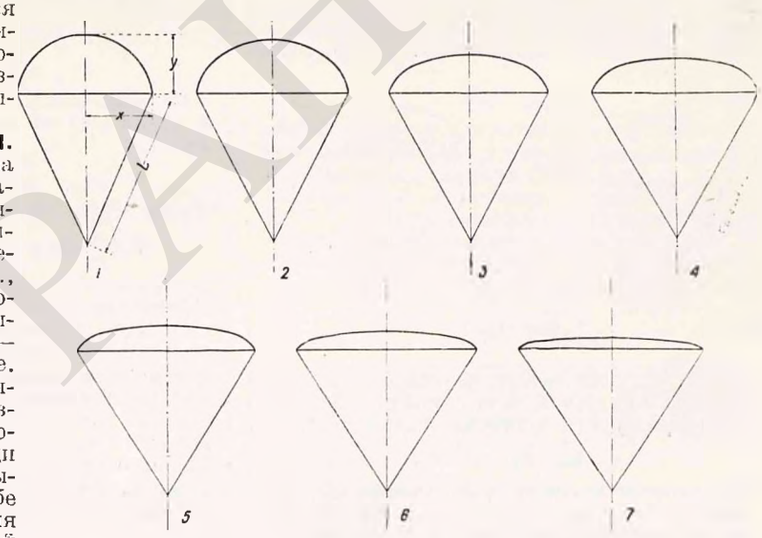
Определение формы П. Для определения качества и аэродинам. свойств парашюта производились опыты с моделями П. различных форм. Ткани, применяющиеся для купола П., испытывались на воздухопроницаемость и механические свойства, стропы—на прочность и удлинение. При определении коэфициента лобового сопротивления C_x обыкновенно относят этот коэф-т к площади основания купола. Испытания в аэродинамич. трубе ЦАГИ показали, что для определения качества той или иной формы П. целесообразно относить C_x не к площади основания купола, т. к. эта площадь различно и иногда значительно уменьшается во время спуска П., а к поверхности купола. Испытания в ЦАГИ были произведены над моделями П. различных очертаний; так, на фиг. 9 показаны модели формы сферич. сегментов с пределами — полусферой и формой, близкой к пределу плоский круг; r—радиус сферич. сегмента купола, x — раскройный радиус основания купола, y—высота (стрелка) сегмента, L—длина стропы, F—поверхность купола. На фиг. 10 изображены модели форм куполов, которые получены путем вращения $^1/_4$ эллипса около малой его полуоси. При построении этих форм в основу было положено постепенное изменение отношения $y : x$ на 0,1. Пределами изменения этого отношения так же, как и для форм сферич. сегментов, будут $y : x = 1$—полусфера, $y : x = 0$ — плоский круг. При построении форм куполов этой серии исходили из расчета поверхности $F=0{,}318$ *м*². Подставляя эту величину как половину всей поверхности, $F_э$ — сплющенного эллипсоида вращения, имеем

$$F_э = 2F = 2\left[\pi x^2 + \pi y^2 \cdot \frac{\ln x\left(\frac{1+e}{y}\right)}{e}\right], \quad (1)$$

где e—астрономический эксцентриситет,

$$e = \sqrt{\frac{x^2-y^2}{x^2}}.$$

На фиг. 11 даны формы куполов, полученных путем вращения эллипса около малой его оси с последующим отнятием от этой поверхности, параллельно плоскости вращения

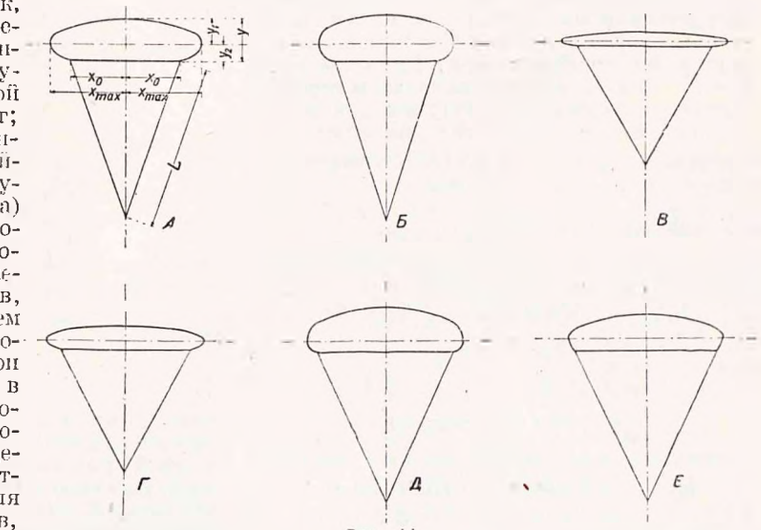


Фиг. 10.

большой полуоси, части нижнего полуэллипсоида вращения. Поверхность всего эллипсоида определяется по ф-ле (1), поверхность отсекаемой нижней части эллипсоида м. б. рассматриваема как поверхность, полученная от вращения плоской кривой около оси, лежащей в ее плоскости, и на основании теоремы Гюльдена может быть выражена через

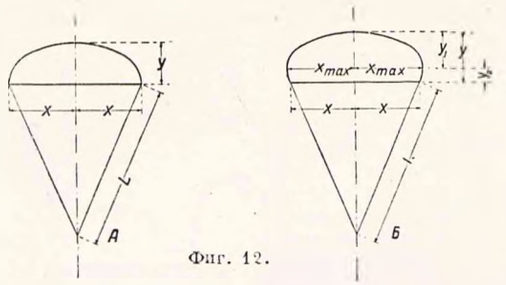
$$F = 2\pi\zeta l, \quad (2)$$

где ζ—расстояние центра тяжести образующей линии до оси вращения, а l—длина кривой. На фиг. 12 изображены модели П. с формой купола Тейлора (фиг. 12, А) и модель, раскроенная по форме, к-рую принимает П. «Ирвин» во время спуска (фиг. 12, Б). Достаточно разработанной теории П. нет;



Фиг. 11.

попытки определения теоретической формы купола были даны Тейлором на основе двух предположений: 1) что натяжение $T_к$ в материи купола вдоль касательной к окружности, образуемой пересечением купола плоскостью, перпендикулярной к вертикальной оси (кольцевое натяжение), равно нулю;



Фиг. 12.

2) что разница между величиной давления воздуха с внутренней стороны p_1 и внешнего давления p_2 есть величина постоянная, т. е.

$$p_1 - p_2 = \text{Const}.$$

Рассмотрим усилия, действующие на выделенную малую часть купола $ABCD$ (фиг. 13), ограниченную концентрическими окружностями с радиусами r и $r + dr$ и двумя образующими осевые плоскости, которые пересекаются под углом $d\alpha$. На этой фиг. y представляет собою расстояние от точки N до плоскости, касательной к вершине, φ— угол, образованный между продолжением EN и касательной к вершине купола, T_0— натяжение в материи вдоль касательной, проходящей через точку N в плоскости оси (натяжение по образующей). Разложив силы $p_1 - p_2$, T_0 и $T_к$ на вертикальные и горизонтальные компоненты, получим для вертикальной составляющей сил давления

$$(p_1 - p_2)_{в.с.} = (p_1 - p_2) ABCD \cos\varphi = (p_1 - p_2) r\, dr\, d\alpha, \quad (3)$$

так как $ABCD = r\, d\alpha \frac{dr}{\cos\varphi}$.

Вертикальная составляющая силы натяжения ткани по образующей

$$T_{0\,в.с.} = T_0 \sin\varphi\, AB = T_0 \sin\varphi\, r\, d\alpha = \frac{d}{dr}(T_0 r\, d\alpha \sin\varphi)\, dr. \quad (4)$$

Приравнивая ур-ия (3) и (4), получим:

$$\frac{d}{dr}(T_0 r \sin\varphi) = r(p_1 - p_2). \quad (5)$$

Горизонтальная слагающая сил давления

$$(p_1 - p_2)_{г.с.} = (p_1 - p_2) ABCD \sin\varphi = r(p_1 - p_2) \operatorname{tg}\varphi\, d\alpha\, dr. \quad (6)$$

Горизонтальные слагающие T_0 и $T_к$:

$$T_{0\,г.с.} = T_0 AB \cos\varphi = -T_0 r\, d\alpha \cos\varphi = -\frac{d}{dr}(T_0 r \cos\varphi)\, d\alpha\, dr, \quad (7)$$

$$T_{к.г.с.} = T_к \sin\frac{d\alpha}{2} BC = T_к d\alpha \frac{dr}{\cos\varphi}. \quad (8)$$

Приравнивая ур-ия (6), (7) и (8), получаем:

$$\frac{d}{dr}(T_0 r \cos\varphi) = \frac{T_к}{\cos\varphi} - (p_1 - p_2) r \operatorname{tg}\varphi. \quad (9)$$

Форма купола П. характеризуется соотношением величин r и y для разных точек. Если эти величины известны, то из ур-ий (5) и (9) можно определить T_0 и $T_к$. Ур-ия (5) и (9) м. б. представлены также в следующем виде:

$$T_0 r \frac{d}{dr}\sin\varphi + \sin\varphi \frac{d}{dr}(T_0 r) = r(p_1 - p_2), \quad (10)$$

$$T_0 r \frac{d}{dr}\cos\varphi + \cos\varphi \frac{d}{dr}(T_0 r) = T_к \sec\varphi - r(p_1 - p_2)\operatorname{tg}\varphi. \quad (11)$$

Умножая каждый член ур-ия (10) на $\sin\varphi$ и ур-ия (11) на $\cos\varphi$ и складывая их, получаем:

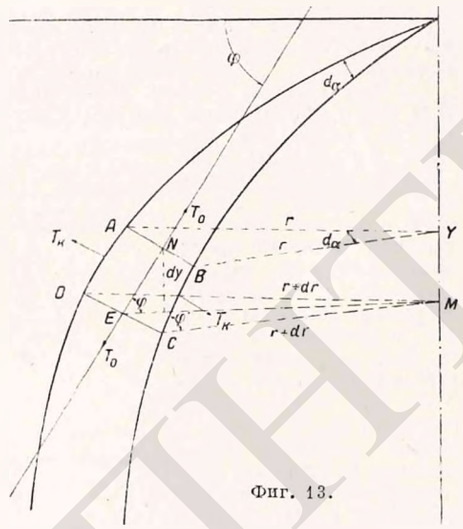
$$\frac{d}{dr}(T_0 r) = T_к. \quad (12)$$

Ур-ие (10) м. б. представлено

$$T_0 r \frac{d}{dr}\sin\varphi + T_к \sin\varphi = r(p_1 - p_2), \quad (13)$$

$p_1 - p_2$ всегда встречается в соединении с r. Изменение в величине $r(p_1 - p_2)$ зависит от r больше, чем от $p_1 - p_2$, так как r изменяется от $r = 0$ у вершины купола до $r = x$ у основания, разность же давлений $p_1 - p_2$, как показывают англ. опыты над распределением давления по куполу парашюта, изменяется сравнительно очень мало и для наивыгоднейшей формы П. можно предположить, что $p_1 - p_2 = \text{Const}$.

Под наивыгоднейшей формой подразумевается такая форма, к-рая при наименьшем



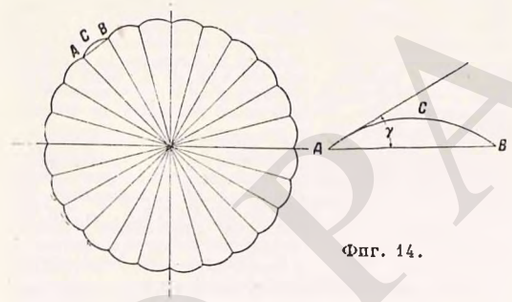
Фиг. 13.

весе обладает лучшей способностью поддержания. Можно предполагать, что лучшей формой должна быть форма, раскроенная в виде плоского круга (П. сист. Ирвин). Но все же на П. этой формы под действием силы воздуха появляются радиальные складки, указывающие, что не вся поверхность материи принимает участие в поддержании и часть материи излишня. Купол П. в проекции на горизонтальную плоскость примет вид, данный на фиг. 14. Обозначая через γ угол, образованный хордою AB и касательной к дуге ACB в точке A, и рассматривая натяжение $T_к$ как ф-цию $p_1 - p_2$, направленное перпендикулярно к хорде AB, можно написать ур-ие

$$(p_1 - p_2) AB = 2T_к \sin\gamma. \quad (14)$$

Если увеличить число строп, то AB будет

уменьшаться и в пределе, при очень большом количестве строп, получим форму, у которой $T_к = 0$. Отсюда выводится предположение, что П., раскроенный по форме, какую принимает во время спуска плоский П., имеющий очень большое количество



Фиг. 14.

строп, окажется наиболее правильным. Принимая $p_1 - p_2 = \text{Const}$ и интегрируя уравнение (5), получим

$$T_0 r \sin\varphi = (p_1 - p_2)\frac{r^2}{2}, \quad (15)$$

а из уравнения (12), так как $T_к = 0$, получим: $T_0 r = \text{Const}$. Подставляя это значение в ур-ие (15), получим:

$$\frac{p_1 - p_2}{2\sin\varphi} r^2 = \text{Const}. \quad (16)$$

В пределе у основания купола П. r превращается в x и угол φ в 90°. Тогда ур-ие (16) примет вид

$$\frac{p_1 - p_2}{2\sin 90^\circ} x^2 = \text{Const}. \quad (17)$$

Приравнивая ур-ия (16) и (17), находим:

$$\frac{p_1 - p_2}{2\sin\varphi} r^2 = \frac{p_1 - p_2}{2\sin 90^\circ} x^2$$

или

$$\frac{r^2}{x^2} = \sin\varphi. \quad (18)$$

Это ур-ие профиля П. может быть выражено в прямоугольных координатах лишь при помощи эллиптических ф-ий. При своих вычислениях Тейлор, обозначая через Cn эллиптич. ф-ию и через u новую переменную, посредством ряда преобразований приходит к выражению профиля П. двумя уравнениями:

$$\frac{r}{x} = Cnu \quad (19)$$

и

$$\frac{y}{x} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left\{2[E - E(u)] - (K - u)\right\}, \quad (20)$$

где E и K—полные эллиптич. интегралы первого и второго рода. Если купол сшит из n полотниц, то ширина каждого полотнища по любой концентрич. окружности с радиусом r равна $b = \frac{2\pi r}{n}$, а расстояние выпрямленного полотнища от этой окружности до вершины купола

$$l = \frac{x}{\sqrt{2}}(K - u). \quad (21)$$

Полученная т. о. форма купола изображена на фиг. 12, А. Эта форма по своему профилю похожа на ту, к-рую принимает плоский П. во время спуска (фиг. 12, Б). Отличие заключается главным образом в кривизне профиля у основания, каковая у теоретической формы несколько меньше.

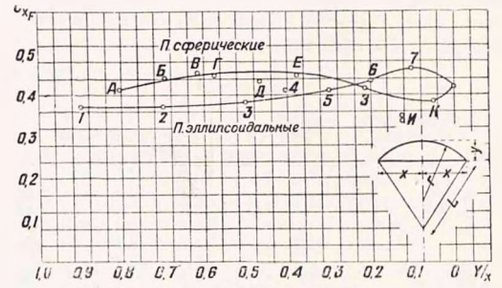
Определение коэфициента лобового сопротивления. При отнесении коэф-та лобового сопротивления C_x П. к раскроенной площади основания купола он определится по ф-ле

$$C_{x_s} = \frac{Q}{\varrho S v^2}, \quad (22)$$

где Q—лобовое сопротивление, ϱ—массовая плотность воздуха у поверхности земли при нормальных условиях (760 *мм* рт. ст. и 15°), равная $^1/_8$, S — площадь основания купола П. и v — скорость спуска. Как было указано выше, при сравнительной оценке форм П. целесообразнее относить C_x не к площади основания, а к поверхности купола, т. е.

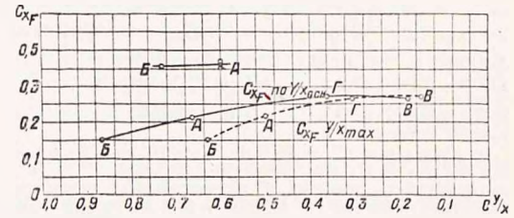
$$C_{x_F} = \frac{Q}{\varrho F v^2}. \quad (23)$$

Испытания, произведенные в аэродинамической лаборатории ЦАГИ над моделями П., изображенными на фиг. 9 и 10, при длине строп $L = 575$ *мм* дали средние значения C_{x_F}, представленные на диаграмме фиг. 15. Из сопоставлений кривых можно вывести



Фиг. 15.

заключение, что разница между значениями C_{x_F} для сферических и эллипсоидальных П. при одинаковом отношении $y : x$ вначале при уменьшении этого отношения увеличивается, а затем, начиная с $y : x = 0{,}5$, уменьшается до 0 при $y : x = 0{,}235$. При дальнейшем уменьшении отношения высоты купола к радиусу его основания, разница снова увеличивается, но с обратным знаком. До $y : x = 0{,}235$ сферич. формы в смыс-



Фиг. 16.

ле большого значения для них C_{x_F} были выгоднее, чем эллипсоидальные, начиная же с этого отношения $y : x$ и при его уменьшении, т. е. для более плоских П., эллипсоидальные формы становятся выгоднее, чем формы сферические. На диаграмме (фиг. 16) представлены кривые C_{x_F} для парашютов,

изображенных на фиг. 11; из них одна (сплошной линией) дает C_{x_F} по $y : x_{осн.}$, где $x_{осн.}$—радиус основания купола, и другая—C_{x_F} по $y : x_{max}$, где x_{max}—радиус наибольшего сечения П. (большая полуось эллипсоида вращения). Из этих кривых видно, что наибольшее значение C_{x_F} достигает при $y : x_{осн.} = 0{,}36$ или при $y : x_{max} \cong 0{,}3$. Сравнивая диаграммы (фиг. 15 и 16), видно, что значения C_{x_F} для серии моделей, изображенных на фиг. 11, меньше, чем для серии моделей П. (фиг. 9, 10). Периметр кромки серии П. (фиг. 11) меньше, чем для серии (фиг. 9, 10); это позволяет несколько выиграть в весе П. и следовательно при одинаковом весе сделать купол большей поверхности и тем самым повысить величину лобового сопротивления. Форма П. (фиг. 11, А) очень похожа на купол американского П. сист. Руссель, показавшего при испытании его в США хорошие качества. На диаграмме (фиг. 16) нанесены значения C_{x_F} для моделей П. (фиг. 12) (верхняя кривая). Значения C_{x_F} для этих моделей больше, чем для моделей, изображенных на фиг. 11, и приблизительно равны C_{x_F}, полученным для форм, изображенных на фиг. 10 при таком же $y : x$.

Испытания парашютов различных типов.

Наименование парашюта	Колич. строп	L в $м$	D в $м$	S в $м^2$	F в $м^2$	G в $кг$	H в $м$	t в $сек.$	v в $м/сек$	$v_{пос.}$ в $м/сек$	C_{x_S}	C_{x_F}
Гальбэ	—	—	5,0	19,6	—	88	—	2,5—3	6,07	5,16	1,38	—
Сферич.	—	—	6,9	37,4	—	88	—	—	4,5	3,825	1,32	—
Орс	16	—	8,6	58,1	—	87,7	—	2,3—3,9	4,6	3,91	0,811	—
Робер	12	—	8,5	56,6	—	88,85	—	2,4	5,74	4,88	0,54	—
Фрудзор . . .	—	—	7,75	47,0	—	89,0	—	2—3	5,15—5,5	4,38—4,675	0,81—0,71	0,63—0,50
Тенсонье . . .	10	—	6,8	36,4	—	89,0	—	2,9	4,8 —5,0	4,08—4,25	1,21—1,11	—
Кормье	16	7,0	—	40.9	—	87,5	—	—	5,1	4,34	0,925	—
Кальтроп . . .	24	7,42	7,9	47,75	—	88,25	300	3,18	6,38	5,42	0,517	0,448
Ирвин	24	—	7,315	42,2	50,0	88,75	800	2,0	5,4	5,59	0,818	0,69
Хейнеке . . .	20	6,75	6,22	30,4	40,0	87,3	200	3,0	5,7	4,85	1,021	0,775
Маддалуна . .	—	—	8,0	50,3	—	89,5	300	—	6,4	5,44	0,495	—
Рауль-Торибладе	20	6,5	6,5	33,2	52,5	87,0	—	3,0	4,5	3,825	1,46	0,925

Испытания П. в натуру даны в табл., где L—длина строп в $м$, D—диам. основания купола в $м$, S—площадь основания купола в $м^2$, F—поверхность купола в $м^2$, G—вес П. и человека в $кг$, H—высота, с какой сброшен П., в $м$, t—время до раскрытия П. в $сек.$, v—скорость спуска П. в $м/сек$, $v_{пос.}$—посадочная скорость в $м/сек$, C_{x_S}—коэфициент лобового сопротивления, отнесенный к площади основания, в $м^2$ и C_{x_F}—коэф-т лобового сопротивления, отнесенный к поверхности купола, в $м^2$.

Основные требования, предъявляемые к П. Научно-технич. комитетом УВВС, сводятся к следующему: 1) летчик должен иметь возможность спрыгнуть с самолета при любом положении последнего; 2) П. должен быть все время прикреплен к телу парашютиста; 3) приспособление для раскрытия П. не д. б. сложным или отказывать в действии и не должно портиться при обычных условиях эксплоатации; 4) размеры П., равно как и расположение последнего, д. б. таковы, чтобы отнюдь не стеснять парашютиста, не препятствовать его работе и позволять ему делать прыжок с самолета без всяких затруднений и промедлений; 5) П. должен раскрываться не позднее, чем через 3 сек. и не раньше, чем через 1 сек.; 6) при раскрытии П. должен выдержать динамич. удар, получаемый грузом в 180 $кг$, сброшенным на скорости 180 $км/ч$; 7) П. должен быть в достаточной степени управляемым; 8) помочи и полс должны быть очень прочными, удобными, снабжены ножными обхватами и пригоняться на любой рост, в любом летном обмундировании, принятом на снабжении; 9) П. во всех своих деталях д. б. равнопрочным; 10) во избежание физич. повреждения парашютиста удар при раскрытии должен распределяться равномерно на отдельные детали помочей; 11) в случае необходимости парашютист во всякое время должен иметь возможность освободиться от помочей, напр. при посадке на воду или в случае посадки при сильном ветре; 12) П. должен быть по возможности простой конструкции; при обслуживании и на укладку его должно затрачиваться возможно меньше труда и времени; 13) вес полного комплекта П. не должен превышать 8 $кг$; 14) скорость снижения П. с грузом 80 $кг$ при нормальных атмосферных условиях не должна превышать 5,5 $м/сек$.

Лит.: Лебедев Н., Экспериментальные исследования над моделями парашютов, «Труды Центрального Аэродинамич. института», М., 1931 (печатается); «ZFM», 1927, H. 6; Müller W., Fallschirm für Luftfahrzeuge, ibid., 1927, H. 20; Jones R., On the Aerodynamik Characteristics of Parachutes, «British Aeronautical Research Committee Reports a. Memor.», L., 1923—1924, 862. **Н. Лебедев и А. Знаменский.**

ПАРК АВТОМОБИЛЬНЫЙ, весь подвижной состав автомобильного хозяйства, служащий для перевозки грузов или пассажиров.

Общие данные для расчета П. а. При организации автомобильного хозяйства расчет П. а. имеет своей целью довести стоимость единицы работы автомобиля до возможного минимума. Наиболее действительным способом уменьшения постоянных расходов является повышение интенсивности использования автомобиля. Последнее возможно только при правильном подборе П. а. соответственно условиям эксплоатации. Т. о. расчет П. а. распадается на две задачи: 1) выбор типа машин, одного или нескольких, и 2) определение количества машин каждого типа. Тип автомобилей определяется, во-первых, характером перевозимого груза и его количеством и, во-вторых, дорожными условиями; количество автомобилей рассчитывают, исходя из предположенного грузооборота и возможн. производительности каждой машины.

Установление емкости автомобилей. Выбор типа автомобилей можно подразделить на 2 задачи: 1) установление размерности автомобиля, т. е. его емкости, и 2) выбор марки и модели автомобиля. Под емкостью автомобиля разумеется тоннаж для грузового автомобиля и число мест для пассажирского. Емкость автомобиля зависит от характера и количества груза и от дорожных условий, в частности от прочности одежды дорог и от мостов. При плановых перевозках грузов между определенными пунктами наиболее выгодными всегда

оказываются автомобили возможно большего тоннажа, допустимого по дорожным условиям, т. к. с повышением грузоподъемности постоянные расходы на единицу перевезенного груза резко сокращаются, так же как и переменные расходы. В случае, когда перевозка не носит планового характера, когда грузы развозятся мелкими партиями в большое число мест и наконец при незначительном количестве грузов,—всегда оказываются более выгодными грузовые автомобили среднего тоннажа от 1 до 2,5 $т$. В отдельных случаях расчет тоннажа м. б. произведен со значительной точностью. Последнее имеет место в случае специальных и самостоятельных хозяйств, обслуживаемых собственным автомобильным транспортом. Напр. потребный для почтового ведомства тоннаж определяется в зависимости от нагрузки, получаемой точно по расписанию и в количествах, к-рые можно достаточно точно предусмотреть заранее. Соответственно этому почтовым ведомством для различных операций употребляются 3 типа автомобилей: 1) малые автомобили для сборки писем, 2) грузовые автомобили в 1,5—2 $т$ для свозки пакетов и посылок в центральный склад и 3) грузовые автомобили в 3,5—4 $т$ для перевозки посылок с центрального склада на ж.-д. станцию. Для кооперативов, артелей, а также и для небольших с.-х. объединений, в виду сравнительно малого оборота грузов, а отчасти в виду расположения этих организаций по преимуществу в районах плохих дорог, применяются главным образом машины в 1—2 $т$.

НТС НКПС принял следующие типы грузовых автомобилей как нормальные для эксплоатации в СССР: 1) грузовой автомобиль в 1 $т$, предназначаемый как для городской, так и для загородной езды по шоссе, булыжной мостовой и грунтовым дорогам; 2) грузовой автомобиль в 1,5 $т$—для той же цели, что и 1-й; 3) грузовой автомобиль в 2,5 $т$, предназначаемый для работы по шоссе, улучшенным грунтовым дорогам и мостовой как за городом, так и в условиях городской эксплоатации; в особых условиях следует предвидеть возможность использования по неулучшенным грунтовым дорогам; 4) грузовой автомобиль в 3,5 $т$, предназначаемый для езды по мостовым, шоссе и улучшенным грунтовым дорогам; 5) грузовой автомобиль в 5 $т$, предназначаемый для эксплоатации по мостовым и шоссе.

При пассажирских перевозках, осуществляемых автобусами, емкость последних выбирается на основе количества пассажиров, подлежащих перевозке за определенный промежуток времени. Однако в виду высокой скорости автобуса дорожные условия играют еще большую роль, чем для грузового автомобиля. До настоящего времени установлены следующие емкости автобусов: а) для больших городов с хорошими дорогами—двухэтажные на 50—60 мест и одноэтажные на 30—35 мест; б) для провинциальных городов с плохими дорогами — одноэтажные на 16—20 мест; в) для загородных сообщений, при шоссейной дороге — одноэтажные автобусы на 30—35 мест, при условии худших дорог—на 16—20 мест.

Емкость такси практически всегда берется равной 4—5 пассажирам. Емкость легковых автомобилей для обслуживания государственных учреждений и хозяйственных предприятий нормально принимается в 4—5 мест (с шофером). НТС НКПС установлено 3 типа легковых автомобилей для эксплоатации в СССР. 1) Малый городской автомобиль на 4—5 мест. Предназначается для городской эксплоатации в качестве машины для учреждений и в качестве такси для езды как по булыжным мостовым, так и по усовершенствованным дорогам. 2) Малый дорожный автомобиль на 4—5 мест. Предназначается для эксплоатации за городом как по шоссейным, так и по грунтовым дорогам. 3) Большой дорожный автомобиль на 6—7 мест. Предназначается для работы за городом как по шоссе, так и по грунтовым дорогам, а также для эксплоатации в условиях городской езды.

Выбор типа автомобиля. После того как установлена емкость автомобиля, необходимо выбрать тип последнего в смысле его ездовых и эксплоатационных качеств. При разрешении этого вопроса могут играть роль следующие соображения. 1) Наличие в данном хозяйстве автомобилей определенной марки; в интересах большей однотипности П. а. и легкости ремонта автомобилей целесообразно остановиться на той же марке. Однако это может вести к определенной технич. отсталости данного хозяйства в отношении типов современных автомобилей. Помимо этого получение того же типа автомобиля часто бывает весьма затруднительно по той причине, что з-ды, совершенствуя выпускаемые ими машины, сами изменяют последние. В связи с этими обстоятельствами единообразие типа автомобиля следует жестко проводить только в пределах технич. целесообразности, комплектуя однотипными автомобилями достаточно крупные, замкнутые по своему обслуживанию автотранспортные хозяйства. 2) Наличие в стране собственного производства, в частности производства автомобилей в СССР, естественно сужает круг выбора типа автомобилей. По соображениям ремонта (возможность получения запасных частей), а также независимости от заграничного рынка в эксплоатацию необходимо вводить автомобили собственного производства. 3) При определении типа автомобиля, наиболее подходящего для эксплоатации в заданных дорожных условиях, можно принять чисто технический подход, оценивая конструкцию автомобиля в отношении основных эксплоатационных качеств последнего.

Наиболее полное суждение о тяговых качествах автомобиля получается на основе сравнения динамической характеристики данного автомобиля (см. *Динамика автомобиля*) с сопротивлением тех дорог, по к-рым должно работать проектируемое автомобильное хозяйство. Научно-технич. советом НКПС были установлены в отношении тяговых качеств определенные требования для автомобилей, принятые за нормальные для эксплоатации в СССР. Ниже приведено постановление Научно-технич. совета НКПС по этому вопросу (1929 г.).

Измерители для оценки динамических качеств автомобилей. 1) Динамическими называются такие качества автомобиля, которые при заданных условиях пути и нагрузки способствуют повышению средней скорости движения автомобиля. 2) Динамич. качества автомобиля определяются соотношением между силой тяги на ведущих колесах автомобиля и сопротивлением движению, зависящим от сопротивления воздушной среды, сопротивления дороги и веса автомобиля. 3) Для сравнительной оценки динамич. качеств различных автомобилей принимается динамическая характеристика. Динамическая характеристика представляет собою график, где по оси абсцисс отложена скорость движения, а по оси ординат—удельная сила тяги.

$$\frac{P_k - P_w}{G_a},$$

где P_k—сила тяги на ободе ведущих колес, P_w—сила сопротивления воздуха и G_a—полный вес автомобиля, включая полезную нагрузку. 4) При построении динамич. характеристики и решении отдельных задач по оценке уд. тяги автомобиля применяется следующее ур-ие:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G_a} = f + i + \frac{\delta}{g} j;$$

D—уд. тяга, или «динамический фактор» автомобиля; f—сопротивление качению (коэф., дающий отношение силы, потребной для качения автомобиля, без учета сопротивления воздуха, к полному весу автомобиля); i—уклон пути, причем $i = \sin\alpha$, где α—угол наклона пути к горизонтали; g—ускорение силы тяжести, равное 9,81 $м/сек^2$; $j = \frac{d^2s}{dt^2}$—ускорение автомобиля в $м/сек^2$; δ—коэф-т, учитывающий влияние вращающихся масс. В случае пользования прицепками, собственный вес прицепок обозначается знаками G_1, G_2, G_3 и т. д.; полезный груз на прицепках знаками Q_1, Q_2, Q_3 и т. д. Сопротивление воздуха P_w относится ко всему поезду; коэф. сопротивления качению f дает среднюю величину для всего поезда. 5) Динамич. характеристика автомобиля определяется на основании испытания автомобиля на станке с беговыми барабанами. Сила сопротивления воздуха P_w определяется или при помощи дополнительного испытания автомобиля пробегом, или продувкой модели автомобиля в аэродинамич. трубе, или наконец расчетом на основе имеющихся опытных коэф-тов сопротивления воздуха для автомобиля данного типа. 6) Для оценки динамич. качеств автомобилей служит график динамич. характеристики на всех передачах в коробке скоростей. Для упрощения оценки динамич. качеств автомобилей при испытании последних вводятся отдельные элементы динамич. характеристики, по которым и производится суждение о пригодности автомобиля с точки зрения его динамич. качеств. 7) В качестве основных элементов динамич. характеристики, служащих для оценки автомобиля, принимаются следующие: V_{max}—максимальная скорость на хорошем шоссе; V_{1max}—теоретич. максимальная скорость автомобиля при условии отсутствия сопротивления качению ($f+i=0$); $\frac{D_1}{V_1}$—минимальное значение динамич. фактора D при нек-рой заданной скорости автомобиля V_1 на последней передаче; D_{1max}—максимальное значение динам. фактора на последней передаче; $\frac{D_2}{V_2}$—минимальное значение динамич. фактора D при заданной скорости автомобиля V_2 на промежуточной передаче; D_{max}—максимальное значение динам. фактора на первой передаче. Нормы для оценки динамич. качеств нормальных типов автомобилей с 2 ведущими колесами, утвержденные НКПС, приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Нормы для оценки динамических качеств.

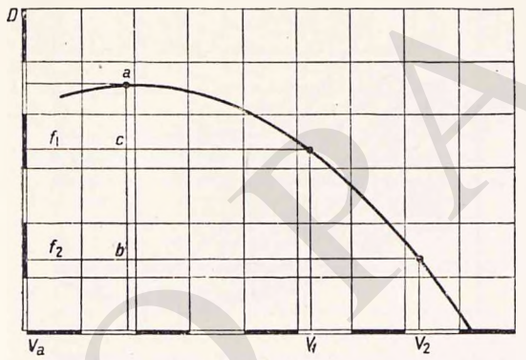
Типы автомобилей	V_{max}, км/ч	V_{1max}, км/ч	D_{max}, %	D_1/V_1	D_2/V_2	D_{max}, %
	Не менее					
Грузовые						
В 1 m	45	50	6	4.5% 35 км/ч	9% 15 км/ч	25
» 1,5 »	60	65	6,5	4,5% 45 км/ч	9% 25 км/ч	25
» 2,5 »	55	60	6	4,5% 38 км/ч	9% 20 км/ч	25
» 3,5 »	45	50	5,5	4,5% 30 км/ч	9% 15 км/ч	25
» 5 »	35	40	5	4% 25 км/ч	7% 15 км/ч	25
Легковые						
Малый городской	45	55	5,5	4,5% 35 км/ч	9% 25 км/ч	25
» дорожный	65	75	6	4,5% 50 км/ч	9% 35 км/ч	25
Большой »	70	90	6	4,5% 60 км/ч	9% 45 км/ч	25

Настоящие нормы относятся к автомобилям, ввозимым из-за границы в порядке отдельных покупок серийных марок. Для автомобилей внутреннего производства и получаемых из-за границы по специальному заказу нормы должны быть пересмотрены в сторону повышения динамического фактора.

Необходимо отметить, что нормы по тяговым качествам автомобиля, принятые Научно-техническим советом НКПС, низки, и большинство современных автомобилей (особенно американских) дают значительно лучшие результаты.

Для иллюстрации высказанных положений на фиг. 1—3 приведены данные по динамич. характеристике. На фиг. 1 представлен общий вид примерной динамической характеристики автомобиля на последней передаче. При дороге с сопротивлением f_1 величина динамич. фактора измеряется отрезком ac, при дороге с сопротивлением f_2 максимальное значение динамич. фактора измеряется отрезком ab.

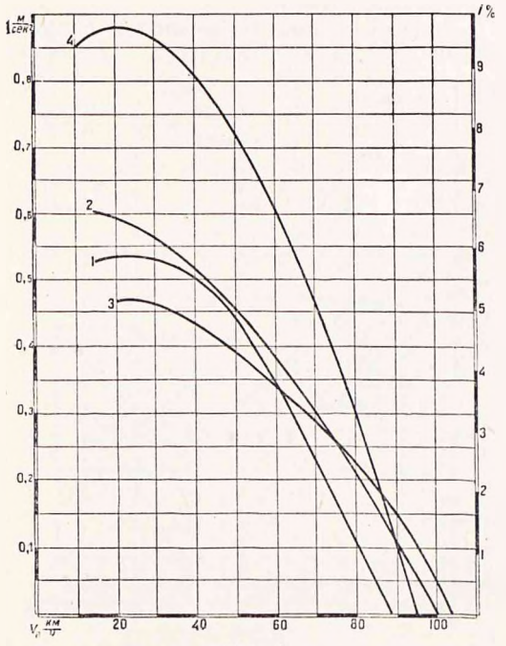
При наличии динамич. характеристики можно определить максимальное ускорение автомобиля на ровном месте и максимальный подъем, к-рый он может взять на последней передаче. На фиг. 2 приведены результаты такого подсчета для четырех автомобилей, испытанных на станке, а именно: кривая *1* для автомобиля Вольво с рабочим объемом цилиндров мотора=1,94 *л*; кривая *2* для автомобиля Альфа-Ромео, литраж 2,9; кривая *3* для автомобиля Котен Дегут, литраж 2,98; кривая *4* для автомобиля Форда А, литраж 3,28. Здесь по оси ординат отложены максимальные значения подъема i% и ускорения j $м/сек^2$, а



Фиг. 1.

по оси абсцисс—скорость движения автомобиля. На фиг. 3 приведена динамич. характеристика автомобиля Форда А на разных передачах.

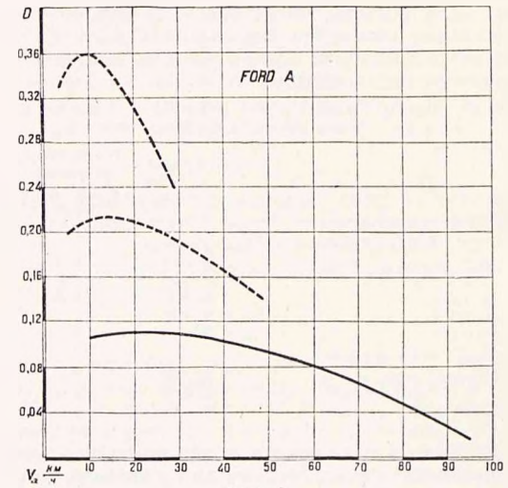
При оценке типа автомобиля с точки зрения выгодности его для эксплоатации серьезную роль играет вопрос об экономичности автомобиля в смысле расхода горючего. При той же емкости автомобиля разница в расходе топлива отдельными типами машин колеблется от 30 до 40%, что должно дать значительную разницу в полной себестоимости



Фиг. 2.

единицы работы автотранспорта. Оценку экономичности автомобилей удобнее всего производить на основе их экономич. характеристик, принятых НКПС.

Измерители и нормы для оценки экономичности автомобиля по горючему. 1) Под экономичностью автомобиля по горючему принято понимать расход последнего на единицу работы автомобиля. Но независимо от этого обстоятельства в отдельных случаях может определяться т ж е экономичность работы автомобильного двигателя с целью выяснения правильности подбора его к данному автомобилю. 2) За единицу работы для автомобильного двигателя обыкновенно принимается лошадиный силочас. 3) За единицу оценки экономичности автомобильного двигателя принимается расход топлива в $г$ на лошадиный силочас ($г$/ЛР ч.). 4) За единицу работы для автомобиля принимают: а) 100 $км$ пройденного пути, б) произведение из веса полезного груза на пройденный путь (100 $ткм$). 5) За измеритель для оценки экономичности автомобиля принимаются: а) расход топлива в $кг$ на 100 $км$ (Q $кг$/100 $км$); б) расход топлива в $кг$ на 100 $ткм$ (Q $кг$/100 $ткм$), где число m соответствует нормальной полезной нагрузке данного грузового автомобиля. 6) В качестве основного измерителя для оценки экономичности автомобильного двигателя, установленного на данном автомобиле, принимается экономич. характеристика автомобильного двигателя. Последняя представляет собою график, дающий зависимость расхода топлива в $г$ на силочас работы двигателя от скорости движения автомобиля V_a и полного сопротивления дороги $\psi = f + i$, заключающего в себе сумму сопротивления качению f и сопротивления подъема i. 7) В качестве основного измерителя для оценки экономичности легкового и грузового автомобилей принимается «экономическая характеристика автомобиля». Последняя представляет собою график, дающий зависимость расхода топлива в $кг$ на 100 $км$ от скорости движения автомобиля V и полного сопротивления дороги $\psi = f + i$. Из этого графика могут быть получены и значения расхода топлива на 100 $ткм$ полезного груза; для этой цели достаточно лишь масштаб расхода на 100 $км$ разделить на соответствующий тоннаж. При оценке экономич-



Фиг. 3.

ности автомобилей последние сравниваются с другими автомобилями соответствующей категории. 8) Экономич. характеристики автомобильного двигателя и целого автомобиля получаются при помощи испытания двигателя и автомобиля на тормозных станках. При этом сила сопротивления воздуха P_w определяется или при помощи дополнительного испытания автомобиля пробегом, или продувкой модели автомобиля в аэродинамической трубе, или наконец расчетом на основе имеющихся опытных коэфициентов сопротивления воздуха для автомобиля данного типа. 9) На основе указанных выше измерителей устанавливаются цифровые нормы экономичности для тех типов автомобилей, к-рые приняты за нормальные для коммерч. эксплоатации (3 типа легковых автомобилей, 5 типов грузовых). 10) Для задания цифровой нормы по экономич. характеристике автомобиля необходимо задаться его эксплоатационными условиями, а именно: пределами наиболее употребительной скорости и средним коэф-том сопротивления дороги. Для восьми типов автомобилей, утвержденных в качестве нормальных, при оценке экономичности принимаются следующие условия эксплоатации (табл. 2).

Табл. 2.—Нормы при оценке динамических качеств автомобилей.

Типы автомобилей	Пределы скорости в км/ч	Расчетное сопротивление дороги в %
Грузовые		
В 1 m	20—35	4,5
» 1,5 »	20—40	4.5
» 2,5 »	20—40	4.5
» 3,5 »	15—30	3
» 5 »	15—25	3
Легковые		
Малый городской	20—35	3
» дорожный	25—45	4.5
Большой дорожный	30—60	4.5

11) Расход топлива на единицу работы автомобиля (в Q *кг*/100 *км*) для каждого типа автомобиля устанавливается по экономич. характеристике в соответствии с указанными выше эксплоатационными условиями. При этом в пределах заданного колебания скоростей средний расход топлива не д. б. больше значений, указанных в табл. 3.

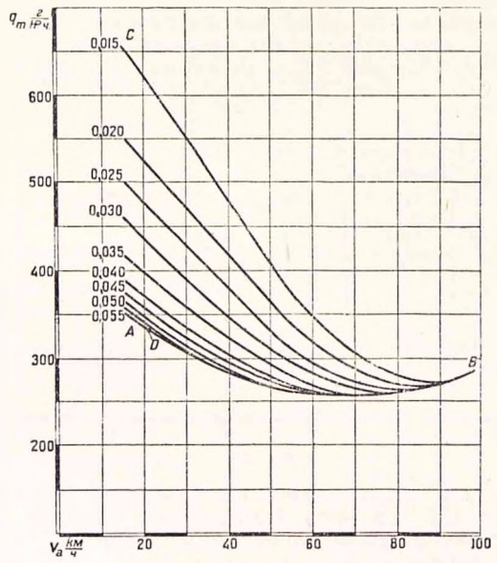
Табл. 3.—Нормы для оценки экономичности автомобилей.

Типы автомобилей	Расход топлива*
Грузовые	
В 1 m	21
» 1,5 »	25
» 2,5 »	30
» 3,5 »	34
» 5 »	42
Легковые	
Малый городской	8
» дорожный	14
Большой дорожный	20

* В *кг* на 100 *км* пробега.

В случае применения другого топлива переходный коэф. устанавливается по согла-

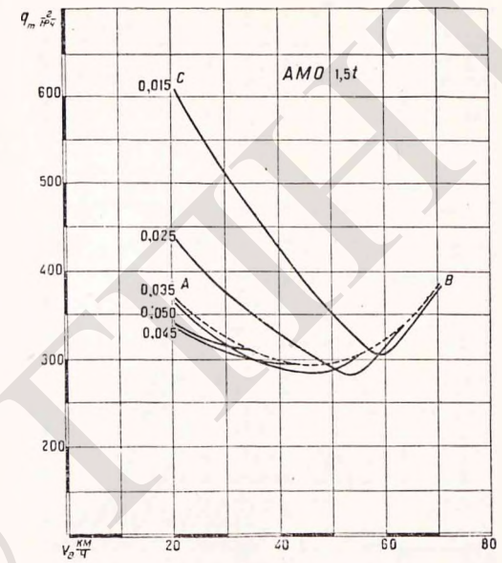
шению с НКПС. 12) Означенные цифровые нормы расхода топлива соответствуют тяжелому грозненскому бензину стандартного



Фиг. 4.

качества ОСТ № 413. При этом $t°$ помещения, где производится испытание автомобилей, не должна выходить за пределы 10—30°. Испытание автомобилей производится при полной нагрузке. 13) Испытание автомобиля на экономичность и динамику необходимо производить при одной и той же регулировке карбюратора.

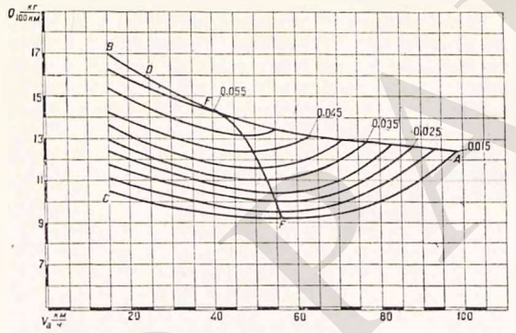
Для иллюстрации высказанных положений на фиг. 4—7 приведены данные по



Фиг. 5.

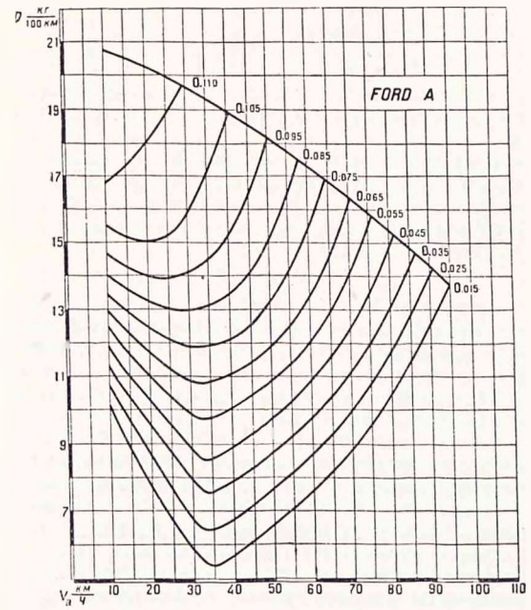
экономич. характеристике автомобильного двигателя и целого автомобиля. На фиг. 4 приведена примерная динамич. характеристика автомобильного двигателя. Каждая кривая определяет собой расход топлива

в *г* на лошадиный силочас, в зависимости от скорости движения автомобиля. Цифры, поставленные около каждой кривой, обозначают сопротивление дороги. На фиг. 5



Фиг. 6.

представлена экономич. характеристика для двигателя грузового автомобиля АМО. На фиг. 6 приведен пример экономической характеристики целого автомобиля. Здесь каждая кривая представляет собой расход топлива в *кг* на 100 *км* пробега автомобиля в зависимости от скорости движения последнего. Цифры, поставленные около кривых, дают сопротивление дороги. Минимальный расход топлива при различных сопротивлениях пути изображает кривая FF. Расход топлива при максимальной скорости (т. е. при полном открытии дросселя) дает кривая AB. На фиг. 7 представлена экономич. характеристика автомобиля Форда А.



Фиг. 7.

Наконец тип автомобиля должен удовлетворять требованиям надежности, проходимости, устойчивости и т. д. Этот вопрос еще недостаточно разработан, и пока не имеется математич. зависимостей для их характеристики. Наиболее достоверную оценку автомобиля по эксплоатационным качествам можно вывести из результатов эксплоатации аналогичной марки автомобиля в другом автомобильном хозяйстве или получить путем пробега на расстоянии не меньше 20—25 тысяч *км* при более напряженной работе машины, нежели в нормальных условиях эксплоатации. С некоторым приближением отдельные эксплоатационные качества автомобиля можно определить технич. осмотром и несложным испытанием.

Расчет П. а. Определение числа единиц П. а. Остановившись на одном или нескольких типах автомобилей определенной емкости, рассчитывают число единиц каждого типа по учету среднего грузооборота. Для этой цели необходимо знать: 1) Емкость автомобиля Q — для грузового автомобиля тоннаж, для автобуса, такси и легкового автомобиля число пассажирских мест. 2) Грузооборот, или объем работы R, подлежащей выполнению в среднем за один день—для грузового транспорта число *ткм*, для автобусного хозяйства — число пассажиро-*км* и для легкового транспорта и такси—число *км*. 3) Коэф. использования емкости автомобиля, представляющий отношение действительной средней нагрузки r автомобилей грузом или пассажирами к их полной емкости Q. Коэф. этот

$$\alpha = \frac{r}{Q}. \qquad (1)$$

Для легкового транспорта коэф. α обычно не применяется. 4) Коэф. использования пробега β, представляющий отношение полезного дневного пробега автомобиля к его полному пробегу, т. е.

$$\beta = \frac{L - L_0}{L} = \frac{L_e}{L}, \qquad (2)$$

где L—полный дневной пробег, L_0—нулевой (пробег от гаража до места работы и обратно) и пустой (пробег без груза в течение рабочего дня) пробег и L_e—полезный пробег с грузом. 5) Коэфициент использования времени γ, представляющий отношение полезного использования времени к полной дневной продолжительности работы автомобиля, т. е.

$$\gamma = \frac{T_1 - T_0}{T_1} = \frac{T_e}{T_1}, \qquad (3)$$

где T_1—число часов работы автомобиля в день, T_0—число часов простоя и T_e—число часов движения автомобиля. 6) Коэфициент выпуска П. а. δ, представляющий отношение среднего числа ежедневно выпускаемых в работу автомобилей к их полному числу в П. а., т. е.

$$\delta = \frac{N_e}{N_0}, \qquad (4)$$

где N_e—среднее число работающих автомобилей и N_0 —полное число автомобилей в хозяйстве. 7) Средняя технич. скорость движения автомобиля в *км* в час v_t; при более детальном расчете грузового парка ее разбивают на v_1—скорость груженого автомобиля и v_2—скорость порожнего автомобиля. Техническая скорость v_t не зависит от простоев автомобиля, при учете которых получается эксплоатационная или коммерческая скорость:

$$v_e = \gamma v. \qquad (5)$$

© ЦНТБ

8) Дневной пробег L автомобиля (*км*), определяемый следующим выражением:

$$v_t \cdot T_e = v_e \cdot T_1.$$

На основе приведенных выше данных получается общее выражение для средней дневной производительности R парка, состоящего из N_e автомобилей:

$$R = Q \cdot N_e \cdot L \cdot \alpha \cdot \beta, \qquad (6)$$

или

$$R = Q \cdot N_e \cdot v_e \cdot T_1 \cdot \alpha \cdot \beta, \qquad (7)$$

или наконец

$$R = Q \cdot N_0 \cdot v_e \cdot T_1 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \delta. \qquad (8)$$

Зная емкость автомобиля Q и объем дневного грузооборота R и задавшись соответствующими значениями для T_1, v_e, α, β и δ, можно из предыдущих выражений рассчитать число автомобилей N_0.

Для автогрузового хозяйства число часов работы автомобиля в день T_1 выбирают, руководствуясь заданными условиями работы (продолжительность работы складов, рабочего дня, возможность введения двойных смен и т. д.). Остальными величинами, входящими в выражения, задаются на основании имеющихся эксплоатационных данных аналогичных хозяйств. Приведенные ур-ия, представляя первое приближение к решению задачи, для автобусного хозяйства дают достаточно точные результаты, так как величина нулевых пробегов относительно мала, и остановки для посадки и высадки пассажиров носят регулярный и планомерный характер, вследствие чего заданные коэф-ты близки к действительности. Для легкового транспорта, при условии ведения всего расчета на километраж, величина R представляет средний дневной километраж автомобиля, а величины Q и α отпадают. Т. о. для легкового транспорта

$$R = N_e \cdot T_1 \cdot v_e, \qquad (9)$$

или

$$R = N_0 \cdot T_1 \cdot v_e \cdot \delta. \qquad (10)$$

Ур-ия (5—9), давая б. или м. удовлетворительный средний результат для всего хозяйства, могут дать значительные неточности при окончательном распределении машин по отдельным линиям. Фактич. расписание движения часто заставляет несколько увеличивать число автомобилей против расчетного. Особенно это справедливо в отношении к грузовым автомобилям, для которых выбор общих средних значений коэф-тов α, β и γ особенно затруднителен. Пустые ездки здесь относительно больше, чем в автобусном транспорте, и потому коэф. β в значительной мере зависит от расположения гаражей по отношению к данному маршруту автомобиля. Равным образом и время простоя автомобиля под нагрузкой и разгрузкой зависит от механизации этих операций и характера груза. Более точный результат можно получить при расчете числа автомобилей для отдельных линий, рассматривая весь объем П. а. как сумму работающих на них машин. Установив при проектировании автомобильного хозяйства основные рабочие магистрали или линии, необходимо разрешить вопрос о количестве и расположении гаражей, дающих минимальную величину нулевых ездок. После этого, пользуясь приведенными выше ур-иями, рассчитывают число автомобилей для каждой линии, сумма к-рых дает полный объем П. а. Величина R принимается равной среднему дневному грузообороту соответствующей линии.

Дальнейшее уточнение расчета П. а. можно произвести по фактич. числу ездок в день по каждой из рабочих линий. Такой расчет особенно желателен для случая грузового транспорта, при котором скорость движения автомобиля не остается постоянной, а зависит от того, идет ли автомобиль с грузом или без него. Назовем через t_1 среднее дневное число часов езды автомобиля с грузом, t_2—среднее дневное число часов езды автомобиля при пустых ездках, t_3—среднее дневное число часов, затраченных на нулевые ездки, t_4—среднее дневное число часов, затраченных на погрузку и разгрузку, v_1—среднюю скорость груженого автомобиля, v_0—среднюю скорость порожнего автомобиля, S—ра стояние между пунктами погрузки и разгрузки, S_1—расстояние от гаража до места погрузки, S_2—расстояние от гаража до места разгрузки, n—число ездок с грузом, A—время на погрузку одного автомобиля и B—время, затрачиваемое на разгрузку одного автомобиля. На основе приведенных данных имеем:

$$t_1 = \frac{nS}{V_1}; \quad t_2 = \frac{(n-1)S}{V_0};$$

$$t_3 = \frac{S_1+S_2}{V_0}; \quad t_4 = n(A+B).$$

Полное число часов работы автомобиля в день T_1 будет:

$$T_1 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4,$$

а подставляя в эту ф-лу полученные выше выражения, имеем:

$$T_1 = n\left(\frac{S}{V_1} + \frac{S}{V_0} + A + B\right) + \frac{S_1+S_2-S}{V_0}. \qquad (11)$$

Из этого выражения определяют число ездок автомобиля за время T_1. Если число получается не целым, надо взять меньшее его значение или увеличить число рабочих часов T_1, чтобы получить целое число ездок n. Установив по данной линии число ездок, необходимое для нее число автомобилей N_0 определяем из ур-ия:

$$R = Q \cdot N_0 \cdot n \cdot S \cdot \delta \cdot \alpha. \qquad (12)$$

Расчет П. а. по этому ур-ию дает более точные результаты, чем по средним коэф-там для всего хозяйства. Кроме того этот способ расчета связывает весь вопрос с планом организации перевозок и распределением автомобилей по линиям.

Расчетный грузооборот R. Грузооборот R устанавливается на основе статистич. данных по тем хозяйствам, для обслуживания которых создается автотранспорт. Размер грузооборота д. б. задан не только суммарным числом m или пассажиро-*км*, но и по отдельным рабочим линиям. При расчете грузового автотранспорта должны приниматься все меры к изысканию обратных грузов для уменьшения пустых пробегов. Колебания грузооборота м. б. трех основных порядков: 1) по времени дня, главн. обр. для автобусного и легкового транспорта, 2) по дням недели и 3) по временам года. В связи с этим и в зависимости от поставленной цели средний дневной грузо-

оборот R можно принять или максимальным или несколько меньшим. В первом случае часть парка в течение нек-рого промежутка времени не будет полностью использована по прямому назначению. Во втором случае для удовлетворения потребности в транспорте, в наиболее напряженные периоды времени, необходимо или вводить дополнительные смены (что не всегда возможно) или получать транспортные средства со стороны. Решение этого вопроса зависит от существующих условий. Оптимальная величина грузооборота устанавливается путем нескольких пробных подсчетов. В правильно поставленных автомобильных хозяйствах, где обычно ведется точный учет загруженности автомобилей по времени дня или года, число выпускаемых на линию автомобилей согласовывают с имеющимся количеством грузов. Время же простоя автомобилей при такой системе используют для ремонта машин и для их просмотра. Определение расчетного грузооборота не м. б. совершенно точным, т. к. соответствующие статистич. сведения не всегда имеются или не отличаются достаточной точностью. Помимо этого затруднение в определении расчетного грузооборота возникает еще и вследствие того, что сам автотранспорт быстро усиливает предъявляемый на него спрос.

Коэфициент использования емкости α. Коэф. этот (ур-ие 1) в автогрузовых хозяйствах получают делением всего количества произведенных *ткм* на наибольшее возможное число *ткм* для тех же автомобилей за тот же пробег, т. е.

$$\alpha = \frac{R}{\Sigma QL}. \qquad (13)$$

Для грузовых автохозяйств Москвы, имеющих достаточно установившуюся плановую систему перевозок, коэф-т α колеблется в пределах от 0,95 до 1. В случае автобусного движения под коэф-том использования емкости, или коэф-том наполнения α, обычно понимают отношение фактически оплаченных пассажиро-станций к произведению из числа автобусов на полное число пройденных ими станций и на емкость автобуса:

$$\alpha = \frac{\Sigma n_x}{\Sigma Q \cdot n_0}. \qquad (14)$$

Здесь n_x — количество станций, соответствующих каждому проданному билету, Q—емкость автобуса и n_0—число станций, пройденных каждым автобусом за расчетное время. Результат получается несколько выше действительного, так как садятся и выходят часто между станциями, почему число проданных билетов не устанавливает числа пассажиров, находящихся в автобусе в данный момент. Отношение последнего к первому дает коэф. использования билета—для Москвы около 0,85. При едином тарифе, т. е. одинаковой плате за любое расстояние в пределах всей линии, подсчет коэфициента использования емкости α еще более затрудняется. В таком случае часто вводится условная величина, которая определяется в предположении, что каждый пассажир делает полный конец, вследствие чего предыдущее выражение принимает вид:

$$\alpha = \frac{P}{Qn_0}, \qquad (15)$$

где n_0—число полных концов, сделанных автобусом за день, а P—число пассажиров, перевезенных за то же время. Коэф-т получается значительно выше фактического и для большинства автобусных хозяйств достигает 80—120%. Фактический коэф. α определяется регулярной инспекцией и подсчетом действительного числа пассажиров в автобусе при прохождении им определенных узловых пунктов. Фактич. коэф. для большого числа америк. автобусных линий колеблется от 25 до 60%, а для московского автобусного хозяйства—от 70 до 72%.

Для легковых автомобилей и для такси коэф. использования емкости обычно совсем не учитывается, и весь расчет ведется на километраж; в этом виде автомобильного транспорта емкость используется особенно плохо, и во многих случаях исследование вопроса может дать серьезные практич. результаты. В частности м. б. сделаны выводы по форме организации транспорта (переход от ведомственных машин на такси) и по выбору наивыгоднейшей емкости автомобиля (применение двухместных автомобилей). Коэфициент α является одним из основных факторов удешевления автомобильного транспорта. Для легковых автомобилей полный расход на перевозки почти не зависит от значения этого коэф-та; постоянные расходы остаются неизменными, а переменные с падением коэф-та уменьшаются совсем незначительно. Но зато в других видах транспорта стоимость единицы работы (*ткм* или пассажиро-*км*) примерно обратно пропорциональна коэф-ту использования емкости. Поэтому необходимо принимать все меры к максимальному повышению этого коэфициента, не допуская лишь перегрузки автомобиля, что поведет за собой быстрый его износ и в результате удорожание эксплоатации. При предварительной калькуляции необходимо установить минимальное значение коэф-та α, при к-ром себестоимость автотранспорта будет все еще покрываться платой за перевозки.

Для грузового автотранспорта при наличии плановых перевозок можно достигнуть очень высокого значения коэф-та использования емкости α, близкого к единице. При перевозке случайных и смешанных грузов коэф. использования емкости грузового автотранспорта может значительно снизиться. В каждом случае себестоимость перевозок целесообразнее калькулировать не на *ткм* перевезенного груза, а по часам или по дням работы автомобиля. В автобусном хозяйстве коэф. использования емкости для различных линий и для одной и той же линии в разное время дня может значительно колебаться. При очень длинных линиях, проходящих через районы различной интенсивности пассажирооборота, коэф. использования емкости может меняться и для одной и той же линии в один и тот же период времени. В отдельных автобусных хозяйствах за границей, для поддержания возможно высокого коэф-та в течение всего дня, изменяют количество машин, курсирующих по линиям, по часам, и в то время дня, когда число пассажиров является минимальным, некоторое число автобусов отводят в специально установленные для этого пункты или в гаражи.

При очень неравномерной нагрузке одной линии по длине пускают дополнительные автобусы, т. е. открывают новую короткую линию, параллельную основной. В таксомоторном хозяйстве правильный пуск машин по времени и правильное распределение их по районам действия может в высокой степени поднять полезный километраж машин.

Коэфициент использования пробега β. Коэф. β (ур-ие 2) м. б. отнесен к произвольному периоду работы автомобиля: ко дню, месяцу или году, а также м. б. определен как средний для целой группы автомобилей. Если учитывать только нулевые ездки, то получается другое значение β_1 коэф-та использования пробега:

$$\beta_1 = \frac{L - L_0'}{L} = \frac{L_e'}{L}, \qquad (16)$$

где L_0'—расстояние нулевых ездок и L_e'—полный пробег автомобиля без нулевых ездок. Для автобусного транспорта следует принимать в расчет значение коэф-та использования пробега β_1, т. к. поскольку автобус стал на рабочую линию, он совсем не делает пустых ездок, даже при отсутствии пассажиров. Величина коэф-та β_1 для автобусных хозяйств в Америке колеблется от 0,95 до 0,98. Для грузового транспорта, равно как и для легкового и для такси, помимо нулевых ездок имеются еще пустые ездки, т. е. без полезного груза. В этом случае следует брать коэф-т использования пробега β. Сокращение нулевых пробегов достигается рациональным расположением гаража по отношению к месту работы и увеличением дневного рабочего пробега L. При большом автомобильном хозяйстве гораздо целесообразнее размещать автомобили не в одном, а в нескольких гаражах с таким расчетом, чтобы общий нулевой пробег был минимальным. Наибольший объем гаража получается при этом для легковых автомобилей и для такси, к-рые обычно не имеют столь же постоянного места подачи и столь же определенного места работы, как грузовые автомобили и автобусы. В соответствии с этим средние объемы крупных гаражей З. Европы и Америки установились примерно: до 150 шт. для автобусов, до 150—200 шт. для грузовых автомобилей и до 300—400 шт. для такси. При особенно длинных автобусных линиях автобусы на последние подаются одновременно из нескольких гаражей. Уменьшение порожних пробегов во время работы автомобилей, легковых или грузовых, возможно также путем правильной разнарядки. Маршруты следует составлять так, чтобы сумма всех пустых ездок автомобилей была наименьшей. Для этого надо прежде всего определить те пункты работы, к-рые следует прикрепить к данному гаражу (при наличии в автомобильном хозяйстве нескольких гаражей), и затем определить последовательность выполнения нарядов. Значение коэф-та использования пробега для большинства таксомоторных хозяйств колеблется от 0,40 до 0,65, а для грузовых при отсутствии обратных грузов—от 0.40 до 0,45.

Коэфициент использования времени γ. За время пребывания в наряде автомобиль только часть всего времени находится в движении. Грузовые автомобили стоят в течение всего времени погрузки и разгрузки, а также весьма часто в ожидании этих операций. Автобусы имеют заранее определенные пункты остановок для высадки и посадки пассажиров. Такси и легковые автомобили значительную часть рабочего дня стоят в ожидании пассажиров. Чем выше коэфициент γ (ур-ие 3), тем больше работы будет выполнено автомобилем и тем дешевле обойдется единица работы, так как приходящаяся на нее доля постоянных расходов обратно пропорциональна значению коэф-та γ. Для грузового автотранспорта основной потерей времени являются простои под нагрузкой и разгрузкой и время, затраченное на ожидание этих операций. Согласно специальному обследованию, произведенному Главдортрансом по 9 московским складам, среднее время для погрузки и разгрузки одной машины, при среднем расстоянии до места погрузки и выгрузки в 11 *м* и наличии 1 грузчика на 1 *т* емкости автомобиля, равнялось около 25 мин. на каждую операцию. Время, затрачиваемое на откидывание и закрытие бортов, на увязку груза и на подъезд автомобиля от ворот к месту погрузки и обратно, в среднем равнялось ок. 7 мин. на машину. Кроме того время, затраченное на ожидание и другие непроизводительные простои, равнялось примерно 13 мин. на машину. Т. о. полное время пребывания машины на каждом складе равнялось в среднем 45 мин. Последняя потеря времени—простой в ожидании (13 мин.) зависит исключительно от организации хозяйства на складе и от удобства подъезда; соответствующими организационными мероприятиями эта цифра м. б. значительно снижена. Единственным действительным способом сокращения продолжительности нагрузки и выгрузки является механизация этих операций или снабжение автомобилей опрокидывающимися платформами, или применением прицепок и полуприцепок, или же оборудованием складов соответствующими грузоподъемными приспособлениями. В случае применения грузовиков со съемными платформами смена их, в зависимости от механизации склада, занимает от 1 до 2 мин. Примерно столько же времени занимает опрокидывание платформы (в случае сыпучих тел) при условии механич. привода; при ручном приводе требуется 3—5 мин., а иногда и больше. Время, необходимое на смену прицепок, равняется 1—3 мин.; оно в значительной степени зависит от конструкции сцепного механизма и от наличия свободной площади для маневрирования ок. мест погрузки и разгрузки. В среднем для городских грузовых хозяйств, не снабженных механич. приспособлениями для погрузочно-разгрузочных операций, коэф. γ равняется примерно 0,25—0,35; для загородных линий он выше вследствие большой дальности ездок. Для автобусов коэф. γ определяется с учетом простоев на остановках согласно расписанию. В среднем для отдельных линий он колеблется от 0,7 до 0,92; высшее значение соответствует загородным линиям с большими пролетами и малым числом остановок. Для легкового автомобильного транспорта и для такси величина коэф-та γ особенно сильно колеблется в зависимости от условий эксплоатации. Для московских таксомоторных хозяйств коэф. γ равняется примерно 0,45—0,5. Для легковых машин крупных хозяйственных автобаз, по их отчетным данным, коэф. спускается до 0,25—0,3, что конечно указывает на нерациональное использование парка.

Средняя скорость движения автомобиля v. Средняя технич. скорость v_t автомобиля зависит от динамич. или тяговых качеств автомобиля и от условий его работы, как то: состояния дороги, загруженности пути экипажами и т. д. В условиях городской эксплоатации, когда максимальная скорость ограничена и в весьма высокой мере снижается стесненностью движения и вынужденными остановками, на первое место среди динамич. качеств автомобиля выступает приемистость его, т. е. способность к быстрому разгону. Эксплоатационная скорость определяется из следующего выражения

$$v_e' = \frac{L}{T_e'}, \qquad (17)$$

где T_e'—время совершения автомобилем рабочих ездок. Сюда входит не только время фактич. движения автомобиля, но и время вынужденного простоя во время рабочей ездки; этот простой определяется гл. обр. интенсивностью графика и неполадками в самом автомобиле. При очень интенсивном графике средняя эксплоатационная скорость v_e может весьма резко падать даже для машин с очень хорошими динамич. качествами, например в часы наибольшего пассажирооборота на центральных улицах таких крупных городов как Париж и Лондон она спускается до 10 *км/ч* вследствие значительных потерь времени на перекрестках; в часы же меньшего уличного движения она повышается до 20—30 *км/ч*. Повысить эксплоатационную скорость можно путем рационального регулирования уличного движения и соответствующей планировкой городов. В условиях загородного движения, т. е. при малоинтенсивном графике, на первое место выступают динамич. качества автомобиля и состояние поверхности дороги. Технич. скорость современных автомобилей при наличии хороших дорог достигает 50 *км/ч*.

Эксплоатационная скорость автомобиля v_e зависит как от технич. скорости v_t, так и от коэф. использования времени γ. В условиях городского движения, когда значительное повышение средней технич. скорости практически невыполнимо, единственным средством повышения эксплоатационной скорости является увеличение коэф-та использования времени γ. Для определения эксплоатационной скорости v_e достаточно знать общий пробег автомобиля за день и время пребывания его в наряде. Значительно сложнее определение средней технич. скорости v_t и средней эксплоатационной скорости v_e, т. к. приходится учитывать время простоев автомобиля, что в подавляющем большинстве автомобильных хозяйств не имеет места. Для грузовых хозяйств Москвы, согласно отчетным данным, эксплоатационная скорость v_e колеблется в среднем от 4,5 до 7 *км/ч*, причем последняя цифра соответствует автомобилям, работающим по плановым перевозкам. Для автобусов на городских линиях скорость эта равняется примерно 13—15 *км/ч*, для таксомоторных хозяйств 8,5—9 *км/ч* и наконец для легковых машин при внутригородских поездках 5—6 *км/ч*. Все приведенные цифры весьма низки за исключением средней скорости автобусов, к-рая примерно соответствует результатам заграничной практики. Особенно низка средняя эксплоатационная скорость грузовых машин; за границей для городских линий она в 1,5—2 раза выше, чем у нас, хотя технич. скорость движения v_t ниже нашей. Средняя эксплоатационная скорость на загородных линиях зависит, как и допустимая технич. скорость, от качества дороги. Для отдельных автобусных линий за границей значение средней эксплоатационной скорости v_e' достигает величины 45 *км/ч*.

Дневной пробег автомобиля L. Дневной пробег автомобиля определяется средней эксплоатационной скоростью v' и длительностью рабочего дня T_1 час.:

$$L = v_e' \cdot T_1.$$

Вводя коэф. использования времени γ, получаем, что

$$L = \gamma \cdot v_t \cdot T_1. \qquad (18)$$

Полезный рабочий пробег автомобиля за день без учета нулевых и пустых ездок определяется из выражения:

$$L_e = \beta \cdot L, \qquad (19)$$

где β—коэф. использования пробега, откуда имеем:

$$L_e = \beta \cdot v_e \cdot T_1. \qquad (20)$$

Примерные значения величин β и v_e были даны выше; что же касается длительности рабочего дня T_1, то она определяется характером перевозок и принятой системой эксплоатации автомобилей.

Для автобусного транспорта длительность рабочего дня по определенным линиям для крупных городов достигает иногда почти 24 ч. с краткими перерывами на 1—2 ч. в наиболее глухое время ночи. В таких случаях движение с уменьшенным количеством автобусов поддерживается при 3 сменах шоферов. Длительность рабочего дня для авто-грузового транспорта обычно определяется рабочим временем складских хозяйств. Если транспорт не связан с рабочим временем складского хозяйства, то длительность рабочего дня автотранспорта может достигать 24 ч. в сутки. Для такси длительность рабочего дня определяется примерно на основе тех же соображений, что и для автобусного транспорта. Потребность в этом виде транспорта в определенном его объеме часто имеет место в течение полных суток. Введение 2-й и 3-й смены шоферов весьма затруднительно как по соображениям сохранности автомобиля, так и вследствие того, что для смены шоферов пришлось бы возвращать машины на определенное место к определенному времени, теряя рабочее время и получая пустой пробег. Поэтому смена шоферов не практикуется и длительность рабочего дня автомобиля определяется возможной максимальной длительностью работы шофера.

Дневной пробег автомобиля в заданных условиях эксплоатации можно подсчитать

на основании приведенных выше соображений. В среднем для московских хозяйств, согласно имеющимся отчетным данным, дневной пробег соответственно равняется: для грузовых машин 40—50 *км*, для отдельных хозяйств эта цифра поднимается до 80 *км*, для автобусов Москомтранса ок. 250 *км*, для такси ок. 110 *км*, для легковых машин ок. 50 *км*. Наиболее низкие цифры получаются для грузовых машин и для легковых машин крупных автобаз государственных учреждений. Средний дневной пробег автобуса, наоборот, очень высок—значительно выше аналогичных данных для заграничных хозяйств, где на городских линиях он обычно не превосходит 200—210 *км*. Что касается загородных автобусных линий, то для наиболее крупных американ. автобусных компаний по междугородным перевозкам средний пробег соответствует 450 *км*. Увеличение дневного пробега автомобиля снижает себестоимость автотранспорта, т. к. при этом бо́льшая часть постоянных расходов автотранспорта остается неизменной. Однако при повышении числа рабочих часов машины за день и повышении дневного пробега увеличивается ее потребность в ремонте и одновременно уменьшается время простоя машины в гараже, за к-рое можно произвести необходимый осмотр и текущий мелкий ремонт. Поэтому при длинном рабочем дне приходится вводить ночной осмотр и ремонт. Выполнение того же объема работы при меньшем дневном пробеге, но с увеличением числа автомобилей, требует увеличения основного капитала, удорожая эксплоатацию вследствие увеличения расходов по капитализации, по страховке и в небольшой мере по содержанию общего административного персонала. В соответствии с этим при хорошо организованных хозяйствах за границей придерживаются примерно следующих норм дневного пробега: для грузовых автомобилей 120—240 *км*, для автобусов 200—220 *км*, для такси 120—140 *км*.

Коэфициент выпуска П. а. δ. Точный подсчет коэф-та выпуска или использования П. а. довольно затруднителен, т. к. часть машин может работать неполный день, а часть может возвратиться в П. а. из-за дефектов в машине до конца своего рабочего дня. Значение коэф-та δ, учитывающее эту недовыработку, м. б. определено из выражения:

$$\delta = \frac{\Sigma T_x}{N_0 \cdot T_1}, \qquad (21)$$

где T_x—фактич. число рабочих часов каждого автомобиля и T_1—нормальное рабочее время автомобиля за день. Однако подсчет по этой формуле обычно чрезвычайно затруднителен, так как все автомобили одного хозяйства работают неодинаковое число часов в день. В нек-рых автомобильных хозяйствах учет работы П. а. ведется в машиноднях, принимая за нормальный день 8 ч., получая число дней меньше единицы при недовыработке указанной нормы и больше единицы—в случае числа рабочих часов больше 8. Отношение количества машинодней для всего П. а. к количеству автомобилей в П. а., называемое часто коэф-том использования П. а., дает некоторое представление о коэф-те выпуска δ. Однако величина такого коэф-та при работе в 2 и 3 смены может получиться значительно больше единицы, а потому она не характеризует использования П. а. с точки зрения совершенства обслуживания его ремонтом. Поэтому правильнее пользоваться коэф-том выпуска П. а., определяя его из ур-ия (4). Недобор километража отдельными машинами из-за перерыва рабочего дня учитывается величиной среднего пробега, приведенной выше. Поэтому в ур-иях (8) и (10) для расчета П. а. можно подставить значение коэфициента выпуска δ, определенное по этому ур-ию. Если количество автомобилей N_0 за отчетный период меняется, надо брать среднюю арифметическую по времени пребывания автомобилей в П. а.

Учет распределения всего времени пребывания машин в хозяйстве в большинстве автомобильных хозяйств ведется по машинодням с подразделением его на три раздела: M_1—число рабочих машиноднй (считая за рабочий тот день, когда машина вышла на работу), M_2 — число простойных машиноднй и M_3 — число машиноднй в ремонте. Коэф. выпуска П. а. δ в этом случае определится из ур-ия:

$$\delta = \frac{M_1}{M_1 + M_2 + M_3}. \qquad (22)$$

Коэф. выпуска П. а. δ зависит гл. обр. от 1) системы гаражного обслуживания автомобиля, 2) системы и качества ремонта автомобиля, 3) премиальной системы для шоферов, 4) качества автомобиля и дороги. Чем лучше поставлено гаражное обслуживание автомобиля, тем выше коэф. выпуска δ. Для получения максимального значения этого коэф-та необходимо вводить регулярный технич. осмотр автомобилей, при к-ром появляющиеся в автомобилях небольшие дефекты устраняются немедленно, пока они не дадут серьезных вредных последствий. Система ремонта для получения максимального значения δ обычно принимается периодическая, с обезличиванием комплектов и даже деталей автомобиля. Т. о. ремонт сводится к монтажным работам, к-рые производятся очень быстро. Система премирования шоферов за производительность машин часто влечет за собой уменьшение числа машин, выходящих на работу, т. е. уменьшение коэф-та выпуска П. а. δ. В большинстве заграничных автомобильных хозяйств премиальная система в настоящее время не применяется и интенсивность работы шофера оценивается соответствующими прибавками к жалованью. Для заграничных автобусных хозяйств коэф. выпуска П. а. δ достигает величины 0,94—0,96. Для большинства наших автомобильных хозяйств коэф. δ колеблется от 0,60 до 0,75, весьма редко достигая величины 0,8. Это объясняется гл. обр. той системой ремонта, к-рая в настоящее время принята у нас в большинстве хозяйств. Благодаря тому что подавляющее большинство машин является импортным и получение достаточного количества запасных частей затруднительно, введение планового ремонта с обезличиванием деталей и комплектов часто невозможно, а это вызывает значительный простой машин, так как приходится изготовлять целые детали.

Лит.: Чудаков Е. А., Динамич. и экономич. исследование автомобиля, «Труды НАМИ», 1928, выпуск 7; его же, Тяговой расчет автомобиля, М.—Л., 1930. **Е. Чудаков.**

ПАРК ПАРОВОЗНЫЙ И ВАГОННЫЙ. Парком ж.-д. подвижного состава данной дороги называется наличное количество паровозов и вагонов, находящихся в распоряжении дороги. В странах капиталистических, при наличии частных ж. д., каждая дорога обладает определенным парком подвижного состава, составляющим ее собственность. В СССР парк подвижного состава составляет принадлежность всей ж.-д. сети в совокупности, причем в зависимости от потребностей дорог на каждую дорогу назначается определенное количество паровозов и вагонов, к-рые во время нахождения на данной дороге входят в состав ее парка. Дороги по отношению к находящимся на них паровозам и вагонам называются дорогами приписки. Для товарных вагонов прямого сообщения, за исключением специальных, существует в этом отношении изъятие: они с 1929 г. обезличены, т. е. не приписываются к отдельным дорогам. На паровозах, пассажирских вагонах, специальных товарных вагонах и на товарных вагонах внутреннего сообщения ставятся на видном месте инициалы дорог приписки, а на товарных вагонах прямого сообщения таких инициалов не ставят. Помимо парка сети и парка ж. д. различают еще парк эксплоатационного района. Такой район является одной из тех административно-технич. единиц, на к-рые подразделяется дорога. Парк дороги следовательно складывается из парков эксплоатационных районов.

Парк подвижного состава ж. д., исчисляемый по числу паровозов и вагонов, находящихся в данный момент в наличии на дороге, называется наличным парком, а тот парк, к-рый числится за дорогой, но фактически м. б. больше или меньше наличного подвижного состава, называется инвентарным парком. Инвентарный парк отличается количественно от наличного потому, что из числа паровозов и вагонов, числящихся за данной дорогой, м.б. временно откомандировано нек-рое их количество на другие дороги, на вновь строящиеся линии или передано другим учреждениям. В отношении товарных вагонов, в виду их обезличения, вместо термина инвентарный парк дороги употребляют термин исходный парк дороги. Товарные вагоны, обращаясь по всей сети, в прямом сообщении переходят с одной дороги на другую. Для того чтобы этот переход не ослаблял вагонного парка дороги, установлено правило, что каждая дорога, получившая с соседней дороги определенное количество товарных вагонов, должна дать на эту дорогу соответствующее число вагонов. Так как моменты приема с соседней дороги и сдачи на нее вагонов не совпадают, то обычно между дорогами существуют долги по обмену вагонами, к-рые влияют на изменение парка вагонов в сторону его увеличения либо уменьшения. Если обозначить через $T_{и.}$ исходный парк товарных вагонов, через $\pm a$ сальдо долгов по обмену вагонами, через $\pm b$ сальдо командировок вагонов, то наличный парк $T_{н.}$ будет равняться

$$T_{н.} = T_{и.} \pm a \pm b.$$

Если обозначить через $P_{и.}$ инвентарный парк паровозов, а через $\pm c$—сальдо командировок паровозов, то наличный паровозный парк будет

$$P_{н.} = P_{и.} \pm c. \qquad (1)$$

Для пассажирских вагонов зависимость между инвентарным и наличным парком такая же, как и для паровозов. Инвентарный парк может увеличиваться путем получения с заводов нового подвижного состава и уменьшаться путем исключения из инвентаря пришедших в негодность паровозов и вагонов.

Из наличного вагонного парка не все вагоны используются для перевозок: часть их них, будучи неисправна, находится в ремонте или в ожидании ремонта, часть занята под жилье и склады, часть вагонов во время слабого движения является избыточной и отставляется в запас, часть вагонов может притти совершенно в негодное состояние и в виду этого подлежать исключению из инвентаря. Если общее количество n всех вагонов, не принимающих участия в работе по перевозкам, вычесть из наличного парка, то получится рабочий парк $T_{р.}$ вагонов

$$T_{р.} = T_{н.} - n = (1 - \partial) T_{н.}, \qquad (2)$$

где ∂—отношение числа нерабочих вагонов к наличному парку. Точно так же, если из наличного парка паровозов исключить число паровозов m, не используемых для движения, как то: находящихся в ремонте и в ожидании ремонта, негодных, подлежащих исключению из инвентаря, находящихся в запасе, то получается рабочий парк $P_{р.}$ паровозов

$$P_{р.} = P_{н.} - m = (1 - e) P_{н.}, \qquad (3)$$

где e—отношение числа нерабочих паровозов к наличному парку.

Паровозный парк разделяется на парк товарных паровозов, парк пассажирских паровозов и парк маневровых паровозов. Необходимый для данной дороги или для одного из ее эксплоатационных районов рабочий парк товарных паровозов определяется в зависимости от числа паровозов, потребных для обслуживания одной пары поездов, и от числа пар поездов. То число паровозов, которое необходимо для обслуживания одной пары поездов, называется коэфициентом потребности паровозов. Коэф. потребности паровозов зависит от величины оборота паровоза, т. е. от того времени, к-рое затрачивается паровозом на обслуживание одной пары поездов, считая от момента выхода паровоза из депо для следования с поездом до момента следующего его выхода из того же депо. Если оборот паровоза обозначить через O(в часах), то коэф. потребности паровозов будет

$$K = \frac{O}{24}. \qquad (4)$$

Если на участке обращается N пар поездов, то для их обслуживания понадобится паровозов

$$P_{р.} = \frac{O}{24} \cdot N. \qquad (5)$$

Рабочий парк пассажирских паровозов за-

висит от расписания поездов и обыкновенно определяется путем построения графика работы паровозов, причем число дней, затрачиваемых одним паровозом на обслуживание всех поездов данного участка, равняется числу необходимых паровозов. Определение парка маневровых паровозов не поддается точному математич. вычислению и производится либо путем процентного начисления на товарный парк либо в зависимости от количества подлежащих переработке вагонов. Например, если S—число вагонов, подлежащих переработке, а t—время в минутах, затрачиваемое в среднем на один вагон, то потребное число маневровых паровозов принимают равным числу часов, к-рое необходимо затратить на всю переработку, деленному на число часов работы в сутки одного маневрового паровоза

$$M_{p.} = \frac{St}{60}. \qquad (6)$$

Из ф-лы (5) видно, что чем меньше оборот паровозов, тем меньше понадобится паровозов для обслуживания поездов. Оборот паровоза складывается из ряда элементов времени, продолжительность которых м. б. больше или меньше и зависит от скорости движения, простоя поездов на станциях, простоя паровозов в депо. Скорость движения, помимо конструкции паровоза и его мощности, зависит от характера и состояния пути, от степени исправности паровозов и вагонов, от рода и состояния тормозов, от качества топлива, от состояния погоды, от квалификации паровозной бригады. Продолжительность простоев поездов на станциях зависит от распорядительности станционных агентов, от степени оборудования станции погрузочными и выгрузочными приспособлениями и механизмами, от быстроты технич. осмотра и устранения неисправностей в поездах во время стоянки их на станциях. Простои паровозов в депо колеблются значительно в зависимости от организации подготовки паровозов к поездам, от организации ремонта, от устройства и оборудования паровозных депо, от способа обслуживания паровозов бригадами. Все перечисленные обстоятельства, сказываясь на величине оборота паровоза, влияют на размер потребного паровозного парка. Но помимо указанных выше обстоятельств количество потребных паровозов зависит от мощности паровозов, а также от степени использования этой мощности. Для перевозки одного и того же количества грузов сильных паровозов потребуется гораздо меньше, нежели слабых, если конечно мощность сильных паровозов будет полностью использована. На размер наличного или инвентарного парка паровозов, кроме всех отмеченных обстоятельств, оказывает большое влияние количество паровозов,находящихся в ремонте. Снижение количества паровозов, находящихся одновременно в ремонте, дает возможность обходиться меньшим наличным парком паровозов.

В зависимости от рода выполняемой службы паровозы рабочего парка разделяются на паровозы пассажирского движения, паровозы товарного движения, паровозы хозяйственного движения, маневровые паровозы, подталкивающие паровозы. Такое подразделение находится в соответствии с конструкцией и мощностью паровозов. Легкие быстроходные паровозы с колесами большого диаметра (1,5—2 *м*) назначаются для пассажирских поездов, сильные тяжелые паровозы с колесами меньшего диаметра (до 1,3 *м*)—для товарных и хозяйственных поездов, тяжелые паровозы без тендеров (танк-паровозы)—для маневров. Однако для маневров обычно используют устаревшие товарные паровозы. Такими же паровозами пользуются для подталкивания поездов на крутых подъемах. Для различия паровозов по их назначению и конструкции, а также для облегчения учета их, весь паровозный парк разбит на отдельные группы, называемые **сериями паровозов**. Все паровозы одной конструкции составляют одну серию. Серии паровозов обозначаются буквами: А, Б, Г, К, О, С и др. Если паровозы в общем имеют одну конструкцию, но отличаются некоторыми деталями, то они обозначаются буквой основной серии, но со значком. Например паровоз серии С после усиления нек-рых частей стал обозначаться $С^{У}$; паровозы серии Э в зависимости от различия в деталях обозначаются Э, $Э^{Г}$, $Э^{Ш}$. Число осей в паровозе и их расположение составляют основную характеристику типа паровоза. Тип паровозов выражается тремя цифрами, отделенными одна от другой тире. Первая цифра обозначает число передних поддерживающих (бегунковых) осей, вторая—число спаренных осей и третья—число задних поддерживающих осей. Например 2-3-0 означает, что у паровоза 2 бегунковые оси, 3 спаренные и не имеется задних поддерживающих осей.

Состав паровозного парка весьма разнообразен по конструкции и мощности паровозов в виду того, что он непрерывно пополняется новыми паровозами по мере роста перевозок. Нередко паровозы, вполне годные для движения по своей конструкции и по своему состоянию, являются устарелыми по отношению к современным требованиям, предъявляемым к перевозкам, и в сравнении с современными достижениями паровозной техники. Такие паровозы по принятой терминологии называются изношенными«морально». По сравнению с паровозами новейшей конструкции они малосильны и поэтому либо работают на линиях и ветвях со слабым движением либо используются для поездов малого веса (рабочих, служебных, дачных) и для маневровой работы. Другую группу составляют паровозы, еще не устаревшие вполне, но уступающие по мощности и совершенству конструкции новым мощным паровозам. Эти паровозы, называемые паровозами средней мощности, используются для поездной службы не только во второстепенном движении, но также для пассажирских и товарных поездов. В конструкцию их вносятся технич. усовершенствования, направленные к получению от них возможно большей мощности, но все же они менее выгодны и менее мощны, чем новые паровозы. На магистралях с большим движением для поездной службы пользуются новыми паровозами большой мощности.

В современном паровозном парке СССР к малосильным паровозам относятся серии А и Н (пассажирские), О и Ы (товарные), к паровозам средней мощности—серии КУ, У, С, $С^{В}$, Б (пассажирские), Р, Ш, Щ (товарные) и к паровозам большой мощности—паровозы серии $С^{У}$, И, Л, М (пассажирские) и О, Э, Е, Ф (товарные). У пассажирских паровозов большой мощности сила тяги составляет 10 500—15 000 *кг* и сцепной вес 52,5—73 *т*. У паровозов средней мощности сила тяги 8 560—9 900 *кг* и сцепной вес 45,38—50,15 *т*. У паровозов малой мощности сила тяги 5 470—7 460 *кг* и сцепной вес 43,4—49,7 *т*. Маломощные паровозы серий $Н^{в}$, $Н^{В}$, $НУ$, $Н^{Ш}$, З и паровозы средней мощности серий $К^{У}$, У, УУ, С, $С^{В}$ и Б обслуживают поезда со средней ходовой скоростью 40—60 *км/ч*. Предельная конструкционная скорость маломощных паровозов 90—95 *км/ч*, а для паровозов средней мощности 100—110 *км/ч*. Они могут тянуть поезд весом 390—440 *т*. Мощные паровозы серии $С^{У}$ обслуживают пассажирские поезда со средн. ходовой скоростью 60—75 *км/ч*, а предельная конструкционная скорость их—112 *км/ч*. Состав поездов для них 12—15 четырехосных вагонов общим весом с пассажирами и багажом 480—600 *т*. Эти же паровозы используются на дорогах легкого профиля с подъемами не выше 0,006 и для более тяжелых пассажирских поездов с 15—18 четырехосными вагонами общим весом 600—700 *т*, но в таком случае средняя ходовая скорость их понижается до 50—60 *км/ч*. Для дорог такого же профиля и для таких же пассажирских поездов предназначаются и четырехцилиндровые паровозы серии Л. Они также развивают среднюю скорость 50—60 *км/ч*. Предельная конструкционная скорость их 120 *км/ч*. Мощные трехцилиндровые паровозы серии М предназначаются для дорог тяжелого профиля с подъемами свыше 0,006. Они могут вести пассажирский поезд из 18 четырехосных вагонов общим весом 800 *т* со средней скоростью 50—60 *км/ч*. Предельная конструкционная скорость их 95 *км/ч*. Для пригородных поездов наиболее подходящими считаются танковые паровозы. Однако танковые пассажирские паровозы имеются в небольшом количестве серий ЪН и ЪП. Сила тяги этих паровозов 8 100 *кг*, сцепной вес серии ЪН—62 *т*, а серии ЪП—51,5 *т*. Товарные паровозы большой мощности имеют сцепной вес 80—89,4 *т* и силу тяги 16 000—18 830 *кг*. Паровозы средней мощности имеют сцепной вес 53—64,34 *т* и силу тяги 10 000—14 930 *кг*. Паровозы малой мощности имеют сцепной вес 52,5—59,5 *т* и силу тяги 8 660 — 9 640 *кг*. См. *Паровоз*.

Наиболее многочисленными паровозами на наших дорогах являются паровозы серии О, к-рые в дореволюционное время считались нормальным типом. Однако теперь эти паровозы уже устарели и из всех разновидностей их пригодны для поездной службы только паровозы серии Ов. Паровозы серии Щ, сходные с серией Ш, строились в довоенные годы в большом количестве, т. к. ими предполагалось заменить паровозы серии О, но с развитием товарного движения они оказались слабыми, поэтому пришлось строить более мощные паровозы. Такими мощными паровозами явились паровозы серии Э, которые в настоящее время можно считать нормальным типом товарного паровоза. Паровозы серии Э имеют пять спаренных осей, но не имеют ни бегунковых ни задних поддерживающих осей. Они снабжены пароперегревателем. Машина их двухцилиндровая простого действия. Паровозы серии Э имеют разновидности: серии $Э^{Ш}$ и $Э^{Г}$, которые отличаются лишь некоторыми частями, но существенной разницы между ними нет. Паровозы серии Э построены на русских з-дах, $Э^{Ш}$—на шведских и $Э^{Г}$—на германских. Такой же почти мощности, как паровозы серии Э, имеются на некоторых наших дорогах в небольшом числе паровозы серии Е, называемые **декапод**. Эти паровозы кроме 5 спаренных имеют еще одну бегунковую ось. Они, как и серия Э, имеют машину простого действия и пароперегреватель. Более мощные паровозы серии Ѳ, ѲЧ и Ф встречаются на дорогах как исключение, в единичных экземплярах. Паровозы серии Ф — системы Фламма — имеют четыре цилиндра, из к-рых два расположены снаружи рам, а два—между рамами. Они простого действия с пароперегревателями. Паровозы серии Ѳ системы Маллета представляют сдвоенный паровоз (дуплекс).

Парк товарных вагонов, необходимых для совершения перевозок, зависит от размеров и конфигурации движения на дороге, т. е. от числа пар поездов и от оборота вагона в пределах дороги, от времени, протекающего от момента приема вагона с соседней дороги или погрузки его до момента сдачи на соседнюю дорогу или до новой погрузки на своей дороге. Количество товарных вагонов, потребное на одну пару поездов и называемое **коэфициентом потребности товарных вагонов**, определяется по ф-ле:

$$K' = \frac{1}{24}\left(\frac{2L}{v} + t\right),$$

где L—длина всей ж.-д. линии, для к-рой определяется K', v—коммерч. скорость движения поездов по этой линии, t—число часов простоя вагонов под нагрузкой, выгрузкой и для других операций на конечных станциях следования вагона. При числе пар товарных поездов на дороге, равном N, при среднем числе вагонов в поезде r и при проценте больных (негодных для движения) вагонов, равном a, потребный парк товарных вагонов

$$T_{в.} = \frac{N \cdot r \cdot 100}{24(100-a)}\left(\frac{2L}{v} + t\right).$$

В состав товарного вагонного парка входят вагоны, служащие для перевозки грузов и обращающиеся в товарных поездах, а именно: крытые вагоны, полувагоны, платформы, цистерны, изотермич. вагоны, скотские вагоны, вагоны для взрывчатых веществ. К вагонам товарного парка относятся также вагоны, приспособленные для технических и бытовых нужд самой дороги,—вспомогательные, контрольные весовые платформы, снегоочистительные и другие. **Крытые** вагоны служат для перевозки грузов, к-рые боятся влаги и растраски, для грузов на-

сыпных, а также ценных грузов, к-рые надо оградить от могущих произойти в пути повреждений и пропаж. Полувагоны предназначаются для перевозки всякого рода навалочных грузов, не боящихся дождя и не требующих ограждения. Большей частью полувагоны служат для массовых перевозок специальных грузов, напр. угля и руды, и выполняются саморазгружающимися, т. е. с приспособлением для автоматической выгрузки. Платформы предназначаются для перевозки длинных грузов, например леса, рельсов, прокатного железа, труб и т. п., а также легковесных грузов, напр. сена прессованного, порожних бочек и т. п., и наконец для грузов громоздких, имеющих большие наружные размеры. Для нек-рых очень тяжелых громоздких грузов служат специальные платформы, к-рые называются транспортерами или тяжеловозами. Цистерны служат для перевозки жидких грузов. В виду различных уд. в. и свойств жидких грузов, цистерны строят специально для определенных грузов и делят на нефтяные, спиртовые, для серной кислоты, для аммиака, для светильного газа и т. п. Изотермические вагоны предназначены для перевозки в летнее время скоропортящихся грузов, как напр. мяса, рыбы, масла, лиц, молока и т. п. В зимнее время изотермич. вагоны служат для перевозки грузов, боящихся охлаждения и замерзания, например фруктов, овощей, молока, минеральных вод, пива и т. п. Скотские вагоны предназначаются для перевозки крупного рогатого скота, свиней, овец и т. п.

Размеры и основные характеристики крытых вагонов СССР.

Название вагона	Подъемная сила в *т*	Длина кузова в *мм*	Ширина кузова в *мм*	Высота кузова в *мм*	Тара тормозного вагона в *т*	Отношение тары к подъемной силе	Объем кузова на одну *т* подъемной силы в *м*³
Нормальный двухосный	16,5—18	6 400	2 743	2 220	8	0,48—0,44	2,36—2,10
Вновь строящийся двухосный . .	20—23	6 600	2 750	2 500	10	0,50—0,43	2,27—2,00
Фокс-Арбеля . .	37	14 056	2 826	2 530	16,4	0,45	2,73
Американский . .	40—50	12 640	2 667	2 375	20,6	0,51—0,41	2,00—1,60
Новый большегрузный	50—60	13 000	2 750	2 500	21,5	0,43—0,36	1,78—1,48

На дорогах СССР имеются товарные вагоны подъемной силы в 15, 16, 20, 33, 37,5, 40, 50 *т* и выше. Вагоны подъемной силы свыше 20 *т* называются большегрузными вагонами. Вагоны подъемной силы в 15—20 *т* делают двухосными, а большегрузные вагоны подъемной силы в 33, 37,5, 40 и 50 *т*—четырехосными на двух тележках. В настоящее время подъемная сила вагонов в 16,5 *т* повышена до 18 *т*, вагонов в 20 *т* до 23 *т* и вагонов в 50 *т* до 60 *т*. Преобладающим типом товарных вагонов является т. н. нормальный двухосный вагон. Нормальный тип товарного вагона был установлен еще в 90-х годах прошлого века, причем подъемная сила его была 750 пд. Впоследствии подъемная сила нормальных вагонов была повышена до 900 пд. (15 *т*), а затем до 1 000 пд. (16,5 *т*). Еще и в настоящее время существуют вагоны подъемной силы в 15 *т*, но в прямом сообщении обращаются вагоны подъемной силы не менее 16,5 *т*. Кузова этих вагонов имеют деревянные стойки, рама их состоит частью из деревянных, частью из железных брусьев и снабжена сквозною упряжью. Для современных условий эксплоатации они слабы по своей конструкции, а потому новых вагонов такого типа теперь не строят. Вместо них строят двухосные 20-*т* вагоны с железными стойками кузовов и с железными рамами; они имеют несколько большие размеры, чем вагоны нормального типа. Большегрузные вагоны до последних лет имелись в нашем парке в незначительном количестве. Это вагоны прежней постройки типа Польтейна подъемной силы в 33 *т*, Фокс-Арбеля подъемной силы в 37 *т* и америк. русского заказа подъемной силы в 40 *т*. В последние же годы наш товарный парк пополняется преимущественно большегрузными вагонами крытыми, полувагонами, изотермическими и др. Размеры и основные характеристики крытых вагонов СССР приведены в таблице.

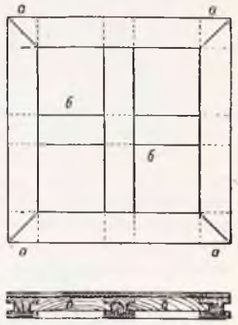
Парк пассажирских вагонов составляют вагоны, предназначенные для перевозки пассажиров и их багажа. К этому же парку относятся почтовые вагоны, санитарные, служебные, аудитории. вагоны-библиотеки и др. Вагоны для перевозки пассажиров разделяются на две основные категории: 1) вагоны пригородного сообщения и 2) вагоны дальнего сообщения. Отличие между ними гл. обр. во внутреннем устройстве. В вагонах пригородного сообщения, в к-рых пассажир находится сравнительно короткое время, устраивают лишь сиденья для пассажиров и полки для багажа; в вагонах дальнего следования для пассажиров имеются спальные приспособления. Расположение мест в тех и других вагонах различно. Пассажирские вагоны можно объединить в две группы: 1) тележечные вагоны и 2) двух- и трехосные вагоны. На дорогах СССР кузова тележечных вагонов имеются длиною в 18, 20 и 22 *м*: 18- и 20-*м* вагоны—дальнего следования, а 22-*м*—пригородные. Число мест в вагонах дальнего следования 36, 40, а в пригородных—78. Двухосные вагоны имеются также и дальнего следования и пригородные. Первые—длиною 14 *м* с 30 спальными местами; такой же длины, но несколько меньшей высоты (2 750 *мм*), двухосные вагоны пригородного сообщения на 72 места. Кроме этих вагонов на нашей сети обращаются трехосные пассажирские вагоны постройки прежних лет; размеры их кузовов разнообразны, но наиболее часто встречаются кузова длиною 12 660 *мм*. Багажные вагоны различаются по размерам и по внутреннему расположению. В зависимости от размеров имеются 3- и 4-осные вагоны. Почтовые вагоны в зависимости от размеров бывают 2-, 3- и 4-осные. Двух- и трехосные вагоны обращаются только на малодеятельных ж.-д. линиях, на магистральных же линиях пользуются почти исключительно 4-осными вагонами.

Лит.: Хальфин В. С., Использование перевозочных средств ж. д., 3 изд., М., 1930; Романченко С. Ф., Эксплоатационные расчеты, Москва, 1927; Егорченко В. Ф. и Мацнев Н. И., Локомотивы и их историч. развитие. Паровоз, конструкция, теория, управление и ремонт, под ред. С. П. Сыромятникова, 2 изд., т. 1, отд. 2, М., 1929; Карташов Н. Н., Курс паровозов, т. 1, вып. 2, М.—Л., 1929; Тяговое хозяйство ж. д., Транспортный Hütte, ч. 2, вып. 7—8, М., 1927. **М. Коротневич.**

ПАРКЕРИЗАЦИЯ, способ предохранения от коррозии металлич. изделий путем покрытия их нерастворимой смесью фосфорнокислых солей окиси и закиси железа: $FePO_4$ и $Fe_2(PO_4)_2$. Наряду с другими способами покрытия (см. *Коррозия металлов*)—красками, лаком, смолами, оцинкование, хромирование, шоопирование, эмалирование—П. представляет простой, дешевый и хорошо предохраняющий от ржавления способ. Сильно кислотное фосфористое железо получается след. обр.: железные опилки помещают в слегка наклоненный, быстро вращающийся барабан; вследствие трения частиц опилок получается мелкая железная пыль, которая затем опрыскивается фосфорной кислотой (65%-ный раствор). Полученную соль в количестве 3,2—32 *кг* (в зависимости от величины изделий, толщины слоя покрытия и желаемой скорости процесса) растворяют в 550 *л* воды; раствор подогревают до 98° и в приготовленную т. о. ванну погружают изделия, которые предварительно д. б. очищены бензином от жира, промыты водой и высушены. Мелкие изделия лучше помещать в перфорированный барабан, медленно вращающийся в ванне. После П. изделия высушивают, покрывают краской или лаком, снова высушивают и погружают в масло. В результате таких операций изделия очень сильно противостоят коррозии, напр. обыкновенный лист железа под действием выбранного для опыта окислителя покрылся ржавчиной в течение 1 часа, никелированный—6 час., окрашенный суриком—30 час., паркеризованный с погружением в масло—100 час., паркеризованный с покрытием лаком—125 час. и покрытый лаком без П.—только 40 час. П. изделий не оказывает никакого влияния на механические и магнитные их свойства. Область применения П. быстро расширяется в производстве станков, оружия, пишущих машин, различного рода арматуры и особенно в автомобильном производстве.

ПАРКЕТ, пол, настилаемый из отдельных кусков дерева, расположенных так, что их волокна направлены друг к другу под углом. По способу и методу настила паркетные полы бывают двух родов: щитовые и шпунтовые.

Щитовой паркетный пол состоит из отдельных штук, называемых «паркетины» или «паркетные щиты», которые укладывают плотно одна подле другой; они имеют обыкновенно форму квадрата размером 1,4 *м* в стороне. Каждый щит состоит из фундамента (фиг. 1), на который наклеивают дубовые, ясеневые или другой породы дерева пластинки. Фундамент представляет собою раму *а, а, а, а*, к-рую изготовляют из сухих сосновых или еловых брусков толщиною 50—65 *мм* с крестообразными поперечинами *б, б*. С внутренней стороны брусков рамы и поперечин выбираются шпунты (пазы), в к-рые входят своими гребнями прямоугольные филенки *в, в*. Т. о. каждая паркетина состоит из четырех филенок и они расположены на щите т. обр. чтобы волокна в одной филенке были перпендикулярны к направлению волокон другой филенки. Кроме того пазы в фундаменте выбирают таким образом, чтобы верхняя поверхность филенки была в одной плоскости с поверхностью рамы и поперечин, или, как говорят, филенки вставляются в подлицо с рамой. Рама обычно вяжется в простой шип или так, что с лицевой стороны имеет вид соединения на ус, а с обратной—вид вязки сквозным шпунтовым шипом. Полученные таким обр. щиты с ровной поверхностью представляют собою основание, на которое наклеивают фанеру из дубовых, ясеневых или других дощечек толщиною в 15—20 *мм*, причем верхнюю поверхность щита после пространивания обрабатывают еще цинубелем—стругом, похожим на обыкновенный рубанок, но лезвие к-рого изборождено мелкими бороздками. После отделки цинубелем поверхность щита будет иметь бороздки, благодаря к-рым крепче держит клей. Самый простой рисунок паркета имеет вид дубовых квадратиков, волокна которых расположены перпендикулярно друг другу. В более сложных и дорогих паркетах применяют кроме дуба и ясеня красное, черное, пальмовое, буковое дерево и т. д. Наклейку фанерных дощечек на щиты можно производить в мастерской сплошь или по краям щита могут быть оставлены незаклеенные части с тем, чтобы заклеить их на месте после укладки щитов. В зависимости от вида доставляемых щитов различают два способа настилки паркетных щитов: 1) настилка паркета без заклейки фанерами и 2) настилка паркета с заклейкой фанеры на месте работы. Каждому из этих видов паркета соответствуют известные рисунки; так, для П. без заклейки наиболее часто употребляют рисунки: в прямую корзинку (фиг. 2) и в рамку (фиг. 3), для П. же, настилаемого с заклейкой на месте, чаще всего применяют рисунки: в косую корзинку (фиг. 4) и кирпичик (фиг. 5). Паркетный пол ни-



Фиг. 1.

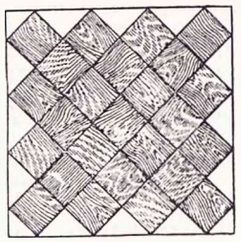

Фиг. 2.

когда не укладывают прямо на половые балки, а всегда на плотничью подрешетку, к-рая состоит из рядов досок и брусьев (фиг. 6), расположенных так, чтобы каждый паркетный щит лежал на них неподвижно. Правильность горизонтальной поверхности решетки проверяют ватерпасом. Такую решетку делают из получистых досок *а*, *а* шириною до 100 *мм* и толщиною до 50 *мм*, прибиваемых гвоздями к половым балкам с врубкою в них через каждые 1,4 *м* коротких досок *б*, *б*. Это делается для того, чтобы каждый отдельный щит лежал на трех досках.

Настил П. без заклейки. Паркетины, настилаемые без заклейки, укладывают плотно на три доски обрешетины и прибивают к ним гвоздями или винтами, к-рые проходят сквозь нижний гребень шпунта, чтобы головки их были всегда скрыты. В кромки рамы вставляют с каждой стороны по два шипа, к-рые входят в гнезда соседних щитов. Следующую паркетину (вторую 1-го

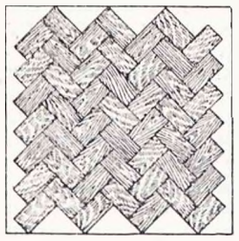


Фиг. 3.

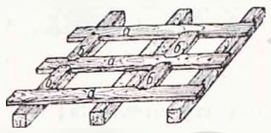


Фиг. 4.

ряда) кладут рядом с первой, соединяя их шипом. Когда первый ряд настлан, настилают второй ряд, соединяя каждый щит этого ряда с первым рядом шпалами, а с подрешетиной—гвоздями. Этот способ не дает достаточно прочного и плотного соединения отдельных щитов, они иногда выходят из одной плоскости, отчего П. делается неровным. Для устранения этого недостатка щиты иногда делают со шпунтами и соединяют их между собою рейками, вставляемыми в эти шпунты. Способ настила без заклейки имеет еще тот недостаток, что между щитами остаются некрасивые швы, а иногда и щели. Преимущество же его перед паркетом с заклейкой заключается только в большой скорости укладки и в легкости ремонта.



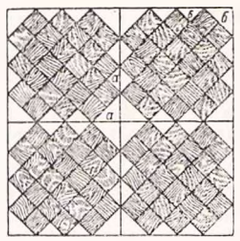
Фиг. 5.



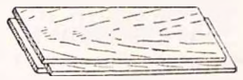
Фиг. 6.

Настилка П. с заклейкой производится след. обр.: щиты кладут на три доски обрешетины по одному рядами, начиная с одного угла помещения. К решетинам щиты прикрепляют гвоздями. После укладки щитов поверхность пола представляется оклеенной фанерой, за исключением краевых штук (фиг. 7 — незаштрихованные места), которые затем заклеивают на месте квадрами *а*, *а*, перекрывающими швы стыков. По краям так же точно заклеивают полуквадры *б*, *б*.

Отделка паркетных полов. К чистой отделке можно приступить, когда все заклейки хорошо просохнут. Сначала пол простругивают в местах заклейки, а затем чистят. После очистки П. осматривают и, если имеются испорченные квадры, их вырубают долотом или стамескою и заменяют новыми, вклеивая и зачищая. В таком виде П натирают воском или покрывают мастикой.

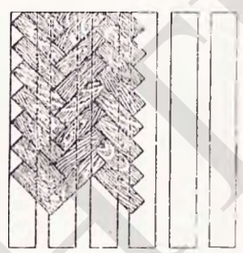


Фиг. 7.



Фиг. 8.

Шпунтовой, или массивный, П. представляет собою настил из отдельных дубовых пластинок-дощечек размерами: 40—45 *см* длиною, 8—10 *см* шириною и 2,5 *см* толщиною (фиг. 8). Каждая дощечка имеет с одной длинной и одной короткой стороны шпунт, а с двух других—гребень. В настоящее время широко стали применять шпунтовые паркетины, у к-рых имеются только пазы без гребней. Соединение дощечек между собою достигается рейками, к-рые вставляют в пазы двух смежных дощечек (фиг. 9). Для шпунтового П. подрешетку делают из получистых досок толщиною 40—50 *мм* и шириною 150—180 *мм*, укладываемых на лаги в расстоянии не более 200 *мм* ось от оси, так что при ширине досок 180 *мм* промежутки между ними будут в 30—60 *мм*. По сделанной обрешетине укладывают дощечки, сплачивая в шпунт (фиг. 10). Для придания шпунтовому полу большей непроницаемости для воды и газов дощечки укладывают с предварительной промазкой шпунта горячим асфальтовым гудроном. Если же П. настилают над сырым подпольем, то рекомендуется осмолить и подрешетку и дощечки снизу. При несгораемых перекрытиях (с бетонным или другим заполнением между балками) дощечки укладываются в горячий асфальтовый слой, при этом применяются дощечки уже не шпунтовые, а с особыми прорезами (фиг. 11). Такие дощечки, соединяясь между собою, образуют в разрезе пространство трапецевидной формы, заполняющееся выдавливаемым асфальтом, к-рый крепко удерживает дощечки на асфальте. Шпунтовой П. весьма прочен, красив, легко настилается и экономичен, но для него требуются хорошо высушенные дубовые дощечки, в противном случае весь настил коробится, скрипит и местами отстает от подрешетки. Паркетные полы в несколько раз дороже дощатых, требуют заводской заготовки и опытных мастеров для настилки. Вес их почти в $1^1/_2$ раза более веса дощатых полов, зато паркет имеет то преимущество, что допускает обработку в любой рисунок, тверд, хорошо сопротивляется стиранию, не коробится, не требует окраски и значительно красивее дощатых полов. К слабым сторонам П. кроме дороговизны следует отнести то, что он от воды портится, расклеивается и гниет. Шпунтовой П. менее боится сырости, чем клееный на щитах, и т. к. стоимость его значительно меньше щитового, то этим и объясняется большое распространение шпунтового П. и вытеснение П. на щитах.



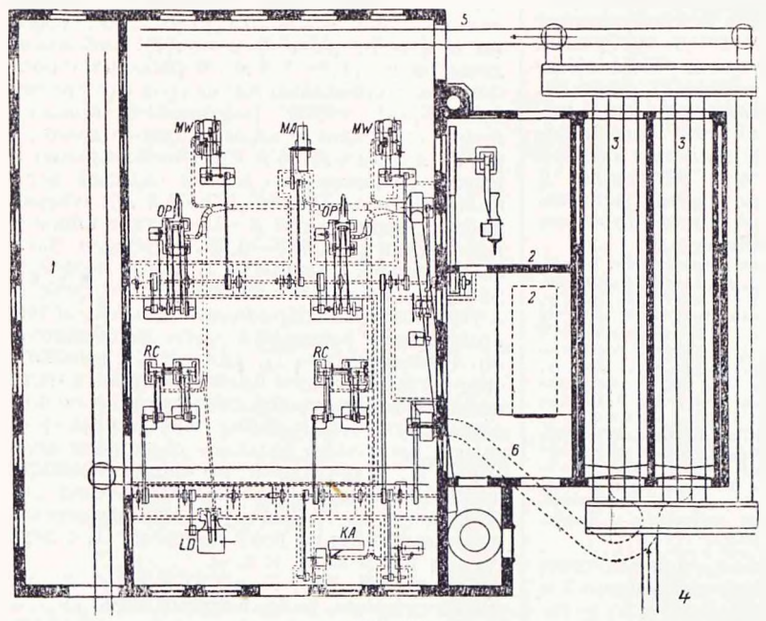
Фиг. 9.

Фиг. 10.

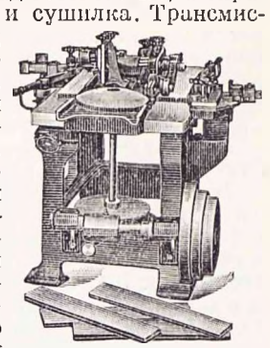


Фиг. 11.

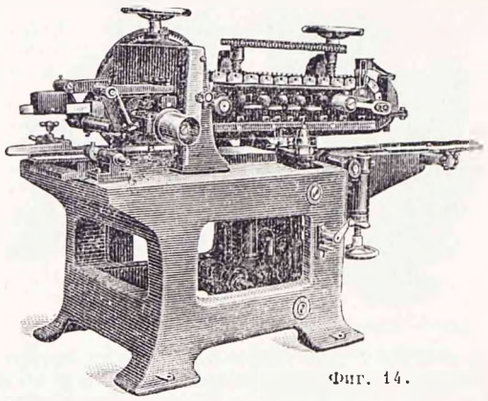
Паркетные заводы. Собственно паркетные з-ды обыкновенно изготовляют только дубовые или ясеневые дощечки для паркетных щитов, а изготовление щитов и наклейка на них дощечек производится уже на столярно-строительных з-дах, а иногда и вручную. На фиг. 12 представлен образцовый план паркетного з-да с производительностью в 70 $м^2$ поверхности П. в час. На чертеже обозначено: *1*—склад материала, *2*—силовая станция, *3*—сушилка, *4*—подъездной путь в сушилку, *5* — подъездной путь из сушилки и *6* — вентиляционный канал сушилки; *MW* — паркетопригонные станки, *OP*—строгальный станок, *RC*—станок для двустороннего укорачивания (обрезки) дощечек и для нарезки пазов, *MA*—фуговочный станок, *LD*—ленточная пила, *KA*—маятниковая пила. Деревообделочная мастерская расположена в середине здания, слева находится склад готового П., а справа силовая станция и сушилка. Трансмиссия находится под полом, чтобы уменьшить высоту здания. Опилки и стружки удаляются в кочегарку эксгаустером. Предварительно напиленные дубовые и ясеневые доски в лесопильном цехе и затем нарезанные там на дощечки определенной длины попадают на паркетную ф-ку, где передаются на специально паркетопригонные станки (их устанавливают две штуки). Станок этот (фиг. 13) служит для пригонки дощечек и имеет две рабочих стороны, так что на нем одновременно могут работать 2 рабочих. Подача дощечек производится бесконечной цепью, получающей движение от ступенчатого шкива. После пригонки паркетные дощечки передаются на строгальный станок с четырьмя рабочими валами (фиг. 14). Он обстругивает дощечки сразу с четырех сторон. Подача станок производится транспортной цепью, которая при помощи маховика м. б. установлена в зависимости от толщины дощечек. Эта машина не требует предварительной параллельной опиловки кантов дощечек, как это требуется для станков с вальцовой подачей. Скорость подачи может меняться. Для особо узких паркетных дощечек (до 30 *мм* шириною) устанавливается специальная узкая цепь. Таких станков ставится 2 штуки. Простроганные дощечки передаются на автоматы



Фиг. 12.

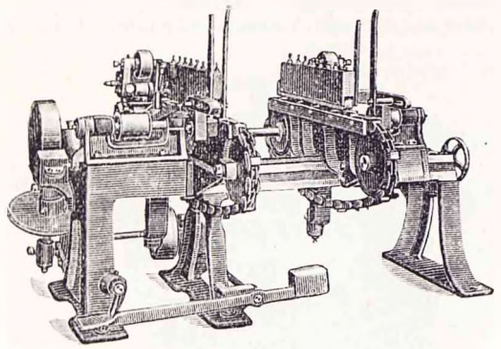


Фиг. 13.



Фиг. 14.

марки RC (фиг. 15) для двустороннего укорачивания дощечек с приспособлением для нарезки пазов. Паркетные дощечки кладутся поперек и подводятся к резцам двумя бесконечными цепями. Паркетная дощечка обрезается на обоих концах совершенно точно по требуемой длине и строго под прямым углом и одновременно снабжается пазами. Станок позволяет производить обработку дощечек длиною 300—1 200 *мм*. Подача производится фрикционным приспособлением и может устанавливаться в пределах 10÷16 дощечек в мин. Таких машин устанавливают две штуки. Для прострожки устанавливают один фуговочный станок (см. *Деревообделочные станки*), а для последующей окончательной нарезки по длине устанавливают ленточную пилу и маятниковую



Фиг. 15.

пилу (см. *Пилы*). Для точки инструментов устанавливают точильный станок для фрезеров. Для точки строгательных инструментов может устанавливаться автоматич. точильный станок. Описанное устройство паркетного завода предполагает получение паркетных дощечек требуемых размеров. Если же дощечки должны предварительно здесь же на з-де выпиливаться, то необходимы еще следующие станки: 1) горизонтальная рама для выпиливания досок из кряжей, 2) делительные станки ребровые или ленточные и 3) маятниковые пилы для распиливания длинных досок на более короткие (см. *Деревообделочные станки*).

Лит.: Акимов В., Технология дерева, 3 изд., М.—Л., 1926; Несоцкий И. А., Лесопильное производство, Москва, 1930; Несоцкий И. И., Лесопильное дело со всеми вспомогательными к нему производствами, 3 изд., Москва, 1930; Стаценко В., Части зданий, 8 изд., М.—Л., 1930; Гегольский С. М., Гражданская архитектура, ч. 1, Москва, 1929; Денфер Б., Машины для обработки дерева, т. 1, вып. 2, Рига, 1907; Залесский В. Г., Архитектура, 2 изд., Москва, 1911; Trautvetter, Die Werkzeugmaschinen f. Holzbearbeitung, B., 1926; Gillrath J., Holzbearbeitungsmaschinen und Holzbearbeitung des In- u. Auslandes, Berlin, 1929; Masviel J., Cours de technologie du bois, t. 2, Travail mécanique, 2 éd., P., 1925. **В. Гессен.**

ПАРНИКИ, см. *Теплицы, парники и оранжереи.*

ПАРОВОЗ, передвижная теплосиловая установка, снабженная паровой машиной и предназначенная для перемещения по рельсам вагонов. П. разделяются по роду службы на следующие три основные группы: пассажирские, товарные и маневровые. Товарные возят составы большого веса с умеренными скоростями, пассажирские предназначены для сравнительно легких составов и высоких скоростей движения. Запасы воды и топлива помещаются или на специальном прицепном тендере или на самом П. (танк-П.). Последний тип применяется гл. обр. для маневровой работы и для пригородных пассажирских сообщений.

Основной характеристикой П. является касательная сила тяги F_k, создаваемая давлением пара на поршни паровых цилиндров, отнесенная к ободу движущих колес. Если P_k—сцепной вес П., т. е. сумма нагрузок, передаваемых на рельсы ведущими и сцепными осями, в *кг*, ψ_k—коэф. сцепления колес с рельсами, n, d и l—число цилиндров, их диаметр и ход поршня в *м* (в случае машины компаунд n и d—число и диаметр цилиндров низкого давления), D—диам. ведущих колес в *м*, ξ—индикаторный коэф., т. е. отношение среднего индикаторного давления к котловому (в случае машины компаунд среднее индикаторное давление берется по рекинизированной диаграмме), p_k—давление пара в котле в *кг/см*^{2}, η_m—механический кпд машины, то:

$$F_k = \eta_m \cdot 10\,000 \cdot \frac{d^2 \cdot l \cdot n}{2D} \cdot \xi \cdot p_k, \qquad (1)$$

а из условия сцепления:

$$F_{k\,max} = \psi_k \cdot P_k. \qquad (2)$$

С другой стороны, вес поезда определяется из ф-лы:

$$Q = \frac{F_k - P(w_0' + i_k)}{w_0'' + i_k}; \qquad (3)$$

P—полный вес П., w_0' [w_0'']—уд. сопротивление движению П. [вагонов] на горизонтальном пути, i_k—уд. сопротивление подъема. Из этих ф-л следует, что товарные П. (большое Q) должны иметь большое P_k, следовательно большое число сцепных осей (обычно 4 или 5, реже 6 и более), небольшой диам. колес (1,2—1,5 *м*), и работать с большими наполнениями цилиндров ε (в среднем 0,35—0,45), чтобы реализовать большую величину среднего индикаторного давления p_i, а следовательно и F_k. Пассажирские П. имеют сравнительно малый сцепной вес и большой диам. колес (1,7—2,2 *м*); обычное число сцепных осей 2—4, среднее наполнение цилиндров 0,2—0,35. Большое число сцепных осей в товарных П. легко позволяет распределить их вес на эти оси, не прибегая к устройству поддерживающих осей, почему присутствие последних здесь не обязательно. Пассажирские П. для езды с высокими скоростями должны иметь большой котел и мощную топку, требующие наличия поддерживающих осей, которые необходимы кроме того и благодаря большим скоростям хода. Далее П. разделяются: по числу цилиндров на 2-, 3- и 4-цилиндровые; по принципу действия пара на П. однократного расширения и П. компаунд; по роду пара—на П. с перегревом и без него, и т. д.

Типы П. Тип П. в СССР обозначается тремя цифрами, разделенными тире. Первая указывает число передних поддерживающих осей; вторая—число движущих осей, т. е. таких, на к-рые шатунами и спарниками передается сила давления пара; третья циф-

Табл. 1.—Схемы и обозначения различных типов.

Расположение осей (перед справа)	Название	Обозначение	Серии П. в СССР	Примечания
○○	Двухпарка	0-2-0	—	Танки для обслуживания з-дов и т. п.
○○○	Трехпарка	0-3-0	Т, Ь	Танки и устаревшие П. с тендерами
○○○○	Четырехпарка	0-4-0	О, Ч, Ы, Ь	Распространенный в СССР тип товарных П., вытесняется типами 0-5-0, 1-4-0 и 1-5-0
○○○○○	Пятипарка	0-5-0	Э	Распространяется в СССР
○○○○○○	Шестипарка	0-6-0	—	Очень редки
○ ○○○	Форней двухспаренный	0-2-2	—	Танки за границей, редки
○ ○○○○	Форней трехспаренный	0-3-2	—	
○○○	—	1-2-0	Д	Старые пассажирские
○○○○	Могул	1-3-0	И, Я	Пассажирские, вытесняются типами 2-3-0, 1-3-1 и 2-3-1
○○○○○	Консолидешен	1-4-0	Щ, И, Р, Х, Ц, Ш	Товарн. и товаро-пассаж., вытесняются типами 1-5-0, 1-4-1 и 1-5-1
○○○○○○	Декапод	1-5-0	Е, Ф	Распространенный в Америке и Зап. Европе тип товарного П.
○○○○○○○	Центипед	1-6-0	—	Тяжелые товарные П., редки
○ ○○○	Колумбин	1-2-1	Ъ (танк)	Пассажирские, редки
○ ○○○○	Прери	1-3-1	С, Ъ	Пассаж.; в С. Америке также товарн. большой скорости
○ ○○○○○	Микадо	1-4-1	Ъ (танк)	Тип товарного в С. Америке
○ ○○○○○○	Санта Фе	1-5-1	—	Товарный, распространяется в Америке и колониях
○ ○○○○○○○	Яванин	1-6-1	—	Товарные, редки
○ ○○○○	Адриатик	1-3-2	—	Пассажирск. в Австрии, вообще редки
○○ ○	Американ	2-2-0	П	Устаревшие (слабые) пассажирские
○○○ ○	Десятиколеска	2-3-0	А, Б, В, Г, ЖК, З, К, У	Распространенный в СССР тип пассажирского П.
○○○○ ○	Двенадцатиколеска	2-4-0	М	Тяжелые пассаж. и быстроходные товарные, относительно редки
○○○○○ ○	Мастодонт	2-5-0	—	
○ ○ ○	Бицикл	2-1-1	—	Устаревшие слабые быстроходные П. в Англии
○ ○○ ○	Атлантик	2-2-1	—	Быстроходные пасс. П., вытесняются типом 2-3-1
○ ○○○ ○	Пасифик	2-3-1	Л, Ъ (полутанк)	Современный тип быстроходного пассажирского П.
○ ○○○○ ○	Маунтен	2-4-1	—	Быстроходные товарные и тяжелые пассаж. П. в С. Америке
○ ○○ ○ ○	Ридинг	2-2-2	—	Быстроходные пассаж. П. на плохом топливе для легких поездов
○ ○○○ ○ ○	Балтик	2-3-2	—	Быстроходные пассажирские, редки
			Соответственно:	
○ ○○○○ ○	Беломорец	1-3-1-1-0	1-4-1	Из группы проектных типов П. с взаимозаменяемыми частями, предложенных А. С. Раевским и М. В. Гололобовым. Помещение бегунка между задними движущимися осями дает возможность сделать большую топку и уменьшает буксование
○ ○○○○○ ○	Азовец	1-4-1-1-0	1-5-1	
○ ○○○ ○ ○	Черноморец	2-2-1-1-0	2-3-1	
○ ○○○ ○ ○	Каспиец	2-3-1-1-0	2-4-1	
○ ○○○ ○ ○ ○	Аралец	3-2-1-1-0	2-4-1	
⌒⌒⌒ ○○○○○○	Дуплекс	0-3+3-0	Я, Ф	В громадном большинстве случаев—системы Маллета. Тяжелые товарные тихоходные П. Хороши как толкачи. 0-4+4-0 и 1-4+4-1 весьма распространены в Сев. Америке. В последнее время их перестали строить, возвращаясь к Микадо и Санта-Фе с давлением на оси до 30 *т* и больше. Триплекс—единичные экземпляры в Северной Америке; последняя группа осей—под тендером
⌒⌒⌒⌒ ○○○○○○○○	•	0-4+4-0	—	
⌒⌒⌒⌒ ○ ○○○○○○○ ○	•	1-4+4-1	—	
⌒⌒⌒⌒ ○ ○○○○○○○○○ ○	•	1-5+5-1	—	
⌒⌒⌒⌒⌒ ○ ○○○○○○○○○○○ ○	Триплекс	1-4+4+4-1	—	

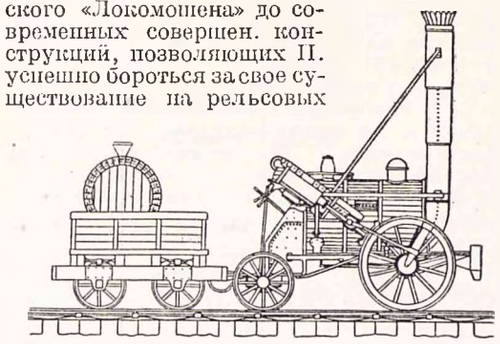
ра указывает число задних поддерживающих осей. У дуплекс и триплекс, у которых оси разделены на две или три группы, обслуживаемые отдельными машинами, числа осей отдельных групп соединяются знаком +. В табл. 1 приведены схемы обозначения и названия различных типов П.

Сведения из истории П. Первый П. ж.-д. более общего пользования пошел по рельсам в 1825 г. на открытой в Англии Стоктон—Дарлингтонской ж. д.; это был знаменитый «Локомошен» (фиг. 1), имевший следующие размеры: поверхность нагрева котла (коривальный) 5,57 м²,



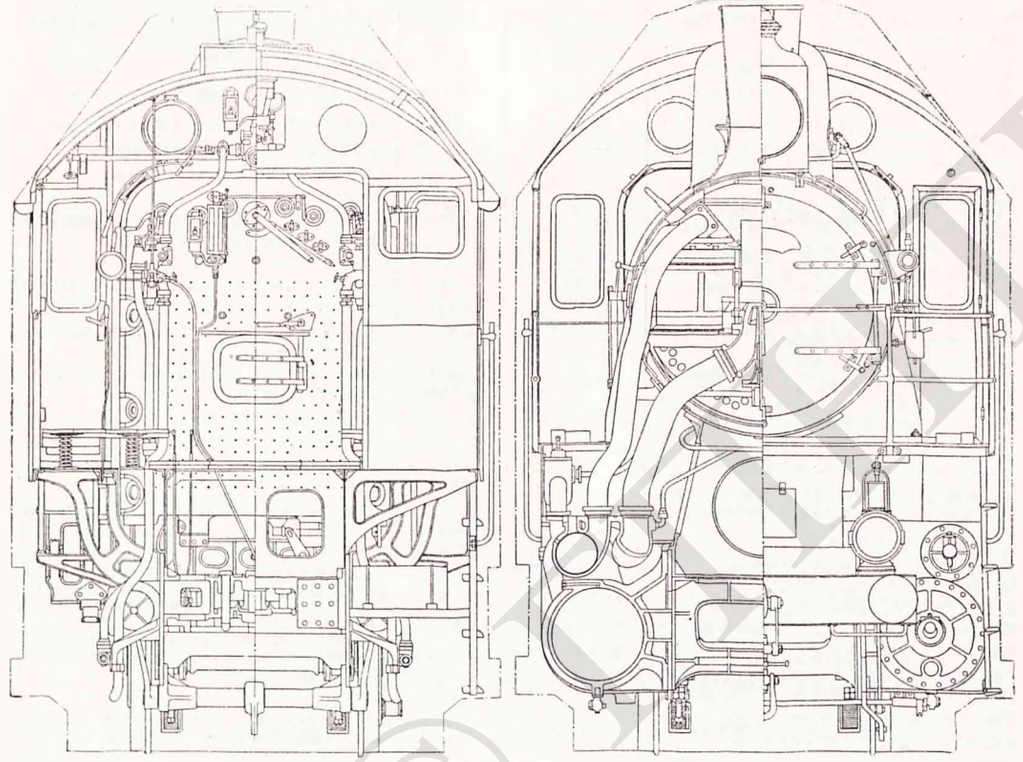
Фиг. 1.

давление пара в котле 2 *atm*, 2 вертикальных цилиндра диаметром 241 *мм*, ход поршня 610 *мм*, диаметр колес 1 220 *мм*, вес П. в рабочем состоянии 6,4 *т*. В последующие десятилетия была осуществлена передача движения от поршней к колесам при помощи шатунного механизма. Впервые введен трубчатый котел (1829 г.) на Стефенсоновском П. «Ракета», побе-



Фиг. 2.

Современные П. Развитие П. за сто лет его существования прошло большой путь от рудиментарных форм стефенсоновского «Локомошена» до современных совершен. конструкций, позволяющих П. успешно бороться за свое существование на рельсовых путях несмотря на появление новых соперников в виде тепловозов и электровозов. В большинстве случаев эксплоатационные задачи ж. д. разрешаются при помощи П. проще и дешевле, чем электрической или тепловозной тягой, которые вытесняют П. на участках особенно интенсивного движения, горных линиях и (предположительно для тепловозов) на линиях в пустынных местностях с недостаточным количеством воды.

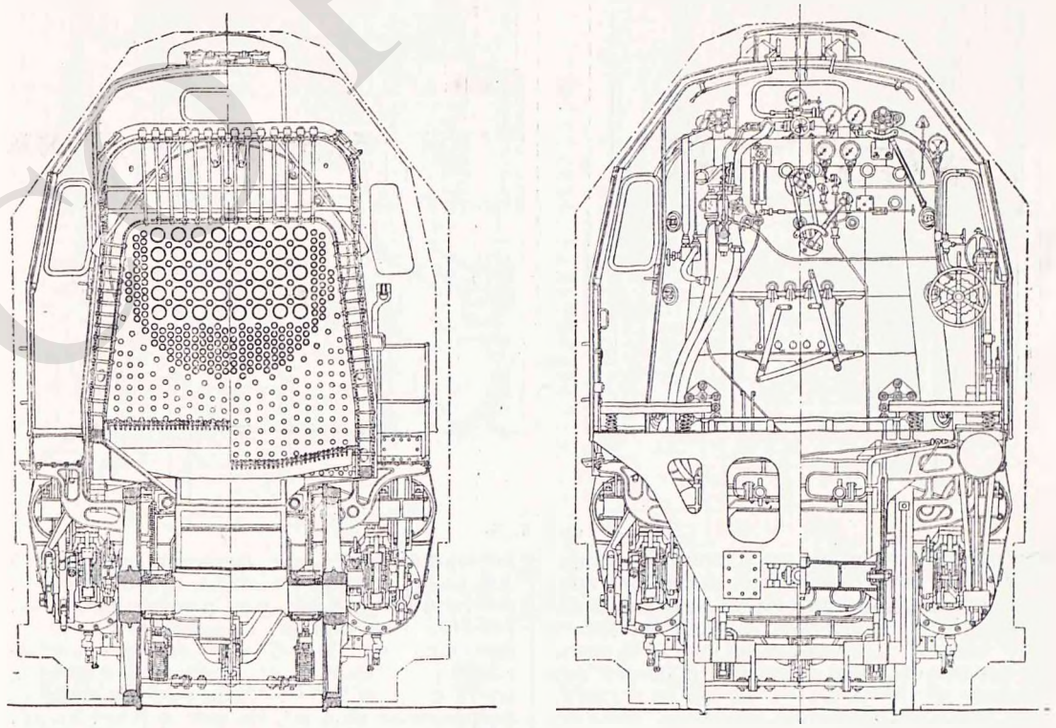


Фиг. 6, Б.

дителе в знаменитом «паровозном бою» при Рейнхиле. Фиг. 2 дает схематич. вид «Ракеты», развивавшей с поездом весом 13 *т* скорость ~ 50 *км/ч*. Современные пораспределительные механизмы (Стефенсона, Гука, Гейзингера) появились на П. в 40-х годах; принцип двукратного расширения пара впервые применен в паровозной машине в 1876 г. Историч. дата появления первого в мире перегревного П.—1898 г. (Германия).

Паровозостроение развилось в большую отрасль промышленности во всех передовых странах. Период установления конструктивных форм П. нужно считать законченным к 1875 г. С 1876 года началось применение к паровозной машине принципа компаунд,

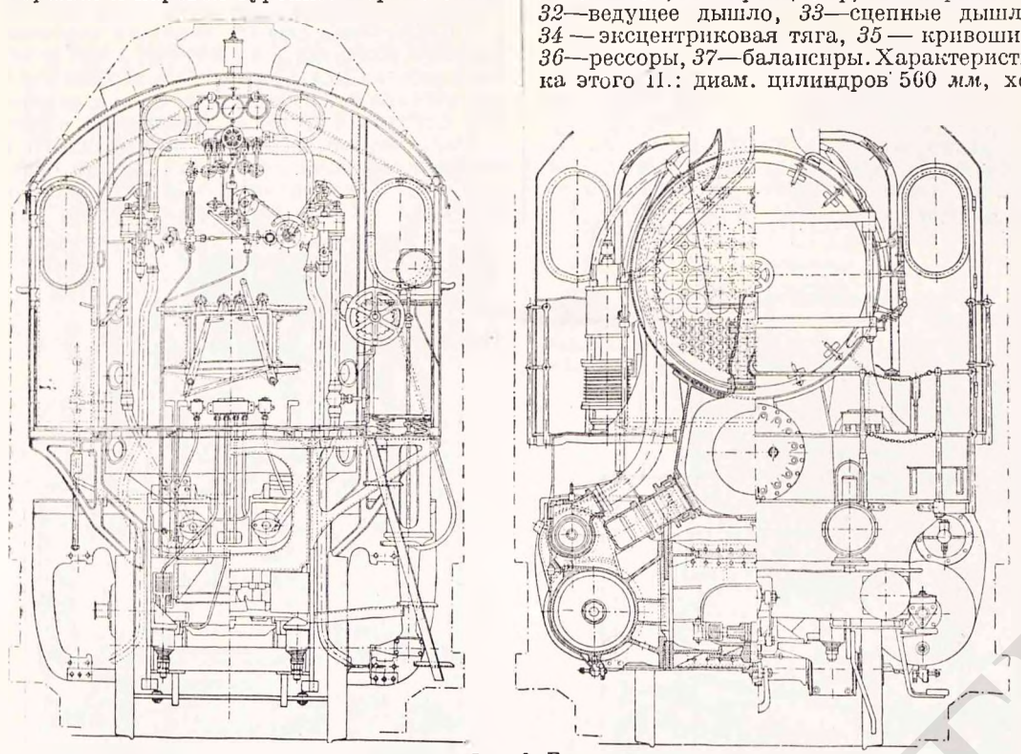
впервые примененного швейцарским инженером А. Маллетом на французской дороге Байонн—Биарриц. В России принцип компаунд был теоретически развит и применен в 80-х годах на Юго-Западных дорогах инж. Бородиным. П. компаунд дают значительную экономию топлива и получили большое распространение в Европе, но в США, всегда ставивших главной целью мощность П. и простоту его конструкции, они распространения не имеют. В России в период 1895—1905 гг. строились преимущественно П. компаунд (серии О, А, Н). Применение перегрева пара впервые появилось в Германии в 1898 г. (В. Шмидт) и затем быстро распространилось повсюду. Современные паровозы не строятся без перегрева пара, кроме малых заводских и специальных. От применения умеренного перегрева в 270—300° теперь перешли к высокому перегреву до 370—400°. Следующим шагом явилось введение подогревания воды для питания котла. Этим достигают экономии топлива и избегают снижения температуры воды в котле, что очень важно для сохранности котла. Так как П. часто приходится пользоваться жесткой водой, дающей большое отложение накипи в котле, то теперь их снабжают водоочистителями. Современный П., снабженный всеми усовершенствованиями, представляет собой сложную машину с числом рычагов, рукояток, приборов и пр., доходящим до 40, и требует квалифицированного обслуживания. Его кпд в целом достигает в обычных условиях 8—9%, а при благоприятных условиях 12%. К П. теперь предъявляют очень высокие требования. Ходовые скорости курьерских поездов в главнейших странах Европы (Франция, Англия, Германия) и на лучших дорогах Северной Америки 100—120 *км/ч* при весе поездов в 500—600 *т*, а в США до 1 000 *т*, при безостановочных пробегах 250—360 *км*, и даже 633 *км* (с набором воды на ходу) в Англии и в США. Товарные П. достигли особенно мощного развития (до 4 800 сил и 400 *т* общего веса) в США, причем вес товарных поездов достигает 7 000—10 000 *т*, а в отдельных случаях и 15 000 *т*. Тенденции современного паровозостроения направляются в сторону создания экономных машин большой мощности и большой скорости и с высоким кпд. США достигли уже предела раз-



Фиг. 7, Б.

вития П. по длине машин, габариту и нагрузкам на ведущие оси (30—33 *т*) в современных условиях. Европа применяет нагрузки 20—23 *т*, использовала свой габарит полностью и имеет резерв по длине. В СССР нагрузка на ведущую ось пока не превышает 18,5 *т* по состоянию путей, но в отношении линейных размеров П. возможно итти дальше США. Быстрый темп развития работы ж.-д. транспорта в связи с осуществлением пятилетнего плана социалистического строительства требует немедленного введения мощных П. Намечается постройка П. типа 1-5-2 с нагрузкой на ведущую ось в 23 *т*, а для отдельных участков—такого же типа с нагрузкой 27 *т* для товарных поездов весом 4 000—5 000 *т* и типа 2-4-1 или 2-4-2 с нагрузкой на ведущую ось до 22 *т* для курьерских поездов весом 600—800 *т* с ходовыми скоростями 100—120 *км/ч*. Как и вообще в технике па-

ровой машины, применение высокого давления в паровозной машине обещает создать крупный переворот, приближающий П. по кпд к наиболее совершенным машинам современной техники—двигателю внутреннего сгорания и паровой турбине. Первые опыт-



Фиг. 8, Б.

ные образцы П. высокого давления, в частности П. сист. Лёффлер-Шварцкопф Герм. ж. д. с давлением 120 *atm*, дают очень обнадеживающие результаты. Расход топлива в этом типе П. получается на 45—50% меньше против обычного расхода, и общий кпд доходит до 18—20%. Мощность на единицу веса паровоза высокого давления позволит избежать чрезмерных нагрузок на ведущие оси, достигнутых американцами, ограничившись увеличением количества сцепных осей, и освободиться от затрат на усиление верхнего строения пути и мостов, требующихся при применении америк. нагрузок. В табл. 2 и 3 приведены основные размеры нек-рых современных П. наших и заграничных.

На фиг. 3 (вкл. л., *I*) товарный П. типа 1-5-0 Прусских ж. д. с указанием главных частей П.: *1*—огневая коробка, *2*—кожух топки, *3*—цилиндрическая часть котла, *4*—дымовая коробка, *5*—распорные связи, *6*—потолочные связи, *7*—лапчатые связи, *8*—колосники, *9*—передняя трубная решетка, *10*—сухопарник, *11*—регуляторный вал, *12*—регуляторная труба, *13*—регуляторная головка, *14*—паропроводные трубы, *15*—дымогарные трубы, *16*—жаровые трубы, *17*—пароперегревательные элементы, *18*—коллектор пароперегревателя, *19*—дымовая труба, *20*—форсовый конус, *21*—искроудерживательная сетка, *22*—спаренные оси с колесами, *23*—ведущая ось наружных цилиндров, *24*—ведущая (коленчатая) ось внутренних цилиндров, *25*—передний бегунок, *26*—внутренний паровой цилиндр, *27*—наружный паровой цилиндр, *28*—поршень, *29*—поршневой шток, *30*—крейцкопф, *31*—параллель, *32*—ведущее дышло, *33*—сцепные дышла, *34*—эксцентриковая тяга, *35*—кривошип, *36*—рессоры, *37*—балансиры. Характеристика этого П.: диам. цилиндров 560 *мм*, ход поршня 660 *мм*, диам. сцепных колес 1 400 *мм*, диам. поддерживающих колес 1 000 *мм*, жесткая база 4 500 *мм*, полная 9 000 *мм*, рабочий вес 98,5 *т*, сцепной вес 84,9 *т*, давление пара 14 *кг/см²*, площадь колосниковой решетки 3,25 *м²*, испаряющая поверхность нагрева 213,9 *м²*, поверхность пароперегревателя 65,4 *м²*. На фиг. 4 (вкл. л., *II*) дан общий вид и план курьерского 4-цилиндрового компаунд-П. (стандартный тип) типа 2-3-1 Герм. ж. д. На фиг. 5 (вкл. л., *III*)—продольный разрез и план курьерского 4-цилиндрового компаунд-П. типа 2-4-1 Франц. ж. д. На фиг. 6, А (вкл. л., *IV*) и 6, Б показаны разрезы и виды спереди и сзади товарного П. типа 0-5-0 серии Э ж. д. СССР. Его главные размеры след.: диам. колес 1 320 *мм*, общая база 5 780 *мм*, давление пара в котле 12 *atm*, диам. цилиндров 630 *мм*, ход поршней 700 *мм*, поверхность нагрева, омываемая газами, 244,75 *м²*, омываемая водою 261,8 *м²*, внутренний диам. котла 1 736 *мм*, число дымогарных труб 184, число жаровых труб 27, расстояние между решетками 4 660 *мм*, площадь колосниковой решетки 4,2 *м²*, вес П. в порожнем состоянии 71,73 *т*, в груженом — 80,25 *т*, средняя сила тяги $\frac{0{,}6 \cdot d^2 l}{D} p = 15\,154$ *кг*, коэфициент сцепления 1 : 5,30. На фиг. 7, А (вкл. л., *V*) и 7, Б, показан продольный и поперечный

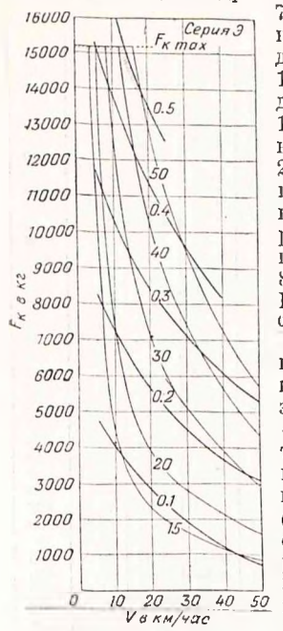
Табл. 2.—Размеры современных П. железных дорог СССР.

Серия	Тип	Предельная скорость v	Число цилиндров высокого давления n	Число цилиндров низкого давления n'	Диам. цилиндров высокого давления $d_в$	Диам. цилиндров низкого давления $d_н$	Ход поршня l	Диам. движущих колес D	Рабочее давление пара p_k	Испаряющая поверхность нагрева H_k	Поверхн. пароперегр. $H_п$	$\frac{H_п}{H_k}$	Площ. колосниковой решетки R	Сцепн. вес P_k	Раб. вес без тендера P	Раб. вес с тендером $P+T$
А[в]	2-3-0	100	1	1	500	730	650	1 830	11,5	152	—	—	2,16	41,7	57	105
Б	2-3-0	105	2	—	550	—	700	1 830	13,0	164	41,0	0,25	2,80	47,0	72	120
Г[д]	2-3-0	100	2	—	560	—	700	1 730	12,0	169	47,5	0,28	2,80	50,2	74	120
Еф,к,е	1-5-0	55	2	—	635	—	711	1 320	12,7	240	61,3	0,26	6,00	77,6	88	135
Е[1]	1-5-0	55	2	—	650	—	711	1 320	12,7	242	66,9	0,27	6,00	80,3	91	140
З	2-3-0	90	2	—	575	—	600	1 700	12,0	147	31,0	0,21	2,34	44,8	69	110
К	2-3-0	105	2	—	575	—	650	1 700	12,0	164	40,0	0,24	2,72	45,4	70	110
КУ	2-3-0	110	2	—	575	—	650	1 900	13,0	181	47,4	0,26	3,18	48,0	73,2	120
Л	2-3-1	120	4	—	460	—	650	1 840	12,0	270	85,5	0,32	4,65	51,9	96	150
М	2-4-0	100	3	—	540	—	700	1 720	13,0	260	87,7	0,34	6,00	72,5	101	155
Н[д]	1-3-0	95	1	1	480	720	650	1 900	11,5	162	—	—	2,20	43,3	59	100
Н[в]	1-3-0	105	1	1	500	730	650	1 900	12,0	143	—	—	2,20	45	59	100
Н[в]	1-3-0	95	1	1	500	730	650	1 700	12,0	143	—	—	2,20	43,5	58	100
НУ	1-3-0	95	1	1	500	730	650	1 700	13,0	157	—	—	2,60	45	60	105
Н[п]	1-3-0	95	2	—	540	—	650	1 700	12,0	127	38,9	0,31	2,45	44,4	61	105
О[о]	0-4-0	45	2	—	500	—	650	1 150	12,0	153	—	—	1,85	50	50	95
О[д]	0-4-0	45	1	1	500	730	650	1 200	11,5	153	—	—	1,85	52,5	52,5	95
О[п]	0-4-0	50	1	1	500	730	650	1 200	12,0	153	—	—	1,85	52,5	52,5	95
ОУ	0-4-0	50	1	1	500	730	650	1 200	12,0	132	29,2	0,22	1,85	55	55	95
Р	1-4-0	50	2	2	400	600	600	1 280	12,0	172	—	—	2 52	52,9	65	100
С	1-3-1	110	2	—	550	—	700	1 830	13,0	207	51,5	0,25	3,30	47,2	75,8	120
СУ	1-3-1	110	2	—	575	—	700	1 850	13,0	197	72,0	0,36	4,73	53,9	82,5	125
У	2-3-0	105	2	2	370	580	650	1 730	14,0	182	—	—	2,63	44,7	71	115
УУ	2-3-0	105	2	2	410	580	650	1 730	14,0	152	38,9	0,26	2,83	49,2	75,8	120
Ф	1-5-0	60	4	—	500	—	660	1 450	14,0	262	60,8	0,23	5,10	87,6	102	150
Ц	1-4-0	55	1	1	530	750	650	1 250	12,0	180	—	—	2,48	52,1	61	100
Ш	1-4-0	55	1	1	510	765	700	1 300	13,0	206	—	—	2,80	62,3	72	120
Щ	1-4-0	65	1	1	510	765	700	1 300	14,0	206	—	—	2,80	64,2	77,3	120
Щ[ч]	1-4-0	65	1	1	540	765	700	1 300	14,0	177	51,0	0,29	2,80	64,7	77,8	120
Ы[ч]	0-4-0	55	1	1	520	790	650	1 200	12,0	147	43,0	0,29	2,55	60,9	60,9	95
Э	0-5-0	55	2	—	630	—	700	1 320	12,0	194	52,0	0,27	4,46	80,5	80,5	125
Э, Э[тыш]	0-5-0	55	2	—	650	—	700	1 320	12,0	207	49,7	0,24	4,46	81,2	81,2	125
ЭУ	0-5-0	55	2	—	650	—	700	1 320	12,0	195	66,0	0,34	4,46	85,6	85,6	130
Я	1-3-0	95	2	—	482	—	650	1 800	11,0	161	—	—	2,30	40,5	50	80
Ѳ	0-3+3-0	45	2	2	475	710	650	1 200	12,0	206	—	—	3,50	82,3	82,3	125
Ѳ[т]	0-3+3-0	45	2	2	510	770	650	1 230	12,0	178	47,4	0 27	3,40	89,4	89,4	135
Ѵ	0-4-0	55	2	—	575	—	650	1 220	12,0	163	40.4	0.25	3.03	64,4	64.4	—

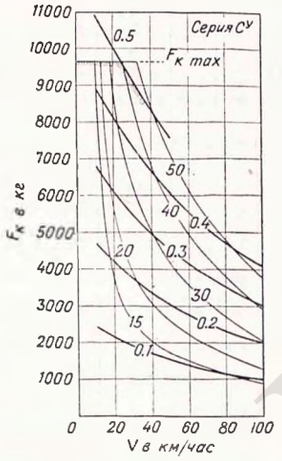
Табл. 3.—Размеры современных П. заграничных железных дорог.

Название ж. д.	Тип	Предельная скорость v	Число цилиндров высокого давления n	Число цилиндров низкого давления n'	Диам. цилиндров высокого давления $d_в$	Диам. цилиндров низкого давления $d_н$	Ход поршня l	Диам. движущих колес D	Испаряющая поверхность нагрева H_k	Поверхн. пароперегр. $H_п$	$\frac{H_п}{H_k}$	Площадь колосниковой решетки R	Сцепной вес P_k	Раб. вес без тендера P	Раб. вес с тендером $P+T$
Англ. Север. ж. д.	2-3-1	—	2	—	580	—	660	2 032	272	49	0.18	3,82	60	92	148
Франц. Юж. ж. д.	2-3-1	—	2	—	630	—	650	1 940	203	74	0,36	4.00	54	89	133
Chicago—Pacific ж. д. (Америка)	2-4-1	—	2	—	711	—	711	1 880	436	116	0,27	5,85	115	167	253
Delawar—Lackawanna ж. д. (Америка)	2-3-1	—	2	—	686	—	711	1 854	342	71	0,21	8,48	90	139	214
Баденских ж. д. (Германия)	2-3-1	—	2	2	440	680	660	2 100	225	77,5	0,30	5.00	53	96	159
Прусских ж. д. (Германия)	2-3-2	90	2	—	560	—	630	1 650	139	49.2	0,35	2,42	46,5	105	105
Саксонских ж. д. (Германия)	1-4-1	100	2	2	480	720	630	1 905	227	74,0	0,32	4,50	68	100	162
Прусских ж. д. (Германия)	1-4-1	—	2	—	620	—	660	1 750	221	82,0	0,37	4,00	68	98	160
Мадрид—Сарагоса (Испания)	2-4-0	—	2	—	580	—	660	1 400	217	60,5	0.28	3,90	58,5	78.5	115
Английских ж. д.	0-5-0	—	4	—	426	—	711	1 410	160	41,3	0,26	2.93	74,8	74,8	107
Саксонских ж.д. (Германия)	0-5-0	40	2	—	620	—	660	1 260	136.5	41.5	0,31	2,30	79,4	79,4	157
Прусских ж. д. (Германия)	0-5-0	60	2	—	630	—	660	1 400	146.5	53	0,36	2,62	71,5	71,5	116
Прусских ж. д. (Германия)	1-5-0	65	2	—	570	—	660	1 400	195	68,4	0,35	3,90	80	93	141
Denver—Rio Grande ж. д. (Америка)	1-5-1	—	2	—	787	—	813	1 600	449	123,5	0,27	8,18	153	194	—
Вюртембергских ж. д. (Германия)	1-6-0	60	2	2	510	760	650	1 350	233	80	0,34	4,32	93,5	106,5	153
Виргинских ж.д. (Америка)	1-5+5-1	—	2	2	762	1 220	813	1 422	800	197	0,25	10,10	280	310,5	408
Erie ж. д. (Америка)	1-4+4+4-1	—	6	—	914	—	813	1 600	640	147	0,23	8,37	345	387	387

разрез и вид на арматуру пассаж. 3-цилиндрового П. типа 2-4-0 серии М ж. д. СССР. На фиг. 8, А (вкл. л., *VI*) и 8, Б показан продольный и поперечный разрез и вид на арматуру пассажирского П. типа 1-3-1, серии СУ ж. д. СССР. Главные размеры следующие: диам. цилиндра 575 *мм*, ход поршня 700 *мм*, диам. переднего бегунка 1 050 *мм*, диам. ведущих колес 1 850 *мм*, диам. поддерживающих колес 1 320 *мм*, общая поверхность нагрева 269,14 *м*², площадь колосниковой решетки 4,73 *м*², вес порожнего П. 77,2 *т*, вес груженого П. 85,2 *т*, сцепной вес П. 54 *т*, сила тяги $\frac{0{,}5d^2l}{D}p = 8\,132$ *кг*. На вкл. л., *VII* даны общие виды паровозов США: товарный 4-цилиндровый П. типа 1-4+4-1 с машиной однократного расширения и бустером (Denver a. Rio Grande Western), быстроходный товарный 3-цилиндровый П. с высоким перегревом пара (Union Pacific), тяжелый пассажирский 2-цилиндровый П. типа 2-4-1 Пенсильванской железной дороги и пассажирский 2-цилиндровый П. типа 2-3-2 ж. д. New York Central. На вкл. л., *VIII* показаны П. Зап. Европы: пассажирский 2-цилиндровый П. типа 2-3-0 Шотландских ж. д., пассажирский 4-цилиндровый паровоз компаунд типа 2-3-1 Герм. ж. д., и пассажирский 2-цилиндровый танк-П. типа 2-3-2 Герм. ж. д. На вкл. л., *IX* даны общие виды паровозов ж. д. СССР: пассажирский 3-цилиндровый П. типа 2-4-0 серии М, пассажирский паровоз типа 1-3-1 серии СУ и товарный П. типа 0-5-0 серии Э.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

Мощность и экономичность П. Работа, развиваемая паром в цилиндрах на 1 оборот колес, за вычетом работы трения в механизме машины, равна:

$$\eta_m \frac{\pi d^2}{4} p_i \cdot 10\,000 \cdot l \cdot 2 \cdot n \text{ кгм}. \quad (4)$$

За это же время работа силы тяги на ободе движущих колес составит

$$\pi \cdot D \cdot F_k. \quad (5)$$

Соединяя (4) и (5) знаком равенства и определяя F_k, находим

$$F_k = \eta_m \cdot p_i \cdot \frac{d^2 l}{2D} \cdot 10\,000 \cdot n = 10\,000 \cdot \eta_m \cdot \xi \cdot \frac{d^2 l}{2D} \cdot n \cdot p_k. \quad (6)$$

Если v—скорость хода поезда в *км/ч*, то развиваемая на ободе колес мощность

$$N_k = \pi D F_k \cdot \frac{v \cdot 1\,000}{\pi \cdot D \cdot 3\,600} \cdot \frac{1}{75} = \frac{F_k \cdot v}{270} \text{ Нр}. \quad (7)$$

Если u—расход пара в *кг* за 1 рабочий ход поршня в цилиндре, то часовой расход пара на работу машины

$$D_h = u \cdot \frac{v \cdot 1000}{\pi D} \cdot 2 \cdot n = 637 \frac{u \cdot v \cdot n}{D}. \quad (8)$$

Расход пара на 1 Нр/час

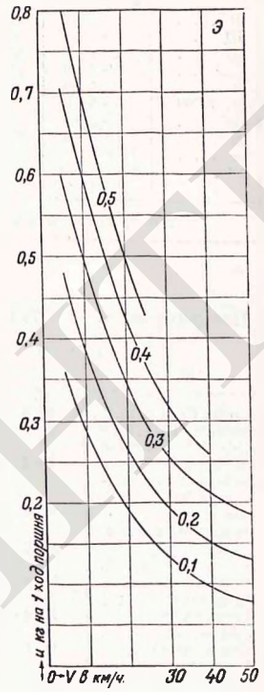
$$D_h/N_k = 172\,000 \frac{n}{D} \cdot \frac{u}{F_k} = 34{,}4 \cdot \frac{u}{\eta_m \cdot \xi} \cdot \frac{1}{d^2 l p_k}. \quad (9)$$

Полный кпд П.

$$\eta = \left(\frac{N_k \cdot 75 \cdot 3\,600}{427}\right) : \left(Q_p \cdot B_h\right) = \frac{632}{Q_p} \cdot \frac{N_k}{B_h}, \quad (10)$$

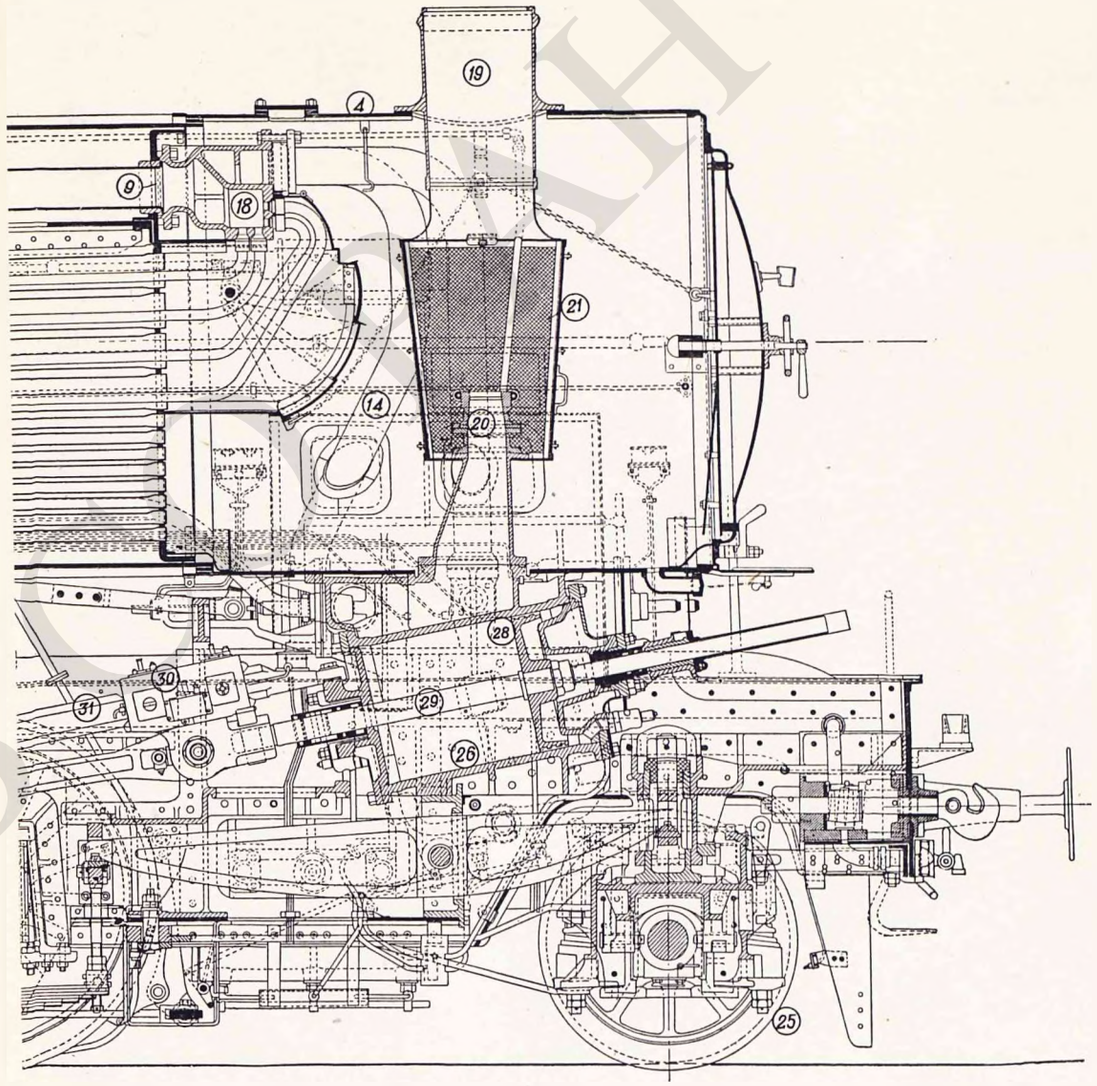
где B_h—часовой расход горючего в *кг*, а Q_p—теплотворная способность (низшая рабочая) в Cal/*кг*.

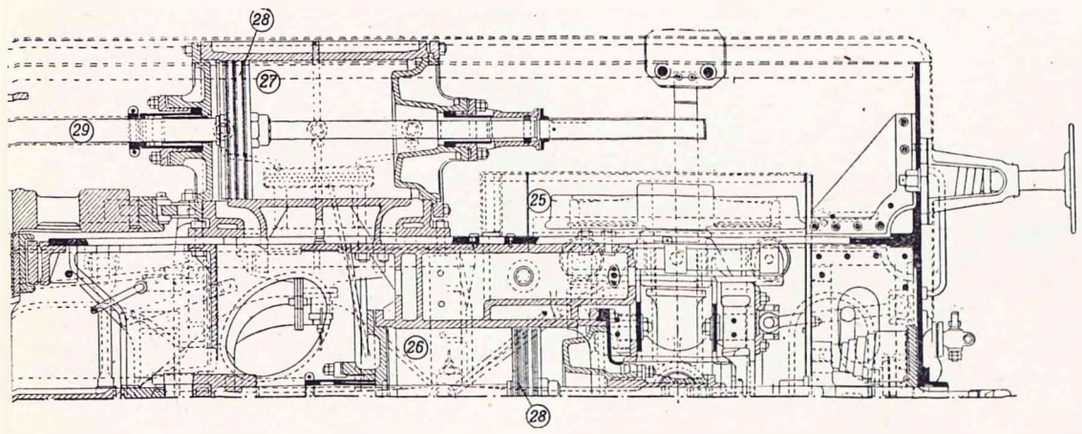
На фиг. 9 и 10 приведены кривые изменения F_k в зависимости от v и ε (степень впуска пара) при полном открытии регулятора для товарного П. серии Э и пассажирского серии СУ. Цифры на кривых: 0,2,... выражают степени наполнения цилиндра паром (отсечки); цифры 20, 30, ...— форсировки котла. На этих фиг. показан предел силы тяги по сцеплению при $\psi_k = \frac{1}{5.5}$ и нанесены кривые силы тяги при постоянных форсировках котла z, т. е. при постоянном количестве *кг* пара, снимаемого в час с 1 *м*² испаряющей поверхности нагрева котла. На фиг. 11 и 12 даны для тех же паровозов расходы пара u за 1 рабочий ход поршня, а на фиг. 13—14—значения D_h/N_k, характеризующие экономичность паровоза.

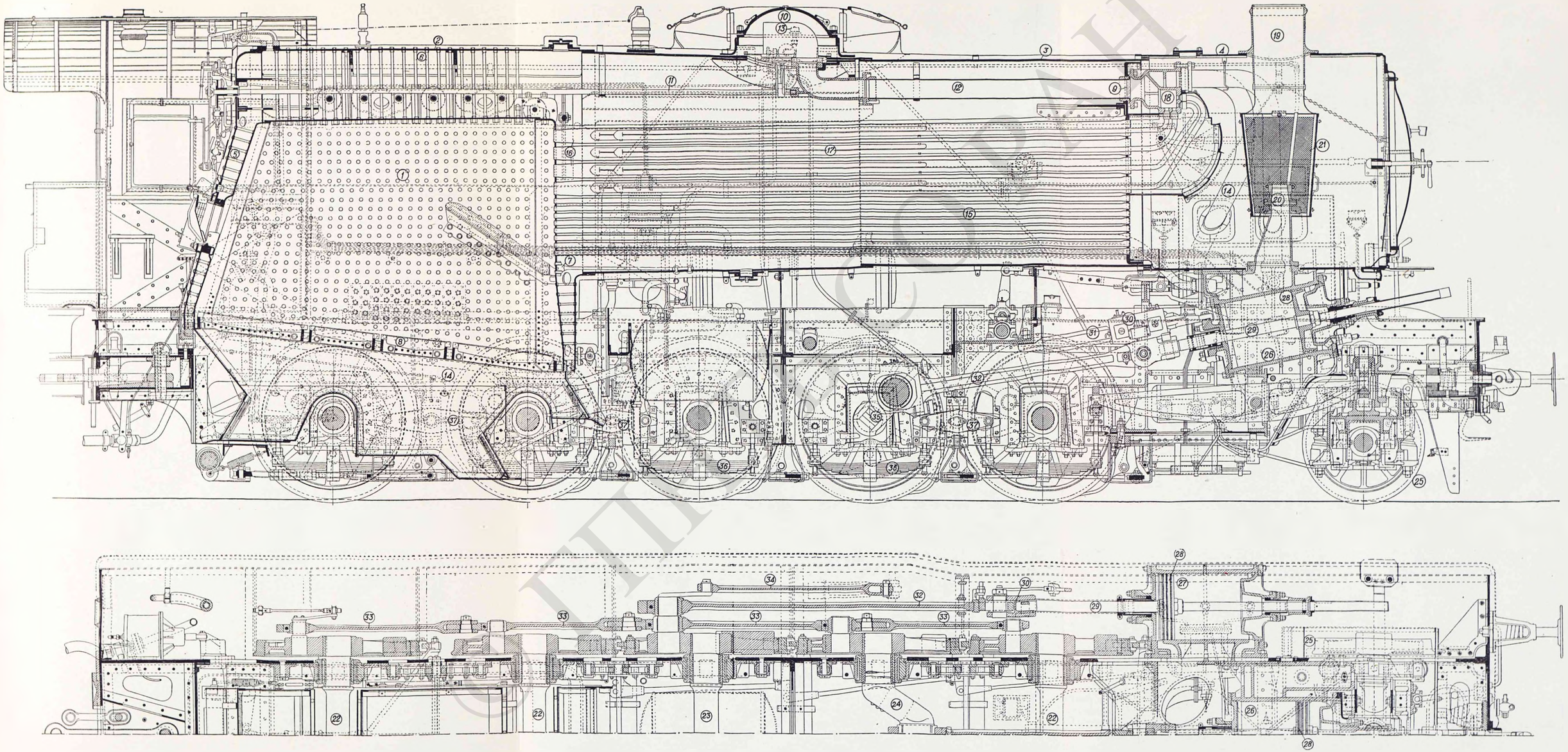


Фиг. 11.

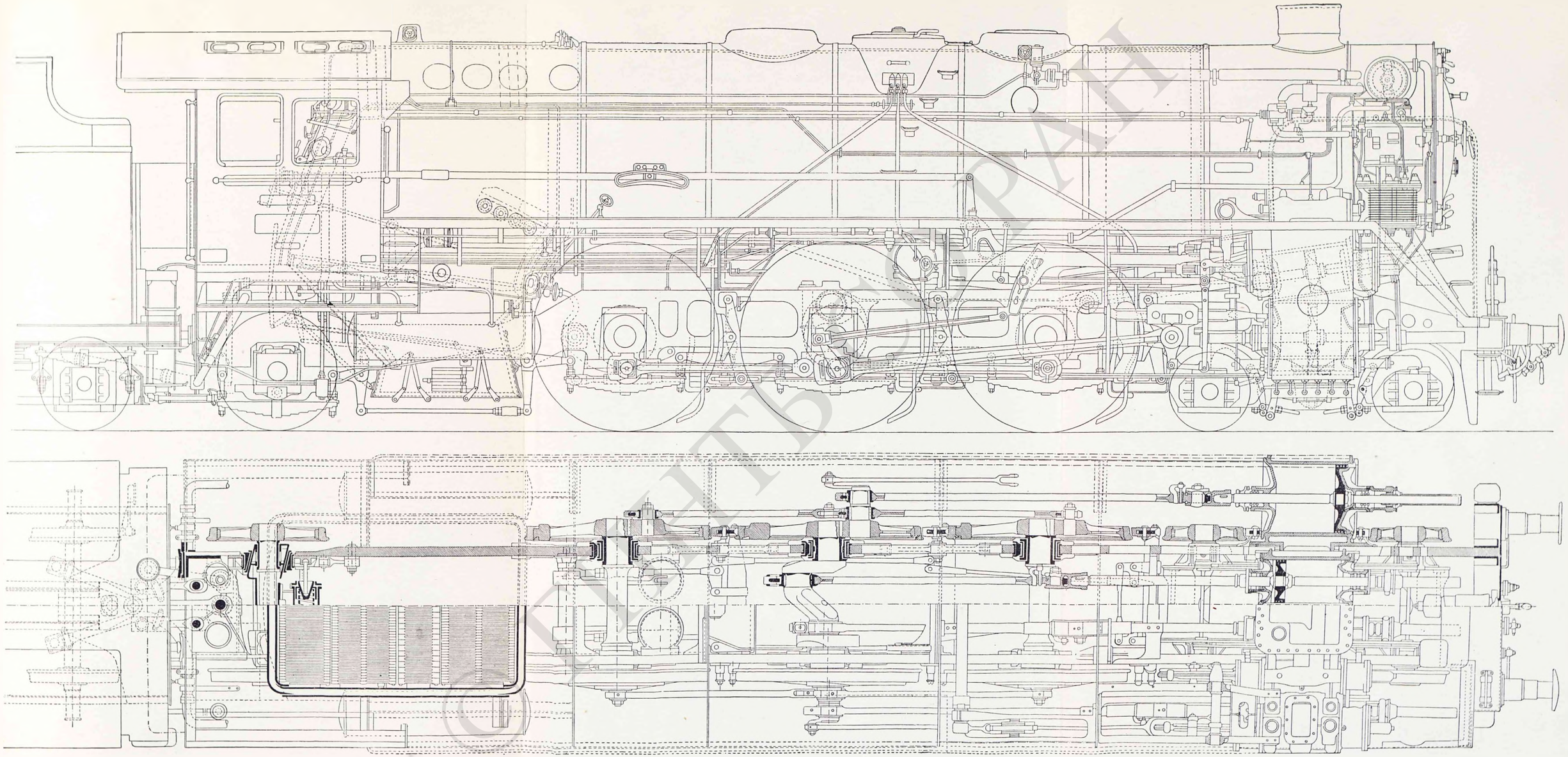
Устройство паровозного котла. На фиг. 15 изображен продольный разрез паровозн. котла. Задняя часть котла состоит из наружного кожуха и огневой коробки, в нижней части к-рой расположена колосниковая решетка для сжигания топлива. Средняя цилиндрич. часть котла склепана из нескольких барабанов. Внутренность котла заполнена комплектом жаровых и дымогарных трубок, служащих для отвода газов из топки в переднюю часть котла—





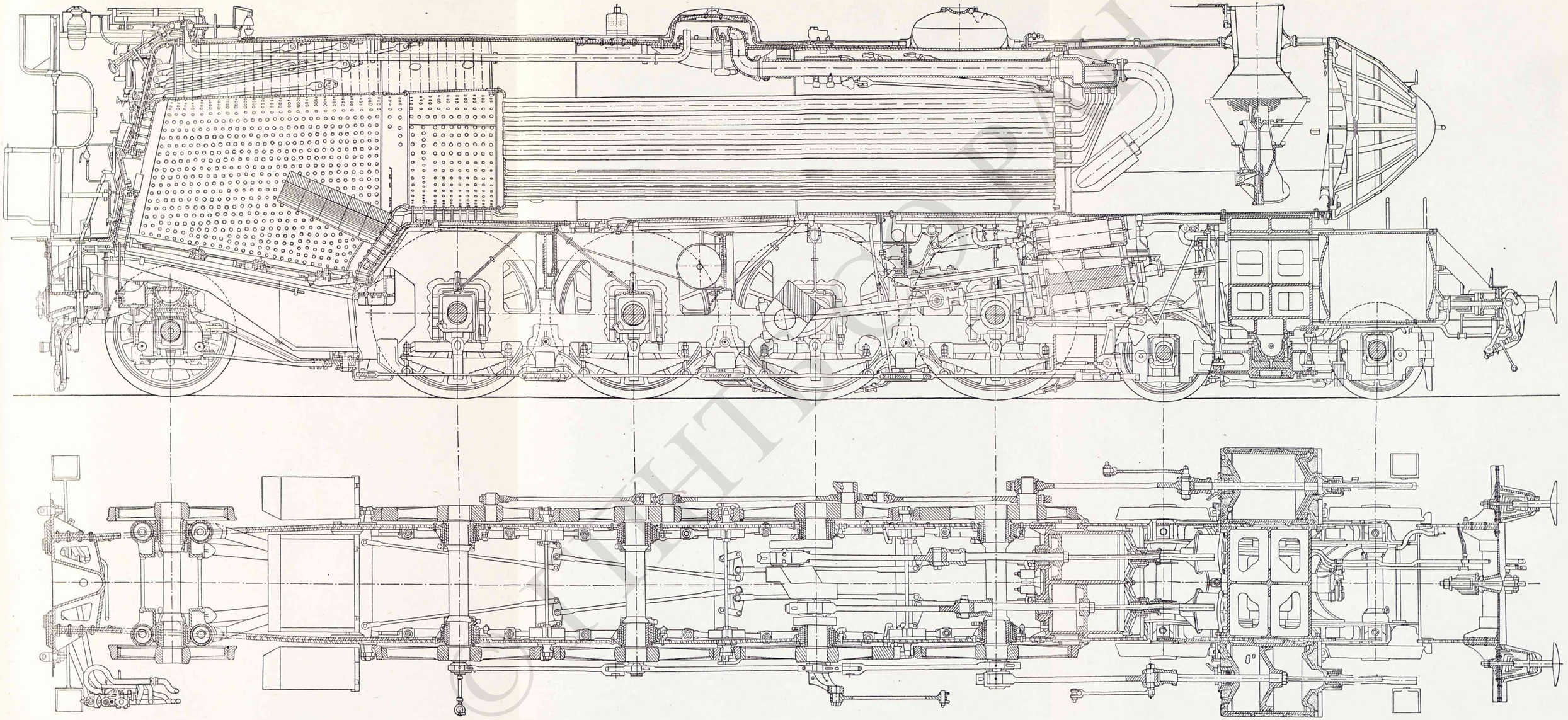


Фиг. 3. Товарный П. типа 1–5–0 Прусских железных дорог.

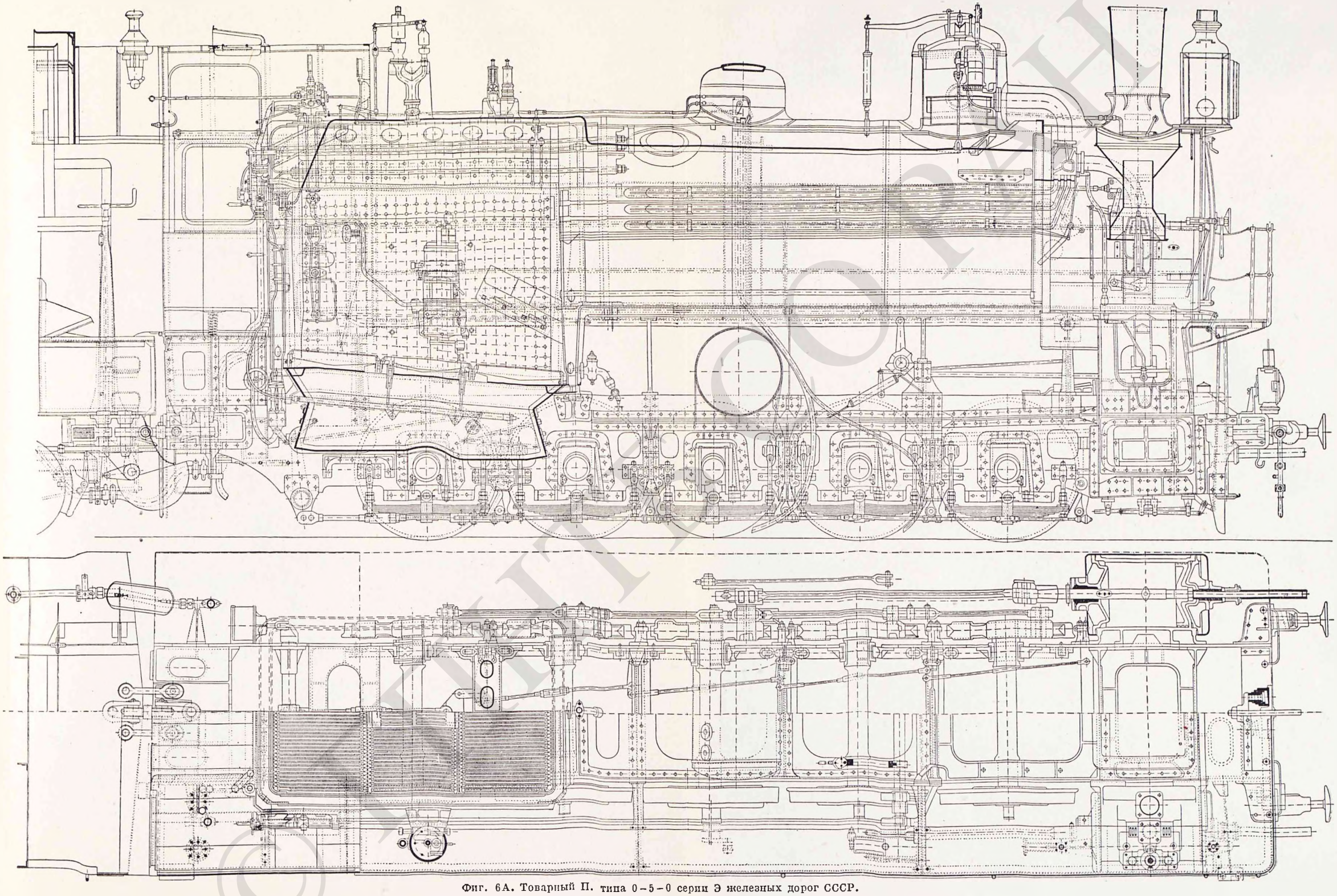


Фиг. 4. Курьерский 4-цилиндровый компаунд-П. (стандартный тип) типа 2–3–1 Германских железных дорог.

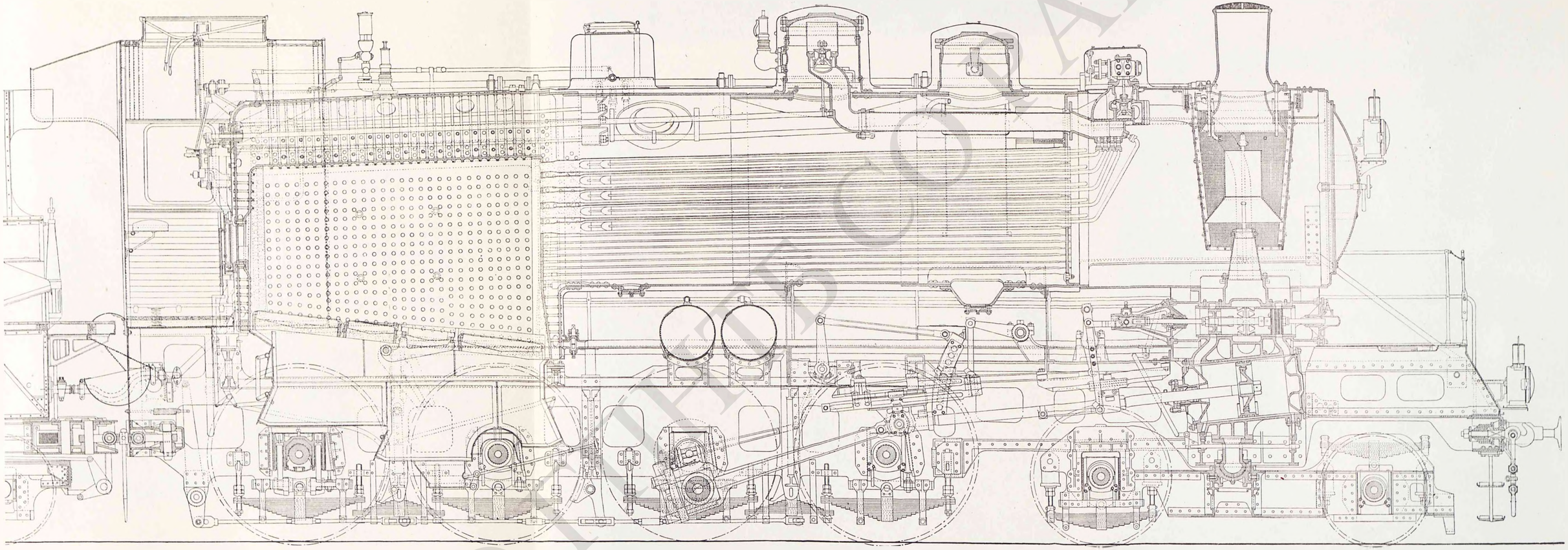
ГПНТБ СССР



Фиг. 5. Курьерский 4-цилиндровый компаунд-II. типа 2–4–1 железной дороги Paris—Lyon—Méditerranée.

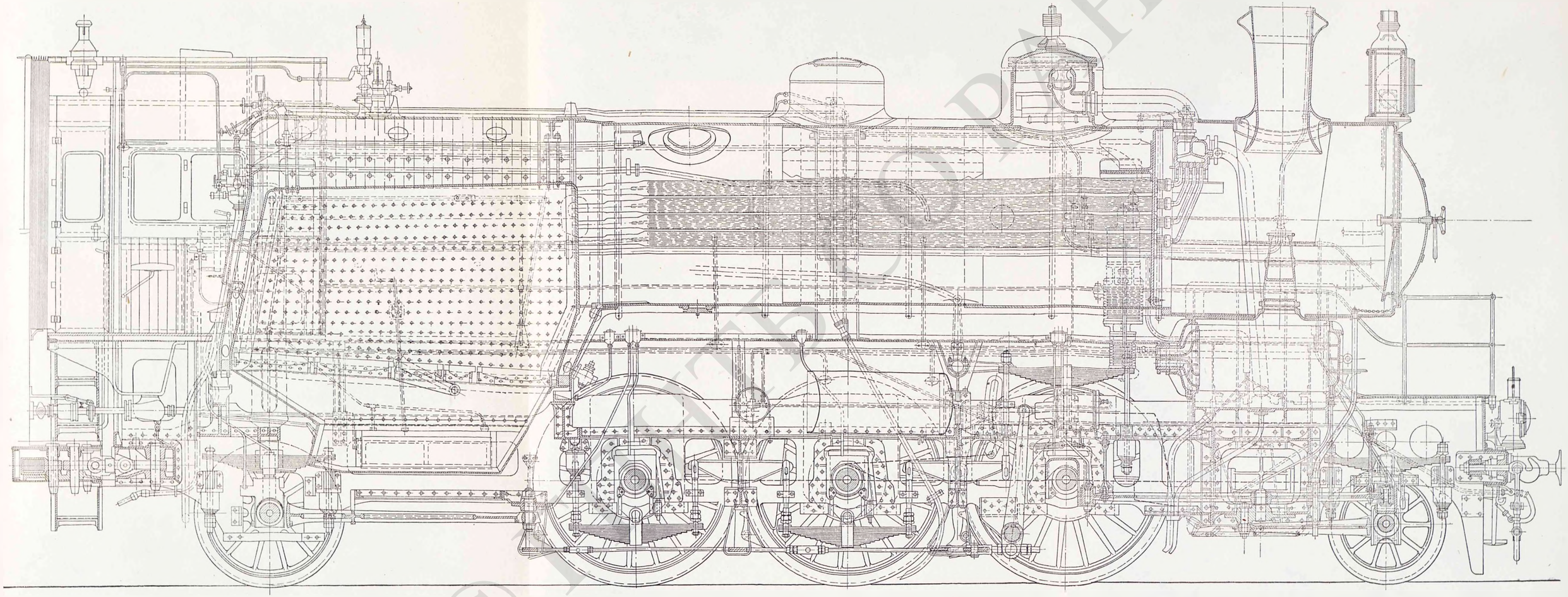


Фиг. 6А. Товарный П. типа 0–5–0 серии Э железных дорог СССР.



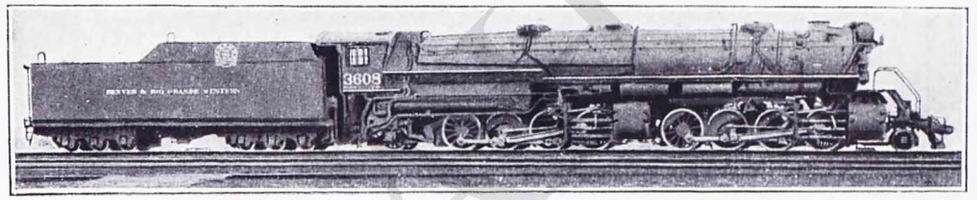
Фиг. 7А. Пассажирский 3-цилиндровый П. типа 2–4–0 серии М железных дорог СССР.

© ИНТРОСПАН

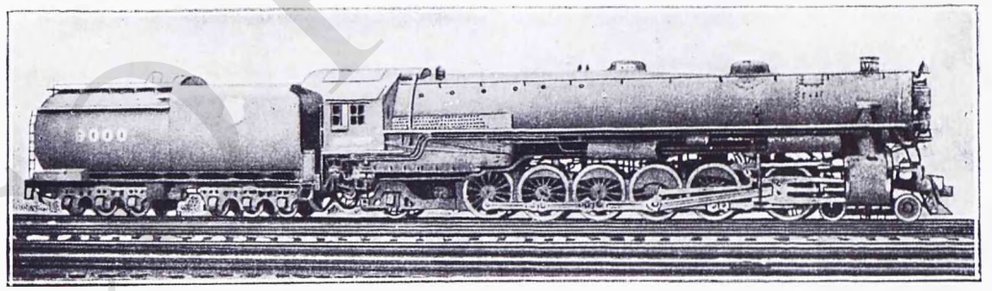


Фиг. 8А. Пассажирский П. типа 1–3–1 серии СУ железных дорог СССР.

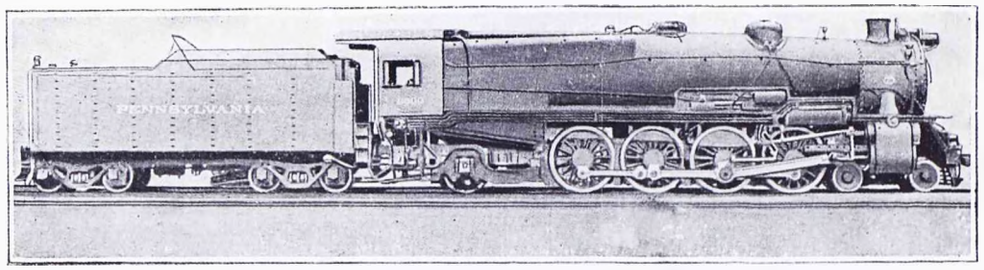
© РЕПРОЦЕНТР РЖН



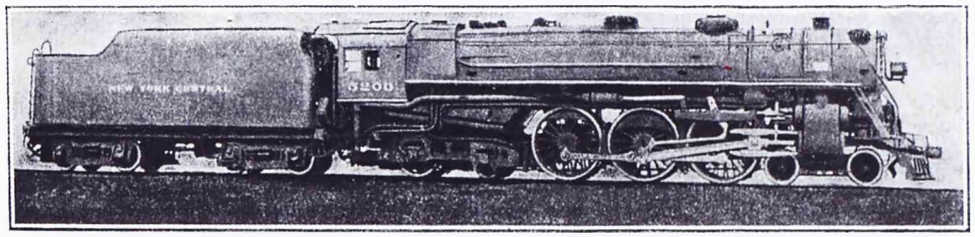
Товарный 4-цилиндровый П. типа 1-4+4-1 ж. д. Denver & Rio Grande Western.



Быстроходный товарный 3-цилиндровый П. с высоким перегревом пара ж. д. Union Pacific.

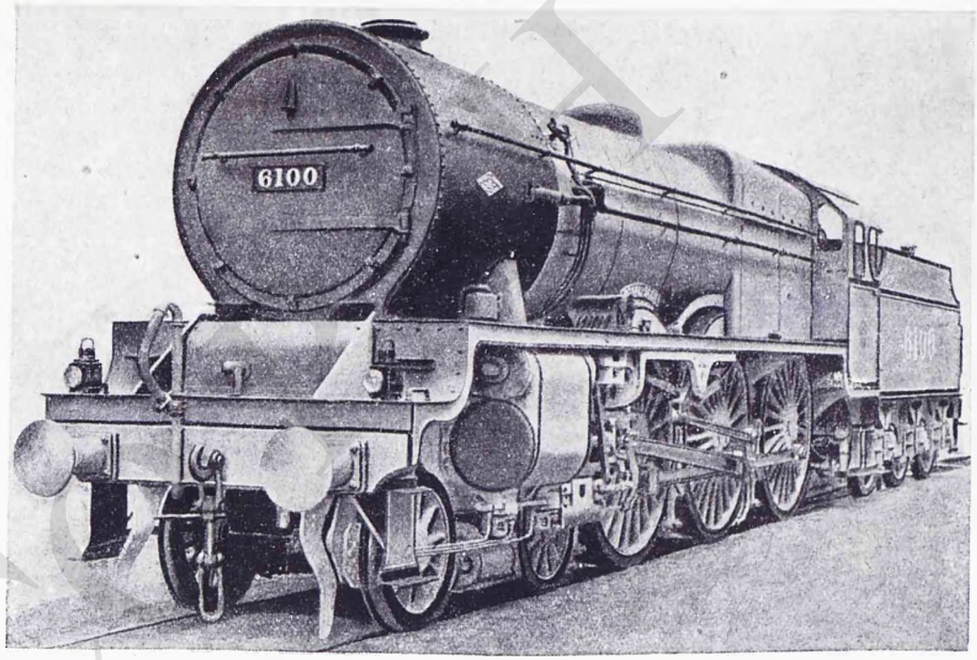


Тяжелый пассажирский 2-цилиндровый П. типа 2-4-1 Пенсильванской ж. д.

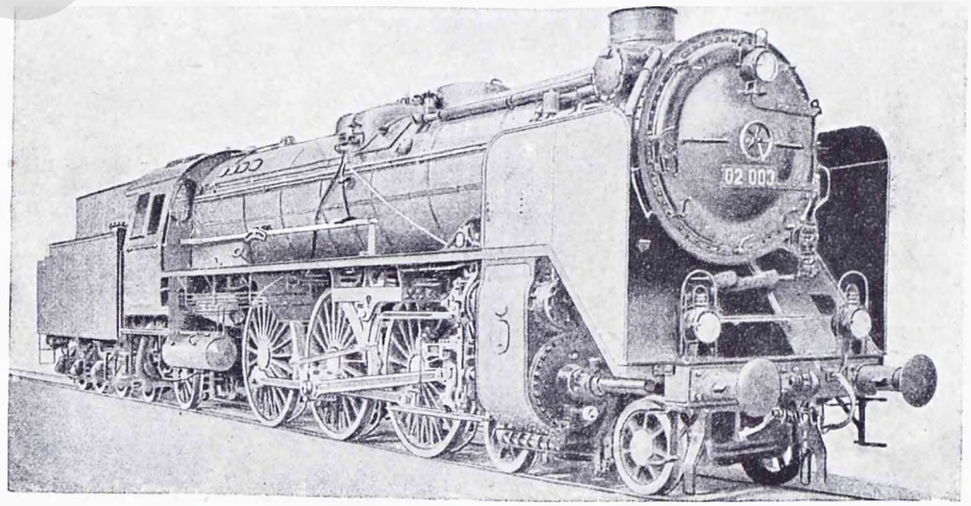


Пассажирский 2-цилиндровый П. типа 2-3-2 ж. д. New-York Central.

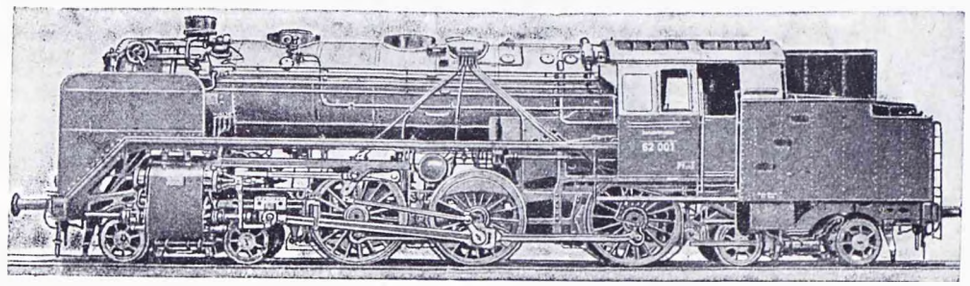
© ГПНТБ



Пассажирский 2-цилиндровый П. типа 2-3-0 ж. д. Шотландии.

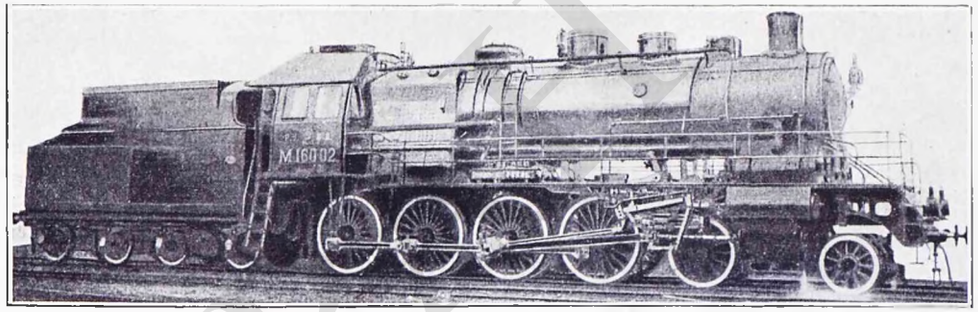


Пассажирский 4-цилиндровый П. компаунд типа 2-3-1 ж. д. Германии.

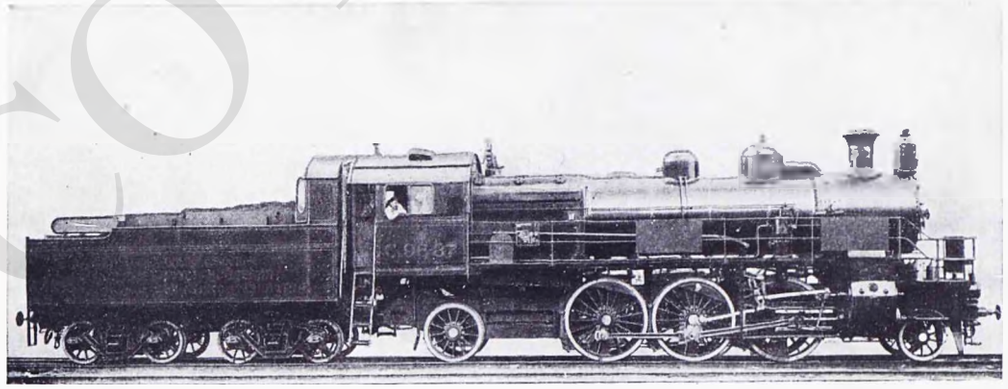


Пассажирский 2-цилиндровый танк-П. типа 2-3-2 ж. д. Германии.

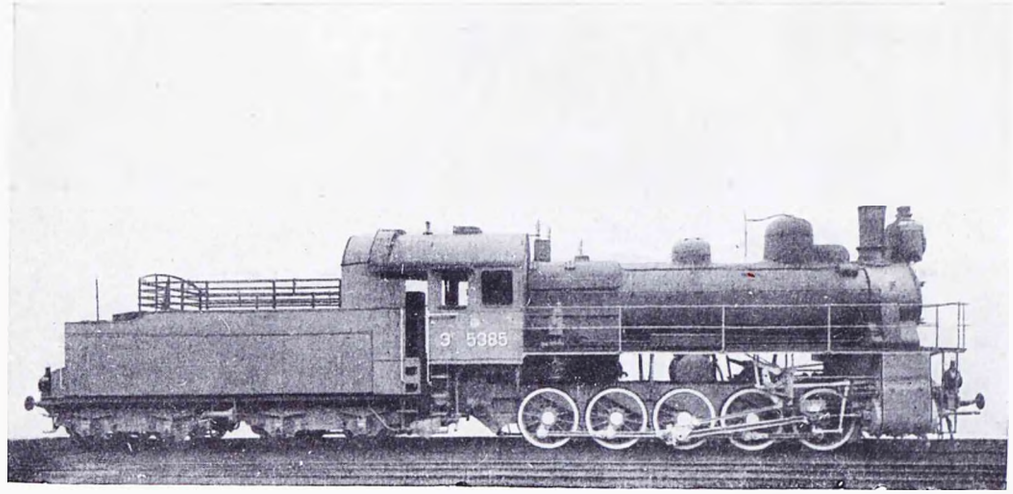
© ГПНТБ СССР



Пассажирский 3-цилиндровый П. типа 2-4-0 серии М.



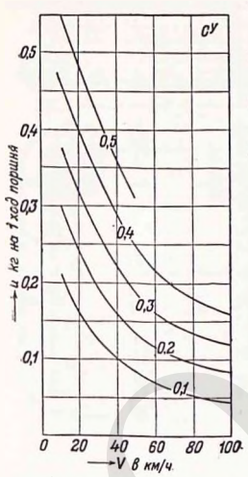
Пассажирский П. типа 1-3-1 серии Су.



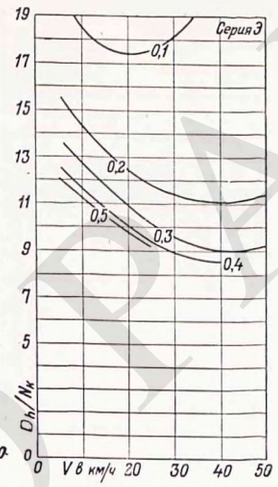
Товарный П. типа 0-5-0 серии Э.

© ГПНТБ СО РАН

дымовую коробку. В верхней части дымовой коробки расположено отверстие дымовой трубы, отводящей продукты сгорания



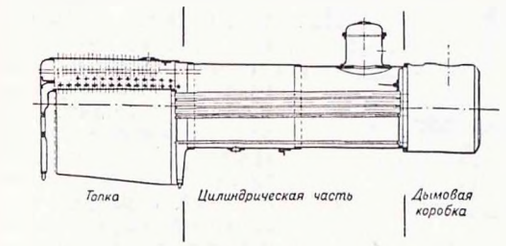
Фиг. 12.



Фиг. 13.

в атмосферу. Здесь же помещается конус, через отверстие к-рого вытекает отработавший в машине пар, вызывая тягу, необходимую для горения. Фиг. 16, 17 и 18 изображают типы топок: расположенную между рамами, между движущими колесами и вынесенную выше движущих колес. На фиг. 19 дана современная америк. топка Вутена наибольшей допускаемой габаритом ширины. На фиг. 20 дана топка с камерой сгорания для увеличения топочного объема. В целях улучшения циркуляции воды применяются топки с «термосифонами» системы Никольсона (фиг. 21). Оба последние типа топок применяются преимущественно в США. Топки

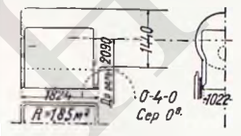
Фиг. 14.



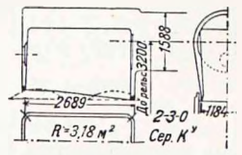
Фиг. 15.

делаются из меди или же из литого железа. Последние легче и дешевле, но менее пластичны и под влиянием температурных деформаций быстрее дают трещины. Фиг. 22—типы связей, укрепляющих плоские стенки огневой коробки и кожуха: *1*—распорная

связь; *2*—потолочная связь; *3*—лапчатая связь; *4*, *5*—тавровая потолочная связь; *6*—поперечная связь; 7—подвижная связь (Тэ-

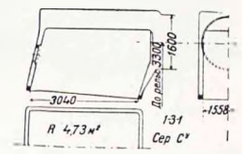


Фиг. 16.

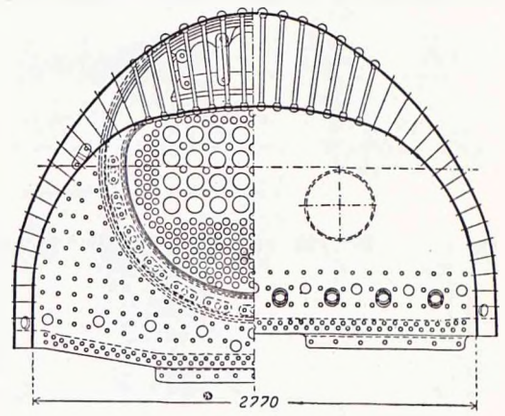


Фиг. 17.

та) с шаровой головкой; *8*—продольная связь и закрепительная скобка к ней. Колосниковая решетка состоит или из обычных балочных колосников (фиг. 23) или из плит с отверстиями круглой или щелевидной формы (решетка с малым живым сечением). На фиг. 24 показаны способы разбивки отверстий для труб в огневой и передней трубных решетках. В СССР применяют диам. дымогарных трубок 45/50 или 46/51 *мм*, жаровых—125/133 или 127/135 *мм*. Длина труб между решетками 4,2—5,35 *м*. При

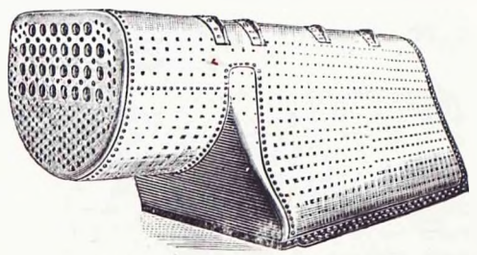


Фиг. 18.



Фиг. 19.

длине больше 5,5 *м* необходимо увеличивать и диам. трубок. Типы конусов (приборов для возбуждения тяги в котле) показаны на фиг. 25 (конус с постоянным отверстием) и



Фиг. 20.

фиг. 26 (с переменным отверстием). Здесь *а*—конус, *б*—болты для петикота, *в*—насадка, *г*—регулировочная ось. Обозначим через $d_к$—диаметр выхлопного отверстия конуса, D_0—диам. дымовой трубы в выходном сече-

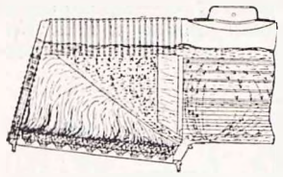
© ГПНТБ

нии, h—расстояние от выходного сечения дымовой трубы до выхлопного сечения конуса, R—площадь колосниковой решетки, S—площадь живого сечения дымогарных и жаровых труб. Тогда для угольного отопления и перегретого пара по Боррису:

$$d_k = 0{,}115\sqrt{\frac{S \cdot R}{S + 0{,}1R}}, \qquad (11)$$

$$D_0 = 0{,}14h + 1{,}8d_k.$$

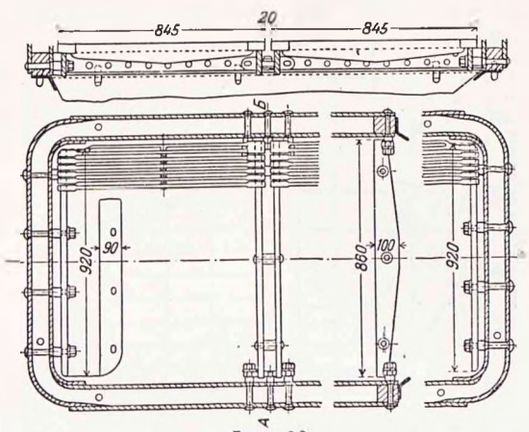
По исследованиям Штраля выходное сечение конуса д. б. тем больше, чем больше угол конусности дымовой трубы и величина R. Таким обр. при конич. дымовых трубах должно уменьшаться и противодавление на поршни паровых цилиндров, что несколько повышает мощность машины.



Фиг. 21.

К сожалению ф-лы Штраля содержат ряд эмпирич. коэф-тов, величина к-рых известна пока лишь для нек-рых частных условий работы П.

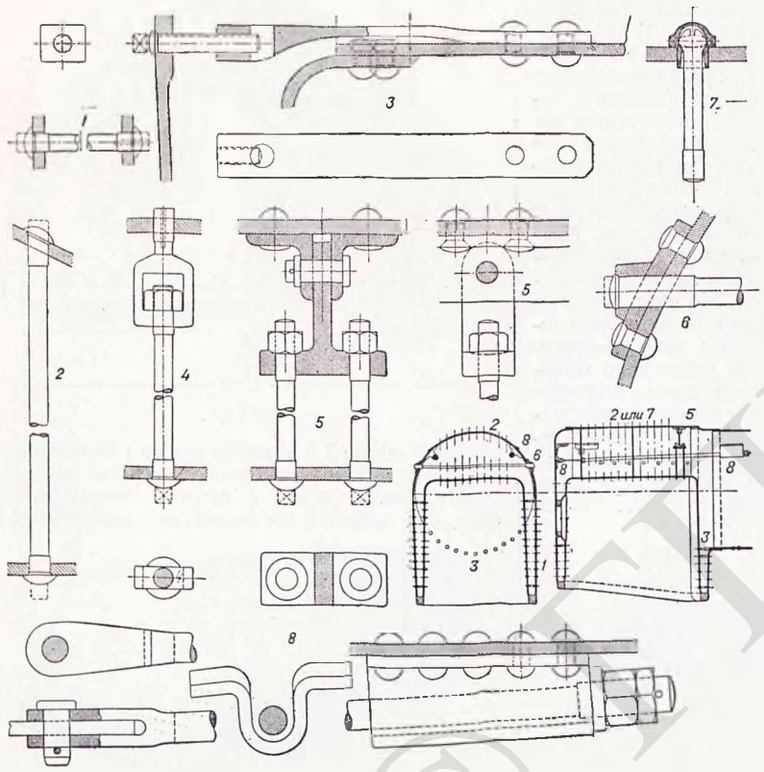
Выпуск пара из котла в паровые цилиндры производится при помощи регулятора золотникового (фиг. 27) или клапанного



Фиг. 23.

ло клапана, cc—ось регуляторного (приводного) рычага. В виду большого объема пароперегревателя в современных П. ставится иногда регулятор за перегревательной коробкой, как это сделано например на нашем П. 2-4-0 серии М. Регулятор приводится в действие при помощи рычажной передачи, привод которой идет в будку машиниста и оканчивается там регуляторной рукояткой. Фиг. 29 дает общий вид арматуры котла.

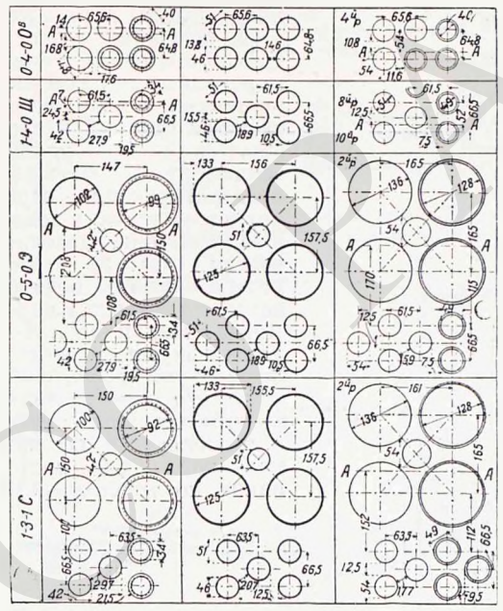
Устройство пароперегревателя. Все современные П. широкой колеи снабжаются пароперегревателями, из которых повсеместно распространена система Шмидта и в СССР—Чусова. Схема двухоборотного элемента пароперегревателя Шмидта дана на фиг. 30: A — регуляторная труба, B — коллектор, $CDEFG$—элементные трубки, K—золотниковая коробка; направление тока пара показано стрелками. Такие элементные петли, группируясь в большом числе жаровых труб (20—60), образуют поверхность нагрева пароперегревателя. Фиг. 31—общий вид пароперегревателя. Перегревательные трубки a имеют размеры 27/34 или 29/36 *мм*. Задние концы их не доходят до огневой решетки на 400—500 *мм* во избежание обгорания. На фиг. 32—элемент сист. Чусова 6-трубный однооборотный; *1*, *3*, *5*—



Фиг. 22.

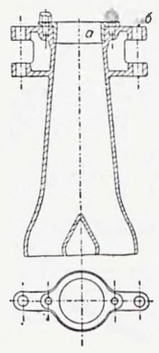
(фиг. 28). Последний тип получает в последнее время преимущественное распространение. На фиг. 27: a—малый золотник, открывающий первоначально малое щелевое отверстие для впуска пара из котла в регуля-

элементные трубки, по которым пар идет к задней части котла; *2*, *4*, *6*—обратные трубки; *7*, *8* — распределительные камеры; *9*, *10*—подводящая и отводящая трубки. Элементные трубки ⌀ 18/24 *мм*, подводящие—27/34 *мм*. Пароперегреватель Чусова при



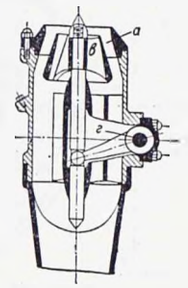
Фиг. 24.

одном и том же числе жаровых труб имеет вес на 17% меньше, а площадь свободного прохода для газов в жаровых трубах—на 16% больше, чем в системе Шмидта. В виду этого $t°$ перегрева при элементах Чусова будет на 20—25° выше, чем у Шмидта, и соответственно экономия топлива на 4—5% больше. Конструкция так же проста, как и у элемента Шмидта, и с ним взаимозаменяема. Вследствие большей площади сечения для прохода пара (на 15%) мятие пара в элементах Чусова несколько меньше, чем у Шмидта.



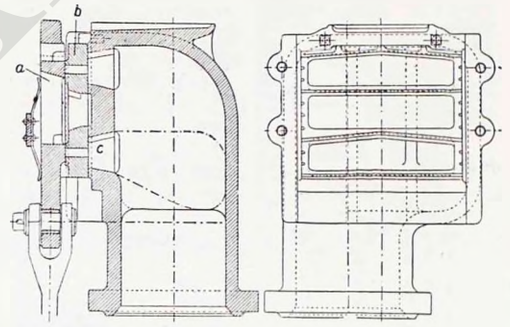
Фиг. 25.

На фиг. 33 показана одна из наиболее рациональных конструкций коллекторной коробки, распространенная на П. США: W—камеры насыщенного пара, S—перегретого. Камеры эти отделены друг от друга каналами, по которым проходят дымовые газы; этим устраняется охлаждение перегретого пара. Другой тип коллекторной короб-



Фиг. 26.

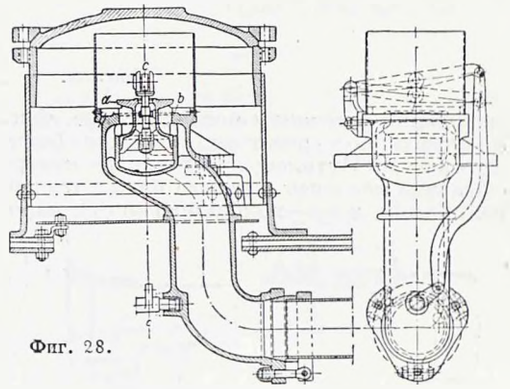
ки дан на фиг. 36. На фиг. 34 и 35 показаны два способа присоединения перегревательных трубок к коллектору при помощи особых фланцев с прижимным болтом. На фиг. 34 концы трубок завальцованы в отверстиях фланца, а герметичность достигается медными прокладными кольцами. На фиг. 35—соединение при помощи сферич. головок, наваренных на концы труб и прилегающих к сферич. или конич. поверхности в



Фиг. 27.

нижней плите коллектора. Соединение это при тщательном выполнении и уходе обеспечивает полную герметичность.

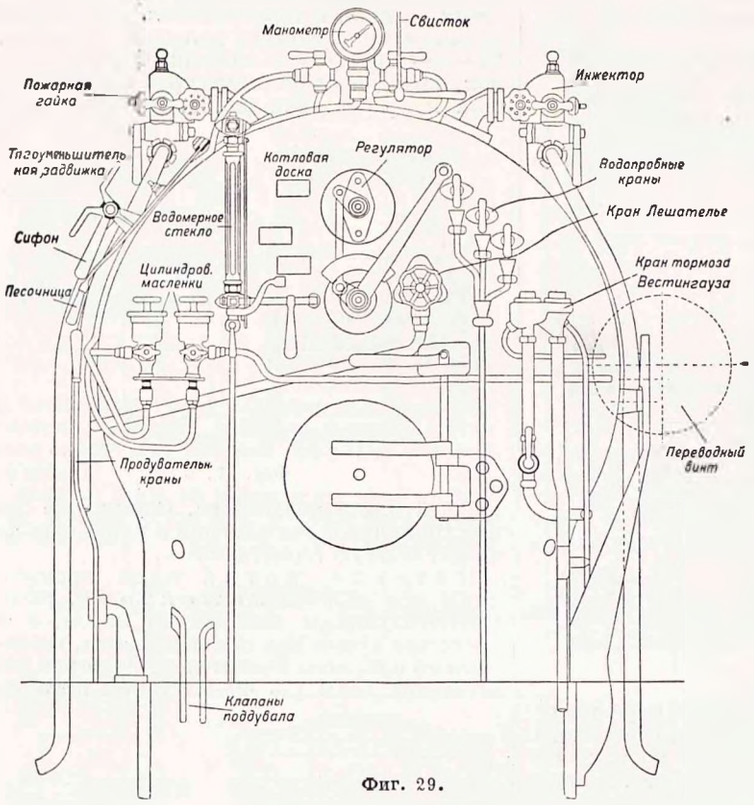
Питание котла водой производится при помощи инжектора, работающего свежим или мятым паром, а в последнее время при помощи насоса, соединенного с водоподогревателем. Подогрев питательной воды (до 40—50°) при питании



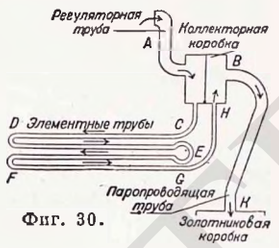
Фиг. 28.

инжектором не сопряжен с какой-либо экономией топлива, т. к. этот подогрев получается за счет скрытой теплоты конденсирующегося свежего пара. Инжекторы, работающие мятым паром (напр. сист. Девис и Миткальф), дают подогрев воды до 80—90° и экономию топлива до 8%. Специальные водоподогреватели дают экономию 8—22% при подогреве воды до 90—140°. Водоподогреватели бывают газовые, паровые и комбинированные. Первые (т. н. экономайзеры) на П. не применимы вследствие своей громоздкости. Комбинированные, в которых вода сначала подогревается мятым паром до $t°$ 90—100°, а затем газами дымовой коробки до 120—140°, отличаются сложностью устройства и широкого распространения также не получили (были распространены на Еги-

петских ж. д. при особенно жесткой воде, система Тревитика). В настоящее время распространены исключительно паровые водоподогреватели, к-рые разделяются на подо-



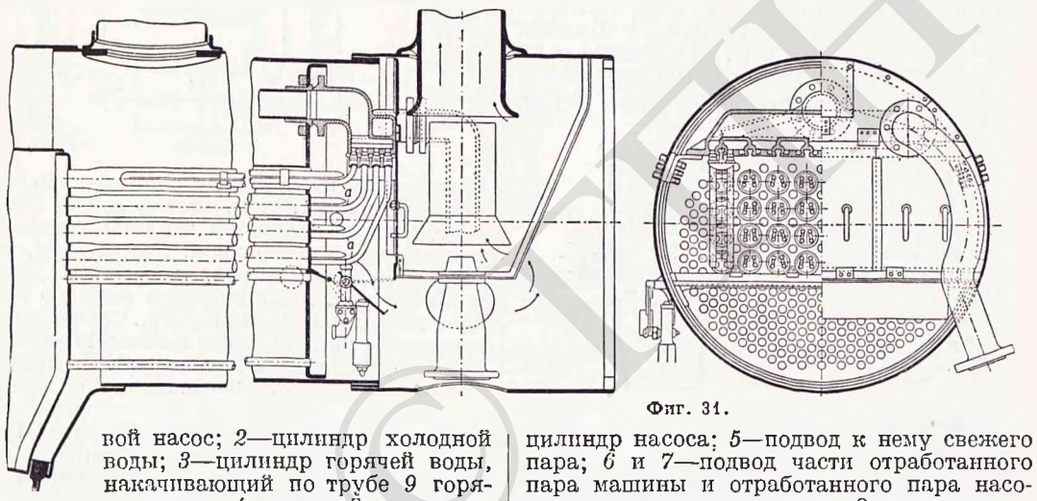
Фиг. 29.



Фиг. 30.

камер золотниковых коробок в камеру смешения; *8*—отвод отработавшего пара насоса в камеру смешения; *10*—маслоотделитель. Вода вводится в камеру смешения через особый разбрызгивающий клапан, благодаря чему ускоряется процесс конденсации пара. Камера смешения вместе с трехцилиндровым комбинированным насосом выполняется в виде одной сложной отливки и снабжается особым поплавочным приспособлением, препятствующим переполнению камеры водой и захлебыванию подогревателя. Фиг. 38—схема поверхностного водоподогревателя (сист. Кнорр, Борец, Вир и др.): *1*—камера водоподогревателя с двумя решетками, между которыми развальцованы латунные трубы с протекающей по ним холодной водой (протекание по трубкам пара

греватели смешения и поверхностные. Фиг. 37—схема подогревателя смешения (сист. Вортингтон Путиловского з-да): *1*—камера смешения конденсата мятого пара с тендерной водой; *2-3-4*—комбинированный паро-

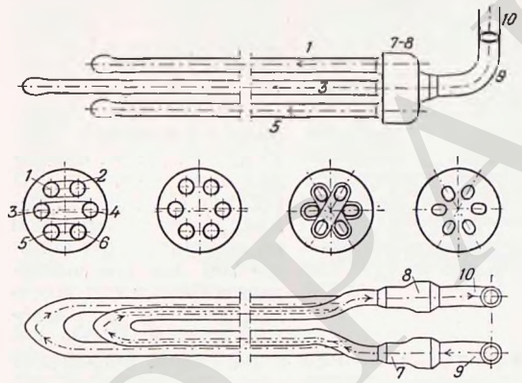


Фиг. 31.

вой насос; *2*—цилиндр холодной воды; *3*—цилиндр горячей воды, накачивающий по трубе *9* горячую воду в котел; *4*—паровой цилиндр; *5*—всасывающая труба; *6*—подвод свежего пара к насосу; *7*—ответвление части отработанного пара из конуса или из выхлопных

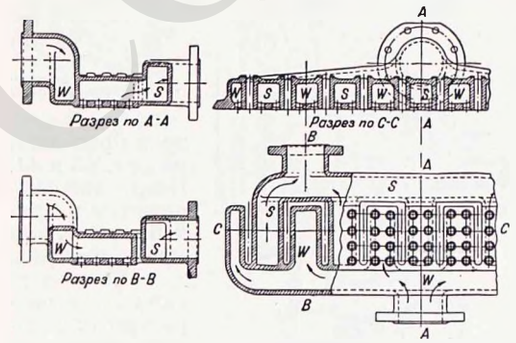
не должно допускаться, так как при этом сильно понижается интенсивность теплопередачи, а следовательно и $t°$ подогрева воды); *2*—трубопровод холодной воды из тендера к водяному цилиндру *3* насоса; *4*—паровой цилиндр насоса; *5*—подвод к нему свежего пара; *6* и *7*—подвод части отработанного пара машины и отработанного пара насоса в камеру подогревателя; *8*—питательная труба, подающая горячую воду в котел; *9*—отвод конденсата пара наружу или (при высоком расположении камеры *1*) обратно

в тендерный водяной бак. Камера подогревателя Кнорра (фиг. 39) имеет цилиндрический кожух с днищем, комплект латунных труб (с ⌀ равным 19/22 *мм*), развальцован-



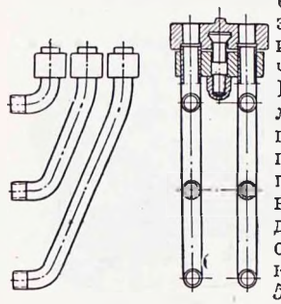
Фиг. 32.

ных в двух решетках, и два ребристых днища, примыкающих к решеткам и образующих поворотные камеры для водяных струй; одна из решеток зажата между фланцем кожу-



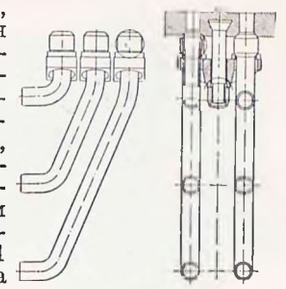
Фиг. 33.

ха и крышки, другая решетка—подвижная. Вместо отдельных патрубков для входа и выхода воды в последнее время ставят четырехходовой переключательный кран, который позволяет менять направление тока воды в трубках подогревателя (что способствует отслаиванию образовавшейся накипи) или совсем выключать подогреватель. На фиг. 40 представлен паровой насос типа Кнорра, где *1*—паровой цилиндр с пароораспределительной головкой; *2*—водяной цилиндр; *3*—средняя часть, *4*—клапанная коробка, *5*—напорный колпак. В подогревателях смешения все тепло ответвленного мятого пара используется на подогрев воды и поступает в котел, а в поверхностных часть пропадает бесполезно (конденсат выпускается наружу). Вследствие этого поверхностный подогреватель требует ответвления большей доли

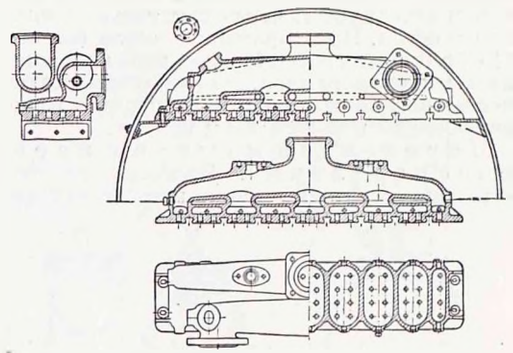


Фиг. 34.

отработанного пара, а следовательно в большей степени понижает эффект тяги в котле. Если отработанный пар поступает в подогреватель еще перегретым (высокий начальный перегрев пара), то эффект действия подогревателя смешения от этого повышается, а поверхностного подогревателя — понижается, т. к. коэф. теплопередачи от перегретого пара к стенкам трубок весьма незначителен. На фиг. 41 представлена камера смешения и насос подогревателя Вортингтона: *a*—паровой цилиндр с распределительной головкой *k*; *b*—цилиндр холодной воды; *c*—цилиндр горячей воды; *d*—камера

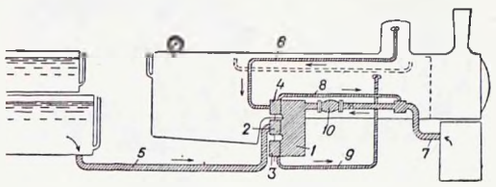


Фиг. 35.



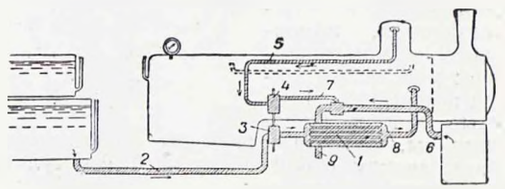
Фиг. 36.

смешения с поплавком, вертикально перемещающимся на штоке и регулирующим уровень воды в камере; *e*—вход отработанного



Фиг. 37.

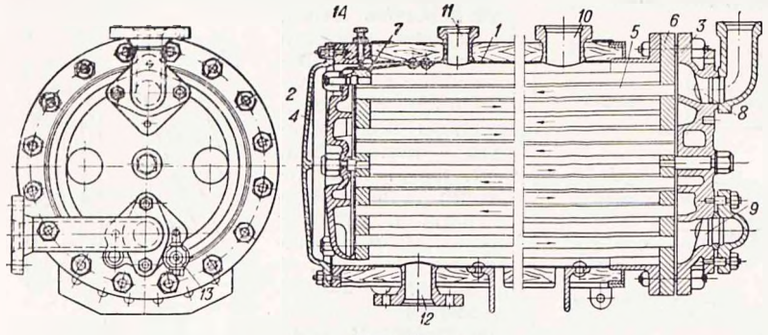
пара; *f*—обратный клапан; *g*—разбрызгивающий клапан, через который попадает в камеру смешения холодная вода. В послед-



Фиг. 38.

нее время сложные водоподогревательные установки все чаще заменяются на П. инжекторами мятого пара (сист. Девис и Миткальф, Элеско и др.). Схема такого инжекто-

ра дана на фиг. 42. Отработанный пар из конуса, очищенный в маслоотделителе, проходит в паровой конус, куда попадает также



Фиг. 39.

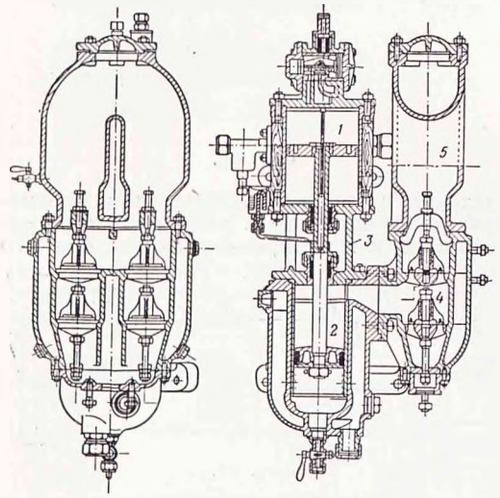
и вода. В следующем конусе вода смешивается с паром, и смесь с большой скоростью проходит в напорный конус, а затем в питательную трубу и через питательный клапан в котел. При давлении в котле больше 11 *atm* приходится добавлять небольшое количество свежего пара. Регулирование количества подаваемой воды производится горизонтальным перемещением конуса.

Паровозная машина и паропараспределение. Наиболее распространенные системы машин: простая 2-цилиндровая и 4-цилиндровая, компаунд 2- и 4-цилиндровая; в последнее время появляются простые 3-цилиндровые машины. Основные размеры машины связаны между собой следующей формулой: для простой машины:

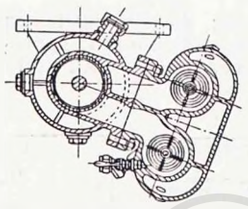
$$F_k = 0{,}97\,\frac{nd_i^2 l p_k}{200D}\cdot\xi\cdot\eta_m; \qquad (12)$$

для компаунд-машины:

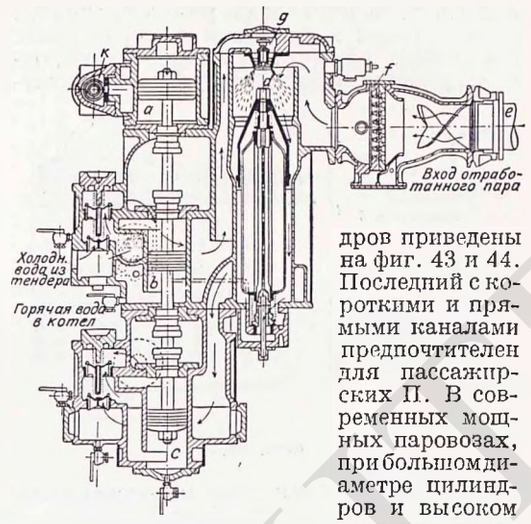
$$F_k = 0{,}97\,\frac{n' d_i^2 l p_k}{200D}\cdot\xi\cdot\eta_m. \qquad (13)$$



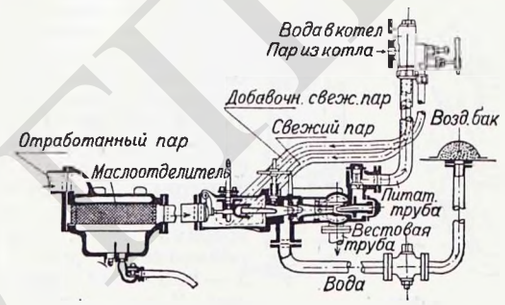
Фиг. 40.



F_k выясняется из условий задания; системой машины и числом цилиндров задаются; l—ход поршня, выбираемый в пределах 650—800 *мм*; D—диам. движущих колес в пределах 1 200—1 500 *мм* для товарных и 1 600—2 000 *мм* для пассажирских; ξ и η_m—см. *Тяговые расчеты*; p_k выбирается в пределах 12—17 *кг/см²*. Диам. цилиндра определяют из ф-л (12) или (13). Диам. цилиндра простой машины не следует делать больше 700 *мм* для товарных и 650 *мм* для пассажирских П.; в противном случае лучше переходить на 3 или 4 цилиндра. Отношение объемов цилиндров машины компаунд выбирается в пределах 2,1—2,8. Типы цилиндров приведены на фиг. 43 и 44. Последний с короткими и прямыми каналами предпочтителен для пассажирских П. В современных мощных паровозах, при большом диаметре цилиндров и высоком давлении пара, усилия, действующие вдоль штоков и стремящиеся сдвинуть цилиндры в противоположных направлениях, весьма велики, что требует особенно жесткого и солидного междурамного скрепления в месте привалки цилиндров; поэтому в настоящее время при брусковых рамах америк. типа часто делают в 2-цилиндровых П. стальные отливки цилиндров

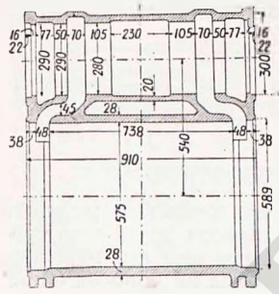


Фиг. 41.

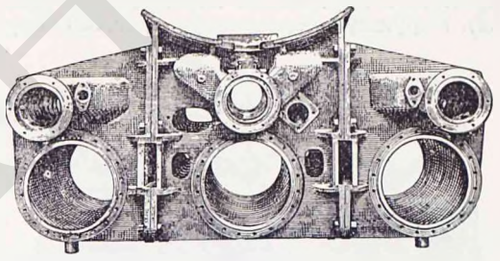


Фиг. 42.

(фиг. 45), служащие одновременно междурамным креплением и опорой для котла. Отливка цилиндров для трехцилиндрового П. представлена на фиг. 46; она состоит из трех отдельных частей, соединенных фланцами. На фиг. 47 — цельная отливка с наклонным средним цилиндром и приливом (в нижней части) для шкворня тележки. На фиг. 48 и 49 изображены типы отливок цилиндров для 4-цилиндровых машин. На фиг. 48 отливка состоит из двух половин, сболченных между собой и посаженных сверху на брусковые рамы; парораспределение

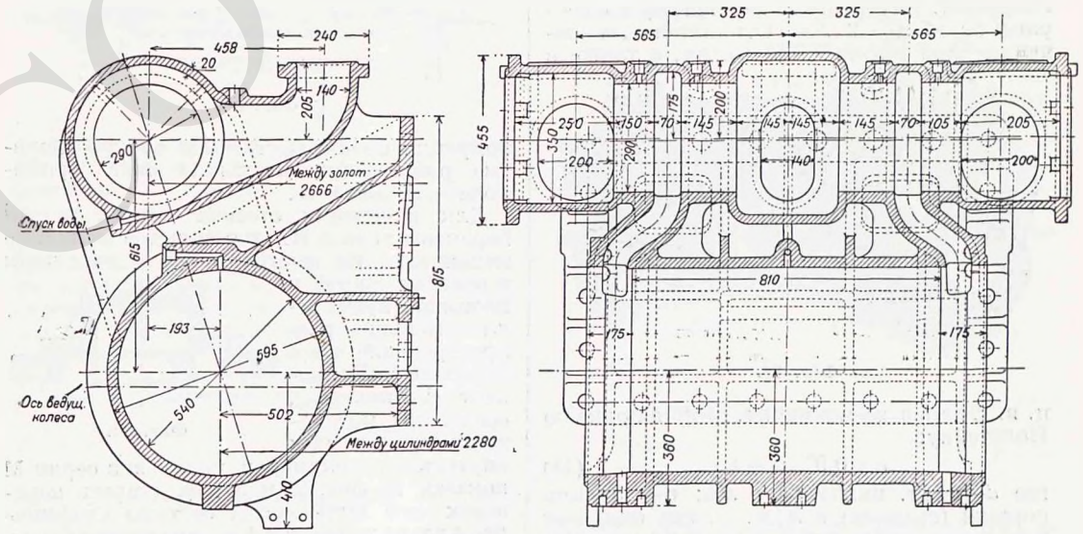


Фиг. 43.



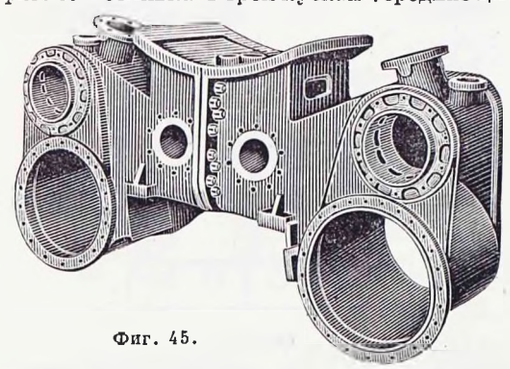
Фиг. 46.

цилиндра независимое парораспределение (четыре золотника). Иногда в 4-цилиндровых П. каждый цилиндр отливают отдельно. Весьма интересна отливка внутренних ц. н. д., представленная на фиг. 50; здесь в виду большого диаметра цилиндров их пришлось сдвинуть друг относительно друга в горизонтальной плоскости. На цилиндровых крышках перегревных П. устанавливаются пружинные предохранительные клапаны в предупреждение возможности выши-

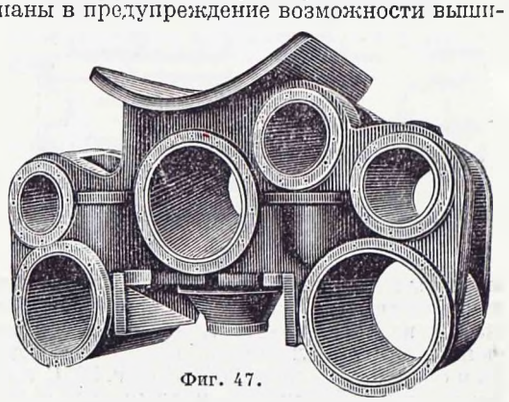


Фиг. 44.

двумя сложными золотниками, обслуживающими каждый два смежных цилиндра. На фиг. 49—отливка «в трех кусках»: средние цилиндры (высокого давления) отлиты в одном куске и являются опорой для передней части котла; наружные цилиндры низкого давления отлиты каждый отдельно; у каждого



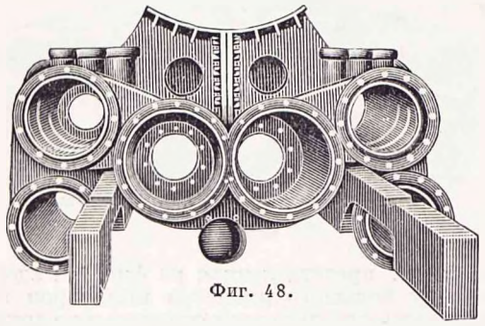
Фиг. 45.



Фиг. 47.

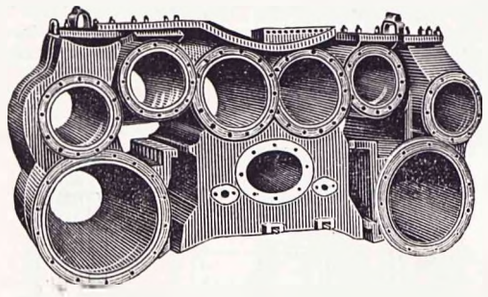
бания крышек при гидравлич. ударах воды, скопляющейся во время стоянки в элементах перегревателя и при открытии ре-

гулятора попадающей в паровые цилиндры. Золотники при насыщенном паре м. б. плоские с наружным впуском (фиг. 51); при перегретом паре (выше 250°)—обязательно круглые с внутренним впуском пара (фиг. 52). Наружную перекрышу e (фиг. 53) берут



Фиг. 48.

в пределах 0,67—0,75 a (a—ширина впускного окна); больший размер—для высоких скоростей. Внутреннюю перекрышу i выбирают от +5 до −8 *мм*. Отрицательные значения—при высоких скоростях, а также в

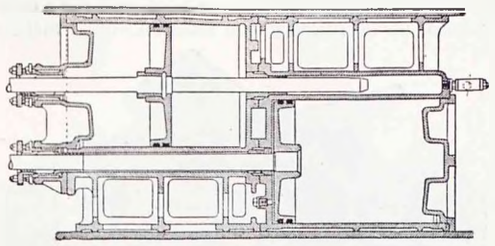


Фиг. 49.

ц. в. д. паровоза-компаунд. Ширина окна по Нольтейну:

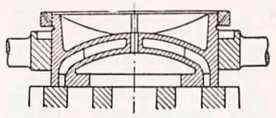
$$a = 0{,}075\,d + v, \qquad (14)$$

где d—диам. цилиндра в *мм*; v—скорость поршня (средняя) в *м/сек*. Длина окна—от $0{,}6d$ (тяжелые товарные П.) до $0{,}9d$ (курьерские П.). Золотники сист. Трика с внутренним каналом для дополнительного впуска

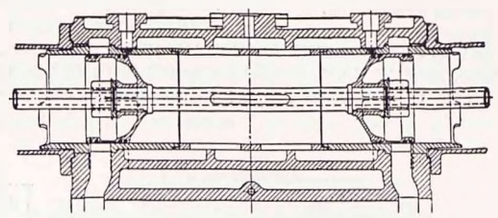


Фиг. 50.

пара выходят из употребления. Клапанные и крановые пароораспределения встречаются на П. в настоящее время лишь в виде исключения. Пример клапанного пароораспределения сист. Ленца приведен на фиг. 54. С точки зрения достижения надлежащей плотности прилегания золотника к втулке громадное значение имеют размеры и форма золотниковых колец. Долголетний опыт показал, что наиболее рациональными являются разрезные пружинящие кольца малого сечения (от 40 *мм*² и более). Такие кольца весьма эластичны и несмотря на незначительную силу, прижимающую их ко втулке, обеспечивают очень плотное прилегание золотника, благодаря чему утечки пара ничтожны. В то же время благодаря незначительной величине прижимающего усилия золотник работает с малым трением и износом втулок и требует ничтожного усилия для его передвижения. В последнее время на дорогах СССР



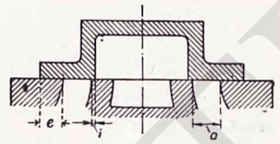
Фиг. 51.



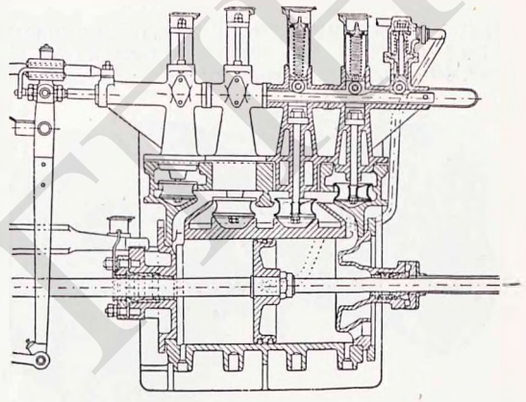
Фиг. 52.

получили преимущественное распространение раздвижные золотники сист. Трофимова—см. *Байпасс*.

Для изменения степени впуска и для перемены хода в П. применяются кулисные механизмы. Из многочисленных их систем и разновидностей в настоящее время исключительное распространение имеет механизм Вальсхерта (Гейзингера), общий вид которого для наружных и внутренних цилиндров паровозов серии М показан на фиг. 55 и 56; на старых паровозах еще встречаются системы Стефенсона, Аллана и Джоя; в Америке начинает рас-



Фиг. 53.



Фиг. 54.

пространяться механизм Беккера. Любая из кулис этих систем сообщает золотнику перемещения ξ, необходимые для правильной работы пароораспределения:

$$\xi = r\sin(\delta+\alpha) = r\sin\delta\cos\alpha + r\cos\delta\sin\alpha. \qquad (15)$$

Эксцентриситет эксцентрика r и угол опережения эксцентрика δ—постоянные величины для данного пароораспределения; α—переменный угол поворота кривошипа. Обозначая $r\sin\delta = A$, $r\cos\delta = B$, имеем

$$\xi = A\cos\alpha + B\sin\alpha. \qquad (16)$$

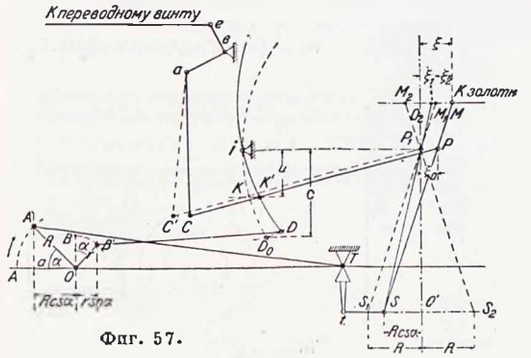
Посмотрим, как осуществляются в кулисе Вальсхерта перемещения $A\cos\alpha$ и $B\sin\alpha$. Схема этой кулисы—на фиг. 57. Перемещение Oa главного кривошипа на величину $R\cos\alpha$ передается крейцкопфу T, затем через поводок Tt и серьгу tS точке S ($SO' = R\cos\alpha$) и далее верхнему концу маятника SM.

$O_2M_1 = R\cos\alpha\frac{l_2}{l_1}$, где $l_1 = SP_1$ и $l_2 = P_1M_1$. Таким образом:

$$\xi_1 = R\frac{l_2}{l_1}\cdot\cos\alpha = A\cos\alpha, \qquad (17)$$

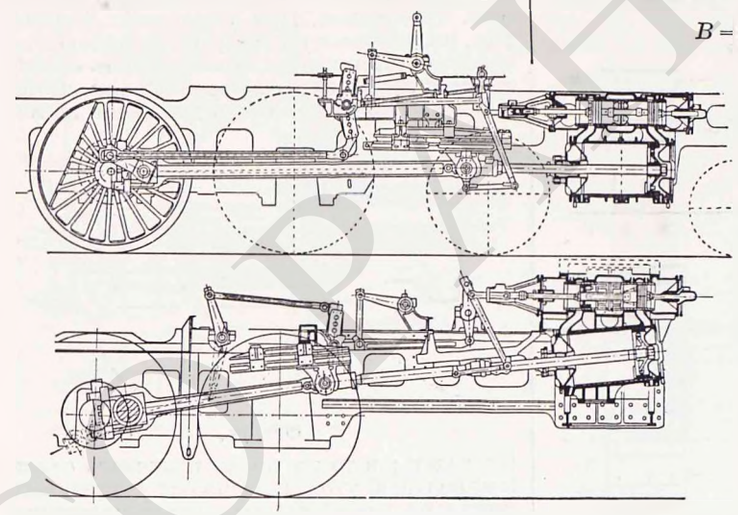
$$A = R\frac{l_2}{l_1} = \text{Const}. \qquad (18)$$

Второе перемещение золотник получает от эксцентрика $OB = r$. Перемещение конца B



Фиг. 57.

эксцентрика $r\sin\alpha$ передается нижнему концу D кулисы ($DD_0 = r\sin\alpha$); кулисный камень K переместится на $KK' = r\sin\alpha\frac{u}{c}$; на ту же величину передвинется и точка захвата маятника P_1, переместив маятник



Фиг. 55 и 56.

из положения SM_1 в SM. Золотник получает дополнительное перемещение M_1M,

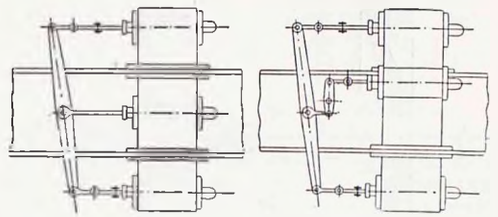
$$M_1M = \xi_2 = r\sin\alpha\frac{u}{c}\cdot\frac{l_1+l_2}{l_1} = B_1\sin\alpha. \qquad (19)$$

$$B = r\cdot\frac{u}{c}\cdot\frac{l_1+l_2}{l_1}. \qquad (20)$$

Полное перемещение ξ золотника выражается следующим уравнением:

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = R\frac{l_2}{l_1}\cos\alpha + r\frac{u}{c}\frac{l_1+l_2}{l_1}\sin\alpha = A\cos\alpha + B\sin\alpha. \qquad (21)$$

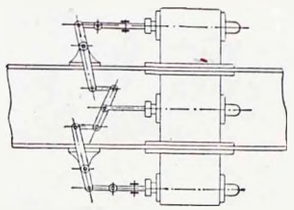
Действуя переводным винтом, машинист при помощи рычажной передачи $ebaC$ может поднимать или опускать конец C кулисной тяги CP, меняя положение камня на кулисе, т. е. величину u. При этом меняется отношение $\frac{u}{c}$, а следовательно ξ и степень впуска: при удалении камня от точки вращения кулисы I степень впуска увеличивается и наоборот. При переводе камня K в верхнюю часть кулисы (выше I) П. получает задний ход. В машинах однократного расширения наиболее употребительны степени впуска



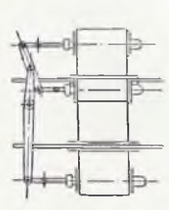
Фиг. 58.

Фиг. 59.

0,1—0,5 хода поршня (в США—до 0,7), в машинах компаунд 0,3—0,7 (в США до 0,85). У 3- и 4-цилиндровых П. пароораспределение отдельными кулисными механизмами для каждого цилиндра применяется редко в виду его сложности. Обычно применяют рычажные передачи, при помощи к-рых золотники внутренних машин получают дви-



Фиг. 60.



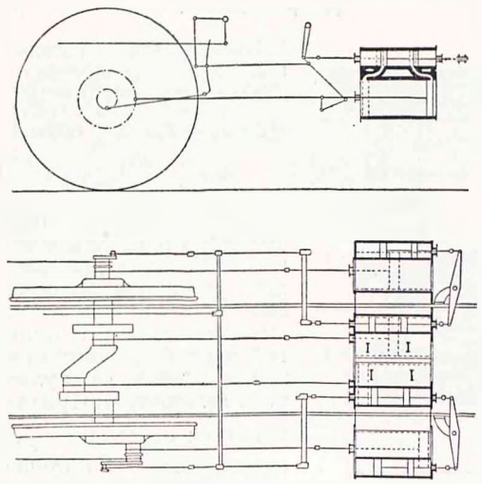
Фиг. 61.

жение от внешних; иногда (в 4-цилиндровых П.) применяются сложные золотники, из к-рых каждый обслуживает два смежных цилиндра. На фиг. 58, 59, 60 и 61 показаны способы передачи движения золотнику внутреннего цилиндра 3-цилиндрового П. На фиг. 62—один из способов передачи дви-

ОБСОБН

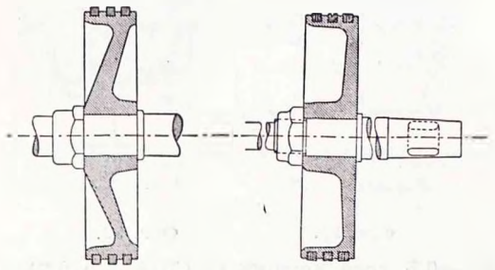
жения внутренним золотникам 4-цилиндрового П. Схема передачи ясна из чертежей.

Движущий механизм паровозной машины состоит из поршней со штоками, крейцкопфов, главных шатунов, спарников и кри-



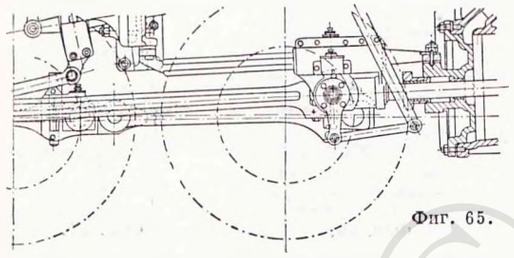
Фиг. 62.

вошипов. Нормальная конструкция поршня (литой или кованой стали) представлена на фиг. 63 и 64. При перегретом паре ставят три уплотняющих кольца шириной 20 *мм* и высотой 12—20 *мм*. Поршень насаживает-



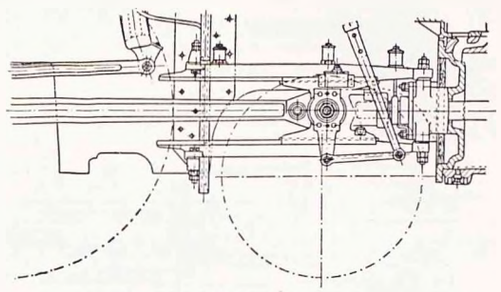
Фиг. 63. Фиг. 64.

ся на цилиндрическую или конич. заточку штока и укрепляется прошпиленной гайкой. Для разгрузки поршня и для предохранения внутренней поверхности цилиндра от неравномерной выработки применяют контр-



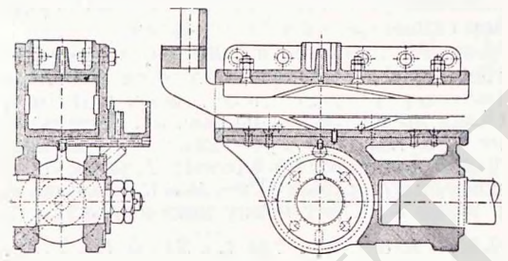
Фиг. 65.

шток, передавая весь вес поршня на направляющие. В США поршень обычно составной с отдельно отлитым ободом. Контршток часто отсутствует, а вместо него обод имеет уширение в нижней части для лучшего направления поршня. Поршневый шток изготовляется из лучшей стали и задним концом, заточенным на конус, укрепляется во втулке крейцкопфа при помощи натяжного клина. Для облегчения веса, особенно при большой длине штока, его полезно выполнять пустотелым. При внутренних цилиндрах, работающих на вторую или третью движущую ось, является необходимость обойти впереди лежащие движущие оси так, чтобы ведущий шатун при своем движении не мог



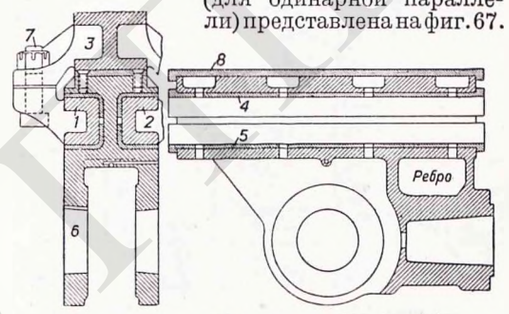
Фиг. 66.

их задеть; в то же время придавать слишком большой угол наклона оси внутреннего цилиндра нежелательно. Для удовлетворения этим условиям приходится делать шток очень большой длины. В этих случаях шток делается обычно составным по длине из



Фиг. 67.

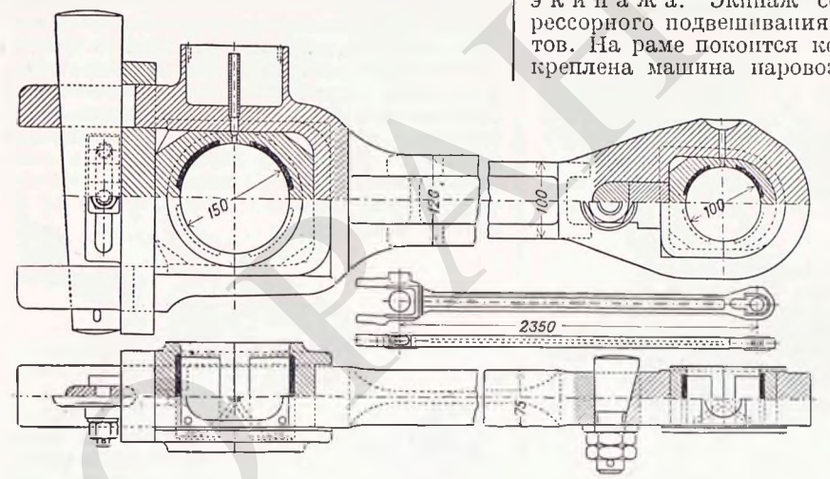
двух частей и снабжается часто двумя крейцкопфами. Крейцкопфы бывают двух типов: для одинарной и для двойной параллели. Общее расположение обоих типов крейцкопфов показано на фиг. 65 и 66. Конструкция наиболее употребительного крейцкопфа (для одинарной параллели) представлена на фиг. 67.



Фиг. 68.

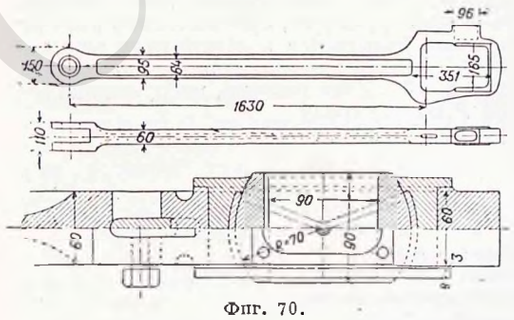
При переднем ходе П. работает нижняя опорная плоскость параллели, при заднем—верхняя. В целях уменьшения удельного давления от крейцкопфа на параллель, а следовательно и износа трущихся поверх-

ностей, в современных мощных П. применяют многоопорные параллели системы Пенсильванской ж. д. На фиг. 68 изображен



Фиг. 69.

крейцкопф П. серии М с тремя параллелями *1*, *2* и *3*. При переднем ходе паровоза работают нижние плоскости всех трех па-



Фиг. 70.

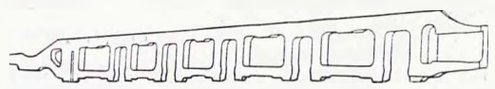
раллелей. Все 3 параллели сболчены болтами *7*; *4*, *5* и *8*—бронзовые подушки для уменьшения трения; *6*—гнездо крейцкопфного валика. На фиг. 69 дана конструкция главного шатуна; справа—малая головка, которая надевается на крейцкопфный валик; слева—большая, надеваемая на палец кривошипа ведущей оси. Подшипники (бронза с заливкой баббитом) состоят из 2 половинок; натяг их достигается клином или клинообразным сухарем при помощи натяжного болта. Поперечное сечение тела шатуна—



Фиг. 71.

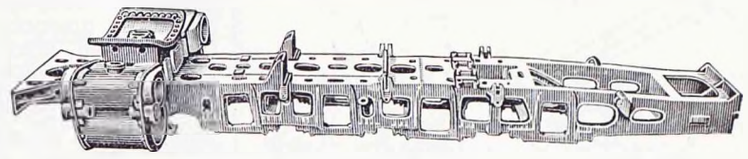
прямоугольное, чаще двутавровое. Спаривающие шатуны имеют подобную же, но более легкую конструкцию. Если одна из осей П. имеет боковые перемещения (для более удобного прохождения закруглений путн), то применяют спарники с шаровыми подшипниками (фиг. 70).

Устройство паровозного экипажа. Экипаж состоит из рамы, рессорного подвешивания и колесных скатов. На раме покоится котел и к ней закреплена машина паровоза. Главные рамы бывают: 1) листовые, толщиной от 28 до 35 *мм* (фиг. 71), 2) брусковые стальные литые или из прокатной стали, толщиной от 90 до 160 *мм* (фиг. 72), 3) отлитые в одно целое с междурамными скреплениями и цилиндрами (см. фиг. 73). Междурамные скрепления клепаные или литые; при 3-цилиндровой машине роль переднего скрепления играет средний цилиндр, он служит и передней опорой для котла; заднее скрепление в виде стальной отливки служит стяжным ящиком. На фиг. 74 представлен общий вид клепаных междурамных скреплений, применяемых при листовых рамах: *а*—буферный брус; *б*—переднее жесткое скрепление, служащее опо-



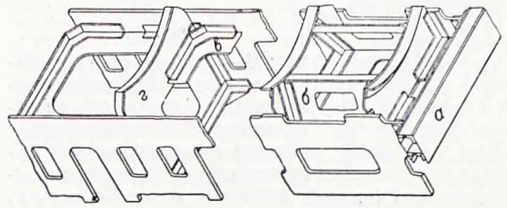
Фиг. 72.

рой дымовой коробки; *в*—горизонтальный лист; *г*—вертикальный лист. Литые междурамные скрепления американского типа изображены на фиг. 75. Жестко скрепленный с рамами в передней своей части и подпертый в середине гибким подбрюшником из тонкого листового железа, котел задней ча-



Фиг. 73.

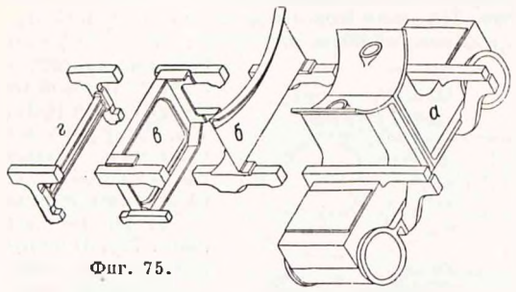
стью опирается на раму при помощи скользящих опор, обеспечивающих ему свободу



Фиг. 74.

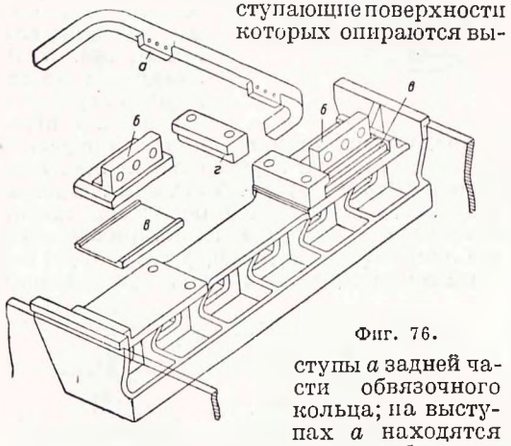
горизонтального удлинения. Устройство поперечных скользящих опор представлено

на фиг. 76 и 77. Фиг. 76—передняя опора топки: *а*—выступы передней части обвязочного кольца, связанные болтами со скользунами *б*; *в*—бронзовые прокладки; *г*—суха-



Фиг. 75.

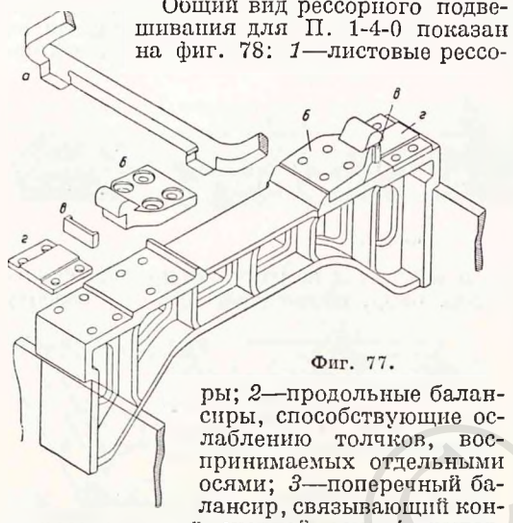
ри, закладываемые для предупреждения расстройства соединения. Фиг. 77—задняя опора топки: *г*—бронзовые подушки, на выступающие поверхности которых опираются вы-



Фиг. 76.

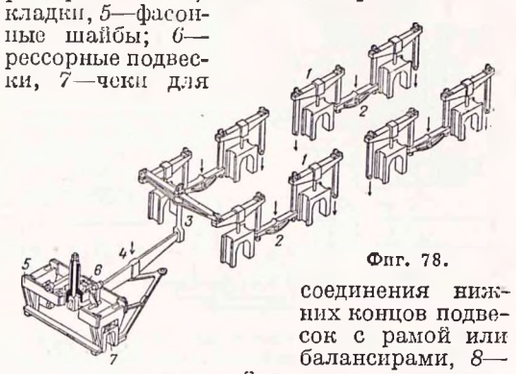
ступы *а* задней части обвязочного кольца; на выступах *а* находятся носы, которые упираются в упорки *б*, неподвижно укрепленные на литом корпусе опоры; *в*—бронзовые прокладки.

Общий вид рессорного подвешивания для П. 1-4-0 показан на фиг. 78: *1*—листовые рессо-



Фиг. 77.

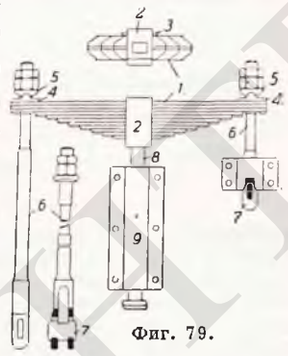
ры; *2*—продольные балансиры, способствующие ослаблению толчков, воспринимаемых отдельными осями; *3*—поперечный балансир, связывающий концы рессор первой сцепной оси; *4*—рычаг, связывающий рессоры первой сцепной оси с подвешиванием тележки; передний нос рычага *4* хватается за вертикальный шкворень, подвешенный в центре люльки тележки *6*; люлька опирается при помощи роликов на поперечные балки тележечной рамы *5*; а рама в свою очередь опирается на буксы бегунковой оси через винтовые пружины *7*. Рессоры применяются главным обр. листовые, реже спиральные. На фиг. 79 показано устройство листовой рессоры: *1*—рессорные листы, *2*—хомут, надеваемый в горячем состоянии и плотно схватывающий рессорные листы, *3*—клин, *4*—фасонные подкладки, *5*—фасонные шайбы; *6*—рессорные подвески, *7*—чеки для



Фиг. 78.

соединения нижних концов подвесок с рамой или балансирами, *8*—шпинтон, опирающийся в верхнюю часть осевой буксы, *9*—направляющая шпинтона. В СССР принят профиль рессорных листов 100×12,7 *мм*. Длина рессор 700—1 300 *мм*. Величина груза в *кг*, прогибающего рессору на 1 *мм*, называется коэфициентом жесткости $Ж$ рессоры; в паровозе $Ж$ колеблется от 50 до 200. Если рессора, нагруженная силой P, имеет стрелу прогиба f (в *мм*), то

$$Ж = \frac{P}{f}. \qquad (22)$$



Фиг. 79.

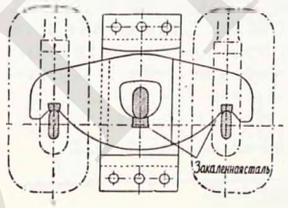
Если паровоз стоит на месте и рессора имеет стрелу прогиба f_0, то нагрузка, передаваемая колесом на рельс:

$$П = Ж \cdot f_0. \qquad (23)$$

Если вследствие какой-либо причины (продольная, поперечная качка, подпрыгивание) рессора получает дополнительный прогиб (положительный или отрицательный) на величину h *мм*, то нагрузка

$$P = Ж(f_0 + h) = П + Ж \cdot h. \qquad (24)$$

Чем меньше $Ж$, т. е. чем мягче рессоры, тем меньше (при данной игре рессор) колебания нагрузок колес П. на ходу. Поэтому для передних направляющих осей П., наиболее опасных в смысле разгрузки и схода с рельс, желательны более мягкие рессоры. Б а л а н с и р ы (см. фиг. 80)—рычаги первого рода, соединяющие нижние концы подвесок двух рессор соседних колес данной стороны П. или двух колес данной оси. Они способствуют выравни-



Фиг. 80.

ванию нагрузок (при продольной и поперечной качке), передаваемых на рельсы отдельными колесами, но увеличивают размеры продольной и поперечной качки. Кроме того балансиры обеспечивают неизменность проектных статических нагрузок на рельсы от колес, рессоры которых ими сопрягаются, вне зависимости от изменения статических стрел прогиба сопряженных рессор. Если Q_1 — нагрузка переднего колеса, Q_2 — заднего, а m и n —плечи балансира, соединяющего нижние концы рессорных подвесок, то из ур-ия равновесия балансира

$$\frac{Q_1}{2} \cdot m = \frac{Q_2}{2} \cdot n$$

следует, что

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n}{m} = \text{Const}.$$

Постановку балансиров можно рекомендовать для сопряжения рессор 1-й и 2-й сцепных осей П. (продольный балансир); иногда считают полезным сопрягать рессоры обоих колес передней оси поперечным балансиром. Поперечные балансиры всегда делают равноплечими. Для уменьшения жесткости рессорного подвешивания применяют балансиры, собранные из рессорных листов (двойное подвешивание). Для этого случая жесткость подвешивания

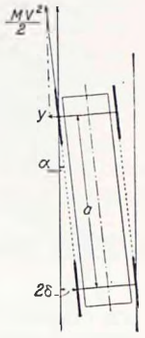
$$Ж = \frac{P}{f + f_1}, \qquad (25)$$

где f и f_1—статич. прогибы основной и дополнительной рессоры. Для уменьшения вредных воздействий П. на путь при подпрыгиваниях П. на неровностях пути полезно ставить мягкие рессоры. Для уменьшения размеров продольной и поперечной качки надрессорного строения полезно увеличивать базу П., т. е. расстояние между его крайними осями.

К о л е с н ы е с к а т ы состоят из осей с напрессованными на них колесами. *Оси* (см.) бывают прямые, одно- и двухколенчатые. Число спиц равно числу дм. диаметра колеса. Диаметр втулки в 1,6—2,0 раза больше диаметра подступичной части оси. Толщина бандажей в СССР б. ч. 75 *мм*, а при давлениях от оси на рельс свыше 20 *т* доходит до 90 *мм* и более. Предельный износ бандажей допускается у нас до толщины 40 *мм*. Способы укрепления бандажей на колесном центре весьма различны; наилучшее укрепление—непрерывное без стопорных болтов (по русско-германск. способу). Осевая букса (см. *Букса осевая*) состоит из верхней коробки, имеющей вид буквы П и плотно прилегающей боковыми поверхностями к буксовым челюстям, приваленным к вырезу в главных рамах. Для уменьшения трения между буксой и челюстями к боковым поверхностям буксовой коробки прикреплены бронзовые наличники. Между телом буксы и скошенной стороной буксовой челюсти вставлен клин с натяжным болтом, подтягивая который можно уменьшать образующийся от изнашивания зазор. В верхнюю часть буксы плотно закладывается бронзовый подшипник, охватывающий верхнюю половину осевой шейки. Смазочная коробка закрывает осевую шейку снизу и наполнена набивкой, пропитанной смазкой. Буксовая коробка должна иметь возможность вертикальных перемещений в челюстях на 40—50 *мм*. В буксе Обергетмана подшипник состоит из трех вкладышей: верхнего и двух боковых, что увеличивает угол обхвата осевой шейки до 270° и при движении П. понижает удельное давление на шейку.

В п и с ы в а н и е п а р о в о з н о г о э к и п а ж а в к р и в ы е. Угол набегания α (см. фиг. 81) для положения наибольшего возможного перекоса экипажа определяется следующим выражением:

$$\sin \alpha = \frac{2\sigma}{a}, \qquad (26)$$

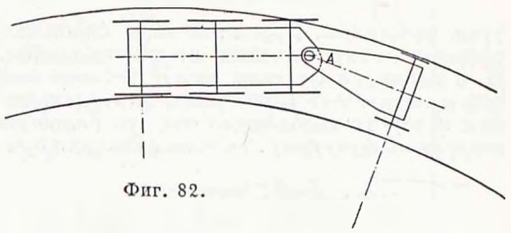


Фиг. 81.

где 2σ — сумма зазоров между бандажом и рельсом для обоих колес оси (при новых бандажах $2\sigma = 0{,}017$ *м*; при изношенных допускается не свыше 0,03175 *м*), a—направляющая длина экипажа. Боковое давление на рельс:

$$Y = \frac{M \cdot V^2}{2} \cdot \sin \alpha, \qquad (27)$$

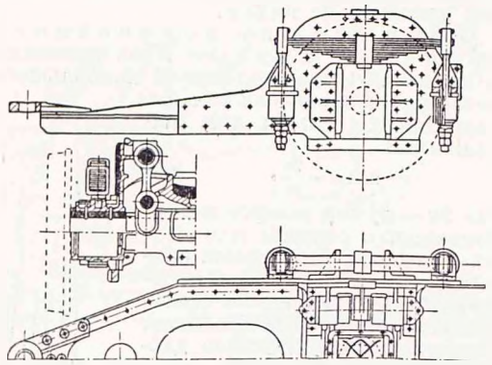
M—масса П., V—скорость хода. Увеличение a способствует уменьшению виляния паровоза, уменьшению угла набегания и бокового давления, но для более свободного прохождения многоосных экипажей по кривым приходится уменьшать a, повышая тем самым опасность схода П. с рельсов, к-рая увеличивается с увеличением отношения $\frac{Y}{P}$ (P—нагрузка, передаваемая передним колесом на рельс). Для уменьшения угла набегания устраивают переднюю ось вращающейся в ее буксовых подшипниках (ось Адамса) или



Фиг. 82.

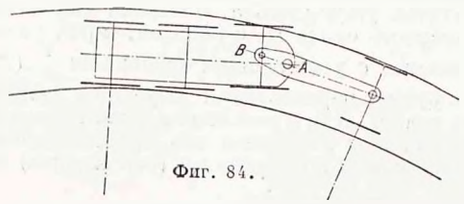
снабжают П. т е л е ж к о й той или иной системы с боковым перемещением и возвращающим приспособлением, стремящимся вернуть отклонившуюся тележку в среднее положение. В этом случае тележка берет на себя часть направляющего усилия Y. Кроме того тележки принимают на себя часть веса П. и облегчают вписывание экипажа в кривые. В целях облегчения прохождения экипажа по кривым малого радиуса применяют: 1) оси с уменьшенной толщиной гребня бандажей (на величину до 15 *мм*), 2) безребордные оси (боковое перемещение до 60 *мм*), 3) оси с поперечным перемещением (до 30—35 *мм* на сторону), 4) поворотные оси (Адамса, Вебба), 5) односные тележки (Бисселя, Крауса), 6) двухосные тележки (америк. типа, Лоттера). В тележке Бисселя (фиг. 82) бегунок, свободно отклоняясь боковым давлением рельса, не участвует в направлении П. по кривой, и все боковое давление Y передается первой

сцепной осью, набегающей на наружный рельс. Задняя ось при этом б. ч. устанавливается радиально, а ось бегунка занимает положение радиальное или близкое к нему. В кривых малого радиуса у первой сцепной



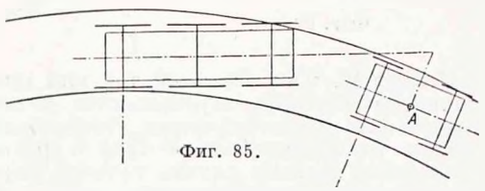
Фиг. 83.

оси обычно получается большой угол набегания, а самое набегание при входе на кривую происходит с ударом. Для уменьшения опасности схода с рельсов полезно в этом случае передавать часть бокового давления Y через бегунковую ось, имеющую малый



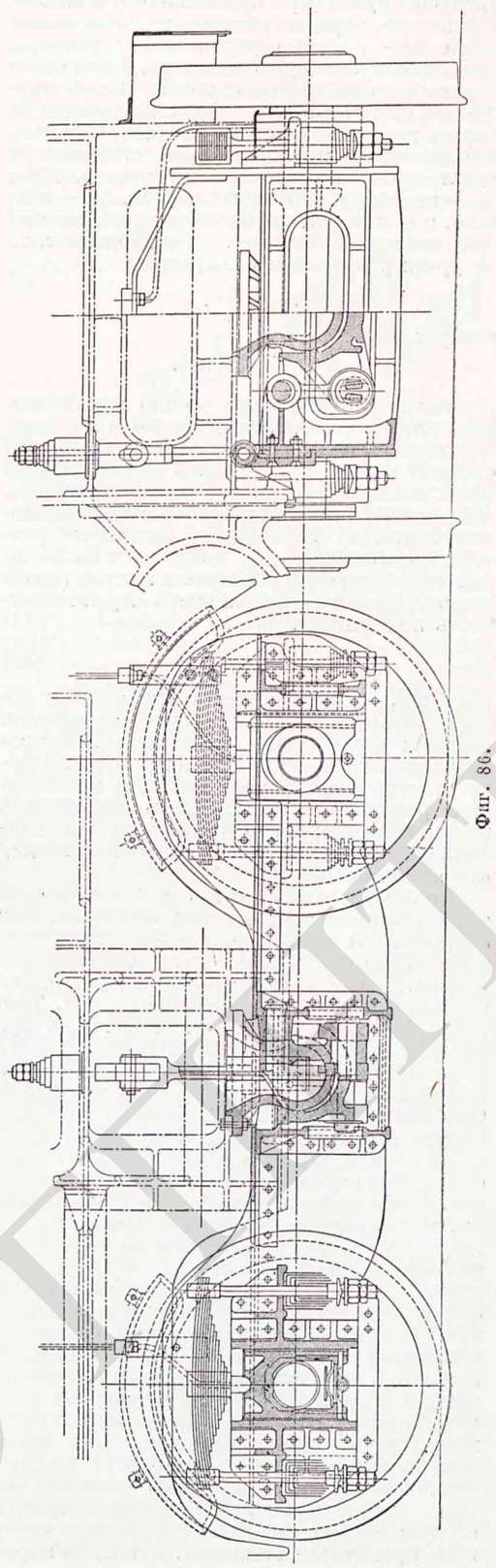
Фиг. 84.

угол набегания. Для этой цели снабжают тележку возвращающим приспособлением. П. с тележкой Бисселя имеют неспокойный ход и склонность к вилянию, для уменьшения которого необходимо создать большую возвращающую силу. Тележка Бисселя при-



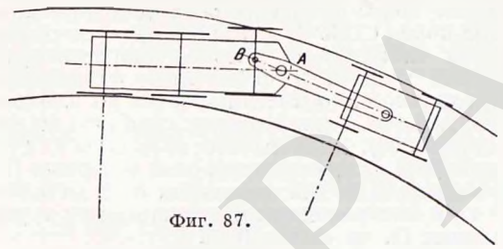
Фиг. 85.

меняется при скоростях не свыше 90 *км/ч*; боковое перемещение бегунка допускается до 80—100 *мм*. На фиг. 83 дан общий вид тележки Бисселя на П. серии Щ с подвешиванием люлечного типа. В тележке Краусса (фиг. 84) рама бегунка соединена шарниром B с первой сцепной осью, имеющей возможность поперечного перемещения. Рама тележки вращается около шкворня A, неподвижно укрепленного в главных рамах П. (Краусс-Гельмгольц) или имеющего боковые перемещения (Краусс-Цар). Тележка работает как двухосная, но задняя ось ее используется как сцепная; тележка эта обеспечивает П. бо́льшую безопасность движения по сравнению с тележкой Бисселя и сообщает ему более спокойный ход. Схема



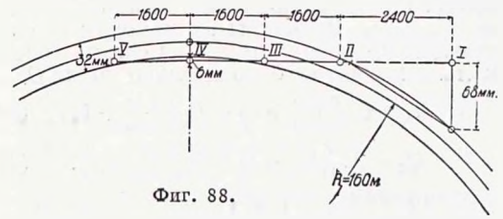
Фиг. 86.

двухосной тележки показана на фиг. 85. Тележка представляет самостоятельный двухосный экипаж. Шкворень A часто имеет боковое перемещение (до 70 *мм* на сторону). Тележка снабжается возвращающим приспособлением, сообщает паровозу весьма



Фиг. 87.

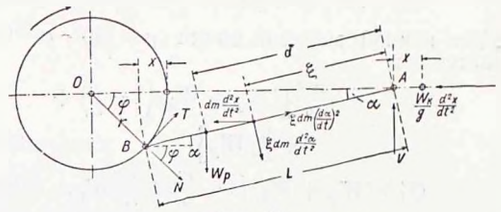
спокойный и плавный ход и вполне пригодна для высоких скоростей. В этом случае под влиянием значительной центробежной силы задний бегунок тележки начинает также прижиматься к наружному рельсу, принимая на себя часть бокового давления и повышая т. о. безопасность движения. Общий вид двухосной тележки П. серии КУ показан на фиг. 86. Наиболее совершенной и пригодной для самых высоких скоростей движения, хотя и обладающей сложным устройством, является тележка Лоттера (фиг. 87), к-рая по существу является трехосной тележкой, т. к. рама тележки соединена шарниром B с первой сцепной осью, имеющей боковые перемещения. Для прохождения кривых малых радиусов шкворню A сообщают иногда боковую подвижность. Геометрич. вписывание экипажа в кривую данного радиуса дает возможность определить зазоры между ребордами колес и рельсами и назначить те или иные боковые перемещения осей и тележек. Вписывание выполняют по способу Роя. Радиусом, уменьшенным в n^2 раз против натуры, прочерчивают кривую—среднюю линию пути; от этой кривой по радиусу откладывают в натуральную величину в обе стороны по половине полного зазора между ребордами



Фиг. 88.

колес и рельсами (принимая во внимание уширение колеи в кривой) и чертят две новые дуги—линии наружного и внутреннего рельса. П. изображается в виде хорды, причем его база a откладывается в масштабе $\frac{1}{n}$. Фиг. 88 показывает вписывание в кривую П. 1-4-0 при радиальной установке 3-й сцепной оси. Рекомендуемые масштабы: для поперечных зазоров—1 или $^1/_2$, для расстояния между осями— $\frac{1}{n}$ или $^1/_2 n$, для радиуса кривых — $\frac{1}{n^2}$ или $^1/_2 n^2$. Величина n берется равной 8, 10, $12^1/_2$ или 20. Положение экипажа в кривой, т. е. радиальная установка той или иной оси, м. б. выяснено только путем динамич. вписывания с учетом всех внешних сил, действующих на экипаж. Обычно в 2- и 3-осных экипажах радиально устанавливается задняя ось, в 4-осных—третья или четвертая ось, в 5-осных—четвертая ось.

Уравновешивание сил инерции в паровозе. 1) Уравновешивание поступательно перемещающихся масс и массы главного шатуна (фиг. 89). Примем обозначения: x—путь, пройденный поршнем от мертвой точки, r—радиус кривошипа. L — длина шатуна. d — координата ц. т. шатуна, W_p и W_k — вес шатуна и поступательно перемещающихся масс, dm — элемент массы шатуна, ξ — координата его ц. т., $\frac{d^2x}{dt^2}$—ускорение поступательного движения поршня и шатуна, $\frac{d\alpha}{dt}$ и $\frac{d^2\alpha}{dt^2}$ — угловая скорость и ускорение шатуна, ω— угловая скорость вращения ведущего колеса, V —



Фиг. 89.

реакция параллелей, N и T—нормальная и касательная реакции кривошипа. Имеем:

$$\left.\begin{aligned} & x = r(1-\cos\varphi) + L(1-\cos\alpha) \\ & \sin\alpha = \frac{r}{L}\sin\varphi \\ & \frac{d\varphi}{dt} = \omega = \text{Const} \\ & \frac{d^2x}{dt^2} = r\omega^2\left(\cos\varphi + \frac{r}{L}\frac{\cos^2\varphi}{\cos^3\alpha} - \frac{\sin\varphi\sin\alpha}{\cos\alpha}\right) \\ & \frac{d\alpha}{dt} = \frac{r}{L}\omega\frac{\cos\varphi}{\cos\alpha} \\ & \frac{d^2\alpha}{dt^2} = \frac{r}{L}\omega^2\left(\frac{r}{L}\frac{\cos^2\varphi\sin\alpha}{\cos^3\alpha} - \frac{\sin\varphi}{\cos\alpha}\right) \end{aligned}\right\} \quad (28)$$

Ур-ие проекций сил на горизонталь:

$$-\frac{d^2x}{dt^2}\int dm + \sin\alpha\frac{d^2\alpha}{dt^2}\int \xi\, dm + \\ + \cos\alpha\left(\frac{d\alpha}{dt}\right)^2\int \xi\, dm + N\cos\varphi + T\sin\varphi - \\ - \frac{W_k}{g}\cdot\frac{d^2x}{dt^2} = 0. \quad (29)$$

Ур-ие моментов сил относительно A:

$$\frac{d^2x}{dt^2}\sin\alpha\int \xi\, dm - \frac{d^2\alpha}{dt^2}\int \xi^2\, dm - NL\sin(\alpha+\varphi) + \\ + TL\cos(\alpha+\varphi) - W_p d\cos\alpha = 0. \quad (30)$$

В этих ур-ниях

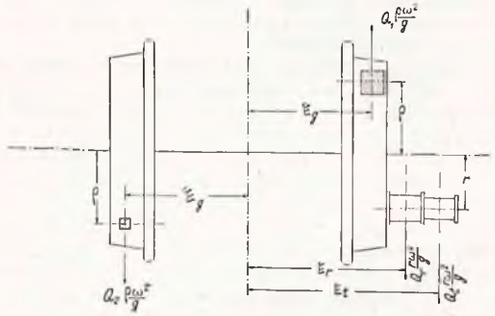
$$\int dm = \frac{W_p}{g};\quad \int \xi dm = \frac{W_p}{g}d;\quad \int \xi^2\, dm = \\ = I_A = \frac{k^2 W_p}{g}$$

(k — плечо инерции шатуна, определяемое из опыта качания шатуна как маятника около точки A). Для передней мертвой точ-

ки, подставляя в ур-ия (28) и (29) $\varphi = 0$ и $\alpha = 0$, имеем:

$$N_{\varphi=0^\circ} = \frac{r\omega^2}{g}\left[(W_p + W_k)\left(1 + \frac{r}{L}\right) - \frac{rd}{L^2} W_p\right]. \quad (31)$$

Для уравновешивания этой силы потребовалось бы в колесе на расстоянии r от оси O поставить противовес



Фиг. 90.

$$Q_t' = (W_p + W_k)\left(1 + \frac{r}{L}\right) - \frac{rd}{L^2} W_p. \quad (31a)$$

Для задней мертвой точки ($\varphi = 180°$, $\alpha = 0$) получим:

$$N_{\varphi=180^\circ} = \frac{r\omega^2}{g}\left[(W_p + W_k)\left(1 - \frac{r}{L}\right) + \frac{rd}{L^2} W_p\right], \quad (32)$$

$$Q_t'' = (W_p + W_k)\left(1 - \frac{r}{L}\right) + \frac{rd}{L^2} W_p. \quad (32a)$$

Для наилучшей возможной горизонтальной уравновешенности П. надо было бы поставить противовес

$$Q_t = \frac{Q_t' + Q_t''}{2} = W_p + W_k. \quad (33)$$

Подставляя в ур-ия (28)—(30) значение $\varphi = 90°$, а затем $\varphi = 270°$, находим:

$$\left.\begin{aligned} N_{\varphi=90^\circ} &= \frac{r\omega^2}{g}\cdot W_p\left[\frac{r^2 - 2\frac{dr^2}{L} + h^2}{L^2 - r^2}\right] + \\ &+ \frac{r\omega^2}{g}\cdot W_k\frac{r^2}{L^2 - r^2} - \frac{W_p d}{L} \\ N_{\varphi=270^\circ} &= \frac{r\omega^2}{g}\cdot W_p\left[\frac{r^2 - 2\frac{dr^2}{L} + h^2}{L^2 - r^2}\right] + \\ &+ \frac{r\omega^2}{g}\cdot W_k\frac{r^2}{L^2 - r^2} + \frac{W_p d}{L} \end{aligned}\right\}. \quad (34)$$

Пренебрегая последними членами, не поддающимися уравновешиванию, находим величину противовеса, необходимую для достижения вертикальной уравновешенности паровоза:

$$Q_b = W_p\left[\frac{r^2 - 2\frac{dr^2}{L} + h^2}{L^2 - r^2}\right] + W_k\frac{r^2}{L^2 - r^2}. \quad (35)$$

Т. к. $Q_t > Q_b$, то в действительности помещают в колесе для частичного уравновешивания сил инерции масс главного шатуна, поршня, штока и крейцкопфа противовес Q:

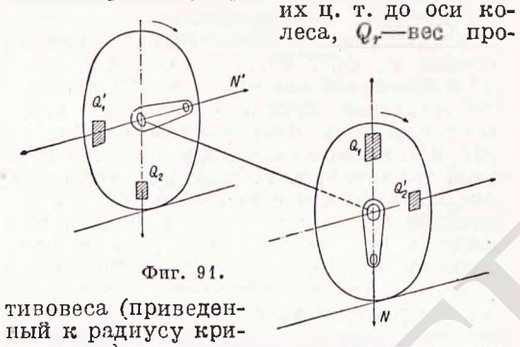
$$Q = Q_b + \frac{1}{m}(Q_t - Q_b). \quad (36)$$

Величина $\frac{1}{m}(Q_t - Q_b)$ называется вертикальным избытком. Вертикальный избыток помещают не только на ведущих, но и на сцепных колесах, чем достигается лучшая уравновешенность П. в горизонтальной плоскости.

$$\frac{1}{m} = \alpha\frac{Q\cdot s\cdot g}{r\omega^2(s + \xi_t)(Q_t - Q_b)}, \quad (37)$$

где Q—полная статич. нагрузка на ось в $кг$, α—допускаемый коэф. разгрузки оси, s—половина расстояния между точками опоры обоих колес оси на рельсах (для нормальной колеи СССР $2s = 1\,524$ $мм$), g—ускорение силы тяжести, ω—угловая скорость вращения колеса, ξ_t—расстояние от средней продольной плоскости паровоза до плоскости действия сил инерции главного шатуна (фиг. 90). Допускаемые величины α: для передних направляющих осей товарных П. не свыше 0,25, для остальных осей до 0,5—0.6 и в быстроходных пассажирских и курьерских П. не свыше 0,15.

2) Уравновешивание вращающихся масс. Если q_1, q_2, q_3, ...—веса отдельных вращающихся частей данного колеса (кривошипные приливы, пальцы кривошипов, контркривошип кулисы, часть веса спарников), ϱ_1, ϱ_2, ϱ_3, ...—расстояния их ц. т. до оси колеса, Q_r—вес противовеса (приведенный к радиусу кривошипа r), уравновешивающего силы инерции вращающихся масс, то



Фиг. 91.

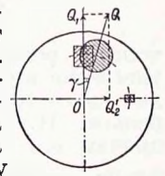
$$Q_r = \frac{\Sigma(q\cdot\varrho)}{r}. \quad (38)$$

3) Окончательная схема уравновешивания сил инерции в ведущем скате паровоза представлена на фиг. 90 и 91. Уравновешивание сил инерции правого колеса производится противовесами Q_1 и Q_2. Величины их находим из следующих уравнений проекций сил на вертикаль и моментов относительно точки O:

$$Q_1 = Q_r\frac{r}{2\varrho}\left(\frac{\zeta_r}{\zeta_g} + 1\right) + Q\frac{r}{2\varrho}\left(\frac{\zeta_t}{\zeta_g} + 1\right), \quad (39)$$

$$Q_2 = Q_r\frac{r}{2\varrho}\left(\frac{\zeta_r}{\zeta_g} - 1\right) + Q\frac{r}{2\varrho}\left(\frac{\zeta}{\zeta_g} - 1\right). \quad (40)$$

Уравновешивание сил инерции левого колеса требует противовесов Q_1' и Q_2' (фиг. 91). Складывая центробежные силы обеих слагающих противовесов каждого колеса по правилу параллелограма (фиг. 92), находим величину и направление равнодействующего противовеса Q по следующим ф-лам:



Фиг. 92.

$$\left.\begin{aligned} Q &= \sqrt{Q_1^2 + Q_2^2} \\ \operatorname{tg}\gamma &= \frac{Q_2}{Q_1} \end{aligned}\right\}. \quad (41)$$

В 3- и 4-цилиндровых машинах с кривошипами, работающими на одну ось, противовесы внутренних машин также переносятся на колеса, причем величины их для правого и левого колеса будут обратно пропорциональны расстояниям плоскостей вращения ц. т. противовесов до вертикальной плоскости, проходящей через ось внутреннего цилиндра.

4) Полные динамические нагрузки колес на ходу П. определяются ф-лами: а) для тендерных и вагонных колес и для поддерживающих осей П.:

$$P = П \pm Ж\cdot h; \quad (42)$$

б) для сцепных колес П.:

$$P = П \pm Ж\cdot h + \frac{\frac{1}{m}(Q_t - Q_b)}{g} r\omega^2\sin(\varphi + \gamma); \quad (43)$$

в) для ведущих колес П.:

$$P = П \pm Ж\cdot h + \frac{\frac{1}{m}(Q_t - Q_b)}{g} r\omega^2\sin(\varphi + \gamma) + \eta_m\cdot\frac{\pi d^2}{4} p_x\frac{r}{L}\sin\varphi - \eta_m\frac{W_k}{g} r\omega^2\frac{r}{L}\sin\varphi\cos\varphi. \quad (44)$$

Наибольшие и наименьшие значения этих нагрузок имеют место при следующих положениях кривошипа: а) для сцепных колес: P_{max} при $\varphi = 90° - \gamma$, P_{min} при $\varphi = 270° - \gamma$; б) для ведущих колес: P_{max} при $\varphi = 90° + \gamma$, P_{min} при $\varphi = 270° - \gamma$ и при езде без пара ($p_x = 0$). Обозначения в формулах (42)—(44): $П$—статич. нагрузка на колесо, $Ж$—коэфициент жесткости рессоры, h—наибольшая игра рессоры, принимаемая с запасом в 20 $мм$; γ—угол сдвига противовеса; η_m—механич. кпд машины; d—диаметр парового цилиндра; p_x—мгновенное результирующее давление пара на поршень, определяемое по индикаторной диаграмме.

Тепловая работа П. 1) Основные обозначения: B_h—час. расход топлива в $кг$; L_0—теоретич. необходимое для горения количество воздуха в $кг$; L_b—действительное количество воздуха в $кг$; α—коэф. избытка воздуха; G_h—вес газов при сжигании 1 $кг$ топлива; $(C_p)_m$—средняя весовая теплоемкость продуктов горения; M и N—коэф-ты ур-ия тепла; R—площадь колосниковой решетки в $м^2$; H—поверхность нагрева в $м^2$; H_1. $H_ü$, H_n—поверхности нагрева (в $м^2$): испаряющая, перегревателя и водоподогревателя; H_m., H_∂., $H_{ж.}$—поверхности нагрева топки, дымогарных и жаровых труб; H_0—наружн. поверхность котла в $м^2$; L_∂. и $L_{ж.}$—длина дымогарных и жаровых труб в $м$; r_∂. и $r_{ж.}$—средний гидравлич. радиус дымогарных и жаровых труб в $м$; Ω_∂. и $\Omega_{ж.}$—площадь живого сечения дымогарных и жаровых труб в $м^2$; T_0, T_1 и T_m—темп-ры горения: теоретическая, действительная и средняя температуры топочного пространства; T_2, T_2^∂ и $T_2^{ж}$—темп-ра газов у огневой решетки: средняя, при входе в дымогарные и жаровые трубы; T_3, T_3^∂ и $T_3^{ж}$—температуры отходящих газов: средняя, из дымогарных и из жаровых труб; $t_ü$, t_e и t_k—темп-ры перегретого пара в коллекторе, мятого пара и котловой воды; τ и ϑ—темп-ры питательной воды в тендере и по выходе из водоподогревателя; t_b—темп-ра наружного воздуха; k—коэф. теплопередачи; k_m., k_∂., $k_{ж.}$, $k_ü$ и k_n—коэф-ты теплопередачи в топке, дымогарных и жаровых трубах, в перегревательных и водоподогревательных трубках; w_∂., $w_{ж.}$, w_n.—средние скорости протекания газов по дымогарным и жаровым трубам и воды по трубкам водоподогревателя в $м/сек$; $Q_{p.}$—низшая рабочая теплотворная способность топлива в Cal/$кг$; μ—коэф. механич. полноты сгорания; Σb—служебный расход пара в $кг/ч$; D_h—часовая паропроизводительность котла в $кг/ч$; λ—теплосодержание пара в Cal/$кг$; $\lambda_ü$, λ_x и λ_e—теплосодержание пара в Cal/$кг$ в коллекторе пароперегревателя, в котле и в выхлопной трубе; $\Delta\lambda$—приращение теплосодержания пара в перегревательных трубках в Cal/$кг$; ψ—коэф. совершенства изоляции котла; v—скорость хода П. в $км/ч$; z—количество пара, снимаемое с 1 $м^2$ поверхности нагрева в 1 час.

2) Процесс горения.

$$L_0 = \frac{1}{23{,}6}\left(\frac{8}{3}C + 8H + S - O\right) кг, \quad (45)$$

где C, H, S и O—составные части топлива в %.

$$L_b = \alpha\cdot L_0, \quad (46)$$

где

$$\alpha = \frac{1}{1 - 3{,}76\cdot\frac{O_2 - \frac{CO}{2}}{N_2}}.$$

Значения α для паровозного котла: при нефтяном отоплении $\alpha = 1{,}15 \div 1{,}30$, при угольном отоплении $\alpha = 1{,}30 \div 1{,}70$, при дровяном $\alpha = 1{,}50 \div 2{,}00$ (в шахтных паровозных топках можно сжигать дрова при $\alpha = 1{,}2 \div 1{,}5$). Толщина угольного слоя на решетке д. б. тем больше, чем крупнее уголь и чем сильнее тяга. Средняя толщина слоя рекомендуется 150—350 $мм$. Количество окиси углерода в продуктах сгорания:

$$CO = \frac{21 - \beta CO_2 - (CO_2 + O_2)}{0{,}605 + \beta}, \quad (47)$$

где β—химич. характеристика топлива:

$$\beta = 2{,}37\frac{H - \frac{O}{8}}{C}. \quad (48)$$

При проектировании котла задаются обычно величиной α и CO (1—1,5%) и определяют вероятное содержание CO_2, O_2 и N_2 из ур-ий (46) и (47), присоединяя к ним контрольное ур-ие газового анализа:

$$100 = CO_2 + O_2 + CO + N_2. \quad (49)$$

Связь между количеством тепла Q, проходящим в 1 час через данное сечение дымоходов, и темп-рой T газов в этом сечении дает т. н. ур-ие тепла:

$$Q = B_h\cdot G_b\cdot(C_p)_m T.$$

Если веса отдельных газов, входящих в состав продуктов сгорания, будут G_1, G_2, ..., а теплоемкости их: C_p', C_p'', ..., при этом $C_p' = a' + b'T$, $C_p'' = a'' + b''T$ и т. д., то

$$B_h\cdot G_b\cdot(C_p)_m T = B_h\cdot G_1(a' + b'T)T + B_h G_2(a'' + b''T)T + \ldots = B_h\Sigma(G\cdot a)T + B_h\Sigma(G\cdot b)T^2 = MT + NT^2; \quad (50)$$

здесь:

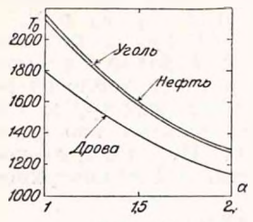
$$M = B_h(0{,}55\frac{C}{CO_2 + CO} + 0{,}0021C + 0{,}0406H + 0{,}0045W), \quad (51)$$

$$N = B_h(0{,}0000445\frac{C}{CO_2+CO} + 0{,}0000013C + + 0{,}0000044H + 0{,}0000005W). \quad (51a)$$

Подставляя в ур-ие (50) $Q = B_h \cdot Q_p$ (располагаемое тепло) и $T = T_0$ (теоретич. темп-ра горения), находим:

$$T_0 = \frac{\sqrt{M^2 + 4NB_hQ_p} - M}{2N}. \quad (52)$$

На фиг. 93 даны зависимости $T_0 = f(\alpha)$ для нефти, угля и дров с влажностью 30%. Благодаря различным α имеем для средних нормальных условий работы: для нефти $T_0 = 1\,800 \div 2\,000°$, для углей $T_0 = 1400 \div 1\,700°$, для дров $T_0 = 1\,100 \div 1\,350°$.



Фиг. 93.

3) Процесс теплопередачи. Ур-ие теплопередачи в дымогарных трубках бесперегревного паровоза:

$$(M + 2Nl_k)\ln\frac{T_2 - l_k}{T_3 - l_k} + 2N(T_2 - T_3) = k_{\partial.} \cdot H_{\partial.}. \quad (53)$$

Коэф. теплопередачи

$$k = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{\delta'}{\lambda'} + \frac{\delta''}{\lambda''}}; \quad (54)$$

a_1—коэф. теплопередачи от газов к стенке; a_2—коэф. теплопередачи от стенки к воде; δ. δ', δ''—толщина стенки, слоя сажи и накипи в *мм*; λ. λ', λ''—соответствующие коэфициенты теплопроводности. На практике: $a_1 = 10 \div 40$ Cal/м² час °C. $a_2 = 1\,000 \div 5\,000$ Cal/м² час °C; для железа $\lambda = 50$, для меди $\lambda = 300$; $\lambda' = 0{,}1$; $\lambda'' = 2$. Толщина и материал металлических стенок, а также условия омывания водой поверхности нагрева котла почти не влияют на k; слой сажи в 1 *мм* толщиной понижает k на 20 %; слой накипи в 5 *мм* понижает k на 7%. Для дымогарных трубок паровозного котла имеем эмпирическую зависимость:

$$k_{\partial.} = 6 + 2{,}45 \cdot w_{\partial.}^{0{,}7}, \quad (55)$$

где

$$w_{\partial.} = \frac{1{,}07L_0 \cdot \alpha \cdot B_h \cdot 29{,}27}{3\,600 \cdot 10\,330 \cdot \Omega_{\partial.}}\left[\frac{T_2 + T_3}{2} + 273\right]. \quad (56)$$

При менее точных подсчетах (с точностью ± 10%) можно принимать

$$k_{\partial.} = 0{,}15\sqrt{\frac{B_hQ_p}{H}}. \quad (57)$$

Теплопередача в топке протекает двояко: лучеиспусканием и соприкосновением (конвекцией). При практич. подсчетах обычно не разграничивают оба эти способа и общую теплопередачу подсчитывают по ур-ию:

$$(M + 2Nl_k)\ln\frac{T_1 - l_k}{T_2 - l_k} + 2N(T_1 - T_2) = k_m H_m. \quad (58)$$

С точностью до 10% имеем:

$$k_m = 0{,}23\sqrt{\frac{B_hQ_p}{H_m}}. \quad (59)$$

Количество тепла, передаваемое через стенки топки лучеиспусканием, можно подсчитать по ф-ле Больцмана

$$Q_{л.} = \sigma \cdot H_{л.}\left(\frac{T_m + 273}{100}\right)^4, \quad (60)$$

где $Q_{л.}$—теплота лучеиспускания в Cal/час, σ—лучеиспускательная способность тела и $H_{л.}$—лучеиспускающая поверхность в $м^2$. Принимают $\sigma = 4$ и для угольного отопления, где $H_{л.} = (1{,}8 \div 2{,}0)R$, а для нефтяного отопления $H_{л.} = (0{,}6 \div 0{,}8)H_m$.

4) Температура газов. Действительная $t°$ горения определяется из ур-ия:

$$B_hQ_p - (Q_2' + Q_2'') = \mu(MT_1 + NT_1^2). \quad (61)$$

О величинах Q_2' и Q_2'' (потери тепла в топке) см. ниже; μ зависит от форсировки котла; для нефти $\mu = 1$, для дров $\mu = 0{,}90 \div 0{,}98$, для углей $\mu = 0{,}70 \div 0{,}95$. Темп-ра газов в любом поперечном сечении трубчатой части котла определяется по эмпирич. ф-ле:

$$T = 1\,350\sqrt[1{,}6]{\frac{\frac{B_h \cdot Q_p}{H} + 4\,400}{\frac{B_h \cdot Q_p}{H} + 223\,000}}. \quad (62)$$

Для определения темп-ры T_2 надо подставить в это ур-ие $H = H_m$ и $H = H_1 + H_{ü}$—для подсчета T_3. На фиг. 94 представлена графически зависимость, выражаемая ур-нем (62).

5) Тепловой баланс котла:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2' + Q_2'' + Q_3 + Q_4. \quad (63)$$

Располагаемое тепло

$$Q_0 = B_hQ_p. \quad (64)$$

Полезное тепло (тепло испарения и перегрева пара):

$$Q_1 = D_h(\lambda_{ü} - \vartheta) + \Sigma b(\lambda_x - \vartheta). \quad (65)$$

Потеря от химич. неполноты сгорания:

$$Q_2' = 56{,}9 \cdot C \cdot \frac{CO}{CO_2 + CO} \cdot B_h. \quad (66)$$

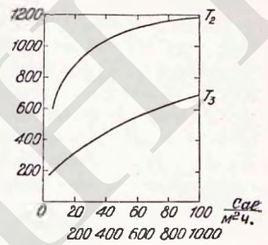
Потеря с уходящими газами:

$$Q_3 = MT_3 + NT_3^2. \quad (67)$$

Потеря на наружное охлаждение котла:

$$Q_4 = \psi \cdot H_0(2{,}2 + 0{,}21 \cdot v^{0{,}7})(t_k - t_b)^{4/3}. \quad (68)$$

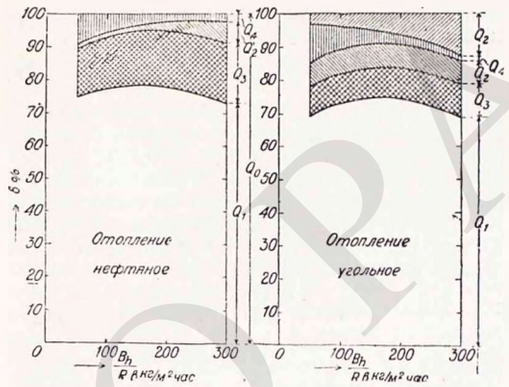
Потеря вследствие провала и уноса топлива Q_2'' в виду невозможности ее учета на практике определяется из контрольного уравнения (63). Величина потери при угольном отоплении тем больше, чем мельче уголь, чем выше форсировка топки, чем больше α, чем суше топливо и чем меньше в нем летучих веществ. При спекающихся углях потеря эта равна 5—15%, при неспекающихся 10—30% и более; на дровах потеря от механического недогорания 2—10%, при нефти равна 0. Потеря от химич. недогорания Q_2' в современных П. с большими топками не превышает 2—4%, повышаясь с увеличением форсировки. Потеря с уходящими газами Q_3 составляет 10—20%, увеличиваясь с повышением форсировки топки и α. Потеря Q_4 в паровозных котлах вообще незначительна: 1—2% (при работе П. с составом). Для голого котла $\psi = 1{,}0$, для изоляции стеклянной ватой $\psi = 0{,}48$, для асбеститовой и бумажной изоляции $\psi = 0{,}40$. Коэфициент полезного действия котла



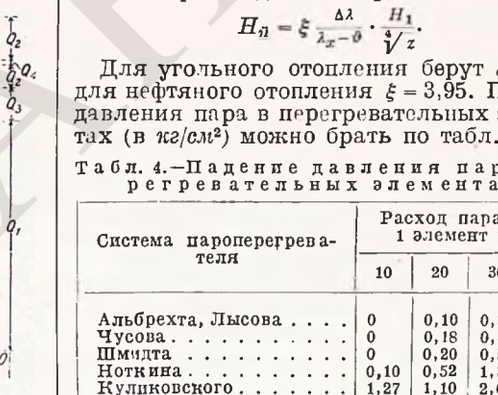
Фиг. 94.

$$\eta_k = \frac{D_h(\lambda_{ü} - \vartheta)}{B_hQ_p}. \quad (69)$$

В современных П. на нефтяном отоплении $\eta_k = 0{,}75 \div 0{,}80$, на угле среднего качества $\eta_k = 0{,}60 \div 0{,}70$, на дровах $\eta_k = 0{,}55 \div 0{,}70$. На фиг. 95 и 96 даны балансы тепла.



Фиг. 95.



Фиг. 96.

6) Перегрев пара. Если V_x и $V_{ü}$—удельные объемы насыщенного (с влажностью 5%) и перегретого пара, то экономия расхода воды при перегретом паре (в %):

$$Э_{в.} = 100\frac{V_{ü} - V_x}{V} \cdot \xi, \quad (70)$$

а экономия топлива:

$$Э_{т.} = 100\frac{V_{ü}\lambda_x - \lambda_{ü}V_x}{V\lambda_x} \cdot \xi, \quad (71)$$

где ξ—коэф., учитывающий уменьшение потерь от теплообмена между паром и стенками цилиндра и поршнем; на практике $\xi = 1{,}4 \div 1{,}5$. Теплопередача в дымогарных трубках перегревного П. идет по ур-ию:

$$(1 - \beta)\left[(M + 2Nl_k)\ln\frac{T_2^{\partial.} - t_k}{T_3^{\partial.} - t_k} + 2N(T_2^{\partial.} - T_3^{\partial.})\right] = = k_{\partial.} \cdot H_{\partial.}; \quad (72)$$

в жаровых трубах от газов котловой воде:

$$\beta(1 - \beta')\left[(M + 2Nl_k)\ln\frac{T_2^{ж.} - t_k}{T_3^{ж.} - t_k} + 2N(T_2^{ж.} - T_3^{ж.})\right] = = k_{ж.} \cdot H_{ж.}; \quad (73)$$

в жаровых трубах от газов перегретому пару:

$$\beta\beta'\left[(M + 2Nl_k)\ln\frac{T_2^{ж.} - \frac{t_{ü} + t_k}{2}}{T_3^{ж.} - \frac{t_{ü} + t_k}{2}} + 2N(T_2^{ж.} - T_3^{ж.})\right] = k_{ü}H_{ü}. \quad (74)$$

Здесь β—доля газов, поступающих из топки в жаровые трубы и β'—доля тепла газов, передаваемого перегретому пару; β и β' определяются из ур-ий:

$$(1 - \beta)^2 \cdot \frac{L_{\partial.}}{r_{\partial.}\Omega_{\partial.}^2} = \beta^2\frac{L_{ж.}}{r_{ж.}\Omega_{ж.}^2}, \quad (75)$$

$$\beta' = \frac{1}{\beta} \cdot \frac{D_h(\lambda_{ü} - \lambda_x)}{M(T_2^{ж.} - T_3^{ж.}) + N(T_2^{ж.2} - T_3^{ж.2})}. \quad (76)$$

Коэф. теплопередачи жаровых труб

$$k_{ж.} = 4{,}8 + 2w_{ж.}^{0{,}7}. \quad (77)$$

Коэфициент теплопередачи перегревательных трубок

$$k_{ü} = 0{,}03\left(\frac{\beta \cdot B_h \cdot Q_p}{H_{ü} + H_{ж.}}\right)^{0{,}7}. \quad (78)$$

Расчет поверхности нагрева пароперегревателя производится по ф-ле:

$$H_{ü} = \xi\frac{\Delta\lambda}{\lambda_x - \vartheta} \cdot \frac{H_1}{\sqrt[3]{z}}. \quad (79)$$

Для угольного отопления берут $\xi = 4{,}55$, для нефтяного отопления $\xi = 3{,}95$. Падение давления пара в перегревательных элементах (в *кг/см²*) можно брать по табл. 4.

Табл. 4.—Падение давления пара в перегревательных элементах.

Система пароперегревателя	Расход пара через 1 элемент в кг/ч			
	10	20	30	40
Альбрехта, Лысова	0	0,10	0,30	0,60
Чусова	0	0,18	0,45	0,75
Шмидта	0	0,20	0,52	0,97
Ноткина	0,10	0,52	1,30	2,40
Куликовского	1,27	1,10	2,65	5,05

7) Подогрев питательной воды. Экономия расхода топлива в %:

$$Э = 100 - 93{,}9\frac{\lambda - \vartheta}{\lambda - t}, \quad (80)$$

где t—темп-ра воды по выходе из инжектора, принимаемая обычно 60—65°. На самом деле сбережение топлива будет несколько больше за счет повышения кпд котла при сниженной форсировке. Определение поверхности нагрева трубчатого парового водоподогревателя производится по ф-ле:

$$H_n = \frac{D_h}{0{,}9k_n}\ln\frac{t_e - \tau}{t_e - \vartheta}. \quad (81)$$

По опытам научно-технич. комитета НКПС

$$k_n = 200 + 1\,650 \cdot w_n^{0{,}7}. \quad (82)$$

Поверхность нагрева газового подогревателя м. б. подсчитана по ф-ле:

$$H_n' = 0{,}24\frac{(1 + L_b)B_h}{k_n'} \cdot \frac{T - T'}{\frac{T + T'}{2} - \frac{\vartheta + \tau}{2}}, \quad (83)$$

где T и T'—темп-ры газов при входе и выходе из области подогревателя. Коэф. ответвления мятого пара для подогрева воды: в подогревателях смешения:

$$\zeta = 1{,}054\frac{\vartheta - \tau}{\lambda_e - \tau} - 0{,}03\frac{\lambda_e - \vartheta}{\lambda_e - \tau}; \quad (84)$$

в поверхностных подогревателях:

$$\zeta = 1{,}12\frac{\vartheta - \tau}{\lambda_e - \vartheta} - 0{,}033. \quad (85)$$

Расход свежего пара на работу питательного насоса составляет 1,5—2% от паропроизводительности котла.

8) Тепловая работа паровозной машины. Ур-ие теплового баланса, отнесенное к 1 рабочему ходу поршня:

$$q_0 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5; \quad (86)$$

q_0—тепло, вносимое свежим паром в цилиндр, q_1—тепло, перешедшее в полезную индикаторную работу; q_2—потеря вследствие теплообмена между паром и стенками цилиндра и поршня; q_3—потеря с уходящим паром; q_4—потеря через обшивку в окружающую среду; q_5—потеря вследствие уте-

чек пара через неплотности поршней и золотников.

$$q_0 = \lambda' \cdot u, \qquad (87)$$

где λ'—теплосодержание пара в золотниковой коробке в Cal/кг и u—расход пара в кг на один рабочий ход поршня.

Для простой машины:

$$q_1 = A \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \cdot p_i \cdot 10\,000, \qquad (88)$$

для компаунд-машины:

$$q_1 = A \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l (d_{\delta}^2 \cdot p_i' + d_n^2 \cdot p_i'') 10\,000. \qquad (88')$$

Здесь $A = \frac{1}{427}$ — тепловой эквивалент работы; p_i' и p_i''—средние индикаторные давления в ц. в. д. и ц. н. д.; q_5 при исправных золотниковых и поршневых кольцах равно 3—12%, уменьшаясь с увеличением числа оборотов и степени наполнения цилиндров. Величина q_2 в % м. б. взята из табл. 5.

Табл. 5.—Потери от теплообмена между паром и стенками цилиндра и поршня (в %).

Тип машины \ Число об/ск.	0,2*				0,4*			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Простая без перегрева пара . .	37,5	30,0	28,0	26,8	26,0	20,0	17,7	16,5
Простая со средним перегревом .	22,0	17,2	15,0	13,5	15,5	11,7	9,8	9,0
Простая с высоким перегревом .	14,0	10,5	8,2	7,0	10 0	7,0	5,1	4,8
Компаунд с высоким перегревом	15,0	10,0	7,0	5,0	12,0	8,0	5,0	3,8
Компаунд без перегрева	24,0	20,0	18,5	18,0	—	—	—	—

* Степень наполнения.

При начальном перегреве < 150° (в золотниковой коробке) пар во время расширения в цилиндре переходит в насыщенный. Поэтому перегрев д. б. не меньше 150°, но и не больше 200° во избежание пригорания смазки и порчи золотниковых и цилиндровых рабочих поверхностей. Табл. 6 дает величину индикаторного кпд паровозных машин в % при разных числах оборотов.

Табл. 6.—Индикаторный кпд паровозных машин.

Тип машины	Число об/ск.			
	1	2	3	4
Простая без перегрева пара	7,0	7,6	7,2	6.4
Простая со средним перегревом	9,4	11,0	11,3	10,8
Простая с высоким перегревом	10,0	11,8	12,4	12,5
Компаунд без перегрева пара	8,6	9,6	9,8	8,5
Компаунд с высоким перегревом	10,6	12,6	13.1	13,0

9) Кпд П. в целом и его предельная мощность:

$$\eta_i = \eta_k \cdot \eta_i \cdot \eta_m; \qquad (89)$$

кпд котла

$$\eta_k = \frac{D_h \cdot \lambda}{B_h \cdot Q_p};$$

индикаторный кпд машины

$$\eta_i = \frac{632}{\lambda} \cdot \frac{N_i}{D_h}; \qquad (90)$$

механический кпд машины

$$\eta_m = \frac{N_k}{N_i}, \qquad (90')$$

где N_k и N_i—касательная и индикаторная мощность П. (в HP). Таким образом

$$\eta = \frac{D_h \cdot \lambda}{B_h \cdot Q_p} \cdot \frac{632}{\lambda} \cdot \frac{N_i}{D_h} \cdot \frac{N_k}{N_i} = \frac{632}{Q_p} \cdot \frac{N_k}{B_h}. \qquad (91)$$

Для средних условий работы современного П. с простой высокоперегревной машиной можно принять $\eta_k = 0{,}65$; $\eta_i = 0{,}125$; $\eta_m = 0{,}9$, $\eta = 0{,}65 \cdot 0{,}125 \cdot 0{,}9 = 0{,}073$. Учитывая по ф-ле (80) добавочную экономию от водоподогрева ($\vartheta = 95°$), к-рая получается ~ 12%, находим окончательно: $\eta = 0{,}073 \cdot 1{,}12 = 0{,}082$. Тогда из ур-ия (91):

$$N_k = \eta \frac{Q_p \cdot B_h}{632} = \frac{Q_p \cdot B_h}{7\,700}.$$

Считая наибольший возможный (при ручном отоплении) часовой расход угля $B_{h\,max} = 2\,000$ кг, находим

$$N_{k\,max} = \frac{Q_p \cdot 2\,000}{7\,700}.$$

На лучшем Донецком угле ($Q_p = 7\,700$) $N_{k\,max} = 2\,000$ HP; на угле марки ПЖ ($Q_p = 7\,000$) $N_{k\,max} = 1\,800$ HP; на хороших березовых дровах ($Q_p = 3\,200$; $B_{h\,max} = 2\,700$ кг)

$$N_{k\,max} = \frac{3\,200 \cdot 2\,700}{7\,700} \cong 1\,100 \text{ HP}.$$

Такова предельная мощность П. при ручном отоплении. Постановка механич. стокера, широко распространенного в США, значительно повышает предельную мощность.

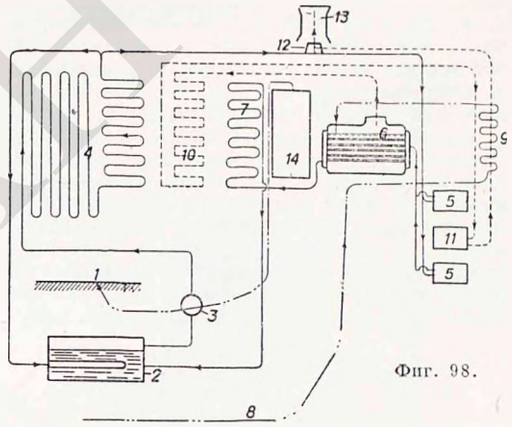
П. высокого давления. Низкий кпд современных паровозов (8—10%) давно уже обратил на себя внимание технической мысли и заставил ее итти по пути искания новых более экономичных типов локомотивов. В связи с появлением таких серьезных конкурентов П., как турбовоз и тепловоз, в последнее время появились первые, более или менее удачные попытки значительного повышения кпд П. путем применения пара высокого давления. Общий облик такого П. как по схеме рабочего процесса, так и по конструктивным формам значительно отличается от привычных для нас П. низкого давления. В направлении осуществления проблемы пара высокого давления в П. техника пошла различными путями. П. высокого давления, построенный швейцарским з-дом в Винтертуре, имеет обычного типа водотрубный котел, состоящий из верхнего барабана паросборника ($\varnothing = 700$ мм), двух нижних барабанов и завальцованных в них трубок, образующих стенки топочного пространства и дымохода, отделенного от топки вертикальной дырчатой перегородкой. За топкой по направлению пути газов помещается пароперегреватель, водяной экономайзер и воздухоподогреватель; после обслуживания указанных агрегатов газы уходят в дымовую трубу. Давление пара в котле 60 atm. При кажущейся простоте устройства такой котел обладает крупными недостатками: большой вес и дороговизна барабанов, необходимость тщательной изоляции толстостенных барабанов от непосредственного действия пламени, ненадежная естественная циркуляция воды при невозможности увеличить длину и диам. водяных трубок, необходимость тщательной очистки питательной воды. З-д Геншеля построил П. с двумя ступенями давления—100 и 15 atm, с котлом сист. Шмидта, в к-ром применен непрямой обогрев барабана высокого давления. Стенки топочного пространства образованы трубками, завальцованными в 2 верхних и 2 нижних барабана; последние имеют прямоугольное сечение и служат обвязочным кольцом. В этой системе образуется промежуточный пар давлением ок. 100 atm, к-рый направляется в змеевик, расположенный в котле высокого давления, и, отдавая тепло воде, приготовляет рабочий пар давлением ок. 60 atm. Конденсат из змеевика возвращается в циркуляционную систему, совершая в ней замкнутый цикл. Рабочий пар высокого давления направляется в пароперегреватель (380°) и затем в средний ц. в. д., где расширяется до 12—15 atm. По выходе из ц. в. д. этот пар смешивается с перегретым паром низкого давления, приготовляемым в обыкновенном трубчатом котле. Образовавшаяся смесь вторично перегревается до 300° и направляется в 2 наружных цилиндра низкого давления и затем в конус. Недостатки этого П.: 1) осаждение накипи в змеевике высокого давления может сильно понизить теплопередачу, а следовательно и давление приготовляемого рабочего пара высокого давления, 2) принцип высокого давления проведен лишь частично, так как только часть тепла продуктов сгорания топлива утилизируется для приготовления пара высокого давления, следовательно кпд будет ниже, нежели он мог бы быть при полной утилизации тепла газов на приготовление пара высокого давления, 3) отсутствие принудительной циркуляции воды, что понижает степень надежности работы котла, 4) наличие тяжелых и дорогих барабанов в системе высокого давления.

Более совершенный способ осуществления проблемы пара высокого давления имеем в П. сист. Лёффлера, построенном з-дом Шварцкопфа.

П. Шварцкопф-Лёффлера типа 2-3-1.

Наибольшая скорость v	110	км/ч
Диам. цилиндра высокого давления d .	2×220	мм
» » низкого » d' .	600	»
Ход поршней h	660	»
Диам. движущих колес D	2 000	»
Жесткая база L	4 600	»
Полная » L'	12 400	»
Полная длина П. с тендером L_0	20 320	»
Порожний вес П. P_n	111,6	m
Служебный » » P_p	114,8	»
Сцепной » » P_k	60,0	»
Давление пара высокого давления p_k .	120	atm
» » низкого » p'_k .	15	»
Площадь колосниковой решетки R . . .	2,4	м²
Огневые поверхности нагрева:		
Пароперегревателя высокого давл. H_{π} .	90,0	м²
» низкого » H_{π}'	32,0	»
Водоподогревателя высокого давл. H_n .	71,0	»
Подогревателя воздуха H_b	85,0	»
Испарителя низкого давления H_u . . .	82,4	»

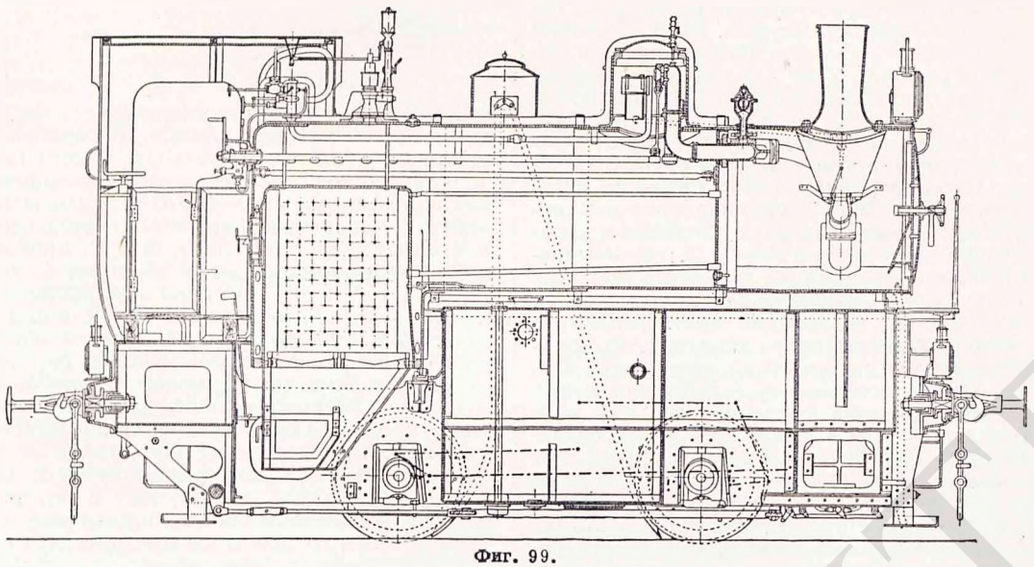
Продольный разрез и общий вид П. представлены на вкл. л., X (фиг. 97) и XI. В котле Лёффлера осуществляется теплопередача не только от газов к воде, но и от пара высокого давления к воде. Это позволяет изолировать наиболее ответственную часть котла—испаритель высокого давления 2—от непосредственного действия топочных газов (фиг. 98); в П. системы Лёффлера этот испаритель,



Фиг. 98.

выполненный в виде цилиндрического барабана, помещен между рамами. В барабане-испарителе благодаря подводу в него высоко перегретого пара образуется насыщенный пар давлением 110—120 atm. Образовавшийся в испарителе пар засасывается особым циркуляционным насосом 3 и, пройдя пароперегреватель высокого давления 4 (перегрев до $t°$ 500°), частично возвращается обратно для приготовления новой порции пара. Змеевики высокого давления 4 образуют стенки огневого пространства (топки) с обычного типа колосниковой решеткой 1. Остальное количество пара высокого давления, выйдя из пароперегревателя, направляется для работы в два цилиндра высокого давления 5; здесь пар расширяется и по выходе из цилиндров поступает в поверхностный испаритель низкого давления 6. Проходя по трубкам этого испарителя, пар отдает тепло воде, из к-рой образуется пар низкого давления, идущий через особый пароперегреватель 10 в ц. н. д. 11 и оттуда в конус 12 и в дымовую трубу 13. Отработанный пар из ц. в. д., пройдя через поверхностный испаритель, в виде конденсата подается питательным насосом в водоподогреватель 7, затем далее в испаритель высокого давления. Питательная вода из тендера 8 подается в испаритель 6 через паровой водоподогреватель 9. Кпд котла достигается при этом весьма высокий благодаря более высокому среднему $t°$-ному уровню системы высокого давления и наличию воздухонагревателя 14. Принудительная циркуляция пара имеет место как в системе высокого, так и низкого давления, обеспечивая надежность работы котла при высоких форсировках и предупреждая возможность загрязнения теплопередающей поверхности нагрева. Вспомогательные механизмы обслуживаются паром низк. давления, т. к. только им можно располагать при растопке П. Затрата мощности на циркуляционный насос невелика, т. к. ему приходится преодолевать лишь сопротивление в трубках пароперегревателя высокого давления, обычно ≤ 5 кг/см². Распределение пара в ц. в. д. и ц. н. д. производится цилиндрич. золотни-

ками. Золотник каждого ц. в. д. разделен на два: по обеим сторонам цилиндра. Золотники расположены выше оси цилиндра и приводятся в движение механизмом Гейзингера. Ц. в. д. изготовляются из высокосортной стали и так расположены в стальных литых опорах, что могут свободно расширяться. Обслуживание этого П. в общих чертах такое же, как и П. низкого давления. В будке машиниста—обычное число маховичков и один регулятор. Регулирование паропроизводительности котла производится путем изменения числа ходов поршня циркуляционного насоса. Наблюдение за работой котла важно не столько в отношении давления пара, сколько в отношении температуры стенок котла. При этом если температура стенок трубок начинает превосходить допу-



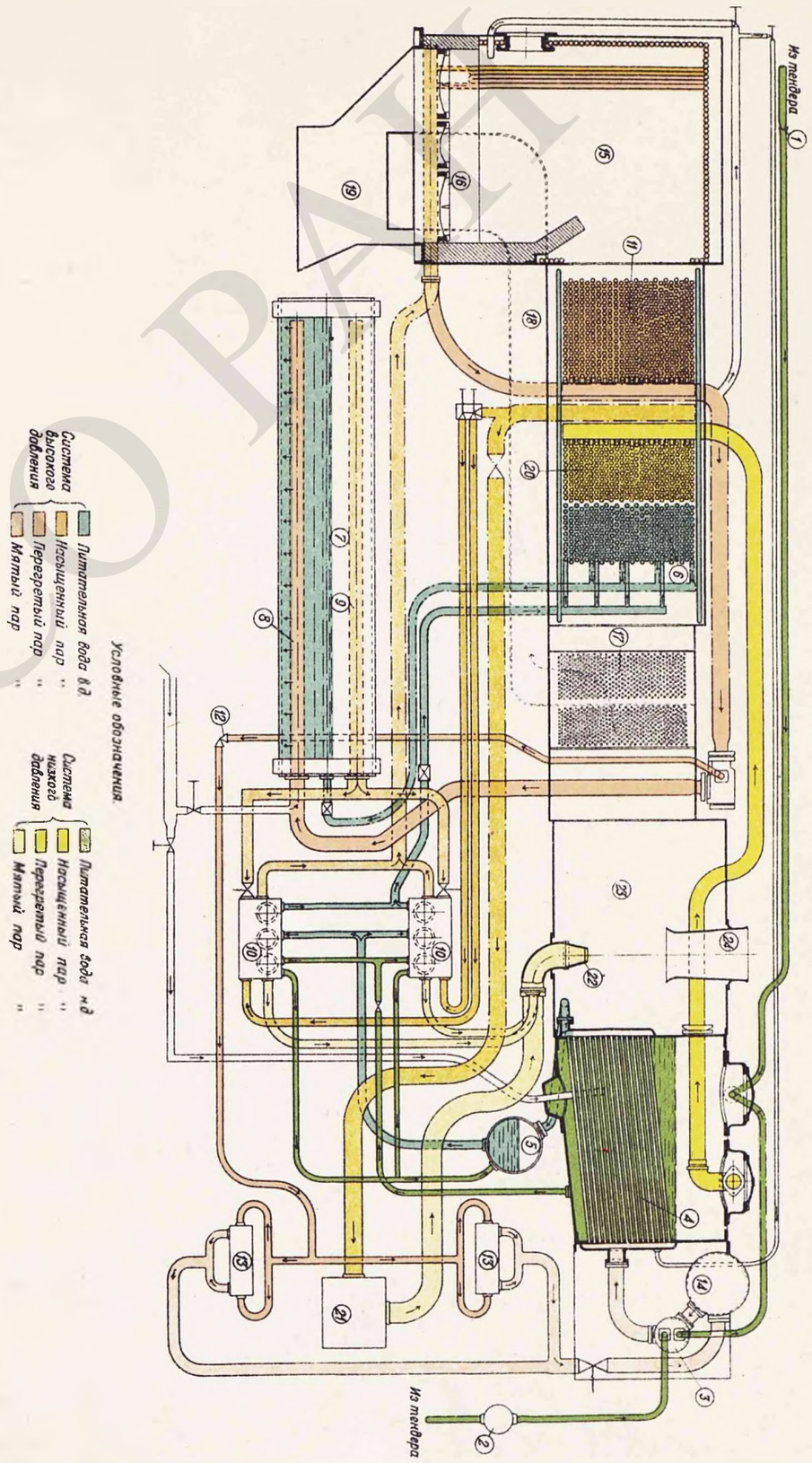
Фиг. 99.

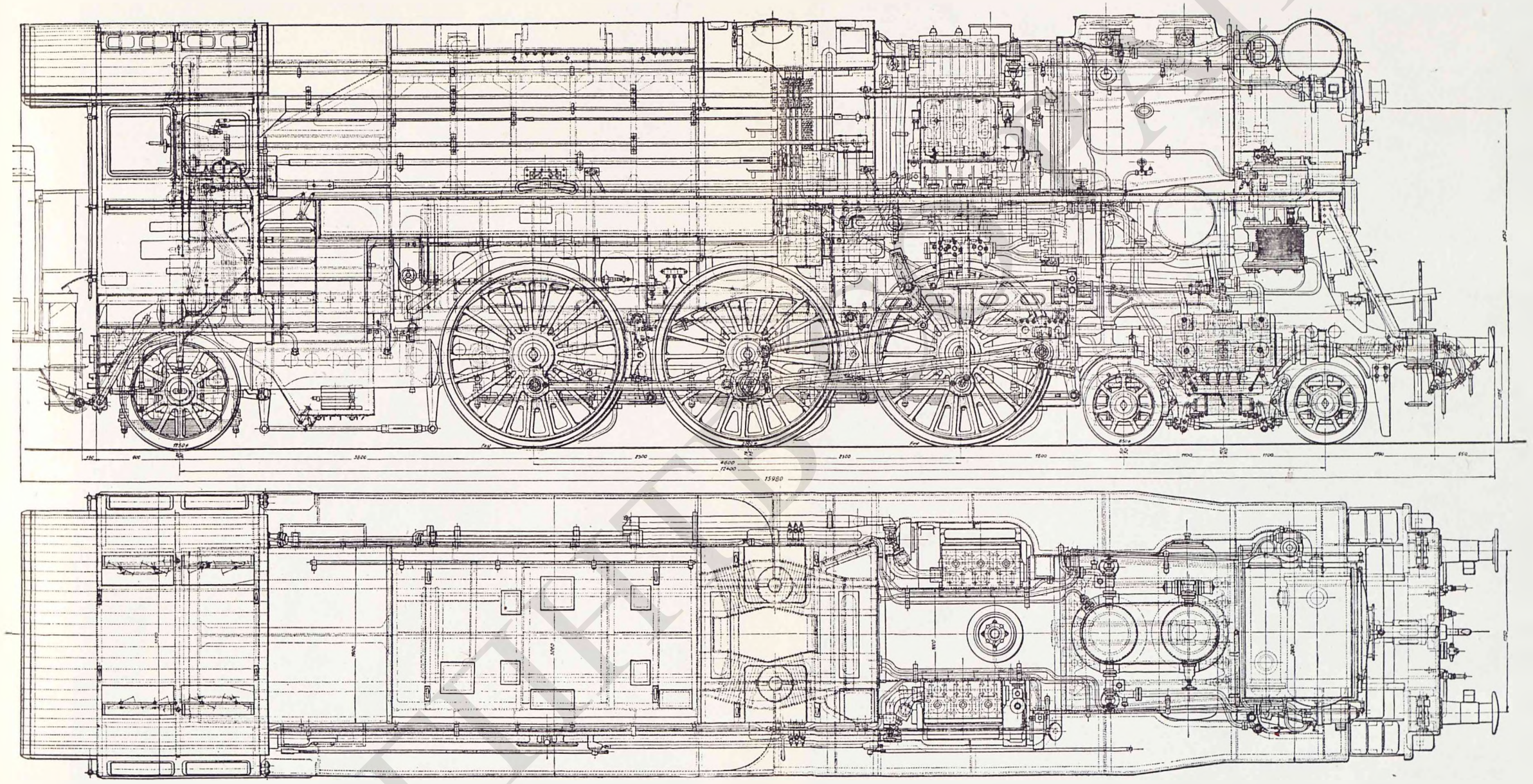
стимые пределы, то особое автоматически действующее устройство тотчас же несколько уменьшает интенсивность горения.

На цветной вкладке показана схема П. сист. Шварцкопф-Лёффлера, на которой: *1*—инжектор, *2*—питательный насос; *3*—водоподогреватель н. д., *4*—испаритель н. д., *5*—резервуар для конденсата, *6*—водоподогреватель в. д., *7*—испаритель в. д., *8*—ввод перегретого пара, *9*—отбор насыщенного пара, *10*—циркуляционный насос, *11*—пароперегреватель в. д., *12*—регулятор в. д., *13*—цилиндр в. д., *14*—маслоотделитель, *15*—огневая коробка, *16*—колосниковая решетка, *17*—воздухоподогреватель, *18*—канал для подогретого воздуха, *19*—золотник, *20*—пароперегреватель н. д., *21*—цилиндр н. д., *22*—конус, *23*—дымовая коробка, *24*—дымовая труба.

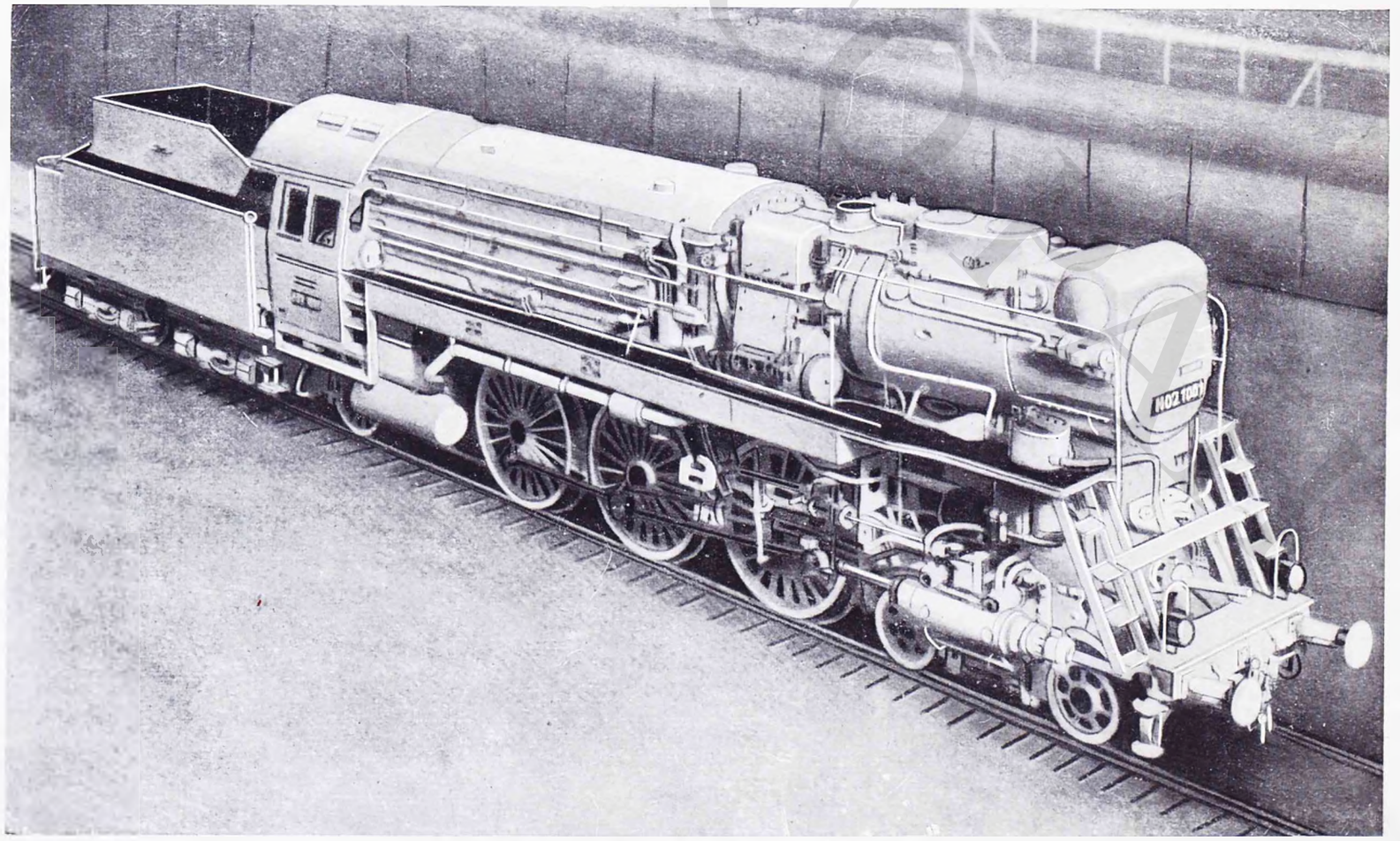
Лит.: Ерофеев Н. С., Паровоз, как он устроен и как работает, Берлин, 1926; Сыромятников С. и др., Паровоз, М., 1929; Голубев А. А., Парораспределительный кулисный механизм Вальшерта (Гейзингера), М., 1928; Васильев Г. П., Паровоз, его устройство, содержание и ремонт, М., 1928; Кузнецов К. Д., Катехизис паровозного машиниста, М.—Л., 1927; Медель В. Б., Пособие для расчета и проектирования паровозов, М.—Л., 1929; его же, Вписывание паровозов в кривые, Берлин, 1923; Кестнер Е., Курс паровозов, М., 1922; Карташов И. И., Курс паровозов, ч. 1 и 2, М.—Л., 1929; Монич В. В., Теоретич. исследование паровозных тележек, Берлин, 1912; Сыромятников С. П., Тепловой процесс паровоза, М., 1926; Мухачев П. М., Паровозы, вып. 1, Харьков, 1927; Блюм, Боррис и Баркгаузен, Сооружение железн. дорог. Подвижной состав и мастерские, пер. с нем., т. 3, СПБ, 1898; Garbe R., Die Dampflokomotiven der Gegenwart, B. 1—2, 2 Aufl., B., 1920; Stockert L., Handbuch des Eisenbahnmaschinenwesens, B., 1908; Igel M., Handbuch des Dampflokomotivbaues, B., 1923; Leitzmann F. u. Borries W., Theoretisches Lehrbuch des Lokomotivbaues, B., 1911; Die Eisenbahntechnik d. Gegenwart, B. 1, Das Eisenbahnmaschinenwesen, Wiesbaden, 1897. **С. Сыромятников.**

Ширококолейные П. промышленного транспорта предназначаются для несения маневровой и поездной службы на ж.-д. путях фабрично-заводских промышленных предприятий. Предъявляемые к ним в связи с этим требования—удобство движения передним и задним ходом, прохождение по кривым малого радиуса, возможно малая общая длина, большая сила тяги (особенно при трогании с места)—делают наиболее подходящим для них тип танк-П. По данным на 1/I 1931 г. транспортного сектора ВСНХ СССР 70% всего количества ширококолейных П. промышленного транспорта падает на долю танк-П. типа 0-3-0, 0-2-0 и 0-4-0, обслуживающих преимущественно предприятия металлургической, тяжелой машиностроительной, угольной и др. отраслей промышленности. Нормальной нагрузкой на ось таких П. считают 10—17 *т* с жесткой базой 2 000—3 200 *мм*, что обусловливает возможность применения этих П. и на ж.-д. путях промышленных предприятий со сравнительно слабым верхним строением пути и кривыми малого радиуса. Танк-П. имеют установленные габаритом размеры и допускаются также к курсированию на путях НКПС (приемка и подача вагонов с з-дов на станции). Требования, предъявляемые к условиям службы этих П., следующие: 1) условия рельсового пути: тип рельса IIIа, кривые малого радиуса R от 50 до 150 *м*; наибольшие подъемы $i = 20 \div 35‰$ (по данным Востокостали и Донугля); 2) условия эксплоатации: дальность пробега поездов 5—





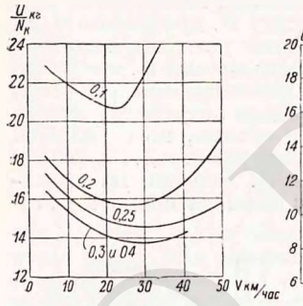
Фиг. 97. Продольный разрез и план П. высокого давления типа 2–3–1 Шварцкопф-Леффлера.



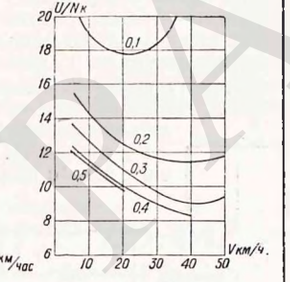
Новый П. высокого давления типа Шварцкопф-Леффлера.

18 *км*; наибольший состав поездов 250—300 *т* (по данным Югостали); 3) максимальная скорость движения, в зависимости от состояния пути, не свыше 35—45 *км/ч*.

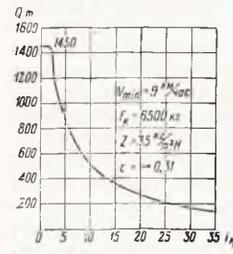
Один из типов двухосного танк-П. показан на фиг. 99. Основные данные этого П.: жесткая база—2 400 *мм*, нагрузка на ось—16,5 *т*, сила тяги—5 630 *кг*. На прямом и горизонтальном участке пути П. может передвигать поезда весом до 500 *т*, а на подъеме в 25‰—весом до 125 *т*. Паровоз снабжен всей необходимой арматурой, паровым и ручным тормозами, а также водоподогревателем. Наибольшее применение эти П. имеют в южной металлургич. промышленности. Танк-паровоз типа 0-3-0 построен Невским машиностроительным заводом им. Ленина в 1929/30 г. Расчеты статического вписывания танк-П. в кривые радиуса $R = 60$ *м* и $R = 50$ *м* для переднего и заднего хода (при укладке пути с уширением и без уширения) показывают, что танк-паровоз вписывается в эти кривые достаточно удовлетворительно и что наибольшее боковое смещение оси катания относительно оси рельса равно 32 *мм* для кривой $R = 60$ *м* и 36 *мм* для кривой $R = 50$ *м*. При ширине бандажа 150 *мм* и рельсе типа IIIа (с шириной головки равной 60 *мм*), такое смещение не вызывает беспокойства. При нормальном уширении пути в кривой $R = 50$ *м* и превышении наружного рельса над внутренним (ок. 30 *мм*), предельная скорость м. б. допущена не свыше 25 *км/ч*: при иных условиях она д. б. ограничена до 15 *км/ч*. База П. (3 100 *мм*) несколько ниже, чем у старых типов танк-П. (3 400 *мм*). Практика герм. ж.-д. промышленного транспорта показала, что и на маневровых П. может быть допущено применение перегрева, причем в этом случае обычно регулятор надо ставить за пароперегревателем. Имея в виду выгоды от перегрева в отношении экономии воды и топлива (20 и 14%), дающие возможность более дальнего пробега или большей продолжительности работы без добора воды и топлива, а также лучший коэфициент сцепления танк-П. при меньшем иссякании запасов, з-дом предположен



Фиг. 100.



Фиг. 101.



Фиг. 102.

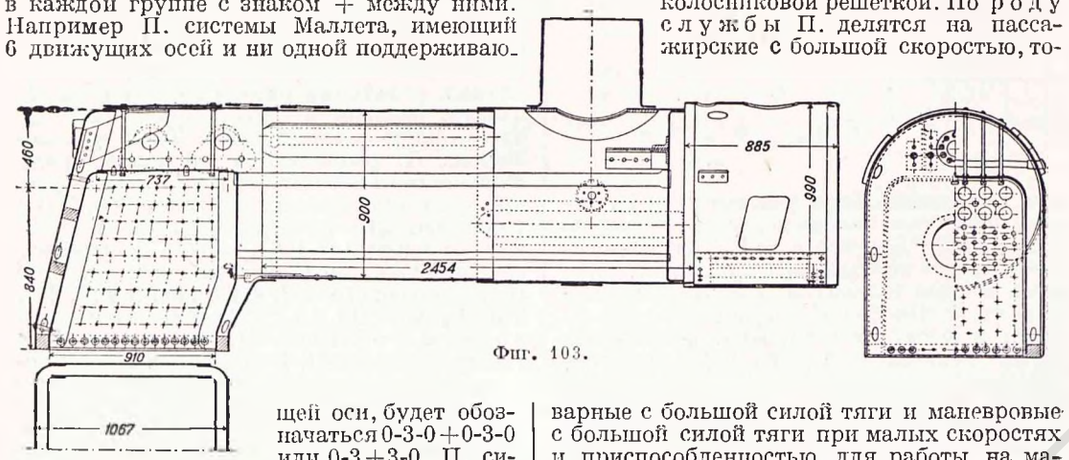
вариант этого типа П. с пароперегревателем сист. Чусова. Фиг. 100 и 101 представляют диаграммы расхода пара этого П. без перегрева и с перегревом на силочас; из диаграмм видны преимущества перегрева пара. На фиг. 102—кривая веса поезда в зависимости от подъема. Вес состава $Q = \frac{F_k}{W_0 + i_k} - P$, где P—вес П. = 45 *т* и i_k—приведенный подъем, т. е. включающий в себя и сопротивление от кривой. **В. Трубецкой.**

Узкоколейные П.

П. у з к о к о л е й н ы е применяются как для обслуживания внутризаводского транспорта, так и на подъездных путях промышленного характера, на полевых ж. д. и наконец на ж. д. общественного пользования. В связи с разнообразием требований, предъявляемых условиями работы во всех этих областях, размеры и типы узкоколейных П. чрезвычайно разнообразны. Типы узкоколейных П. различаются по целому ряду признаков. Ш и р и н а к о л е и наиболее распространенных типов составляет 600, 750 и 1 000 *мм*. Эти размеры приняты в СССР как стандартные (ОСТ 335). В странах, сохранивших англ. систему мер, имеются П. для колеи 610, 762, 914 и 1 067 *мм* (2, 2½, 3 и 3½ фт.). По п о м е щ е н и ю з а п а с о в в о д ы и т о п л и в а П. делятся на П. с тендером и танк-П. В последних запасы воды и топлива помещаются на самом П. Танк-П. более пригодны для обслуживания промышленно-заводских и полевых ж. д. и для маневровой работы благодаря меньшей общей длине и удобству для движения задним ходом. Часто они применяются также для повышения сцепного веса П., т. е. веса, приходящегося на его движущие оси. Ч и с л о и р а с п о л о ж е н и е о с е й. Каждый П. имеет несколько движущих осей с колесами одинакового диаметра, на к-рые посредством шатунного механизма и спарников действует сила пара в цилиндрах, приводящая эти движущие оси во вращение. Ось, колеса к-рой соединены непосредственно с шатунами машины, называется ведущей. Сила тяги П. при трогании с места и при малых скоростях зависит от числа движущих осей и давления от каждой из них на рельсы. Кроме движущих осей многие П. имеют поддерживающие оси спереди и сзади движущих осей. Поддерживающие оси имеют колеса меньшего диаметра и производят меньшее давление на рельсы, чем движущие оси. Передние поддерживающие оси (бегунки) служат для плавного прохождения П. по кривым и для подготовки пути к вступлению на него тяжело нагруженных, движущих осей; задние поддерживающие оси ставятся, во-первых, для того чтобы не нагружать чрезмерно движущие оси, а, во-вторых, потому что широкие топки П. вынуждают делать колеса, приходящиеся под топкой, меньшего диаметра, чем движущие, чтобы не очень высоко поднимать котел. Типы П. в СССР обозначают числами передних поддерживающих осей, движущих осей и задних поддерживающих осей. Например П. с 4 движущими (спаренными) осями и задней поддерживающей осью, не имеющий ни

© ГПНТБ

одной передней поддерживающей оси, будет обозначаться 0-4-1. Сочлененные П. Если требуется П. с большой силой тяги и необходимое для этого количество движущих осей так велико, что спаривать их в одну группу непрактично и затруднительно, то м. б. применен сочлененный П. Он имеет 2 или более рамы, соединенные шарнирно. Движущие оси распределяются по группам, и колеса каждой группы осей приводятся во вращение особой паровой машиной. П. с движущими осями, собранными в 2 или 3 группы, с отдельной паровой машиной для каждой группы (сист. Маллета, Гарратa) обозначаются также числом осей в каждой группе с знаком + между ними. Например П. системы Маллета, имеющий 6 движущих осей и ни одной поддерживающей оси, будет обозначаться 0-3-0+0-3-0 или 0-3+3-0. П. системы Гарратa, имеющий 4 движущих оси и по одной поддерживающей по обеим сторонам тележки, будет 1-4-1+1-4-1. В США типы П. обозначаются так же, как и у нас, но вместо числа осей берется число колес. В Германии тип П. обозначается также по числу осей, причем число движущих осей обозначается большой латинской буквой: 1 ось A, 2—B, 3—C, 4—D, 5—E, 6—F и т. д. Поддерживающие оси обозначаются цифрами; нули, черточки и знаки плюс не ставятся. Напр. наш узкоколейный П. 159 с 4 движущими осями по герм. обозначению будет D, а приведенный выше сочлененный П. Маллета—CC. Система машины. Паровые машины узкоколейных П. имеют 2, 3 или 4 паровых цилиндра. В мощных сочлененных П. число цилиндров доходит до 8. Паровые цилиндры располагаются горизонтально или при недостатке места несколько наклонно с наружной стороны рамы или внутри ее. Машины с вертикальными паровыми цилиндрами весьма редки и иногда применяются на П. горных ж. д. и в горной промышленности при значительных подъемах, например П. системы Гресли. В этом случае цилиндры работают на промежуточный вал, который связан с движущими осями зубчатыми передачами. Более распространены машины однократного расширения с переменной отсечкой пара, регулируемой или от руки или же самодействующим механизмом, но применяются и машины двойного расширения. По состоянию пара имеются П. без перегрева и с перегревом пара. В виду большой экономии в топливе и воде от перегрева пара почти все вновь строящиеся П. снабжаются пароперегревателями. По роду отопления П. разделяются на нефтяные, угольные, дровяные и торфяные. От сорта топлива зависит форма и размеры топки и размеры всего котла. Хотя всякий П. может быть приспособлен для отопления любым топливом, но не всякое топливо он будет жечь экономно. В этом отношении наибольшая разница существует между П. дровяными и П., отапливаемыми тощими углями и антрацитом; для дровяных и торфяных П. требуется глубокая топка с колосниковой решеткой средних размеров, а для антрацита—неглубокая топка малого объема, но с большой колосниковой решеткой. По роду службы П. делятся на пассажирские с большой скоростью, товарные с большой силой тяги и маневровые с большой силой тяги при малых скоростях и приспособленностью для работы на маневрах и передачах, связанной с частыми остановками и ездой задним ходом.

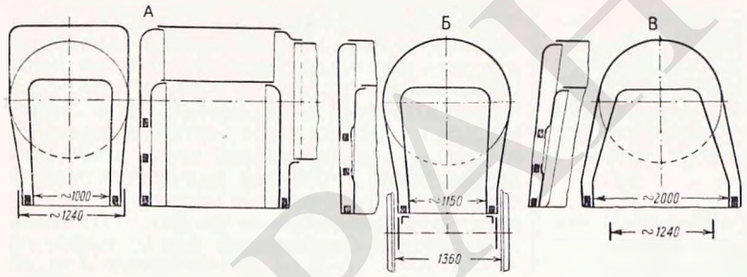


Фиг. 103.

Устройство П. П. состоит из 3 главных частей: котла, движущего механизма и экипажной части.

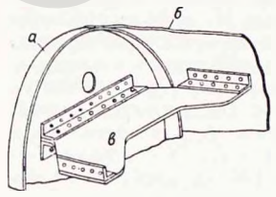
Котел узкоколейного П. имеет в общих чертах то же устройство, что и у П. ширококолейного. В нек-рых же случаях узкоколейные П. по своим технич. достижениям и конструктивным улучшениям котлов далеко опередили П. ширококолейные (камера сгорания, термосифоны, механич. кочегары и т. п.). Котел состоит из огневой коробки, или топки, цилиндрической части и дымовой коробки. Фиг. 103 дает общее представление о котле узкоколейного паровоза (тип 159), построенного Коломенским паровозостроительным заводом. (Рабочее давление 13 *atm*; поверхность нагрева: топки 3,23 *м*², жаровых труб 8,49 *м*², дымогарных труб 20,38 *м*², пароперегревателя 8,35 *м*², всего 40,45 *м*²; площадь колосниковой решетки 0,78 *м*²; число жаровых труб 12 и дымогарных 57.) В зависимости от целого ряда требований, предъявляемых к паровозным котлам, топки их имеют различные формы и размеры. По форме топочного кольца топки разделяются на 1) узкие, лежащие между внутренними рамными листами (фиг. 104, А), 2) узкие, по ширине доходящие до колес, но еще помещающиеся между ними (фиг. 104, Б) и 3) широкие, выступающие за рамные листы и колеса (фиг. 104, В). Кроме гладких топочных коробок, у которых потолок кожуха представляет прямое продолжение верхней половины цилиндрич.

части котла (фиг. 104, Б и В), делают также приподнятые топки (сист. Belpair) для увеличения пространства, в к-ром может скопляться пар (фиг. 104, А). Заднюю стенку



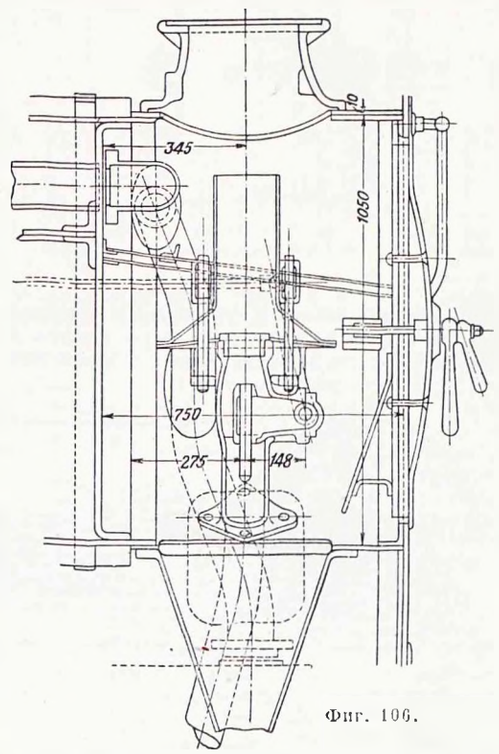
Фиг. 104.

топки иногда делают скошенной (фиг. 104, В) главн. образ. для экономии в весе. Огневая коробка соединяется с кожухом при помощи анкерных болтов и топочных связей, а задняя решетка скрепляется с цилиндрической частью котла лапчатыми связями. Очень часто для увеличения жесткости лобовой стенки огневой коробки в горизонтальном направлении в котлах узкоколейных П. употребляются так называемые контрфорсы, или плоские связи. Их делают из котельного железа, укрепленного уголками и тавровым железом. На фиг. 105: *а*—лобовая стенка кожуха топки, *б* — шинельный лист, *в*—контрфорс. Существенное влияние на форму топки оказывают, с одной стороны, положение рамы и осей и диаметр задних колес П., расположенных под самой топкой, а с другой—род и свойство топлива (длинно- и коротконламенный уголь, дрова или жидкое топливо, большая или малая скорость горения), для к-рого топка предназначается и к-рым обусловливается ее глубина.



Фиг. 105.

По устройству цилиндрич. части котла узкоколейные П. почти ничем не отличаются от ширококолейных П. Основные размеры следующие: расстояние между передней и задней решетками 2 500—4 300 *мм* (последнее у П. метровой колеи), диаметр 760—1 600 *мм* при толщине стенок 10—17 *мм*. Цилиндрич. часть котла заканчивается дымовой коробкой, ограниченной со стороны котла т. н. передней трубчатой решеткой толщиною 18—20 *мм*. На фиг. 106 представлен эскизный вид дымовой коробки узкоколейного паровоза с помещенными в ней конусами и искроуловительными приборами. Дымовую коробку делают из того же материала, что и цилиндрич. часть котла. Длина ее колеблется в пределах 560—1 250 *мм*; некоторые типы узкоколейных П. имеют несколько удлиненную форму дымовой коробки, чем достигается повышение парообразования, равномерное распределение тяги между всеми рядами дымогарных труб и значительное уменьшение количества выбрасываемых из труб искр, могущих быть причиной пожара. При отоплении П. дровами, торфом и вообще топливом, дающим много искр, в дымовой трубе устанавливают различного рода искроудержательные приборы помимо искроуловливающих сеток в дымовой коробке, которыми снабжены почти все П. узкой колеи. Фиг. 107 представляет искроуловитель, носящий название неподвижной турбины, имеющий нижеследующее устройство: поверх трубы укрепляется кожух *а* из листового железа, состоящий из двух конусообразных частей, скрепленных между собою изнутри угловым железом. Над отверстием дымовой трубы установлен железный отражательный конический диск *б*, с нижней стороны которого укреплено пять изогнутых железных лопаток *в* размером 150×205 *мм*, образующих подобие неподвижной турбины. Проходя между лопатками дым приобретает вращательное движение и выходит наружу, искры же отлетают

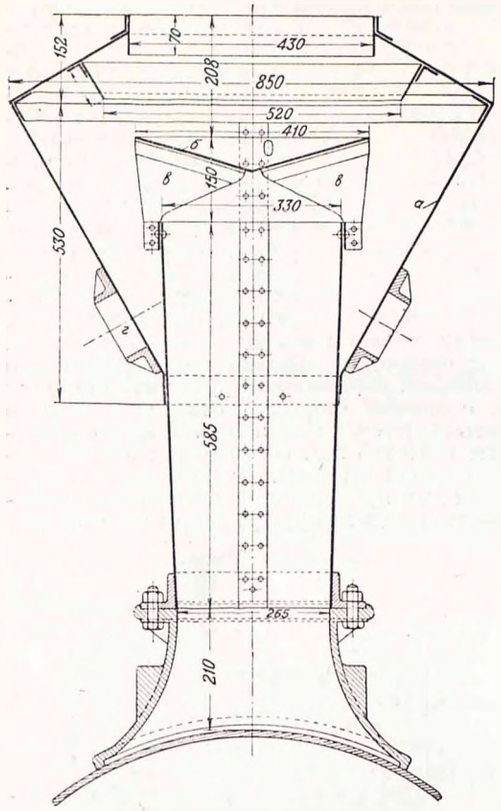


Фиг. 106.

к железному кожуху *а* и, ударяясь о его стенки, падают вниз в пространство между кожухом и трубою, откуда время от времени удаляются через лазы *г*.

Современные узкоколейные П. почти всегда снабжены пароперегревателями, помещаемыми в дымовой коробке. Экономические преимущества применения перегретого пара по существу сводятся к избежанию потерь от конденсации и к увеличенному удельному объему перегретого пара. Отсю-

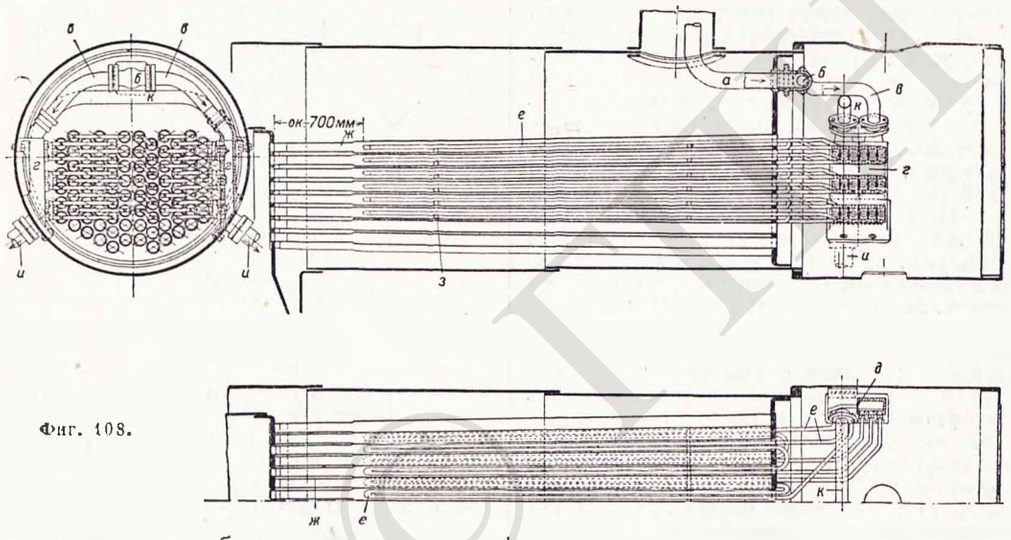
да как следствие получается сравнительное сбережение пара, воды и угля по сравнению с однородными условиями для насыщенного



Фиг. 107.

пара, иными словами увеличение тяговой работы при одинаковом размере котлов и при том же расходе топлива. Сбережение воды, как и пара, больше у машин однократного расширения, чем у машин с двукратным расширением (компаунд). Сбережение угля примерно на одну треть меньше, чем сбережение воды, так как часть тепла идет на перегрев насыщенного пара. С повышением $t°$ пара растет и процент сбережения. По данным проф. Игеля следует, что при обычных условиях эксплоатации каждое повышение перегрева на 5—6° дает 1% экономии пара. Как верхний предел температуры пара принимают пока 400°. Высота перегрева зависит гл. обр. от степени влажности поступающего в перегреватель пара. Поэтому для получения более высокого перегрева рекомендуется принимать меры, чтобы возможно более сухой пар поступал в пароперегреватель. Устройство пароперегревателя сист. Шмидта показано на фиг. 108. Собирающийся в сухопарнике пар проходит по трубе регулятора *а* до тройника *б* и по трубам *в* к коробкам *г* перегревателя, которые разделены вертикальной стенкой *д* на два отделения. К коробкам *г* присоединены трубчатые элементы *е* пароперегревателя, вставленные в дымогарные трубы *жс* котла. К трубкам перегревателя приварены подставки *з*, препятствующие непосредственному соприкосновению трубок со стенками дымогарных труб. Каждый трубчатый элемент перегревателя делает два оборота в двух дымогарных трубах. Пар, прошедший по пароперегревателю, достигает второго отделения коробки *г* с темп-рой 300—350°. По трубе *и* пар направляется в паровую машину. Для уравнивания $t°$ и давления перегретого пара в правой и левой коробках они соединены трубой *к*.

При проектировании П. особое значение имеет выбор отношения $H:R$, т. е. поверхности нагрева, передающей тепло, к площади колосниковой решетки, производящей тепло, а также распределение поверхности на топку и дымогарные трубы. Соотношение между этими величинами в П. СССР колеблется в пределах 1/40—1/60 (в нек-рых случаях даже выше) и б. ч. лежит между 1/50 и 1/60. В практике герм. узкоколейного паровозостроения это отношение выражается величинами 1/35—1/50 при условии сжигания каменного угля с теплотворной способностью 6 500—7 000 Cal; для других сортов



Фиг. 108.

топлива оно уменьшается. В таблице 1 указаны величины поверхности нагрева, площади колосниковой решетки и соотношения этих величин для нек-рых типов П.

Табл. 1.—Поверхность нагрева и площадь колосниковой решетки П.

Колея в мм	Серия и тип паровоза	Общая поверхность нагрева в м²	Площадь колосниковой решетки в м²	Допускаемое давление пара в at	Отношение
S	—	H	R	P_k	$H:R$
600	0-2-0 серия F_S	27,80	1,61	12	1 : 45
750	0-3-0 серия F_S	27,80	0,61	12	1 : 45
750	0-3-0 серия H	26,37	0,52	12	1 : 51
750	0-4-0 (тип 159)	39,80	0,71	13	1 : 55
750	0-4-0 серия K	53,18	1,01	11	1 : 53
750	0-4-0 серия O	57,88	1,15	12	1 : 50
750	0-4-0 (тип 157)	61,47	1,32	13	1 : 46
914	0-4-0 серия $Д_л$	64,20	1,15	12	1 : 56
1 000	1-5-0 (тип 160)	201,0	3,86	14	1 : 52

Увеличение мощности П. находится в прямой зависимости от количества пара, приготовляемого в котле, а это последнее зависит от площади колосниковой решетки. Для увеличения мощности необходимо увеличивать колосниковую решетку. В узкоколейных П. стремятся достигнуть этого соответствующим удлинением топки. Однако нередко приходится помещать паровозную топку над рамой, что становится особенно необходимым при пользовании топливом с низкой теплотворной способностью. Вынесение топки из пределов рамы связано с повышением оси котла над уровнем рельса. Предельные значения высоты оси паровозного котла м. б. определены при помощи ф-лы герм. з-да Гономаг:

$$\frac{H}{S} = 0{,}06\,\frac{B}{S} + 1{,}88,$$

где H—высота оси котла над головкой рельса в *мм*, S—ширина колеи и B—полная база П.

Качественная сторона проекта П. определяется достижением наибольшей мощности при наименьшем весе и выражается конструкционным коэф-том, или иначе коэф-том качества проекта

$$K = \frac{H_k}{Q_0}\ м^2/т,$$

где H_k—полная поверхность нагрева, включая пароперегреватель, и Q_0—заводский вес П. Чем выше K, тем совершеннее проект. Для узкоколейных П., относительно менее мощных, он меньше величин, полученных для ширококолейных П., и колеблется в пределах от 1,5 до 3,0 $м^2/т$, а в некоторых случаях доходит до 3,5 $м^2/т$. В табл. 3 приведены величины коэф-та K для наиболее распространенных типов узкоколейных П.

Табл. 2.—Предельные значения высоты оси котла.

Наименование дороги	Ширина колеи S в мм	Тип паровоза	Полная база паровоза B в мм	Высота оси котла H в мм	Коэфиц. устойчивости $H:S$	
					действительный	предельный
Заводской промышлев. транспорт . . .	600	Танк 0-2-0	1 700	1 700	2,83	2,05
Ю.-Африканские ж.д.	610	1-3-1+1-3-1*	13 000	1 660	2.72	3,16
Полевые ж. д. . . .	750	0-3-0	1 500	1 500	2,00	2,00
Подъездные пути торфяной промышл.	750	0-4-0	2 250	1 615	2,15	2,06
Подъездные пути Сахаротреста.	914	0-4-0	2 700	1 850	2,02	2,05
Подъездные пути нефтяной промышленности	750	0-4-0 (т. 157)	2 850	1 910	2,54	2,10
Проект	1 000	1-5-0 (т. 160)	8 250	2 650	2,65	2,38
Ю.-Африканские ж.д.	1 067	2-3-1+1-3-2*	23 380	2 515	2,35	2,01
» » »	1 067	1-5-1 Santa Fe	11 639	2 650	2,48	2,53
Проект для СССР .	750	2-4-0+0-4-2*	14 700	1 700	2,26	3,06

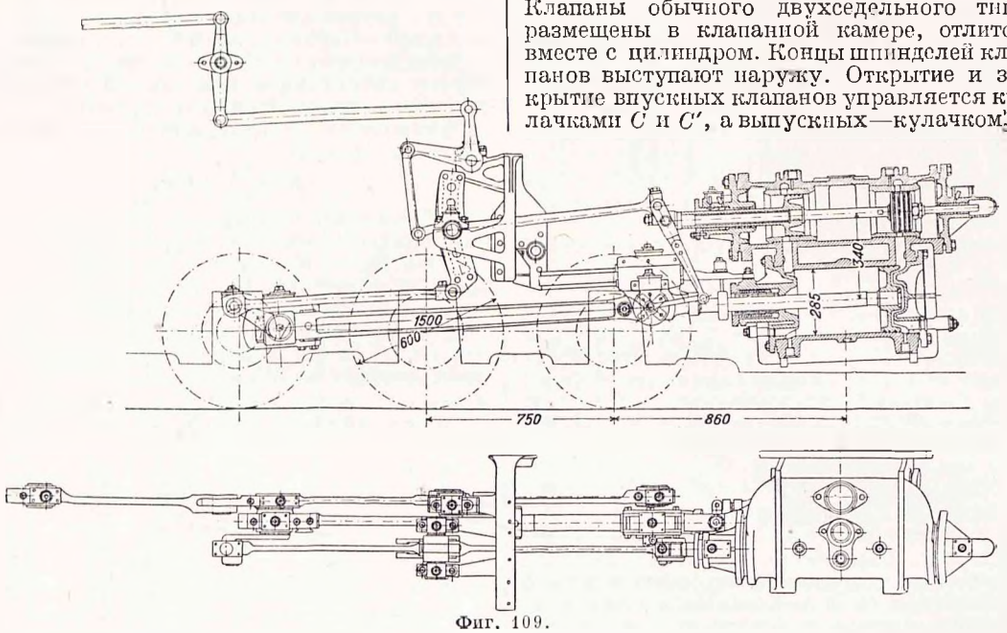
* Системы Гаррата.

Табл. 3.—Величины конструкционного коэф-та узкоколейных П.

Колея S в мм	Серия и тип паровоза	Полная поверхность нагрева H_k в м²	Порожний вес паровоза Q_0 в $т$	Конструкционный коэф. $H_k:Q_0$
600	0-2-0 сер. F_S	27,8	11,4	2,44
750	0-3-0 сер. H	26,37	10,12	2,60
750	0-4-0 сер. K	54,26	19,75	2,75
750	0-4-0 (тип 157)	61,47	23,5	2,61
750	0-4-0 (тип 159)	40,45	14,1	2,87
914	0-4-0 сер. E	53,27	20,91	2,55
914	0-4-0 сер. D	64,20	19,4	3,31
1 000	1-5-0 (тип 160)	201,00	62,7	3,21

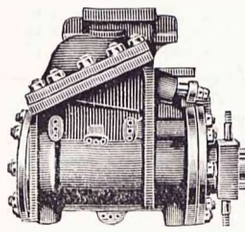
Движущим механизмом узкоколейных П. является паровая машина, шток поршня к-рой соединен с крейцкопфом, перемещающимся по одной или двум параллелям. Парораспределение производится плоским или цилиндрич. золотником, приводимым в движение кулисным механизмом, при помощи которого устанавливается степень наполнения цилиндра машины паром (отсечка), а также изменяется и направление движения П. Управление кулисным механизмом производится из будки машиниста. Крейцкопф соединен шатуном с пальцем кривошипа колеса, которое называется ведущим. При помощи спарников усилие передается на кривошипы соседних колес, наз. спаренными. На фиг. 109 показано устройство движущего механизма П. Коломенского завода типа 159 для колеи в 750 *мм*. Некоторые детали узкоколейных паровозов германской конструкции показаны на фиг. 110 (паровой цилиндр),

фиг. 111 (крейцкопф с двумя ползунами), фиг. 112 (крейцкопф, движущийся по одной параллели) и фиг. 113 (паровой цилиндр с коробкой для цилиндрического золотника).

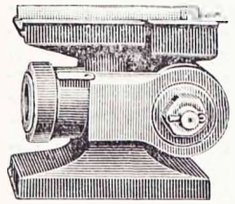


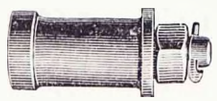
Фиг. 109.

Среди пароораспределительных механизмов других типов появилось на П. Южно-Африканских железных дорог клапанное пароораспределение Капротти. Пароораспределение Капротти впервые было осуществлено в Италии в 1921 г. на одном из П. типа 1-4-0. Сущность пароораспределения Капротти сводится к тому, что с помощью вращающегося кулачкового распределительного вала приводятся в движение впускные и выпускные клапаны. В отличие от клапанного пароораспределения системы Лентца кулачковый распределительный вал постоянно



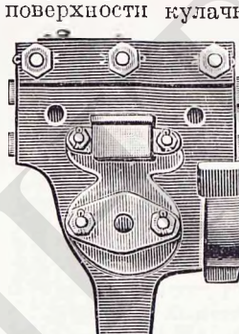
Фиг. 110.



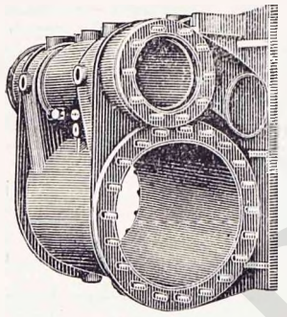


Фиг. 111.

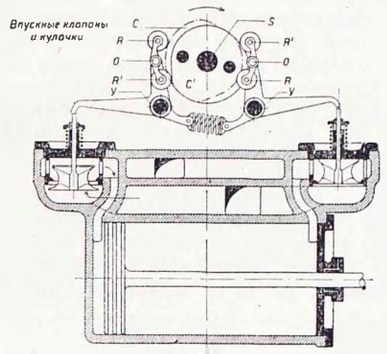
вращается при движении П. От ведущей или одной из спаренных осей П. при помощи конических зубчатых передач и вала *а* (фиг. 114) вращение передается двум валикам *б* и *в*, идущим к клапанным камерам паровых машин. С этими валиками непосредственно соединены распределительные кулачковые валики. Такие части пароораспределительного механизма, как контркривошип, эксцентриковая тяга, кулиса, золотниковый шток, серьга, маятниковая тяга и все шарниры их, совершенно отсутствуют. Число оборотов кулачковых валов одинаково с числом оборотов ведущих колес П. Клапаны обычного двухседельного типа размещены в клапанной камере, отлитой вместе с цилиндром. Концы шпинделей клапанов выступают наружу. Открытие и закрытие впускных клапанов управляется кулачками *C* и *C′*, а выпускных—кулачком *U* (фиг. 114а и 114б). Механизм для открывания впускных клапанов состоит из 2 коленчатых рычагов *Y*. На конце вертикального плеча рычага *Y* имеется ось *O*, на которой качается балансир с двумя роликами *R* и *R′*, катящимися по поверхности кулачков *C* и *C′*. Ролик для выпускного клапана надет непосредственно на ось коленчатого рычага (фиг. 114б). Сначала ролик *R* поднимается на выступающую часть кулачка *C* и катится по ней. В это время впускной клапан остается закрытым, т. к. рычаг *Y* отклоняется настолько, что конец его горизонтального плеча лишь подходит к концу шпинделя клапана. Открытие клапана начинается, когда ролик *R′* начинает подниматься на выступающую часть кулачка *C′*. Клапан остается открытым полностью, пока оба ролика катятся по выступающим частям кулачков, и начинает закрываться, как только ролик *R* начнет спускаться с выступающей части кулачка *C*. Период полного открытия клапана, а следовательно и степень наполнения, или отсечка пара, зависит от углового положения кулачков по отношению друг к другу и может изменяться вместе с последним. Для изменения отсечки введен довольно сложный механизм, изображенный на фиг. 114в. Как впускные, так и выпускной кулачки сидят на валу свободно. Часть вала *S* между кулачками сделана с очень пологой винтовой нарезкой *V*. На этой нарезке посажены диски *D* и *D′*, которые могут поворачиваться, перемещаясь вдоль нарезки. Как кулачки, так и диски имеют отверстия и дугообразные прорезы, через к-рые проходят 4 стержня, управляющие поворотом кулачков на валу и расположенные, как показано на фиг. 114в и 114г. На диски *D* и *D′* надеты кольца с цапфами, соединенными посредством тяг с коленчатым валом *L*, при посредстве которого производится управление механизмом. Схема расположения тяг и колен вала изображена отдельно на той же фиг. 114в. Изображенное на фиг. 114в положение, когда диски прижаты друг к другу и диск *D′* упирается в заплечик на валу, соответствует наибольшей отсечке пара. При повороте вала *L* по часовой стрелке диск *D* перемещается вниз, поворачиваясь на винтовой нарезке и вызывая так. обр. поворот кулачка *C*, соответствующий более раннему закрытию впускного клапана, т. е. уменьшению отсечки. Кольцо на диске *D′* также перемещается вниз, не вызывая



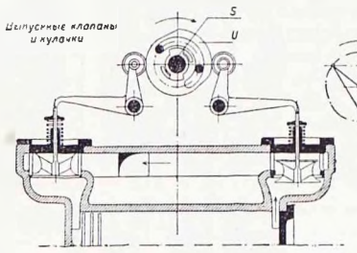
Фиг. 112.



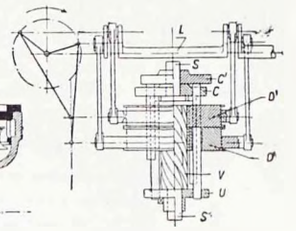
Фиг. 113.



Фиг. 114а.

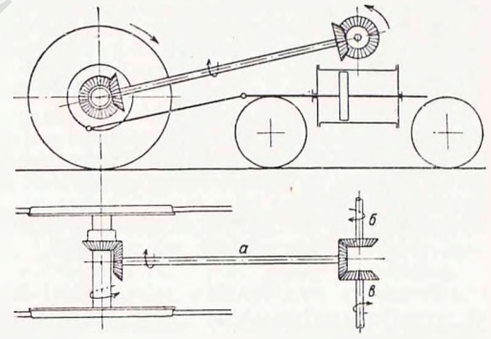


Фиг. 114б.



Фиг. 114в.

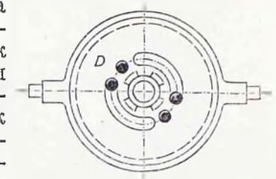
сначала движения самого диска, пока степень наполнения не достигнет около 12%. При заднем ходе кулачки меняются своими ролями и наибольшей отсечке соответствует положение дисков *D* и *D′* на нижнем кольце винтовой нарезки. Закрытие клапанов производится при помощи пружин, надетых на шпиндели клапанов. В последних конструкциях пароораспределения Капротти пружины заменены маленькими поршеньками, насаженными на нижние концы шпинделей клапанов. При открытом регуляторе пар попадает под поршенек и прижимает клапан к седлу, заменяя действие пружины. При закрытом регуляторе клапаны падают вниз под действием собственного веса и, открывая полностью проходы, дают возможность полного уравнения давлений по обе стороны поршня машины. Этим устраняется надобность в специальном приспособлении для этой цели и обеспечивается более спокойный холостой ход машины. Пароораспределение Капротти дает возможность получения отсечки менее 0,1. Поэтому и при малой нагрузке машины возможно иметь полное открытие регулятора, что выгодно отражается на расходовании



Фиг. 114.

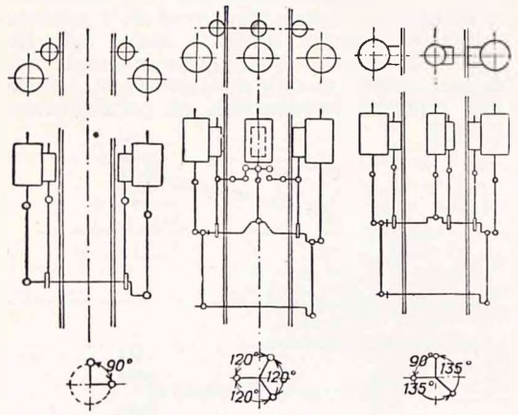
топлива. Перевод механизма с наибольшей отсечки переднего хода на наибольшую отсечку заднего хода совершается только одним поворотом реверсивного вала *L*. Это обстоятельство имеет большое значение особенно для П. маневровых и промышленного транспорта, так как позволяет с помощью своевременной перестановки механизма избежать сильного контрпара и износа бандажей.

Движущие механизмы П. различаются по числу паровых цилиндров, а также по расположению цилиндров, пароораспределительных и передающих движение механизмов. Наиболее распространено простое расположение с 2, 3 или 4 паровыми цилиндрами, закрепленными на раме П. Двухцилиндровые машины как однократного, так и двойного расширения размещают как снаружи, так и внутри рамы. Кривошипы находятся под углом 90° друг к другу (фиг. 115). В 3- и 4-цилиндровых машинах цилиндры расположены или рядом в одной поперечной пло-



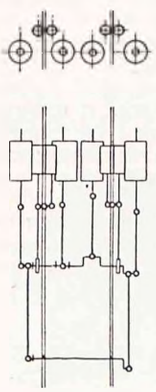
Фиг. 114г.

скости П. или в двух плоскостях, одни позади других. Все механизмы, передающие движение, соединены с одной ведущей осью или разбиты на группы к двум ведущим осям. На фиг. 116 показана схема распо-

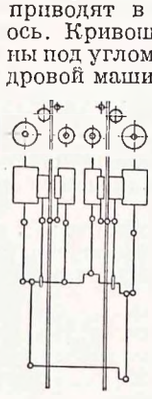


Фиг. 115. Фиг. 116. Фиг. 117.

ложения 3-цилиндровой машины однократного расширения. Все цилиндры расположены в одной поперечной плоскости П. и приводят в движение одну ось. Кривошипы расположены под углом 120°. В 3-цилиндровой машине двойного расширения (фиг. 117) средний цилиндр — высокого давления, а крайние — низкого давления. Кривошипы к цилиндрам низкого давления расставлены на 90°, а между ними и кривошипом для цилиндра высокого давления углы по 135°. Схемы 4-цилиндровых машин однократного и двойного расширения показаны на фиг. 118 и 119.

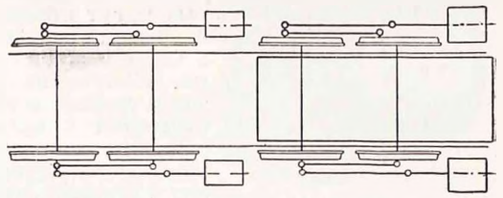


Фиг. 118.



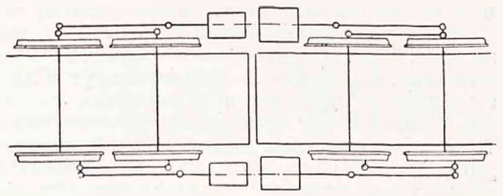
Фиг. 119.

расположение. В системе Маллет-Римрота (фиг. 120) цилиндры высокого давления укреплены на основной раме П., а цилиндры низкого давления—на передней тележке, поворачивающейся на шкворне. Цилиндры каждой стороны работают с одинаковым положением кривошипов. Система Майера (фиг. 121) имеет две поворотные тележки,



Фиг. 120.

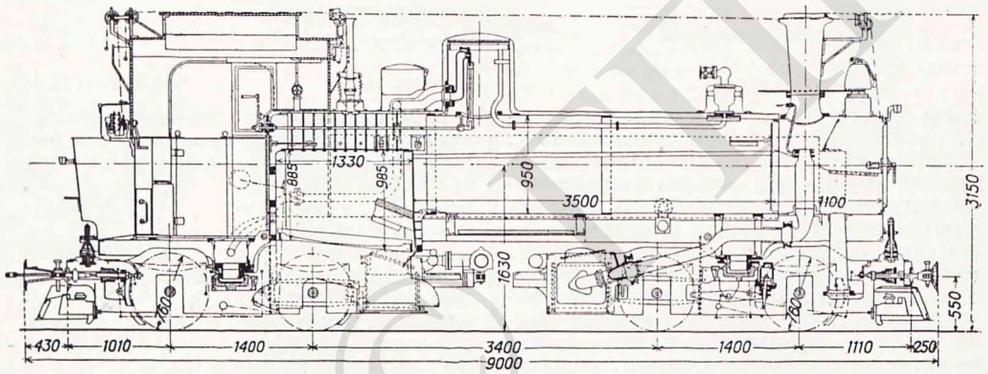
на к-рых расположены движущие механизмы. Два цилиндра высокого давления укреплены на переднем конце рамы задней тележки, а два цилиндра низкого давления—на



Фиг. 121.

заднем конце передней тележки. На фиг. 122 дан общий вид П. сист. Майера.

Экипажная часть П. состоит из рамы с принадлежностями, осей с колесами, букс и рессор. Различают следующие рамы: 1) по назначению: главная рама, связующая котел, цилиндры и оси, и дополнительная рама (поворотные тележки); последняя применяется для наилучшего вписывания П. в кривые пути; 2) по материалу и способу изготовления: рамы листовые, литые или брусковые и коробчатые; 3) по типу: простые рамы (по одному листу справа и слева) и двойные рамы (из двух листов); 4) по положению колес: наружные и внутренние в зависимости от того, находятся ли они

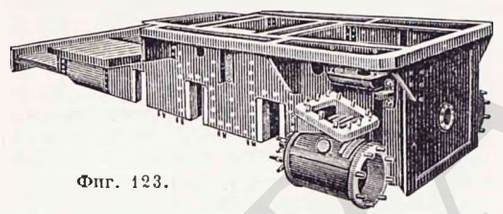


Фиг. 122.

Существует нек-рое количество конструкций П. с разделенными движущими механизмами, представляющими т. наз. сложное

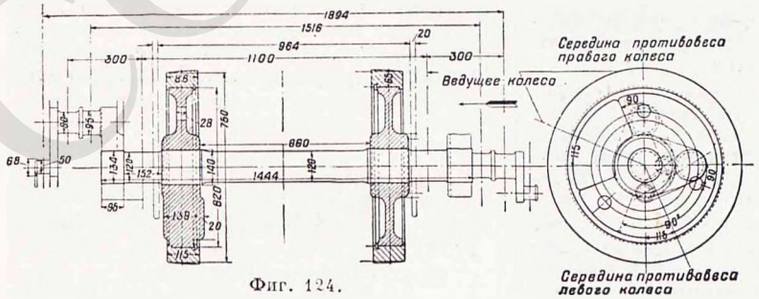
снаружи или внутри колес. П. с внутренними рамами легче и экономичнее, так как постройка и ремонт их дешевле, но за-

труднения, испытываемые при проектировании расположения топки внутри рамы, заставляют часто употреблять наружную раму. Полевые узкоколейные П. серии Н построены с внутренней коробчатой рамой сист. Краусса (фиг. 123). Последняя употребляет-



Фиг. 123.

ся б. ч. для малых и средних танк-паровозов. Ее объединяют конструктивно также с водяным баком. При большой жесткости во всех направлениях такая рама отличается легким весом. Для паровозных осей в раме оставлены соответствующие вырезы. Как наружная, так и внутренняя рамы имеют свои достоинства и недостатки. При наружной раме возможно опустить котел ниже для большей устойчивости, что имеет особое значение



Фиг. 124.

для П. с небольшой шириной колеи, но, с другой стороны, поперечные скрепления слабее, чем у внутренних рам, т. к. расстояние между продольными листами увеличивается, что на практике работы узкоколейных П. отмечалось частым расстройством поперечных скреплений, в особенности в месте прикрепления цилиндров. При наружной раме кроме того необходимо прибегать к посадке на все оси сцепных колес отдельных кривошипов, что представляет большие трудности в отношении выполнения поковок. При внутренней раме эти трудности отпадают, так как пальцы кривошипов укрепляются непосредственно на ободе колеса.

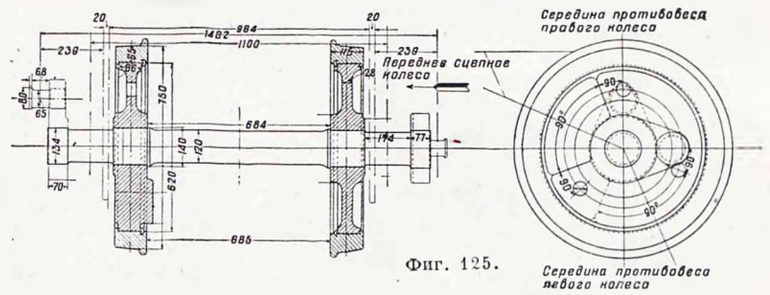
Количество осей зависит от веса П. в рабочем состоянии, величины допускаемой нагрузки на ось и назначения П. Для допускаемых нагрузок установлен общесоюзный стандарт (ОСТ 2394) (табл. 4).

Оси П. разделяются на следующие: 1) ведущие оси, на к-рые посредством шатунов передается сила давления пара в цилиндрах (фиг. 124), 2) спаренные или сдвоенные оси,

Табл. 4.—Стандартные нагрузки на сцепную ось П. узкой колеи.

Ширина колеи в мм	Величина нагрузки в m		
	облегченная	нормальная	усиленная
600	3	4	6,5
750	4	6,5	9
1 000	6,5	9	12,5

к-рые соединяются с ведущими колесами при помощи пальцев кривошипов и сцепных или спаренных дышел, принимая на себя часть движущей силы паровой машины (фиг. 125), 3) поддерживающие оси, к-рые не связаны с движущим механизмом и служат лишь для поддержания известной части П., и 4) тележечные оси или бегунки, составляющие принадлежность поддерживающих тележек. Число спаренных осей зависит от рода П.: если П. предназначается для развития большой силы тяги (товарный тип), то число спаренных осей доводят до максимума, зависящего от длины жесткой рамы и, наоборот, если П. предназначается для легких поездов, для к-рых важно развитие скорости, то число спаренных осей меньше (не менее 2). Расстояние между осями П. делают тем больше, чем значительнее предположенная скорость движения. Однако д. б. принято во внимание определенное соотношение между величиной жесткой базы (т. е. расстояния между осями, не имеющими поперечн. перемещения) и радиусом кривой, в целях лучшего вписывания в последнюю. В случае надобности постройки П. с большой полной базой необходимо устройство тележек или особых самоустанавливающихся осей, что в настоящее время широко применяется в З. Европе и США. Жесткая база колеблется для П. с колеей в 600 *мм* от 800 до 1 400 *мм*, в 750 *мм* от 1 500 до 5 000 *мм* и в 1 000 *мм* от 2 200 до 6 000 *мм*. Диаметр

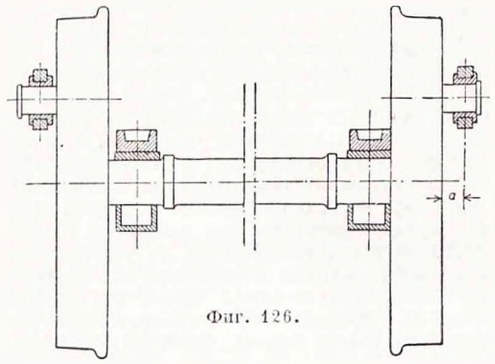


Фиг. 125.

осей зависит от допускаемой нагрузки на них, а также от диаметра и скорости вращения колес. Наибольшая нагрузка распределяется на ведущую и спаренные оси с целью увеличения сцепления колес с рельсами. Если сцепление колес П. с рельсами будет недостаточно, то колеса станут вращаться, не двигая П., или буксовать. Искусственное

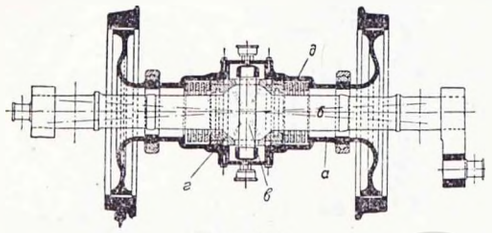
повышение сцепления достигается путем посыпки на рельсы под колеса песка из особой песочницы на П.

Для прохождения по кривым малого радиуса (фабрично-заводские и подъездные пути) имеется несколько различных конструкций перемещающихся и самоустанавливающихся осей, из к-рых заслуживают внимания следующие. 1) Конструкция Гольсдорфа (фиг. 126)—одна из простейших конструкций



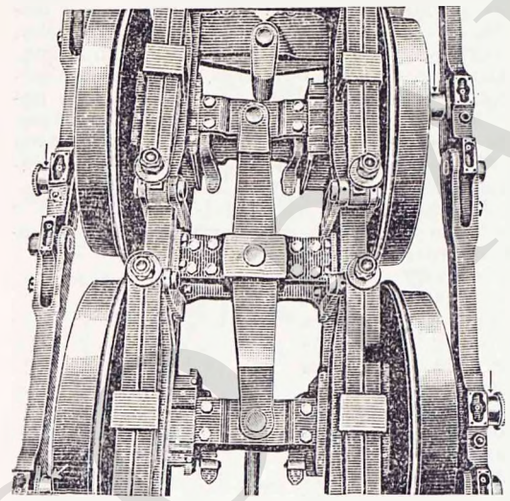
Фиг. 126.

для многоосных П., т. к. она дает возможность легкого прохождения по кривым, предоставляя одной или нескольким сцепным осям свободное боковое передвижение в осевых и дышловых подшипниках, не требуя какого-либо устройства для обратной установки. Однако возможность применения этой конструкции ограничена, потому что величина бокового передвижения не может превышать известного размера (не более 35 *мм*). В противном случае при совершенно сдвинутых колесах плечо *a* от середины шатуна до основания пальца кривошипа становится слишком большим, вызывая довольно значительное напряжение в кривошипе. Означенная конструкция наиболее применима к П., имеющим не более 3 осей и предназначенным для обслуживания путей с незначительными радиусами кривых. 2) Конструкция Клин-Линднера (фиг. 127) является прототипом выданного в 1870 г. патента на полую ось Clara. Сквозь полую ось *a* проходит обыкновенная ось *б*, укрепленная в раме и приводимая в движение шатунным механизмом. Пальцем *в* полая ось связана с внут-



Фиг. 127.

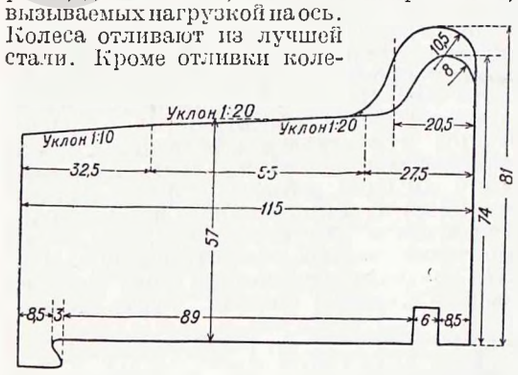
ренней осью, к-рая передает ей вращающееся движение; она может передвигаться вдоль внутренней оси, а также принимать наклонное положение, поворачиваясь в шаровом соединении *г*. После прохода кривой ось устанавливается в нормальное положение под действием сильных пружин *д*. Однако конструкция эта имеет тот недостаток, что требует наружную раму, вследствие чего П. больших размеров не имеют достаточного места для размещения больших паровых цилиндров в пределах габарита. Кроме того она сложна и дорога в производстве и в ремонте. 3) В конструкциях Маллета и Майера хорошее вписывание в кривые достигается установкой движущего механизма на поворотных тележках. В более распространенной конструкции Маллета задняя тележка соединяется непосредственно с котлом, к-рый опирается на переднюю тележку посредством особых ползунов. Обе тележки соединены между собой шарнирно. Движущие механизмы установлены на обеих тележках. Однако эти конструкции имеют ряд недостатков. Большое число частей, к-рое обусловливается двойным числом всех работающих механизмов, увеличивает стоимость постройки и ремонта этих П. В гибких паропроводах легче может возникнуть утечка пара. П. сист. Маллета и подобные ей конструкции имеют применение, особенно в заокеанских странах, для перевозки тяжелых товарных поездов на больших подъемах, потому что при большом числе движущих осей (6 и 8) они могут проходить по кривым радиуса 80 *м*, что при других конструкциях было невозможно. Развитие сист. Маллета и Майера представляет сист. Гаррата (вкл. л., *XIII*). Две тележки с 4 спаренными осями и передними и задними бегунками несут на себе независимые паровые машины. На тележках расположены водяные баки и ящики для топлива. На внутренние концы тележек опирается особая рама, на которой помещены котел и будка машиниста. 4) По предложению проф. Чечотта заводом Шварцкопф построен новый двухцилиндровый танк-П. типа 0-5-0, у которого вторая спаренная ось имеет свободное боковое перемещение по 26 *мм* в каждую сторону. Таким же свойством обладают четвертая и пятая спаренные оси; кроме того эти 2 оси так соединены между собою, что при прохождении по кривым они принудительно перемещаются одна относительно другой. Фиг. 128 схематически изображает вписывание такого П. в кривую радиусом 35 *м*, а кроме того показывает, что эта установка должна происходить с относительно небольшим боковым давлением на рельсы. Сзади последней спаренной оси располагается передаточный вал. Он служит для того, чтобы дать правильное направление спаренным дышлам между ведущей и задними спаренными осями, перемещающимися одна относительно другой и притом в случае, когда эти последние перемещаются так, как это указано на фиг. 129. Такое управление спа-



Фиг. 129.

ренными дышлами является необходимым для избежания возможных перекосов последних.

Род колесн. скатов и размеры отдельных частей зависят как от конструкции главной рамы, диам. колес, так и от напряжений, вызываемых нагрузкой на ось. Колеса отливают из лучшей стали. Кроме отливки коле-



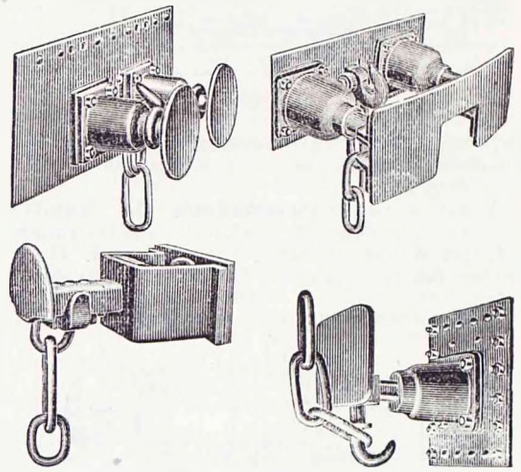
Фиг. 130.

со со спицами м. б. и коваными из литого или сварочного железа, причем противовесы образуют с ним одно целое. Паровозные колеса по своему назначению разделяются так же, как и оси. Колесо состоит из ступицы, обода и спиц. Ведущие и спаренные колеса снабжены противовесами. Диаметр ведущего колеса D *мм* находится в зависимости от рода службы П. и гл. обр. от наибольшей скорости движения v (*км/ч*). Приблизительно диам. ведущего колеса D м. б. определен из формулы Гумберта: $D = v : 40$, где D в *м*. В Германии при расчете узкоколейных П. диаметр ведущего колеса (в *мм*) устанавливается по ф-ле:

$$D = S \pm 0{,}1\ S,$$

где S—ширина колеи в *мм* (+ для легких П.; − для тяжелых П.). Обычно принимают $D = 1\,000 \div 1\,600$ *мм* для пассажирских П. при колее 1 000—1 607 *мм* и $D = 700$—1 000 *мм* для танк-П. любой колеи.

Колесные бандажи изготовляются из литой прокатанной стали (без сварки) и насаживаются на колеса в нагретом состоянии. Укрепление бандажей производится различными способами (см. *Бандажи*). Размеры бандажей: ширина 115 и 130 *мм*, толщина по кругу катания 57—65 *мм*, минимальная



Фиг. 131.

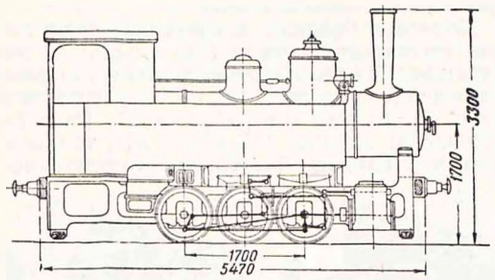
предельная толщина 28 *мм*, высота гребня 25 *мм* и ширина гребня 27,5 *мм*. Допускаемый предельный прокат бандажей 6—7 *мм*. На фиг. 130 показан профиль бандажей узкоколейного П. типа 0-4-0. Гребень бандажа и второй сцепной оси подрезан на 7 *мм* с целью увеличения разбега при прохождении по кривым. Размеры бандажей германских П. приведены в табл. 5.

Упряжные и ударные приборы. Паровозная рама заканчивается с торцовых сторон буферными брусьями, служащими кроме поперечного скрепления рамных листов также и для укрепления на них упряжных и ударных приборов, т. е. упряжного крюка, буферов, запасных цепей и стоек для фонарей. Буфера имеют своим назначением уменьшить толчки, происходящие на ходу между П. и вагонами. На фиг. 131 показаны различные типы упряжных и ударных при-

Табл. 5.—Размеры бандажей заграничных узкоколейных паровозов (Германия).

Категория ж. д.	Ширина колеи в *мм*	Ширина бандажа в *мм*	Расстояние между бандажами в *мм*	Зазор между ребордами и рельсами в *мм*	Минимально допустимая толщина бандажа в *мм*
Узкоколейные	1 000	110	925	4+4	12
	788	110	710	4+4	12
Полевые	750	100	686	4+4	12
	700	90	610	3+3	12
	600	90	510	3+3	12

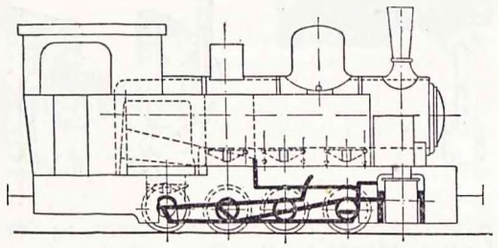
боров узкоколейных П., имеющих большей частью один центральный буфер. П. метровой колеи строятся в настоящее время в СССР и за границей преимущественно с двумя буферами. Заграничные железные дороги



Фиг. 132.

перешли уже и продолжают переходить на автоматическую сцепку с одним центральным буфером.

Виды и типы узкоколейных П. Танк-П. являются основным видом П., работающих внутри промышленных предприятий. Наиболее распространены в СССР узкоколей-



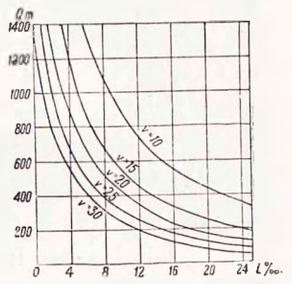
Фиг. 133.

ные танк-П. типов 0-3-0 и 0-2-0, причем последние преимущественно для колеи в 600 *мм* с нагрузкой на ось 3,5 — 6 *т*. На фиг. 132 показан схемат. вид 3-осного танк-П., применяемого для колеи в 750 и 1 000 *мм*. Основные характеристики следующие: поверхность нагрева 27.8 *м*², площадь колосниковой решетки 0,612 *м*², 2 цилиндра диам. 270 *мм*, ход поршня—400 *мм*. Вес в порожнем состоянии 13.4 *т*, в рабочем состоянии 16,5 *т*, сила тяги—2 620 *кг*. При испытаниях на прямых подъемах установлен следующий вес поезда (не считая веса самого П.):

Подъем	0.005	0.010	0,020	0.030	0,040	0,050
Вес поезда в *т*	252	143	73	46	32	23

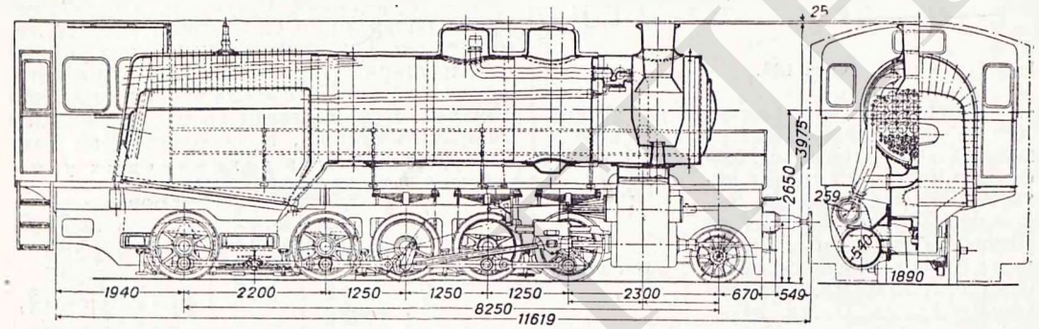
Более мощные танк-паровозы типа 0-4-0, у которых жесткая база доходит до 3 *м*, делают с переставными осями по системе Гольсдорфа или Клин-Линднера. Фиг. 133 представляет схематич. вид такого П. со следующей характеристикой: колея 750 *мм*, 2 цилиндра 360×360 *мм*, диам. колес 750 *мм*, жесткая база 2 800 *мм*, оси Клин-Линднера, давление в котле—12 *atm*, площадь колосниковой решетки 1,00 *м*², поверхность нагрева 53 *м*², вес порожнего паровоза 21 *т*, вес в рабочем состоянии 26,4 *т*, сила тяги 4 470 *кг*, наибольшая скорость 25 *км/ч*, наименьший радиус кривых 25 *м*.

Товарный П. типа 1-5-0 (фиг. 134) с 4-осным тендером, спроектированный Коломенским заводом в 1930 году для колеи 1 000 *мм*, будет иметь нагрузку на ось в 12,5 *т* и явится сверхмощным узкоколейным П. СССР, близко подходящим по своей силетяги F_k=12 800 *кг* к нормальному П. широкой колеи сер. Э. На подъеме в 13‰ проектный П. может вести состав весом $Q = 650$ *т* со скоростью 10 *км/ч*, а на подъеме 17,5‰ при той же скорости—состав весом 500 *т*. Фиг. 135 дает диаграмму $Q=f(i_k, v)$ веса составов в зависимости от скорости движения поезда и подъемов при форсировке парообразования $Z = 30$ *кг/м*². Передняя тележка у проектного П. предположена одноосная сист. Бисселя. При предварительных подсчетах статич. вписывания П. в кривые $R = 100$ *м* выяснился необходимый разбег передней тележки 81 *мм*, третьей сцепной оси 6 *мм* (срез реборды) и пятой сцепной оси 18 *мм* путем поперечного перемещения. Топка котла полуциркульная; все листы как топки, так и ее кожуха железные. Очистка зольника производится сбоку через две дверцы с каждой стороны; в раме сделаны



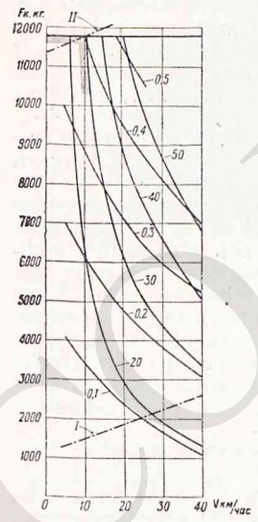
Фиг. 135.

соответствующие вырезы. Котел снабжен пароперегревателем сист. Чусова. Регулятор—клапанной сист. Цара—расположен в паровом колпаке. От регулятора идет паровая труба к камере перегревателя. Паровые трубы от камеры пароперегревателя спускаются концентрически около стенок дымо-

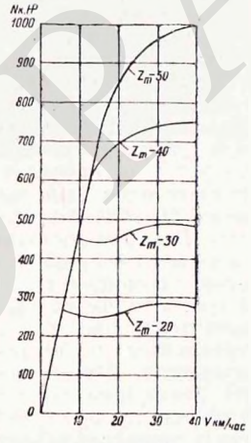


Фиг. 134.

вой коробки и подходят к золотниковым коробкам цилиндров. Сцепные дышла с крупными головками и поворачивающимися бронзовыми втулками. Рама П. состоит из двухрамных листов толщиною 25 *мм* с открытыми буксовыми направляющими. Проектный П. предположено снабдить поверхностным подогревателем и автоматич. тормозом сист. Казанцева. Значения силы тяги и мощности на ободе, развиваемых проектным П. в зависимости от усло-

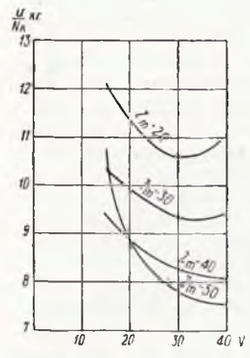


Фиг. 136.

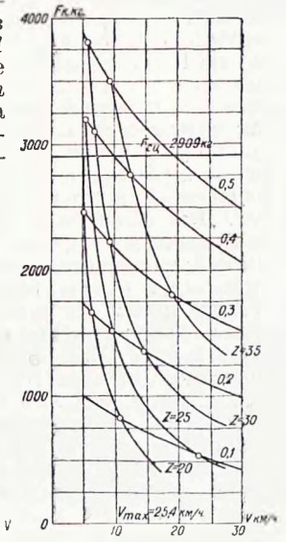


Фиг. 137.

вий работы котла и машины, приведены в диаграммах на фиг. 136 и 137; они получены методом обобщения паспортных кривых с П. сер. Э, как наиболее близко подходящим к проектному по принципу расширения пара, по размерам машины и т. п. Числа 20, 30, 40 и 50 обозначают форсировку парообразования в *кг/м*², а 0,1—0,5—отсечку пара в машине. Кривая *I* дает сопротивление поезда весом 753 *т* (включая 102 *т* веса П. с тендером) на горизонтальном участ-

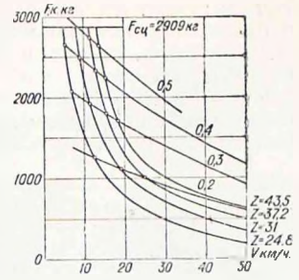


Фиг. 138.



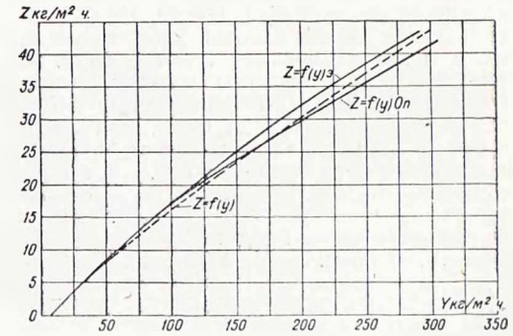
Фиг. 139.

ке, а кривая *II*—сопротивление того же поезда на подъеме $i = 0{,}0136$. Диаграмма расхода перегретого пара на силочас $\frac{U}{N_k} = f(Z_m, v)$ показана на фиг. 138. Главнейшие размеры (кроме указанных на фиг. 134) и основные данные этого П. следующие: колея 1 000 *мм*, ⌀ цилиндров 540 *мм*, ход поршней 550 *мм*, давление пара в котле 14 *atm*, поверхности нагрева: испарительная 151 *м*², поверхность нагрева пароперегревателя 50 *м*², общая 201 *м*², площадь колосниковой решетки 3,86 *м*², вес паровоза порожнего 62,7 *т*, вес П. в рабочем состоянии 70 *т*, сцепной вес 62,5 *т*, жесткая база 5 950 *мм*, наибольшая сила тяги 12 800 *кг*.



Фиг. 140.

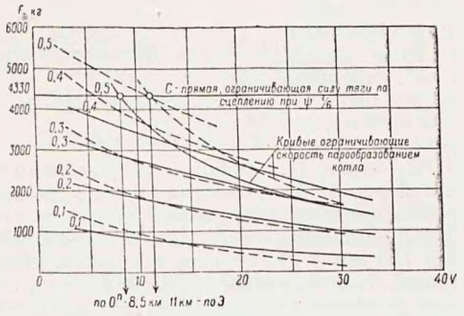
Товаро-пассажирский П. типа 0-4-0 для колеи 750 *мм* с двухосным тендером, построенный Коломенским з-дом в 1930 г., обладает сцепным весом в 16 *т* при нагрузке на ось 4 *т* и силой тяги 3 160 *кг*; П. оборудован пароперегревателем системы Шмидта, дающим экономию пара до 13% и топлива до 10%. Небольшие запасы воды и топлива,



Фиг. 141.

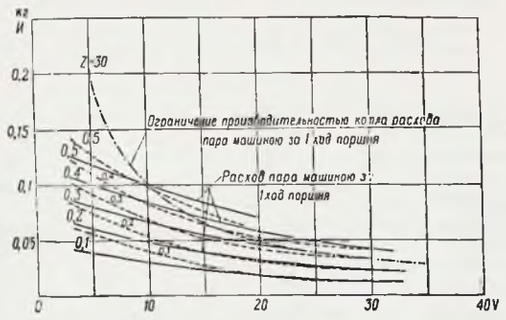
помещенные на самом П., позволяют использовать его отчасти как танк-П. Он может проходить по кривым R=40 *м* без уширения пути, что достигается увеличением разбега осей до 12 *мм* благодаря подрезыванию гребней бандажей второй сцепной оси на 7 *мм* и допуску разбега на 5 *мм* осевых подшипников. На фиг. 139 и 140 представлены диаграммы кривых касательной силы тяги этого П.; кривые построены путем графич. интерполяции с паровозами нормальной колеи сер. ОП и сер. Э. На диаграмме (фиг. 141) представлена паропроизводительная способность Z котла этого П. в зависимости от интенсивности сгорания топлива y в виде кривых $Z = f(y)$, полученных путем обобщения по ширококолейным П. серий Э и ОП, а равно и аналитическим методом идеальной поверхности нагрева котла (метод Штраля; пунктирная кривая). На приведенных кривых видно, что интенсивность парообразования $Z_m = 25 \div 35$ *кг/м²/ч* обеспечивает реализацию силы тяги при полном сцеплении колес с рельсами и при небольших скоростях $v = 6 \div 10$ *км/ч* при $y = 150 \div 250$ *кг/м²/ч*.

Более мощный товаро-пассажирский П. типа 0-4-0 с трехосным тендером, построенный Коломенским заводом в 1929 г. (зав. тип 157; вкл. л., *XII*), является одним из первых мощных узкоколейных стандартных П. для ж.-д. колеи в 750 *мм*. Он имеет нагрузку на сцепную ось 6,5 *т*. П. оборудован пароперегревателем сист. Шмидта. Паровозный котел диам. 1 100 *мм* с железной топкой сист. Бельпера и с такими же



Фиг. 142.

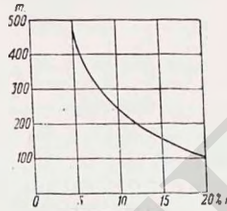
связями и анкерными болтами; отопление угольное, а нек-рые П. с нефтяным отоплением. П. снабжен паровым и ручным тормозами. Сила тяги F_k=4 675 *кг*. На фиг. 142 приводятся данные тяговой характеристики этого П., определенные путем графич. интерполяции по опытным данным для подобных П. нормальной колеи серии ОП типа 0-4-0 и сер. Э типа 0-5-0, причем построение кривых на диаграмме произведено сплошными линиями по П. сер. ОП, а пунктирными—по сер. Э. Таким же порядком определена и построена для этого П. диаграмма расхода пара за 1 ход поршня по машине и котлу, изображенная на фиг. 143. Для опре-



Фиг. 143.

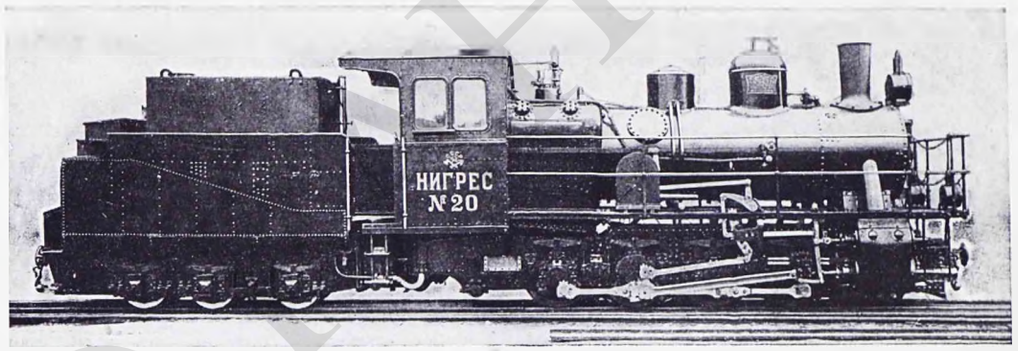
деления расхода пара этим узкоколейным П. взят для сравнения ширококолейный П. серии Э, наиболее подходящий по отношениям $H_i : R$ и $H_u : H_i$. Следует отметить, что мощность П. сер. Э в несколько раз превосходит мощность данного П.; поэтому тяговые характеристики последнего могут иметь отклонения в ту или иную сторону на 10%. Вес поезда в *т*, рассчитанный по общеизвестной ф-ле, представлен в виде диаграммы (фиг. 144) при различных подъемах и при скоростях движения v=8,5 *км/ч* (по П. сер. ОП) и v=11 *км/ч* (по П. сер. Э). Основные размеры и данные: колея 750 *мм*, диам. ведущих колес 800 *мм*, диам. цилиндров 360 *мм*, ход поршней 370 *мм*, давление пара в котле 13 *atm*, поверхность нагрева: испарительная 48,62 *м*², пароперегревателя 12,85 *м*², общая 61,47 *м*², площадь колосниковой решетки 1,32 *м*², вес П. порожнего 23,5 *т*, в рабочем состоянии—26 *т*, жесткая база 2 850 *мм*, сила тяги—4 675 *кг*.

Широкое развитие узкоколейных ж. д. в нек-рых странах, преимущественно в Ю. Америке, Африке и Австралии, вызвало к жизни создание типов узкоколейных П., значительно более мощных и быстроходных, чем описанные выше. На вкл. л., *XII* показан разрез и общий вид П. типа 1-5-1 с четырехосным тендером. П. построен германским заводом Геншель в 1928 году для южноафриканских ж. д. колеи 1 067 *мм* и известен как П. типа Santa Fe. Допускаемая для узкоколейных ж. д. максимальная нагрузка на сцепную ось в 19 *т* при 5 спаренных осях дает значительную силу тяги этого П. в 24 200 *кг*. Прохождение по кривым R = 90 *м* достигается путем соединения переднего бегунка с ближайшей спаренной осью с помощью тележки сист. Гельмгольц-Цара, в то время как задний бегунок снабжен перемещающейся осью с довольно значительным углом отклонения. Кроме того движущие колеса третьей и четвертой спаренных осей не имеют реборд, чем гарантируется требуемая подвижность при прохождении П. по кривым. П. имеет трехцилиндровую паровую машину, с одной стороны, в виду стесненности габарита, а с другой—для более равномерного усилия при троганьи с места. Котел паровоза в общем имеет обычную конструкцию и отличается только большой длиною. Во избежание увеличения длины жаровых и дымогарных труб, огневая коробка в передней своей части снабжена так называемой камерой сгорания, значительно увеличивающей поверхность нагрева топки, к-рая кроме того повышается еще и от добавления нескольких кипятильных трубок. Для облегчения чистки топки последняя снабжена подвижной колосниковой решеткой; для взаимного движения колосников существует особое приспособление, действующее паром. Загрузку решетки топливом производят с помощью механич. кочегара—

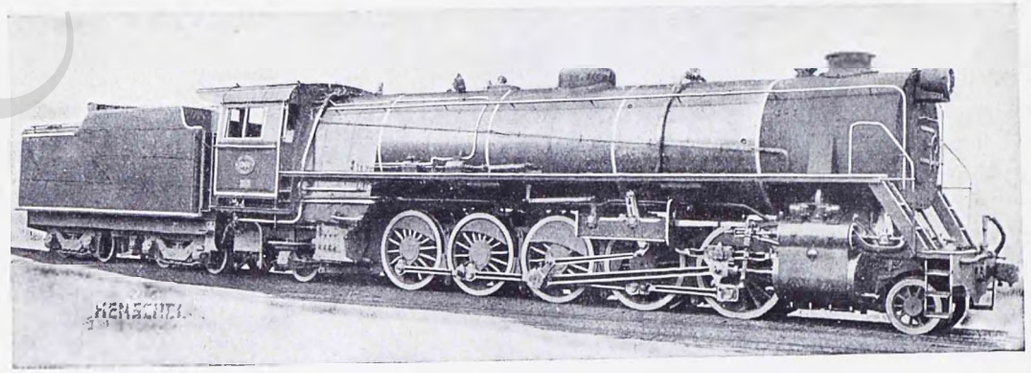


Фиг. 144.

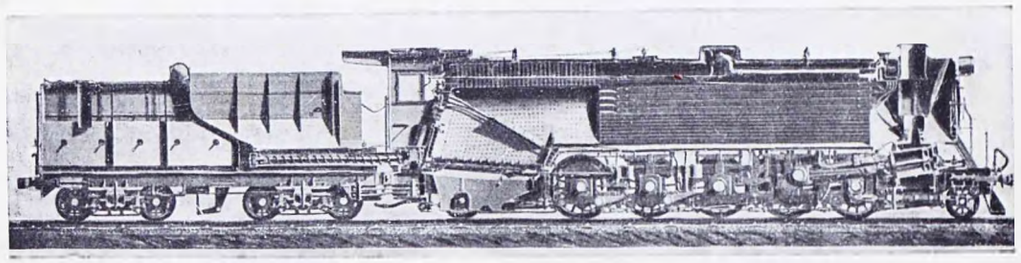
с т о к к е р а. Наружные цилиндры П. расположены на раме горизонтально, а внутренний—под дымовой коробкой наклонно. Парораспределение производится механизмом Гейзингера. П. и тендер снабжены автоматическим и ручным тормозами. Сцепка также автоматическая. Из практики эксплоатации этого П. выяснилась возможность передвижения составов весом в 1 800 *т* на подъемах до 0,013. Ниже даются его главнейшие размеры: 3 паровых цилиндра диам. по 540 *мм*; ход поршня 660 *мм*; диам. ведущего колеса 1 447 *мм*; диам. поддерживающих колес 762/838 *мм*; общ. база П. 11 639 *мм*; давление пара 15 *кг/см*²; площадь колосни-



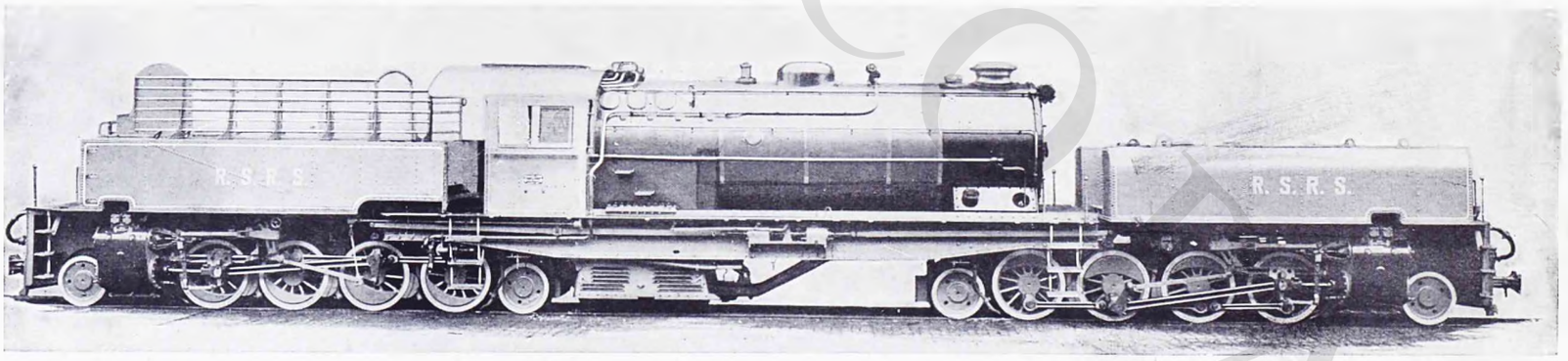
Товаро-пассажирский П. узкой колеи Коломенского завода типа 0-4-0 с трехосным тендером.



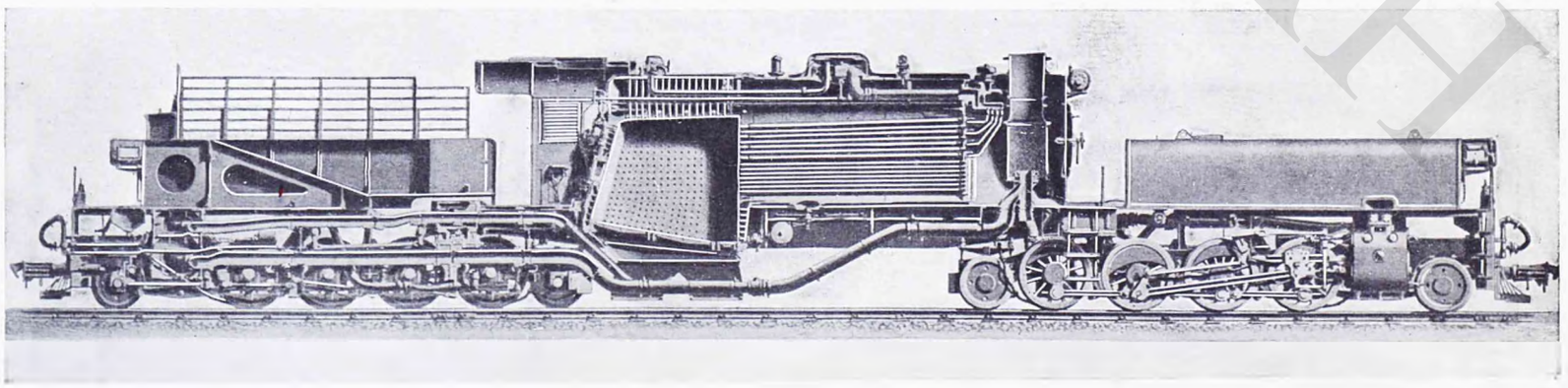
П. узкой колеи завода Геншель „Experimental" типа 1-5-1 с четырехосным тендером.



Разрез П. „Experimental".



Товарный П. узкой колеи системы Гаррата типа 1-4-1+1-4-1 завода Геншель.



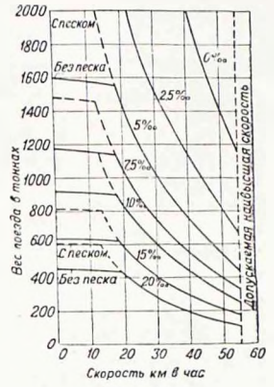
Разрез П. системы Гаррата.

© ГПИТЕ

ковой решетки 5,6 $м^2$, поверхности нагрева: испарительная 275 $м^2$, пароперегревателя 95 $м^2$, полная 370 $м^2$; вес П. порожнего ок. 104,5 $т$; в рабочем состоянии 120 $т$; сценной вес 96,5 $т$; длина П. 14,57 $м$, ширина 3,1 $м$ и высота 3,96 $м$; сила тяги 24 200 $кг$.

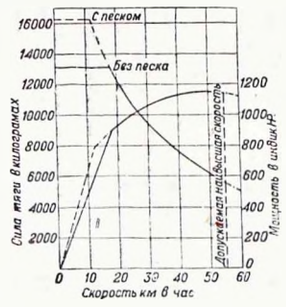
П. сочлененной конструкции сист. Гарратa впервые предложены в 1907 г. австралийцем Гарратом. Первоначально они строились только на англ. з-дах Beyer Peacock Co., а в последнее время на многих герм. з-дах (Геншель, Шварцкопф, Маффей и др.). Идея этой конструкции заключается в том, чтобы создать более свободное положение для паровозного котла, увеличению размера к-рого мешают, с одной стороны, колеса, с другой—условия габарита. Подвижность рамы П. при прохождении последним по кривым оказалась вместе с тем дополнительным конструктивным улучшением. Создавая свой П., Гаррат поместил котел в раму, соединяющую наподобие помоста две отдельные поворотные, снабженные паровыми машинами тележки, которые для ослабления колебательных движений нагружают запасами угля и воды. Тележки расположены друг от друга на таком расстоянии, что увеличению размеров котла не мешают ни оси ни сами колеса. П. системы Гарратa применяются б. ч. на узкоколейных горных железных дорогах и вообще на ж. д. с тяжелым профилем пути. В последнее время П. этой системы находят себе применение и на дорогах нормальной колеи в Англии, Испании, Северной Америке и других странах. П. сист. Гарратa имеют короткий цилиндрический котел довольно большого диаметра и глубокую топку. При нестеспенном положении котла зольник вместо обычной сложной формы изготовляется с прямыми стенками и кроме передних и задних воздушных клапанов имеет еще и боковые отверстия для более удобной очистки его от золы. При такой форме зольника прозоры между колосниками не могут забиваться золой, и воздух таким образом получает свободный доступ по всей площади колосниковой решетки. Рама с паровозным котлом концами своими покоится на обеих рамах ведущих тележек. Точки сопряжения главной рамы (с котлом) сдвинуты по отношению к центрам поворотных тележек значительно назад, и поэтому котел П. при движении по кривым принимает такое же положение, как и тележки системы Бисселя. Вследствие большой длины такого П. и значительного количества осей давление колес на рельсы получается весьма незначительное. Поэтому П. сист. Гарратa являются особенно подходящими для ж.-д. линий с легким верхним строением пути. С другой стороны, большая длина этих П., достигающая у самых мощных типов (нормальной колеи) 30 $м$ и больше, препятствует распространению их из-за невозможности ремонтировать их в небольших мастерских, где длина передвижных тележек не превышает 14—15 $м$. Баки для воды обеих ведущих тележек соединены между собою таким образом, что сценной вес обеих единиц распределяется равномерно и остается почти равным независимо от того, наполнены баки водою или нет.

Общий вид товарного П. системы Гарратa типа 1-4-1+1-4-1, построенного германским з-дом Геншель в 1930 г. для сиамских ж. д. колеи 1 000 $мм$, изображен на вкл. л., *XIII*. Эти П. имеют нижеследующие главнейшие размеры: количество и диаметр цилиндров 4×430 $мм$; ход поршня 550 $мм$; диаметр ведущих колес 1050 $мм$ и бегунковых 762 $мм$; жесткая база 3 600 $мм$; общая база 19 500 $мм$; база тележки 8 600 $мм$; поверхность нагрева: испаряющая 161 $м^2$, пароперегреватели 35 $м^2$; площадь колосниковой решетки 3,78 $м^2$; давление пара в котле 13 atm; сценной вес 82,7 $т$; вес паровоза порожнего 87,2 $т$ и в служебном состоянии 117,5 $т$. Сила тяги 18 900 $кг$. Запасы воды 18 $м^3$, топлива (дров) 12 $м^3$. Наибольш. скорость 45 $км/ч$, наименьший радиус кривых 90 $м$. На фиг. 145 дана диаграмма веса поездов в зависимости от скорости движения и подъемов для П. системы Гарратa такой же конструкции, как и вышеописанный, но типа 1-3-1+1-3-1 со стандартной нагрузкой на сценную ось 12,5 $т$ при силе тяги 16,3 $т$, а на фиг. 146 — диаграмма силы тяги на ободе колеса того же паровоза и его мощностей в зависимости от скорости движения.



Фиг. 145.

Следует также указать на шестицилиндровый П. сочлененной конструкции сист. Байер-Гарратa типа 2-3-1+1-3-2, построенный в Англии для колеи 1 067 $мм$ и представляющий собою один из наилучших образцов П. этого типа, построенных до настоящего времени. Согласно принятому на заводе способу расчета (при 75% давления в котле) сила тяги $F = 23\ 400\ кг$, что дает коэф. сцепления при полной нагрузке П. $\psi = 1/3{,}8$. Ведущие колеса — небольшого диаметра, а следовательно получаются довольно высокие скорости хода поршня, что однако компенсируют легкостью движущихся частей и применением трех цилиндров на каждой подвижной единице, т. е. каждая группа колес приводится в движение тремя цилиндрами, работающими перегретым паром.



Фиг. 146.

П. сист. Гарратa имеют следующие достоинства: 1) наличие специальной паровозной рамы с покоящимся на ней паровозным котлом, расположенным на поворотных, подвижных тележках, дает возможность свободного вписывания П. в кривые малых радиу-

Табл. 6.—Характеристики паровозов системы Гаррата.

Местонахождение ж. д.	Колея в мм	Тип паровоза	Типовое усилие при 75–85% давления в котле	Наибольшая нагрузка на ось	Число цилиндров паровых машин	Диам. цил. хода в мм	Давление пара в котле в atm	База тележки в м	Жесткая база в м	Полная база в м	Поверхность нагрева в м²	Площ. колосниковой решетки в м²	Запас угля в т	Запас воды в м³	Сцепной вес паровоза в т	Все паровоза в рабочем состоянии в т
Тасмания	610	020+020	6 550— 7 400	8,60	4	800	14	1,22	1,22	8,15	58,34	1,37	1	3,62	33,0	33
Ю. Африка	610	130+031	7 200— 8 150	6,45	4	762	12,6	3,12	1,75	12,12	82,03	1,81	2½	6,13	38	47,5
То же	610	131+131	4 750— 5 950	3,70	4	762	12,6	3,85	1,75	12,19	49,24	1,02	2	4,55	21	33,2
Виктория	772	130+031	10 750—12 150	9,30	4	914	12,6	3,64	2,06	13,56	114,27	2,10	3½	7,05	54,50	67,9
Сиерра-Леоне	762	131+131	6 800— 7 700	4,90	4	711	12,3	4,15	1,83	13,21	78,41	1,60	3	5,45	29,50	45,9
Цейлон	762	120+031	6 350— 7 200	6,90	4	762	12,3	3,05	1,60	10,90	53,33	1,38	2	4,55	27,55	38,35
Mogyana	1 000	130+031	10 350—10 750	8,75	4	1 143	11,25	5,38	1,59	17,08	142,60	2,53	4	9,10	52,55	74,6
San Paulo (Бразилия)	1 000	130+031	12 700—14 350	10,30	4	1 067	14	4,35	2,44	15,00	179,26	2,77	9	13,63	61,7	79,5
Burma	1 000	140+041	15 100—17 100	10,30	4	991	12,6	5,30	2,23	20,72	190,82	4,08	5	9,10	82,9	100
»	1 000	241+142	16 000—18 250	10,30	4	1 092	12	7,52	4,04	21,96	226,40	4,05	6	23,85	82,9	132
Assam Bengal	1 000	131+131	12 000—13 600	9,35	4	1 219	12,6	5,89	2,72	18,00	157,74	2,79	6	10,90	56,1	88,8
Аргентина	1 000	131+131	14 400—16 350	11,00	4	1 067	12,6	5,51	2,44	18,20	187,66	3,65	5	13,63	65,5	102,8
Cordoba	1 000	241+142	22 000—25 000	12,9	4	1 219	13,0	8,80	3,05	24,96	279,44	5,10	8	23,60	102,4	165,3
Буэнос-Айрес	1 000	231+132	13 800—15 700	10,30	4	1 219	13,0	7,01	2,9	20,46	188,80	3,16	5	16,40	62	111,5
Зап. Австралия	1 067	130+031	9 800—11 200	9,20	4	991	11,25	4,19	2,20	14,33	120,95	2,10	3	9,10	53,35	67,4
Тасмания	1 067	221+122	10 400—11 800	11,80	8	1 524	11,25	6,32	1,83	18,86	187,56	3,15	4	13,63	47,75	93,1
Ю. Африка	1 067	130+031	21 500—24 300	17,50	4	1 219	12,6	4,98	2,71	20,92	286,22	4,81	9	20,90	103	131,7
»	1 067	131+131	8 250— 9 350	7,65	4	1 086	12,6	5,31	2,44	16,16	113,15	2,17	4	10,52	46	73,8
»	1 067	131+131	14 500—16 400	12,50	4	1 156	12,6	5,72	2,50	17,79	188,77	3,75	5	17,30	74,1	112,2
»	1 067	141+141	23 300—26 400	12,80	4	1 156	12,6	6,98	3,89	21,35	272,57	4,79	9	20,90	101	145,9
»	1 067	131+131	18 000—20 500	16,00	4	1 448	12,6	6,51	3,05	20,53	275,51	4,83	10	20,90	93	145,3
»	1 067	131+131	14 200—16 000	10,30	4	1 086	12,6	5,38	2,44	17,28	183,94	3,15	4	13,63	62	93,4
»	1 067	241+142	25 600—40 400	18,20	4	1 219	14	8,43	2,74	25,49	364,14	6,93	12	31,80	145	211
Родезия	1 067	131+131	16 650—17 750	13,30	4	1 219	12,6	6,17	2,67	19,21	207,17	3,60	7	16,40	79,7	124
»	1 067	141+141	20 900—23 600	13,15	4	1 219	12,6	7,54	2,67	22,45	261,79	4,60	6	20,40	104,3	148,10
Бенгуэла	1 067	241+142	20 900—23 600	12,80	4	1 219	12,6	8,48	2,74	24,15	280,00	4,73	*1	22,70	102,3	165,7
Ю. Африка (ут. конн)	1 067	131+131	18 100—20 600	13,75	4	1 086	12,6	5,41	2,44	18,07	228,07	3,89	7	15,90	80,4	112,9
Новая Зеландия	1 067	231+132	23 400—24 200	14,40	6	1 448	14	7,75	3,38	23,37	260 56	5,41	6	18,20	86,1	143,7
Эквадор	1 067	131+131	17 150—19 500	13,30	4	935	14	5,21	2,21	17,51	217,20	3,75	10*2	11,38	79,7	118,6
Тасмания	1 067	241+142	17 000—19 300	10,30	4	1 092	12,6	7,52	2,49	21,96	224,54	4,05	6	23,85	85,6	130,4
Нигерия	1 067	241+142	15 900—18 000	9,35	4	1 219	12,6	8,20	2,70	22,60	198,43	3,60	5	17,30	74,8	123,7

*1 15 м³ дров. *2 Нефть.

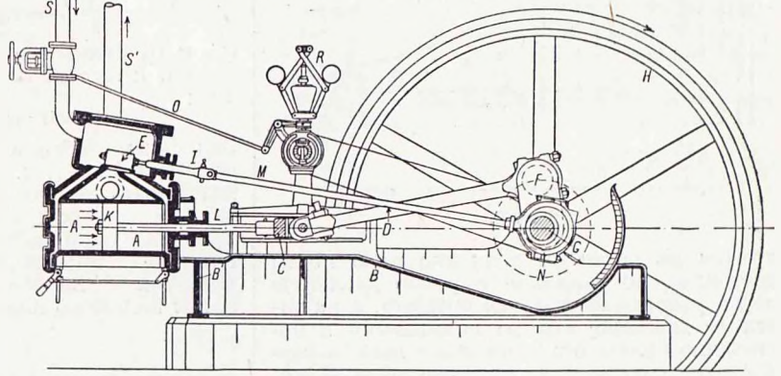
сов ($R \leqslant 50$ м), а равно и допускает прохождение по ним с большими скоростями; 2) большая база П. и свободная подвижность поворотных тележек гарантируют П. системы Гаррата спокойный ход по пути; 3) подвижность ходовых частей благоприятна в отношении уменьшения износа как пути, так и ходовых частей П. (бандажей, движущего механизма и т. п.); 4) хорошее парообразование П., делающее его экономным в расходовании топлива по сравнению с другими П. той же мощности при одинаковом весе поезда; 5) экономия в стоимости содержания и обслуживания П. благодаря наличию большого количества автоматич. арматуры и приборов (автоматич. масленки, песочницы, прибор для продувки жаровых и дымогарных труб, механич. кочегар, электрич. освещение и т. п.); 6) удачная конструкция огневой коробки, дающая возможность спокойного горения топлива с равномерным распределением пламени по всей решетке; 7) малая нагрузка на оси даже для мощных П., допускающая применение легкого верхнего строения пути и слабых искусственных сооружений; 8) конструктивная возможность снабжения П. паропроизводительным котлом, особенно ценная при низкосортном топливе. Наряду с положительными сторонами П. сист. Гаррата имеются также и недостатки конструкции этой системы: 1) сложность конструкции, отражающаяся как на стоимости постройки, так и на дальнейшем ремонте П. при эксплоатации их; 2) возможность частого расстройства особо чувствительных мест П. сочлененной конструкции—паропровода и шкворневого соединения рамы с тележками; 3) значительная против обычных типов длина П. сист. Гаррата, требующая удлинения стойл паровозного депо и поворотных кругов; 4) громоздкость П. и трудность подъемки его в случае схода с рельсов. В табл. 6 приводятся основные данные для различных типов П. системы Гаррата, построенных з-дом Beyer Peacock Co.

Лит.: Никитин А., Постройка и эксплоатация узкоколейных подъездных железных дорог, П., 1909; Беккер Б., Основные положения проектирования топливных ветвей, М., 1921; Правила производства тяговых расчетов для ж.-д. колеи 750 мм. Приложение к «Технич. условиям проектирования и сооружения ж. д. с шириной колеи 750 мм»; Энгельгардт Ю. В., Железные дороги, т. 3, Узкоколейные дороги, М.—Л., 1929; его же, Узкоколейные жел. дороги за границей и в СССР, М.—Л., 1927; Трубецкой В. А., Руководство для изучения и обслуживания паровозов узкокол. ж. д., М., 1928; его же, Паровозы узкокол. ж. д. СССР, М., 1929; его же, Стандартизация промышленно-заводских ж. д. узкой колеи и нормализация подвижного состава, «Железнодорожное дело», М., 1928, *1*; его же, Новейшие достижения узкоколейного паровозостроения в Германии, «Война и техника», М., 1928, *5*; его же, Новый польский узкоколейный танк-паровоз сист. Шварцконф, там же, М., 1928, *8*; его же, Товарные паровозы латвийских узкоколейных ж. д., там же, М., 1928, *10*; его же, Паровозы сочлененной конструкции сист. Гаррата, М., 1931; его же, Какие паровозы нужны промышленному транспорту, «Промышлен. транспорт», М., 1931, *6*; Либин И. К., Научно-исследовательские работы в области стандартизации узкоколейного ж.-д. хозяйства СССР, «Труды Комиссии по стандартизации узкоколейных ж. д. СССР», М., 1929, вып. 1; Опацкий Н. В., Провозоспособность полевых ж. д., «Война и техника», М., 1928, *10*; Игель М., Руководство к паровозостроению, пер. с немецкого, Берлин, 1924; Baltzer F., Kolonial- u. Kleinbahnen, B. 1—2, B., 1920; Ptaczowsky L., Feldbahnen u. Industriebahnen, Berlin, 1920; Henschel und Sohn, Des Lokomotiv-Ingenieurs Taschenbuch, Kassel, 1924; Henschel, Sonderkatalog f. Feldbahn- u. Industrie-Lokomotiven, Kassel, 1925; Krotoschin A., Taschenbuch f. Feldbahnbetriebe, B., 1925; Schwartzkopff, Handbuch f. leichte Lokomotiven, B., 1927; Dietrich E., Oberbau u. Betriebsmittel d. Schmalspurbahnen, B., 1914; Wasseur L., Chemins de fer d'intérêt local, tramways et services publiques automobiles, Paris, 1926; Wiener L., Les locomotives articulées, P., 1916.

В. Трубецкой.

ПАРОВЫЕ КОТЛЫ, см. *Котлы паровые.*

ПАРОВЫЕ МАШИНЫ. П. м. явилась первым тепловым двигателем, получившим практич. значение. Первые типы П. м. появились в 17 в. (Соломон де-Ко, маркиз Ворчестер, Папин, Сэвери), но настоящее осуществление П. м. получила в начале 18 в. (Ньюкомен, 1711 г.). Крупное значение в промышленности она приобрела только после изобретений Уатта в конце 18 в. В течение всего 19 в. П. м. является главным тепловым двигателем, в нее вводится целый ряд крупнейших усовершенствований, она находит широчайшее применение в ж.-д. и водном транспорте. В 20 в. П. м. вытесняется из

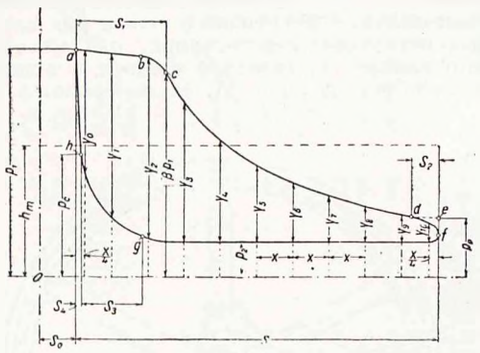


Фиг. 1.

области крупных установок паровой турбиной, в области же мелких и средних установок с нею успешно конкурируют *двигатели внутреннего сгорания* (см.), в особенности *двигатели Дизеля* (см.). Однако она и сейчас имеет еще большое распространение в заводских установках, в ж.-д. транспорте, в виде судовых машин и некоторых специальных типов машин (локомобили, паровые экскаваторы, драги, паровые ж.-д. краны, прокатные машины, рудоподъемные машины и т. п.). Кроме того П. м. представляют иногда преимущество перед паровыми турбинами при работе с противодавлением или с отбором пара при небольших мощностях.

Простейший тип П. м. (одноцилиндровая П. м. с пораспределением с помощью простого золотника) изображен на фиг. 1. Глав-

ные составные части ее следующие: A—цилиндр, B—станина, K—поршень, L—поршневый шток, C — крейцкопф (ползун), D — шатун, F—кривошип, G—коренной вал, H—маховое колесо, S — паропроводящая труба с паровпускным вентилем, S'—паропроводящая труба, E—золотник, I—золотниковая тяга, M—эксцентриковая тяга, N—эксцентрик, R — регулятор, O—тяга от регулятора к дроссель-клапану (служащему для регулирования с помощью торможения пара). Работа П. м. совершается след. обр.: пар входит через те или иные органы парораспределения в цилиндр машины, где давит на поршень и вызывает его движение. Сила давления пара передается через шток, крейцкопф, шатун и кривошип валу машины, а от вала или непосредственно соединенному с ним электрич. генератору, или посредством ременной или канатной передачи трансмиссионному валу, или непосредственно тем или иным рабочим механизмам. Картина явлений, происходящих в цилиндре паровой машины, получается при помощи *индикатора* (см.) и имеет название индикаторной диаграммы. Индикаторная диаграмма одноцилиндровой П. м. изображена на фиг. 2. Линия abc изображает впуск пара,



Фиг. 2.

причем на части ab давление пара почти постоянно по величине и равно давлению перед распределительным органом, а на части bc давление быстро понижается и постепенно переходит в давление начала расширения (точка c). Отношение части S_1 хода поршня, соответствующей периоду впуска пара (на фиг. 2 длина, соответствующая части abc диаграммы), ко всему ходу S называется степенью наполнения. От точки c до точки d происходит расширение пара. В точке d—начало выпуска, причем от точки d до точки f (за время пути S_2) происходит т. н. опережение или предварение выпуска (при прямом ходе поршня). От f до g продолжается выпуск при обратном ходе поршня. В точке g выпуск прекращается и начинается сжатие пара. Оно продолжается до точки h (путь S_3), к-рая находится немного не доходя до крайнего положения поршня. В ней уже начинается впуск свежего пара, причем путь S_4 от h до a называется опережением, или предварением впуска (примеры различных неправильностей в виде индикаторных диаграмм—см. *Индикатор*). Индикаторные диаграммы, снятые с существующей П. м., необходимы: 1) для составления представления о работе машины и устранения обнаруженных недостатков, 2) для нахождения индикаторной мощности машины. Для последнего площадь, ограниченную внутри индикаторной диаграммы, превращают в равновеликий прямоугольник с тем же основанием S (фиг. 2) и с высотой h_m. Эта высота, выраженная в масштабе давлений, дает среднее индикаторное давление. Если масштаб давлений (масштаб пружины индикатора или масштаб, принятый при проектировании) есть a *мм*, соответствующий 1 *кг/см²*, то

$$p_i = \frac{h_m}{a} \text{ кг/см}^2. \qquad (1)$$

При индицировании машин необходимо снимать диаграммы отдельно с каждой стороны поршня, причем получаются средние индикаторные давления, несколько отличающиеся друг от друга, p_i' и p_i'' *кг/см²*. Для равномерности хода желательно возможно малое отличие между p_i' и p_i''. Индикаторная мощность N_i машины будет (в Л):

$$N_i = \frac{\left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4}\right) p_i' S n}{60 \cdot 75} + \frac{\left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4}\right) p_i'' S n}{60 \cdot 75}, \qquad (2)$$

где F—полезная площадь поршня в *см²*, равная $\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$; D—диаметр цилиндра в *см*, S—ход поршня в *м*; n—число об/м.; d_1 и d_2—диаметры штока с передней и задней стороны. Полагая

$$\frac{\left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4}\right) S}{60 \cdot 75} = C_1, \quad \frac{\left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d_2^2}{4}\right) S}{60 \cdot 75} = C_2$$

(C_1 и C_2 называются постоянными для передней и задней стороны цилиндра), получим:

$$N_i = C_1 p_i' n + C_2 p_i'' n. \qquad (3)$$

Эти ф-лы особенно удобны для обработки опытов с П. м., т. к. постоянные C_1 и C_2 могут быть заранее вычислены по известным точным размерам машины. Для расчета же проектируемой машины принимают $p_i' = p_i''$ и влияние штока поршня оценивают общим коэф-том a для обеих сторон машины, полагая полезную площадь поршня F равной:

$$F = a \frac{\pi D^2}{4}$$

(a берется равным 0,97—0,98). В таком случае ф-ла для мощности будет

$$N_i = \frac{a p_i \frac{\pi D^2}{4} 2Sn}{60 \cdot 75}. \qquad (4)$$

В эту ф-лу часто нужно бывает вводить среднюю скорость поршня c_m:

$$c_m = \frac{2Sn}{60}. \qquad (5)$$

Тогда

$$N_i = \frac{a p_i \frac{\pi D^2}{4} \cdot c_m}{75}. \qquad (6)$$

Для проектируемой машины обыкновенно задается не индикаторная, а эффективная мощность, т. е. мощность, развиваемая на валу машины. Она обозначается N_e. Связь между N_i и N_e дается ур-ием

$$N_e = \eta_m N_i; \qquad (7)$$

η_m называется механическим кпд. Величина

его берется в настоящее время для хороших машин равной 0,85—0,9; в исключительных случаях он доходит до 0,95. Основные данные при проектировании—N_e, n, давление впуска p_1 и темп-ра пара t_1, если пар перегретый и давление выпуска p_2. По этим данным находят (как будет показано дальше) среднее индикаторное давление p_i; затем задаются коэф-тами η_m и a и тогда в ф-ле (6) останутся только 2 неизвестные величины c_m и D. Величина c_m для обыкновенных машин средних размеров выбирается в пределах 2—3 *м/сек*; для малых машин она лежит обыкновенно в пределах 1—2 *м/сек*; для прямоточных машин Штумпфа она доходит до 5 *м/сек*, а в паровозных машинах доходит до 7 *м/сек*. После выбора c_m из ф-лы (5) определяется S, по ф-ле (6)—величина D. Затем нужно убедиться, что отношение $\frac{S}{D}$ не выходит из пределов, удобных в конструктивном отношении. Польгаузен дает следующие величины этого отношения: $\frac{S}{D} = 1{,}3 \div 1{,}8$ для горизонтальных нормальных заводских машин; $\frac{S}{D} = 0{,}9 \div 1{,}3$ для вертикальных нормальных заводских и для быстроходных машин (горизонтальных и вертикальных). Если получается неподходящая величина для $\frac{S}{D}$, то приходится выбрать другую величину средней скорости поршня.

Построение индикаторной диаграммы для машин простого расширения. Прежде всего выбирается объем V_0 *м³* вредного пространства; полагают

$$V_0 = mFS \qquad (8)$$

(F—полезная площадь поршня в *м²*, S—ход поршня в *м*). Величина m колеблется в широких пределах для разных машин: для машин с золотниковым и с клапанным распределением $m = 5 \div 10\%$ (до 16% при поршневых золотниках); для машин с крановым распределением $m = 3 \div 6\%$; для прямоточных машин Штумпфа $m = 1{,}5 \div 3{,}5\%$. Давление p_1 впуска берется для нормальных условий несколько меньше котельного давления: на 0,25—0,5 *кг/см²* при небольшой длине паропровода; при длинных паропроводах потеря эта зависит от длины паропровода и определяется по различным ф-лам (см. *Паропровод*). Во время впуска пара происходит нек-рое падение давления, зависящее от постепенного уменьшения площади паровпускного канала при его закрывании парораспределительными органами. Это падение давления довольно значительно при золотниковых парораспределениях, особенно в паровозных машинах (где оно усиливается недостаточностью количества пара, получаемого в период впуска из котла). Вопрос о падении давления во время впуска подробно был разобран В. И. Гриневецким; для обыкновенных машин это падение оценивают общим поправочным коэф-том (коэф циент полноты диаграммы). Продолжительность впуска определяется степенью наполнения ε, находимой по ур-ию

$$S_1 = \varepsilon S \qquad (9)$$

(S_1—длина пути, на к-ром происходит впуск, S—ход поршня). При проектировании машины с переменным наполнением (двойные золотники, клапаны, краны) задаются наивыгоднейшей степенью наполнения; при выборе ε исходят из соображений о наименьшем расходе пара (требующем малых наполнений) и о достаточно полном использовании объема цилиндра (что достигается при больших наполнениях). Поэтому выбор наивыгоднейшей степени наполнения делается на основании данных опыта согласно табл. 1.

Табл. 1.—Величины экономически наивыгоднейших наполнений ε.

Начальное давление, *atm*	Насыщенный пар		Перегр. пар (на 100°)	
	*1	*2	*1	*2
4	0,50	0,22	0,60	0,30
6	0,35	0,18	0,50	0,25
8	0,28	0,16	0,45	0,20
10	0,24	0,14	0,37	0,18
12	0,21	0,13	0,33	0,16
14	0,18	—	0,30	0,15
16	0,16	—	0,27	—

*1 Без конденсации. *2 С конденсацией.

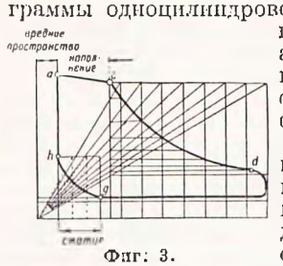
Часто исходят при построении индикаторной диаграммы не из степени наполнения, а из давления p_e в конце расширения. Для этого давления даются следующие значения: в машинах с выпуском в атмосферу 1,6—2 *atm*, в машинах с конденсацией 0,6—1,1 *atm*. В машинах с парораспределением простым золотником степень наполнения ε берется больше 0,5. Кривая расширения строится для насыщенного пара, как равнобочная *гипербола* (см.). Для перегретого пара кривая строится как политропа (см. *Двигатели внутреннего сгорания*) с показателем n, определяемым согласно табл. 2 в зависимости от начального давления и начальной температуры пара.

Табл. 2.—Величины показателей политропы для перегретого пара.

p_1, *atm* / $t°$	8	10	12	14	16
250°	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08
300°	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14
350°	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20

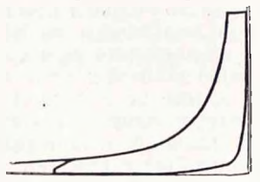
Предварение выпуска S_2 делается тем больше, чем больше число оборотов или скорость поршня машины. Оно составляет для машин с выпуском в атмосферу 8—15% хода S поршня, а для машин с конденсацией—10—20%. На диаграмме линия предварения выпуска чертится на-глаз. Выпуск происходит в машинах без конденсации при давлении $p_2 = 1{,}1 \div 1.2$ *atm*, в машинах с конденсацией—при давлении $p_2 = 0{,}1 \div 0{,}2$ *atm*. В машинах с использованием отходящего пара (машины с противодавлением) давление p_2 выбирается в зависимости от способа использования отходящего пара. В прямоточных машинах противодавление берут до 0,05 *atm*. Кривая сжатия строится для машин, работающих насыщенным паром, как равнобочная гипербола; для машин с перегретым паром—как политропа с показателем $n = 1.1 \div 1{,}3$. Конечное давление сжатия p_c берется для машин с конденсацией равным до 1,5—2 *atm*,

для машин без конденсации оно доходит до $^2/_3\ p_1$. Степень сжатия (отношение части пути, на которой происходит сжатие, к ходу поршня S) м. б. взята для машин без конденсации 0,08—0,20, для машин с конденсацией 0,18—0,30. В прямоточных машинах степень сжатия равна 0,88—0,90. Предварение впуска, равное $\frac{s_4}{S}$, берется обыкновенно 0,005—0,015. Построение нормальной диаграммы одноцилиндровой машины представлено на фиг. 3. Диаграмма прямоточной машины Штумпфа изображена на фиг. 4.



Фиг. 3.

Аналитическое определение среднего индикаторного давления. Это определение сводится к нахожденно аналитич. выражения для площади, заключенной внутри индикаторной диаграммы, причем обыкновенно для этого пользуются упрощенными построениями (строя диаграмму без предварений впуска и выпуска и без закруглений). Общий вид выражения для приближенной величины среднего индикаторного давления p_i', находимой аналитически, будет:


Фиг. 4.

$$p_i' = f_1 p_1 - f_2 p_2, \qquad (10)$$

где f_1 и f_2 являются функциями величины вредного пространства $m = \frac{S_0}{S}$ (фиг. 2), степени наполнения ε и степени сжатия c. В виду упрощений, к-рые вводятся при выводе этой ф-лы, для нахождения истинной величины среднего индикаторного давления пользуются поправочным коэф-том полноты диаграммы β, полагая

$$p_i = \beta p_i'; \qquad (11)$$

β берется равным 0,96—0,98. Самые упрощенные ф-лы для насыщенного пара будут:

$$f_1 = \varepsilon + (\varepsilon + m) \ln \frac{1+m}{\varepsilon+m}, \qquad (12)$$

$$f_2 = 1 - c + (c + m) \ln \frac{c+m}{m}. \qquad (13)$$

Если за кривые расширения и сжатия принимаются политропы с показателями n_1 и n_2, то ф-лы перейдут в следующие:

$$f_1 = \varepsilon + \frac{\varepsilon+m}{n_1-1}\left[1 - \left(\frac{\varepsilon+m}{1+m}\right)^{n_1-1}\right], \qquad (14)$$

$$f_2 = 1 - c + \frac{c+m}{n_2-1}\left[1 - \left(\frac{m}{c+m}\right)^{n_2-1}\right]. \qquad (15)$$

Для машин с выпуском в атмосферу:

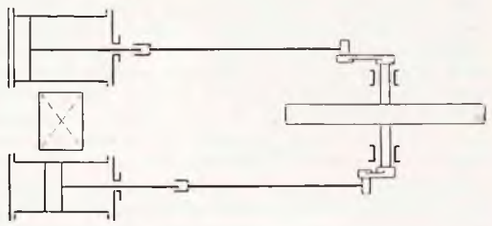
$$p_i = 1{,}2 + 0{,}25\, p_{im}. \qquad (16)$$

Для машин с конденсацией:

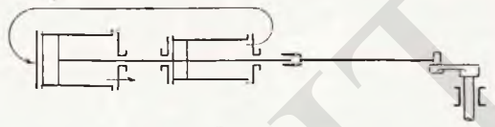
$$p_i = 1{,}2 + 0{,}2\, p_{im}, \qquad (17)$$

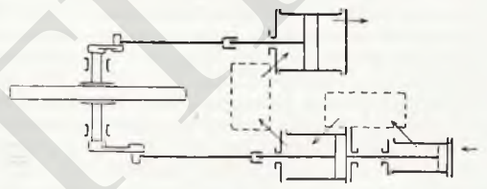
где p_{im}—среднее давление впуска.

Машины многократного расширения. В этих машинах пар расширяется постепенно в нескольких цилиндрах. В настоящее время в стационарных машинах редко берется больше 2 цилиндров, в судовых машинах применяют часто машины тройного расширения (иногда и с разделением общего объема цилиндра низкого давления на 2 цилиндра, так что общее число цилиндров будет 4). Между соседними цилиндрами

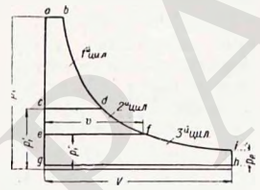

Фиг. 5.

получается промежуточный объем, называемый ресивером. Типы машин двойного расширения—компаунд и тендем. В первых (схема фиг. 5) цилиндры поставлены рядом, у каждого из них имеется своя шатунно-кривошипная передача, причем кривошипы поставлены на 90° друг от друга. Во втором типе (фиг. 6) имеется один шатунно-кривошипный механизм и оба поршня действуют на один шток. Машины тройного расширения горизонтальные делают обыкновенно с двумя цилиндрами, расположенными как в тендем-машине, и с третьим цилиндром, имеющим свой поршень и шатунно-кривошипную передачу (система тендем-компаунд) фиг. 7. Кривошипы обеих систем располагаются под углом 90° друг к другу. Вертикальные же машины тройного расширения строят всегда с цилиндрами, расположенными рядом, имеющими каждый свою шатунно-кривошипную передачу, причем кривошипы эти расположены под углом 120° друг к другу. Этот тип имеет значительное применение в судовых установках. Если пренебрегать всеми потерями при переходе из одного цилиндра в другой, считать объем пространства между цилиндрами (ресивера) бесконечно большим, а также пренебречь вредными пространствами во всех цилиндрах, то получается идеальная диаграмма, дающая такую же величину работы пара, как в одноцилиндровой машине, у которой размеры цилиндра равны размерам цилиндра


Фиг. 6.

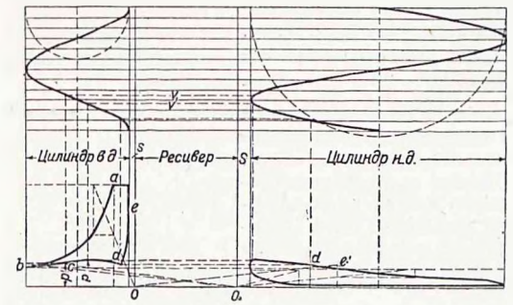

Фиг. 7.

низкого давления многоцилиндровой машины, а количество впущенного пара равно количеству его, вводимому в цилиндр высокого давления (фиг. 8). Принятие во внимание ресиверов и вредных пространств дает различные отступления от этого простого вида диаграммы. Для учета этих отступлений применяются различные методы построения соединенных диаграмм, из к-рых наибольшей известностью пользуется способ Шретера. В этом способе сначала чертят объемные диаграммы для обоих цилиндров, изображающие связь между углами поворота кривошипа и путями поршней, после чего под каждой из таких диаграмм строят индикаторную диаграмму соответственного цилиндра. На фиг. 9 изображена такая соединенная диаграмма для машины компаунд; на фиг. 10—для машины тендем. Аналогично чертят и диаграммы для машин тройного расширения. В соединенных диаграммах масштабы объемов и давлений одинаковы для обоих цилиндров; поэтому эти диаграммы являются ранкинизированными (см. *Индикатор*, индикаторная диаграмма). Если имеются снятые или построенные вышеуказанными способами соединенные диаграммы, то среднее индикаторное давление для всей машины находят, суммируя площади отдельных диаграмм и деля на длину, изображающую объем цилиндра низкого давления. Назвав это среднее индикаторное давление p_i, получим для индикаторной мощности всей машины выражение:

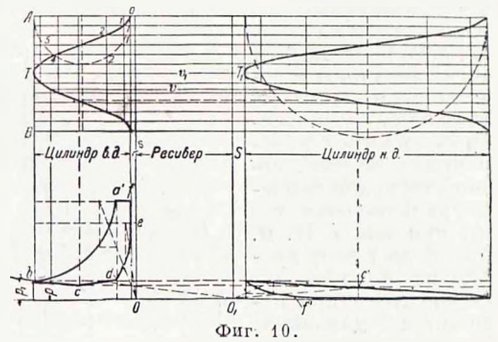

Фиг. 8.

$$N_i = \frac{p_i \frac{\pi D_0^2}{4} \cdot 2Sn}{60 \cdot 75}, \qquad (18)$$

где D_0—диаметр цилиндра низкого давления в *см*, S—ход поршня в *м*, n—число об/м. Для проектирования новой машины двойного расширения задаются следующими величинами: давление впуска и выпуска p_1 и p_2 *atm*, эффективная мощность N_e ЛР, число об/м. n. Для построения индикаторной диаграммы нужно прежде всего выбрать отношение объемов цилиндров и объем ресивера. При выборе отношения объемов цилиндров в машинах двойного расширения руководятся следующими требованиями: 1) равенство мощностей обоих цилиндров, 2) равенство падений $t°$ в обоих цилиндрах, 3) равенство наибольших сил давлений на поршни обоих цилиндров. Для машин компаунд имеет особенное значение требование равенства работ (с соблюдением по возможности и третьего требования), для машин тендем (при насыщенном паре)—требование равенства падений температур. В современных машинах выбирают отношение объема цилиндра низкого давления (ц. н. д.) к цилиндру высокого давления (ц. в. д.) в пределах 2,2—3. Объем ресивера берется лежащим между объемами ц. в. д. и ц. н. д. Механический кпд берется обыкновенно несколько ниже, чем для соответственных одноцилиндровых машин. (З-д Гумбольдт дает величины этого коэф-та между 0,86 и 0,89 в зависимости от размеров машин.) Средняя скорость поршня берется равной тем же величинам, что и для одноцилиндровых машин; отношение хода



Фиг. 9.



Фиг. 10.

поршня к диаметру цилиндра низкого давления $\frac{S}{D_0}$ выбирается нормально в следующих пределах: $\frac{S}{D_0} = 0{,}8 \div 1{,}2$ для нормальных горизонтальных заводских машин; $\frac{S}{D_0} = 0{,}5 \div 0{,}9$ для нормальных вертикальных заводских машин.

В машинах двойного (и вообще многократного) расширения различают степень наполнения ε_1 ц. в. д. и степень наполнения ε_2 ц. н. д. и приведенную степень наполнения ε_r. Если назвать объемы ц. в. д. и ц. н. д. соответственно v и V, то

$$\varepsilon_r = \varepsilon_1 \frac{v}{V}. \qquad (19)$$

Для нахождения приведенной степени наполнения обыкновенно задаются давлением конца расширения в ц. н. д. (точка t на идеальной диаграмме фиг. 8) и от нее строят обратным построением общую гиперболу (для насыщенного пара) или политропу (для перегретого) до пересечения с линией давления впуска. Давление в конце расширения в ц. н. д. p_e берется при выпуске в атмосферу 1,2—1,8 *atm*, при работе с конденсацией 0,5—0,8 *atm*. Для машин двойного расширения при работе с конденсацией $\varepsilon_2 = 0{,}05 \div 0{,}06$. Для предварительной проектировки величина среднего индикаторного давления p_i м. б. определена по ур-ию:

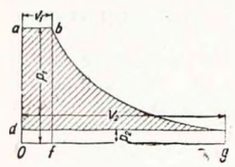
$$p_i = 1{,}2 + 0{,}09\, p_{im}, \qquad (20)$$

где p_{im}—среднее давление впуска в ц. в. д.

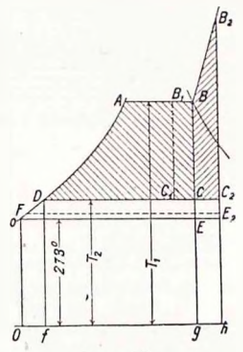
Стационарных машин тройного расширения в настоящее время почти не строят. Для p_i в машинах тройного расширения Грассман дает следующую ориентировочную формулу:

$$p_i = 1{,}2 + 0.05\ p_{im}. \qquad (21)$$

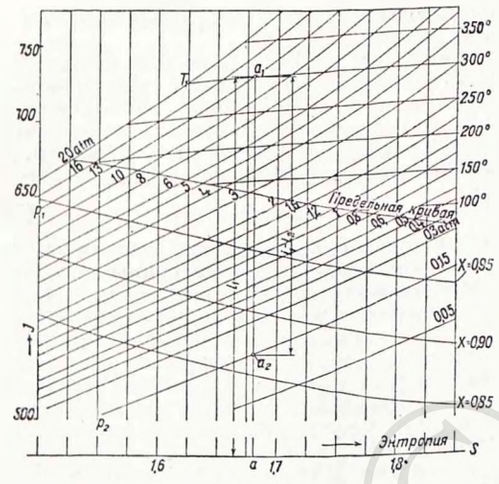
Расход пара и использование тепла в паровых машинах. В основу теоретич. рассмотрения вопроса о происходящем в П. м. преобразовании тепла в механич. энергию кладется рассмотрение идеального кругового процесса (см. *Термодинамика*). За такой круговой процесс можно принять 1) цикл Карно, 2) цикл Ренкина, 3) цикл Е. Мейера. Цикл Карно является довольно близким к процессу П. м., которая работает насыщенным паром, но отличается от процесса этой машины тем, что в последней части смесь пара и воды должна была бы путем адиабатич. сжатия обращаться в воду при давлении, соответствующем температуре испарения, между тем как в П. м. обращение в воду происходит полностью в конденсаторе при постоянном давлении. Поэтому целесообразнее брать за идеальный процесс П. м. цикл Ренкина, изображенный на фиг. 11. Этот процесс представляет еще и то удобство, что его можно принять за идеальный также для перегретого пара.



Фиг. 11.



Фиг. 12.

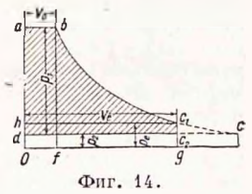


Фиг. 13.

Работа 1 *кг* пара, совершающего цикл Ренкина, находится из выражения:

$$AL_0 = i_1 - i_2, \qquad (22)$$

где A означает термич. эквивалент работы (равный 1/427), L_0—работу 1 *кг* пара в *кгм*, i_1 и i_2—теплосодержания пара в начале и конце адиабатического расширения (линия *bc* на фиг. 11). Эти теплосодержания проще всего находятся по диаграмме Молье (см. *Водяной пар*). Энтропич. диаграммы цикла Ренкина изображены на фиг. 12: *DABCD*—для насыщенного пара, $DABB_2C_2D$—для пара перегретого; нахождение разности $i_1 - i_2$ представлено на фиг. 13. В диаграмме *IS*, в которой абсциссы выражают собою значения энтропии, а ординаты — теплосодержание пара, тепловое значение AL_0 работы 1 *кг* пара в совершенной машине выражено перпендикуляром a_1a_2, опущенным из точки a_1 на линии p_1=Const до точки пересечения a_2 с линией p_2=Const, причем точка a_1 для первоначально перегретого пара определяется его темп-рою T_1, а для насыщенного пара—его удельным количеством пара x. В процессе Е. Мейера (принятом Обществом немецких инженеров) учитывается неполнота расширения пара в П. м. Поэтому цикл этот имеет вид, изображенный на фиг. 14 (диаграмма в координатах p, v) и фиг. 15 (энтропич. диаграмма). Цикл этот тоже вызывает нек-рые возражения (Дэрфель, Гейльман). Во всяком случае вычисления с ним гораздо менее удобны, чем для цикла Ренкина. Поэтому предпочтительнее принять за идеальный цикл для П. м. цикл Ренкина (что принято также и для паровых турбин). Зная величину AL_0, можно найти расход пара d_0 в *кг* на силочас в идеальной П. м.:

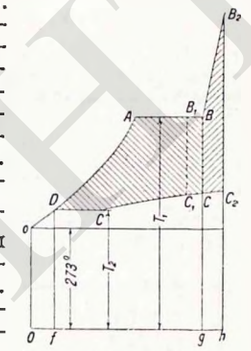


Фиг. 14.

$$d_0 = \frac{632{,}3}{AL_0}. \qquad (23)$$

Число 632,3 Cal есть термический эквивалент одного силочаса.

В реальной машине использование тепла получается меньшее, нежели по циклу Ренкина. Если обозначить использование тепла в цилиндре реальной П. м. через AL_i, то отношение $\frac{AL_i}{AL_0} = \frac{L_i}{L_0} = \eta_{gi}$ называется относительным индикаторным или термодинамич. кпд П. м. Знание η_{gi} дает возможность найти расход пара реальной П. м. Назвав этот расход на индикаторный силочас через d_i, получаем:



Фиг. 15.

$$d_i = \frac{632.3}{AL_i} = \frac{632.3}{(i_1 - i_2)\eta_{gi}}. \qquad (24)$$

Коэф-т η_{gi} выражает степень приближения реальной машины к идеальному процессу. Для современных П. м. высокого давления $\eta_{gi} = 0{,}8 \div 0{,}85$; для хороших обыкновенных П. м. двойного расширения $\eta_{gi} = 0{,}7 \div 0{,}8$; для одноцилиндровых машин $\eta_{gi} = 0{,}65 \div 0{,}75$. В исключительных случаях получались и более высокие значения η_{gi}. Самая степень использования тепла в идеальной П. м. характеризуется индикаторным термическим

кпд идеальной машины. Под ним разумеют отношение количества тепла, преобразованного в работу, к количеству тепла, принесенного с паром в машину. Для цикла Ренкина этот коэф-т будет:

$$\eta_{ot} = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_2'}, \qquad (25)$$

i_2'—теплосодержание воды при давлении p_2 выпуска. Заметим, что многие авторы отбрасывают величину i_2' в знаменателе, так что получается:

$$\eta_{ot} = \frac{i_1 - i_2}{i_1}. \qquad (26)$$

Разница между обоими определениями невелика. Индикаторный термич. кпд реальной машины η_{ti} есть отношение количества тепла, преобразованного в работу в цилиндре П. м., к количеству тепла, принесенного паром в машину:

$$\eta_{ti} = \frac{632{,}3}{d_i(i_1 - i_2')}. \qquad (27)$$

Из ф-л (25), (26) и (27) получаем также:

$$\eta_{ti} = \eta_{ot} \cdot \eta_{gi}. \qquad (28)$$

Коэф. η_{ti} колеблется для П. м. в очень широких пределах: для паровозных и небольших машин, работающих при невысоких давлениях и без конденсации, он достигает величин 0,07—0,09; для хороших одноцилиндровых машин он доходит до 0,12; для прямоточных машин 0,16 — 0,19. В самых лучших стационарных машинах (тройного расширения с перегретым паром, локомобили Вольфа и Ланца с высокоперегретым паром) $\eta_{ti} = 0{,}21 \div 0{,}23$. Для машин самого высокого давления (60 *atm*) η_{ti} доходит до 0,3. Термич. эффективный коэф. η_{te} выражает использование тепла на эффективную работу:

$$\eta_{te} = \eta_{ti}\eta_m. \qquad (29)$$

где η_m—механич. кпд. Назвав расход пара в *кг* на 1 эффект. силочас через d_e, получим

$$\eta_{te} = \frac{632{,}3}{d_e(i_1 - i_2')}. \qquad (30)$$

Наконец полное использование тепла во всей паровой установке, т. е. полный экономич. кпд $\eta_{эк.}$, получим, введя кпд $\eta_к$. котельной установки

$$\eta_{эк.} = \eta_{te}\eta_к. \qquad (31)$$

Применяя ф-лы (31), (29) и (28), получим такое разложение полного экономич. кпд:

$$\eta_{эк.} = \eta_к \eta_{ot} \eta_{gi} \eta_m. \qquad (32)$$

Наибольшее значение $\eta_{эк.}$, полученное из опытов над локомобилем с высокоперегретым паром, следующее:

$$\eta_к = 0{,}777;\ \eta_{ot} = 0{,}30;\ \eta_{gi} = 0{,}78;\ \eta_m = 0{,}946;$$
$$\eta_{эк.} = 0{,}777 \cdot 0{,}30 \cdot 0{,}78 \cdot 0{,}946 = 0{,}173.$$

Обыкновенно же в хороших П. м. $\eta_{эк.}$ не превосходит 0,12—0,13. Для паровозных и малых машин низкого давления $\eta_{эк.}$ понижается до 0,05.

Расход пара в П. м. м. б. точно найден только непосредственно опытом. Но для предварительного расчета важно иметь приблизительное определение этого расхода. Прежде всего по данным, взятым из индикаторной диаграммы, находят необходимый или полезный расход пара d_i' в *кг* на силочас. Для одноцилиндровой П. м. получим:

$$d_i' = \frac{27[(\varepsilon + m)\gamma_1 - (c + m)\gamma_2]}{p_i}, \qquad (33)$$

где ε — степень наполнения, c — степень сжатия, m—величина вредного пространства, p_i—величина среднего индикаторного давления, γ_1—удельн. вес пара в момент окончания впуска (*кг*/*м*³) и γ_2—удельн. вес пара в момент окончания выпуска (*кг*/*м*³). Для машин двойного расширения получается аналогичная формула, но в ней надо ввести в скобки величины, относящиеся к цилиндру высокого давления, а перед скобками ввести множитель, равный отношению объемов ц. в. д. и ц. н. д.:

$$d_i' = \frac{27}{p_i} \frac{v}{V}[(\varepsilon_1 + m_1)\gamma_1 - (c_1 + m_1)\gamma_2], \qquad (34)$$

где ε_1—степень наполнения ц. в. д., m_1—вредное пространство ц. в. д. и c_1—сжатие в ц. в. д. Полученные ф-лы дают однако расход значительно меньший, чем тот, к-рый получается при непосредственных опытах с П. м. Главной причиной этого дополнительного расхода служат явления обмена тепла между паром и стенками цилиндра. Явления обмена тепла происходят в цилиндре П. м. след. образом: входящий пар в период впуска имеет высокие давление и $t°$. Он встречает стенки цилиндра охлажденными за период предыдущего расширения и выпуска. Вследствие этого часть входящего пара конденсируется на стенках цилиндра в виде капелек воды: происходит начальная конденсация пара. Т. к. объем конденсированной воды очень мал по сравнению с объемом пара, то взамен ее должно поступить новое количество свежего пара (добавочный расход на начальную конденсацию). Вошедший в цилиндр пар во время расширения понижает свою $t°$, и она делается ниже, чем $t°$ стенки и осевшей на ней воды, вследствие чего часть воды, имеющейся на стенке, испаряется за счет теплоты стенки. Вода, не успевшая испариться во время расширения, продолжает испаряться во время выпуска, окончательно охлаждая стенку ко времени нового впуска. Это испарение воды ведет к повышению линии расширения над равноосной гиперболой (для машин, работающих насыщенным паром). Имеется особый прием построения преобразованной линии расширения для суждения об этом отклонении с целью составить понятие о величине явлений обмена тепла (характеристика Дэрфеля и Лейнвебера). Что касается эмпирич. ф-л для расхода пара на начальную конденсацию, то наибольшим распространением пользуется до сих пор ф-ла Грабака с изменениями, внесенными Польгаузеном. Ф-ла эта имеет вид:

$$d_i'' = \alpha \frac{A}{\sqrt{c_m}}\ кг \text{ на силочас}, \qquad (35)$$

где c_m—средняя скорость поршня. Коэфициенты α и A имеют следующие значения: $A = 6{,}0 \div 5{,}0$ для машин, работающих насыщенным паром с выпуском в атмосферу; $A = 4{,}5 \div 4{,}2$ для таких же машин с конденсацией и паровой рубашкой; $A = 0{,}1$ от приведенных значений для машин, работающих перегретым паром при средней величине перегрева (80—120°); $A = 0{,}05$ от тех же значений при сильном перегреве (120 — 160°).

Коэфициент α зависит от отношения $\frac{S}{D}$:

$\frac{S}{D}$ =	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5
α =	0,82	0,87	0,91	1,00	1,03	1,15	1,29	1,41

Для машин двойного расширения применяются те же ф-лы, но величина коэф. A берет-

Табл. 3.—Расход пара в *кг* на эффективный силочас в одноцилиндровых П. м. (обыкновенных клапанных).

Выпуск в атмосферу								Конденсация					
Мощность, IP		20		250		1 000		50		250		1 000	
Нач. давление p_1, *atm*	Скорость поршня c_m, *м/сек*	$t°$ пара при впуске											
		250	300	250	300	250	300	250	300	250	300	250	300
8	2,5	9,0	8,3	8,75	8,0	—	—	6,6	6,1	6,35	5,8	—	—
8	3,0	—	—	8,5	7,8	8,35	7,65	—	—	6,2	5,68	6,0	5,5
8	3,5	—	—	—	—	8,2	7,5	—	—	—	—	5,8	5,53
10	2,5	8,35	7,7	8,1	7,4	—	—	6,45	5,85	6,2	5,7	—	—
10	3,0	—	—	7,9	7,25	7,75	7,1	—	—	6,9	5,5	5,85	5,35
10	3,5	—	—	—	—	7,1	6,9	—	—	—	—	5,65	5,2
12	2,5	8,05	7,3	7,85	7,15	—	—	6,3	5,75	6,15	5,55	—	—
12	3,0	—	—	7,60	6,9	7,45	6,75	—	—	5,9	5,4	5,75	5,25
12	3,5	—	—	—	—	7,35	6,65	—	—	—	—	5,6	5,15
14	2,5	7,8	7,05	7,55	6,85	—	—	—	—	—	—	—	—
14	3,0	—	—	7,35	6,65	7,25	6,55	—	—	—	—	—	—
14	3,5	—	—	—	—	7,1	6,45	—	—	—	—	—	—

ся при выпуске в атмосферу и при насыщенном паре равной 4,2—4; для машин с конденсацией A берется в 4—3,5. Для машин тройного расширения, работающих с насыщенным паром, A=3,2÷3. При перегретом паре берут для A значения 0,1—0,05 от при-

Табл. 4.—Расход пара в *кг* на эффективный силочас в прямоточных П. м. з-да Аугсбург-Нюрнберг.

Начальное давление p_1 в *atm*		8	9	10	11	12	13	14	15	16
Нагрузка	1/1 (нормальная)	5,17	5,10	5,03	4,95	4,86	4,77	4,68	4,59	4,50
	3/4	5,00	4,93	4,86	4,79	4,71	4,63	4,54	4,45	4,41
	1/2	4,88	4,86	4,76	4,70	4,63	4,56	4,49	4,35	4,33

веденных значений для насыщенного пара в зависимости от степени перегрева. Кроме потерь от начальной конденсации пара имеются еще потери пара на неплотности (порш-

Табл. 5.—Расход пара в машинах двойного расширения с клапанным распределением с конденсацией.

Индикаторная мощность, IP		250		1 000	
Начальное давление p_1, *atm*	$t°$ пара при впуске / скорость поршня *	250	300	250	300
8	2,5	6,00	5,55	—	—
8	3,0	5,85	5,40	5,65	5,20
8	3,5	—	—	5,50	5,00
10	2,5	5,70	5,25	—	—
10	3,0	5,50	5,10	5,35	4,95
10	3,5	—	—	5,20	4,80
12	2,5	5,40	5,00	—	—
12	3,0	5,25	4,85	5,15	4,75
12	3,5	—	—	4,95	4,60
14	2,5	5,30	4,90	—	—
14	3,0	5,10	4,70	5,00	4,60
14	3,5	—	—	4,85	4,45

* c_m в *м/сек*.

ня и пораспределительных кранов). Эти потери определяют по ф-ле:

$$d_i''' = \frac{8{,}8}{\sqrt{N_i c_m}} + \frac{1}{2c_m} \text{ кг на силочас.} \quad (36)$$

Для машин, находящихся в очень хорошем состоянии, расход может уменьшаться до половины величины, даваемой ф-лой (36). При перегретом паре расход на пропускание равен примерно 0,75 от величин, указанных для насыщенного пара. Полный расход d_i пара получается равным

$$d_i = d_i' + d_i'' + d_i'''. \quad (36')$$

Дэрфель дает для подсчета потери на начальную конденсацию в машинах, работающих влажным паром, следующий способ расчета: потеря относится в *кг* на силочас на 1 *см*² площади поршня при среднем давлении p_{im} впуска, равном 9 *atm*. Для этого давления он принимает потерю на начальную конденсацию равной 0,16—0,22 *кг*/силочас *см*² для старых машин с паровыми рубашками и 0,25—0,4—для быстроходных машин без паровых рубашек. При других давлениях нужен пересчет этих величин в отношении $\sqrt{\frac{p_{im}}{9}}$. Для машин, работающих перегретым паром, потери на охлаждение при впуске

Табл. 6.—Расход пара в клапанных машинах двойного расширения с конденсацией по данным з-да Аугсбург-Нюрнберг.

p_1, *atm*	Нагрузка				
	5/4	1/1	3/4	1/2	1/4
8	5,70	5,35	5,50	5,80	6,50
9	5,50	5,20	5,30	5,60	6,30
10	5,30	5,05	5,10	5,45	6,10
11	5,18	4,90	4,97	5,30	5,95
12	5,05	4,75	4,85	5,18	5,80
13	4,92	4,65	4,75	5,05	5,68
14	4,80	4,55	4,65	4,92	5,55
15	4,70	4,45	4,55	4,80	5,43
16	4,60	4,35	4,45	4,70	5,30

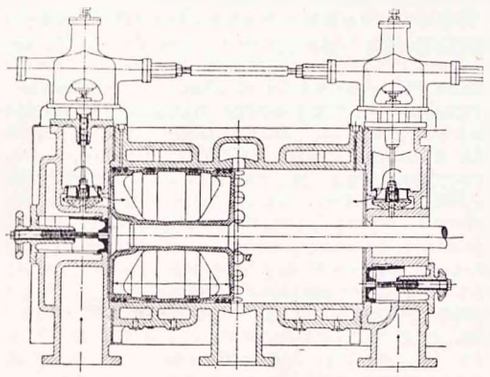
учитывают, принимая в ф-ле для полезного расхода пара (34) плотность γ_t при конце впуска, соответствующую $t°$ пара на 60—80° ниже первоначальной $t°$ перегрева. Для ориентировки в расходе пара в различных машинах приводятся данные для исполненных П. м. (табл. 3—6).

Влияния разных факторов на расход пара. Способы уменьшения начальной

конденсации. Если не принимать во внимание явлений обмена тепла между паром и стенками цилиндра, то расход пара в паровой машине будет зависеть только от давления впуска и выпуска и степеней наполнения и сжатия, причем расход пара будет непрерывно уменьшаться при увеличении давления впуска и уменьшении давления выпуска; для уменьшения расхода пара нужно также применять полное расширение и при этом, как показал Цейнер, доводить сжатие до давления впуска. Если применять неполное расширение, то и для сжатия получается известный максимум, легко находимый. Применение расширения в нескольких цилиндрах не приносит теоретич. выгоды; применение перегретого пара дает сравнительно небольшую выгоду. Все эти выводы существенно изменяются в реальной машине вследствие влияния явлений обмена тепла между паром и стенками цилиндра. Наивыгоднейшая степень наполнения значительно меньше той, которая соответствует полному расширению. Опыты Гирна показали большую выгодность применения машин двойного расширения и перегретого пара. Затем было обнаружено значение целого ряда факторов, влияние к-рых совершенно не м. б. учтено с точки зрения теории, не учитывающей явлений обмена тепла между паром и стенками цилиндра. Так было показано влияние увеличения скорости поршня. Это влияние объясняется тем, что чем меньше продолжительность каждого цикла работы пара в цилиндре, тем меньшее значение имеет обмен тепла, так как для действия холодных стенок на высоконагретый пар получается меньший промежуток времени. Опыты Делафина с П. м., имевшей пораспределение Корлисса, показали выгодность применения отдельных четырех путей для впуска и выпуска пара с обеих сторон поршня, так как при этом получается меньшее охлаждение поверхности паровых каналов, непосредственно соприкасающихся со свежим паром, да и самая величина поверхности вредного пространства получается меньше. Дальнейшие опыты указали на особенную действительность трех способов для уменьшения начальной конденсации: 1) устройство паровых рубашек, 2) расширение пара в нескольких цилиндрах, 3) применение перегретого пара. Уменьшение начальной конденсации при применении паровых рубашек объясняется тем, что они прогревают цилиндр и повышают его $t°$, не давая ему охлаждаться в периоды расширения и выпуска. Поэтому свежий пар, входящий в цилиндр, встречает поверхности с достаточно высокой $t°$ и конденсируется слабее, чем при отсутствии паровых рубашек. Влияние паровых рубашек особенно резко сказывается при небольших машинах, работающих насыщенным паром. В небольших машинах получается именно неблагоприятное отношение между поверхностями, действующими охлаждающим образом на пар, и объемом этого пара. Для машин больших размеров экономия, приносимая паровыми рубашками, меньше, а для перегретого пара она вообще не имеет значения, вследствие чего в современных машинах, работающих перегретым паром, вообще не применяют паровых рубашек. Машины многократного расширения находятся также в более благоприятных условиях в отношении явлений обмена тепла, чем машины простого расширения, так как у них полная разность температур пара при давлении впуска и при давлении выпуска разделена на 2 или 3 части, а потому и разность температур пара и стенок цилиндра соответственно уменьшается, в результате чего уменьшается также и начальная конденсация. Поэтому в машинах многократного расширения делается выгодным применение пара высокого давления и больших степеней полного расширения пара. Кроме уменьшения начальной конденсации в машинах многократного расширения уменьшается также влияние пропусков пара, т. к. получается меньшая разность давлений с обеих сторон поршня; кроме того пар, прошедший без совершения работы в цилиндре высокого давления, дает еще работу в цилиндрах среднего и низкого давлений. В эксплоатационном отношении машины с расширением пара в нескольких цилиндрах имеют недостаток худшего регулирования, чем одноцилиндровые или спаренные машины, т. к. регулятор действует в машинах многократного расширения только на ц. в. д. и пар, уже поступивший в машину до начала процесса регулирования, дает прежнюю величину работы в ц. н. д. Кроме того машины многократного расширения выходят дороже, чем одноцилиндровые или спаренные машины, и требуют большего комплекта разнородных запасных частей. С применением перегретого пара значение машин тройного расширения утратилось, и они остались только в области судовых машин (где применение перегретого пара сделало большие успехи только в самое новейшее время), стационарные же машины делаются только простого или двойного расширения.

Применение перегретого пара. Выгодность перегретого пара была доказана уже старыми опытами Гирна, но применение его встретило вначале затруднение в неудовлетворительности тогдашних смазочных материалов растительного происхождения и сальниковых набивок. Широкое распространение П. м., работающих перегретым паром, началось после применения конструкций перегревателей для высоких темп-р (до 350°), предложенных В. Шмидтом. В настоящее время высокоперегретый пар получил широкое распространение во всех паровых установках (в машинах стационарных, судовых и паровозных, а также паровых турбинах). Применение его является самым действительным средством для уменьшения начальной конденсации. Выгодность применения перегретого пара объясняют в настоящее время тем, что обмен тепла, происходящий между слоем перегретого пара, прилегающим к стенке цилиндра, и самой стенкой (сам по себе по новейшим данным даже бо́льший, чем для насыщенного пара), не вызывает осаждения пара на стенках цилиндра, а потому не происходит испарения во время расширения и выпуска, охлаждающего стенку, так что она остается горячей к моменту впуска свежего пара.

Прямоточные машины Штумпфа. В обыкновенных машинах пар входит и выходит или по одним и тем же каналам (в золотниковых машинах) или возле крышек цилиндра по двум отдельным путям. Поэтому пар, следующий за поршнем в период впуска и расширения, должен переменить свое направление для выпуска и итти обратно к крышке. При этом по мнению Штумпфа происходит особенно интенсивное охлаждение поверхностей, открываемых для свежего пара. Для избежания этого он предложил (ок. 1909 г.) свою конструкцию (принцип к-рой был раньше предложен англ. инж. Тоддом) паровых машин, у к-рых выпуск пара происходит через выпускные



Фиг. 16.

окна a, расположенные по середине длины цилиндра, к-рые открывает поршень (фиг. 16). Т. о. создается поток пара, имеющий постоянно одно и то же направление (отсюда название прямоточные П. м.). Машины Штумпфа показали чрезвычайно малый расход пара, не уступавший лучшим компаунд-машинам. Грассман прямыми сравнительными опытами доказал, что расход пара при одинаковых условиях (высоком давлении и перегреве, высоком вакууме и большом сжатии) одинаков в обыкновенном цилиндре и в прямоточном цилиндре. Малый расход пара в машинах Штумпфа и их большие конструктивные преимущества (отсутствие специальных органов для выпуска, применение цилиндра простого расширения) вызвали большой успех машин Штумпфа. К постройке их перешли многие лучшие герм. з-ды (Аугсбург, Нюрнберг, Зульцер и др.), а также многие англ. и америк. заводы. Они нашли также широкое применение в специальных видах П. м., напр. прокатных, рудоподъемных, воздуходувных, даже иногда паровозных. В новейших локомобилях Вольфа п. н. д. делается прямоточным. В машинах Штумпфа получается очень большое сжатие; при переходе от работы на конденсацию к работе на выпуск сжатие это получилось бы слишком большим, поэтому делают специальные вентили, открывающие при слишком большом сжатии дополнительное вредное пространство. Машины Штумпфа делают также иногда с 2 клапанами для выпуска. Образцы прямоточных машин приведены на фиг. 67 и 68.

Данные относительно исполненных П. м. приведены в табл. 7—9.

Табл. 7.—Эффективные мощности в IP горизонтальных машин с клапанным распределением з-да Борзиг.

Ход поршня, мм	Диаметр цилиндра, мм	Число об/м.	Средняя скорость поршня, м/ск	Давление впуска, atm											
				8,5		10,5		12,5		8,5		10,5		12,5	
				Выпуск в атмосферу						Конденсация					
				*1	*2	*1	*2	*1	*2	*1	*2	*1	*2	*1	*2
500	280	170	2,83	44	57	60	78	76	98	42	55	53	69	64	83
	305	170	2,83	52	68	69	90	96	125	49	64	63	82	77	100
	360	170	2,83	73	95	100	130	125	162	70	91	88	114	106	138
600	325	155	3,10	65	85	88	114	110	143	62	80	79	103	96	125
	350	155	3,10	75	97	100	130	125	162	72	94	92	129	112	155
	400	160	3,20	99	130	139	180	178	232	100	130	124	160	148	192
700	360	135	3,15	81	105	110	143	138	180	78	101	100	130	122	158
	390	135	3,15	96	125	130	169	162	210	92	115	115	150	138	180
	430	150	3,50	137	178	185	240	232	302	130	163	166	216	200	260
800	400	125	3,33	104	135	142	184	180	234	103	134	129	168	145	188
	430	125	3,33	124	161	168	218	212	276	119	155	150	195	180	234
	500	135	3,60	180	234	244	317	308	400	175	228	118	284	260	338
900	450	125	3,75	152	198	206	268	250	325	145	188	185	240	225	292
	480	125	3,75	178	225	235	305	290	380	167	217	210	273	253	329
	550	125	3,75	230	299	310	405	390	507	220	286	276	359	330	430
1 000	500	107	3,57	181	236	246	320	310	403	172	224	216	281	260	338
	535	107	3,57	207	269	282	366	356	463	198	258	250	325	300	390
	610	125	4,17	312	406	425	550	535	695	300	390	380	495	460	600

*1 Нормальная мощность. *2 Максимальная мощность.

Табл. 8.—Вертикальные одноцилиндровые машины с распределением поршневыми золотниками з-да Флотман в Герне (без конденсации).

Диам. цилиндра, мм	160	220	250
Ход поршня, мм	200	300	300
Число об/м.	270	240	240

Давление	Наполнение, %	Мощность, IP		
6	28	9	23	33
	44	13	32	47
7	26	10	26	38
	40	14	37	55
8	22	11	23	42
	36	16	41	61
9	20	13	29	43
	33	18	43	64
10	18	14	31	45
	29	19	46	67
11	16	15	32	47
	26	21	48	70
12	14	16	33	—
	24	22	49	—

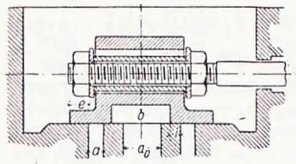
Маховик	диам., мм	700	1 700	1 700
	ширина, мм	200	220	220
Вес машины, кг		1 300	2 500	2 700

Табл. 9.—Эффективные мощности в IP горизонтальных клапанных машин двойного расширения з-да Борзиг-Тегель.

Ход поршня, мм	Диаметр цилиндров, мм		Число об/м.	Скорость поршня, м/ск	Давление впуска, atm											
					8,5		10,5		12,5		8,5		10,5		12,5	
	выс. дав.	низ. дав.			Конденсация						Выпуск в атмосферу					
					*1	*2	*1	*2	*1	*2	*1	*2	*1	*2	*1	*2
500	275	430	170	2,83	79	103	108	140	112	146	73	95	83	108	90	117
	280	470	170	2,83	93	121	128	166	134	174	87	113	98	137	110	143
	350	560	170	2,83	133	173	182	237	141	248	124	161	141	183	151	196
600	305	500	155	3,10	116	150	159	206	166	216	109	141	124	161	133	173
	325	540	155	3,10	136	176	188	244	195	254	117	152	146	189	154	200
	390	640	160	3,20	190	247	262	340	274	356	117	230	203	264	219	285
700	350	560	135	3,15	150	195	206	267	215	280	138	179	159	206	169	219
	360	605	135	3,15	174	226	240	312	251	327	162	210	185	240	200	260
	430	720	150	3,50	274	356	379	493	393	511	256	333	291	378	314	408
800	390	640	125	3,33	207	269	284	370	297	386	189	246	216	280	233	303
	400	670	125	3,33	227	295	312	406	325	423	208	270	237	308	255	331
	480	800	135	3,60	350	455	483	628	503	654	320	416	365	475	343	510
900	430	720	125	3,75	296	385	407	529	424	551	272	353	310	403	333	433
	450	770	125	3,75	339	441	465	605	486	632	311	401	355	461	382	496
	535	880	125	3,75	443	576	609	792	636	827	407	529	465	605	498	647
1 000	480	800	107	3,57	352	458	479	623	501	651	319	415	365	475	399	530
	500	855	107	3,57	500	520	547	711	572	744	365	475	412	545	448	582
	590	960	125	4,17	590	767	810	1 054	845	1 099	538	700	615	800	662	860
1 100	535	880	107	3,92	469	610	640	832	668	868	427	555	488	634	526	684
	550	945	107	3,92	540	702	739	961	768	999	495	643	563	732	606	788
	640	1 040	107	3,92	657	854	900	1 170	930	1 210	598	777	682	886	737	958
1 200	590	960	107	4,28	562	730	832	1 082	873	1 135	555	722	628	816	685	890
	600	1 020	107	4,28	685	890	940	1 222	985	1 281	628	816	712	925	770	1 000
	700	1 140	107	4,28	853	1 109	1 170	1 491	1 220	1 585	780	1 014	885	1 150	969	1 248

*1 Нормальная мощность. *2 Максимальная мощность.

Пароораспределение П. м. Простейшим пароораспределительным органом в П. м. является коробчатый *золотник* (см.), изображенный схематически на фиг. 17.



Фиг. 17.

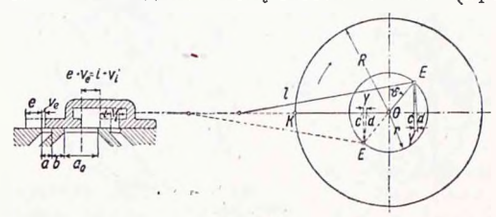
Он представляет собой опрокинутую коробку с широкими полями, закрывающими или открывающими паровпускные каналы цилиндра. Внутренняя полость b золотника перекрывает паровыпускной канал a_0 и соединяет его то с одним, то с другим каналом a цилиндра. Золотник приводят в возвратно поступательное движение с помощью эксцентрика, насаженного на вал машины. Поля (или лапы) золотника имеют ширину бо́льшую, чем ширина паровпускного канала a, так что в среднем положении золотника получаются перекрыши: внешняя—e и внутренняя—i. Когда поршень находится в крайнем левом положении, то кривошип машины находится в левом мертвом положении. В это время паровпускное окно д. б. уже открыто на некоторую величину v_e, называемую линейным опережением впуска. Поэтому эксцентриситет эксцентрика должен опережать кривошип на некоторый угол, больший 90°, т. е. равный $90°+\delta$ (чтобы обеспечить сдвиг золотника из его среднего положения на величину $(e+v_e)$, как показано на фиг. 18. Угол δ называется углом опережения эксцентрика. Перемещение золотника при повороте эксцентрика подчиняется тем же законам, что и движение поршня в связи с поворотом *кривошипа* (см.). Когда кривошип повернется на угол φ из своего мертвого положения, то золотник сдвинется на величину ξ, определяемую из следующей ф-лы:

$$\xi = r\sin(\delta+\varphi), \qquad (37)$$

где r эксцентриситет эксцентрика. В этой ф-ле не учтено влияние конечной длины l эксцентриковой тяги, что вполне допустимо в виду малости отношения $\frac{r}{l}$ (которое берется $<\frac{1}{20}$). При этом если сдвиг происходит вправо, то получается открытие окна для впуска на величину

$$a_1 = \xi - e.$$

Если же сдвиг получается влево (при $\sin(\delta+\varphi)<0$), то окно открывается для выпуска на величину

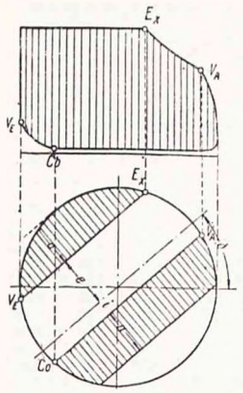


Фиг. 18.

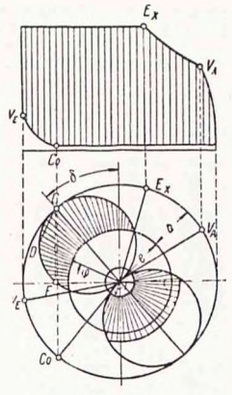
$$a_2 = \xi - i.$$

Дальнейшая задача теории пароораспределения состоит в решении двух вопросов: 1) нахождения углов кривошипа, соответ-

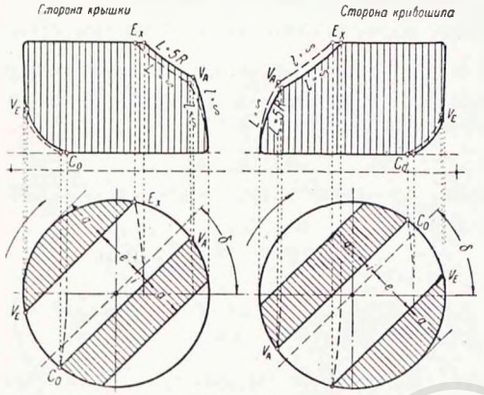
ствующих главным положениям золотника (т. е. моментам начала впуска и выпуска с обеих сторон поршня); 2) нахождения положений поршня, соответствующих главным положениям кривошипа, найденным в предыдущей задаче. Для решения первой задачи служат золотниковые диаграммы, из к-рых особенным распространением пользуются две: Мюллер-Рело и Цейнера. В диаграмме Мюллер-Рело (фиг. 19) строят окружность радиуса r и через ее центр проводят прямую под углом δ к горизонтальному диаметру, а затем 2 линии, параллельные этому наклонному диаметру на расстояниях, соответственно равных e и i. Эти линии в пересечении с окружностью дают главные моменты пароораспределения: V_E—начало пароораспределения, E_x—начало расширения, V_A—начало выпуска, C_0—начало сжатия. В диаграмме Цейнера (фиг. 20) через центр проводят вертикальный диаметр, а затем наклонный к нему под углом δ. На этом последнем диаметре строят две касательные между собою окружности, диаметр к-рых равен r, а затем из центра проводят окружность, касательную к только



Фиг. 19.

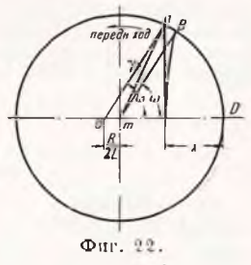


Фиг. 20.

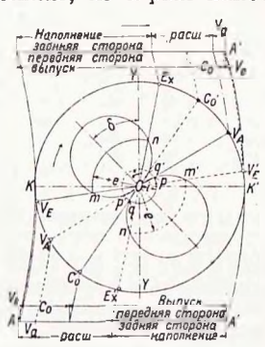


Фиг. 21.

что проведенным окружностям; эта последняя окружность изображает окружность кривошипа. Для нахождения главных моментов пароораспределения из центра делают засечки дугами радиусов e и i и через точки пересечения этих дуг с окружностями диаметра r проводят прямые, пересекающие окружность кривошипа в искомых главных точках пароораспределения. 2) Решение второй задачи дает связь между золотниковой диаграммой и индикаторной. Это решение может быть получено простейшим образом, пренебрегая конечностью длины L шатуна, причем из соответствующих точек на окружности кривошипа просто опускают перпендикуляры на горизонтали. линию. При точном построении (вполне учитывающем конечность длины шатуна) вместо перпендикуляров необходимо проводить дуги радиусом, изображающим длину шатуна, как показано на фиг. 21. При этом получается разница между индикаторными диаграммами с левой и правой стороны цилиндра (точные диаграммы изображены на фиг. 21 сплошными линиями, а приближенные — пунктирными). Радиус для этих дуг (равный в масштабе построения длине шатуна $L=5R$) слишком велик, следовательно построение это неудобно практически, и потому часто прибегают к приближенным построениям, из к-рых наибольшей известностью



Фиг. 22.



Фиг. 23.

пользуется построение проф. Ф. А. Брикса (так назыв. бицентровая диаграмма Брикса). Это построение изображено на фиг. 22. В ней для нахождения положения поршня при данном положении кривошипа служит не радиус mB, проведенный через центр основной окружности, а прямая Oa, параллельная mB и проведенная через точку O, находящуюся на расстоянии $\frac{R^2}{2L}$ от центра m; опуская из a перпендикуляр, получаем путь поршня x. Построение это отличается большой точностью (в последних работах своих Ф. А. Брикс еще более уточнил это построение, откладывая не $\frac{R^2}{2L}$, а более сложную функцию R и L). Влияние конечности длины шатуна сказывается в различии фаз распределения по обеим сторонам поршня (фиг. 23), что влечет за собой различие индикаторных диаграмм. Для уравнивания работ, развиваемых с обеих сторон поршня, устанавливают золотник сначала так, чтобы получались равные линейные опережения впуска, а затем сдвигают несколько в сторону крышки. Для достижения же полной одинаковости фаз распределения необходимо делать лапы золотника разной ширины. Золотниковая диаграмма дает возможность найти главные размеры золотника и каналов, а именно величины a, e, i, r. Обыкновенно полагают

$$r = a + e \qquad (38)$$

(как показано на фиг. 19). В этом случае паровпускное окно открывают на полную величину только на один момент. Открывание и закрывание паровпускного окна происходит медленно. Для ускорения этого закрывания берут

$$r = a + e + k; \qquad (39)$$

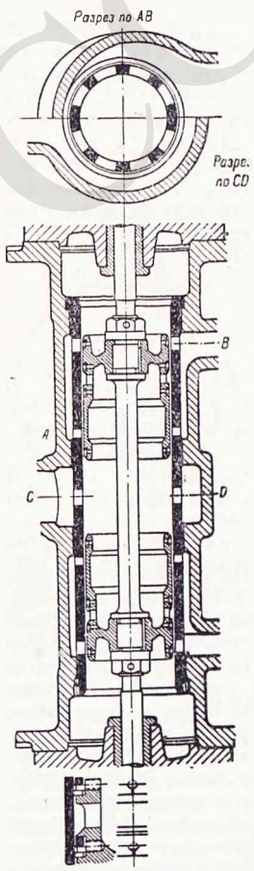
k называется перебегом золотника; k берется равным $0{,}1 \div 0{,}2\,a$. Золотниковая диаграмма дает относительные размеры величин r, a, e и i. Для нахождения их абсолютных размеров ищут абсолютную величину ширины паровпускного окна a. Назвав длину окна b, получим площадь паровпускного окна

$$f = ab. \qquad (40)$$

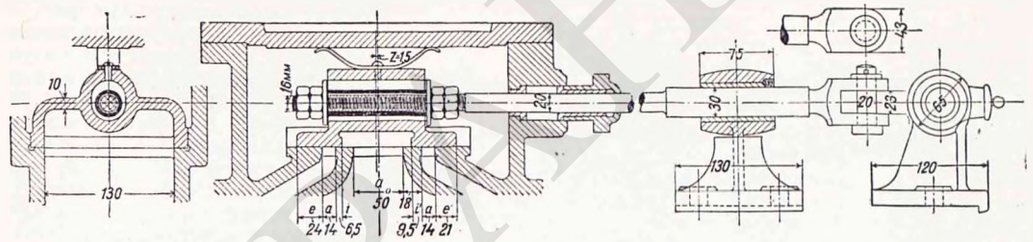
Площадь f находят по ур-нию:

$$f = \frac{Fc_m}{w}, \qquad (41)$$

где F—площадь поршня, c_m — средняя скорость поршня и w — некоторая фиктивная скорость пара. Принимают $w = 25 \div 40$ *м/сек* для золотниковых машин. Торможение пара начинается при впуске при величинах $w \geqslant 60$ *м/сек*, при выпуске $w \geqslant 90$ *м/сек*. Когда f найдено, выбирают длину канала $b = 0{,}6 \div 0{,}65D$ и получают $a = \frac{f}{b}$; остальные размеры золотника находятся по диаграмме и по конструктивным соображениям. Конструкция простого коробчатого золотника для П. м., цилиндр которой имеет диаметр $= 0{,}2$ *м* и ход поршня $s = 0{,}33$ *м*, изображена на фиг. 24.

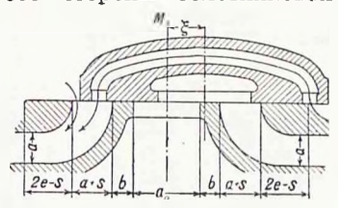


Фиг. 25.

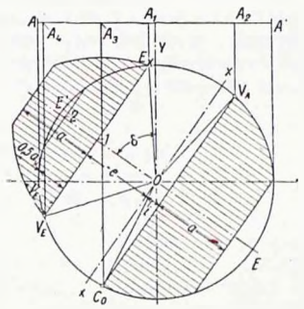


Фиг. 24.

Видоизменения простого золотника. а) Для устранения трения, производимого простым коробчатым золотником о зеркало, применяют уравновешенные золотники, главным типом к-рых являются цилиндрические золотники. Для достижения полной разгрузки паровые окна в золотниковом зеркале д. б. расположены по окружности, чтобы действующие со всех сторон силы давления взаимно уравновешивались. Для высокого давления и перегретого пара выполняют поршневые золотники с внутренним впуском свежего пара; тогда золотниковая коробка наполнена отработавшим паром, так что плотность сальников должна соответствовать только давлению последнего (фиг. 25). Отработавший пар отводится через прилитый канал, соединяющий обе стороны золотниковой коробки. б) Одним из недостатков простого золотника является медленное открывание и закрывание. Для уменьшения этого недостатка применяют золотники с многократным впуском пара, из к-рых самым простым является золотник Трика, изображенный на фиг. 26. Пар проходит в паровпускной канал и непосредственно и через канал, сделанный в золотнике. Так. образ. в каждый момент впуск удваивается, как показано на золотниковой диаграмме для золотника Трика (фиг. 27). Для построения площади впуска как в период открытия канала, так и в период закрытия необходимо откладывать двойную величину отрезка $0{,}5a_x$, на который открывается канал с обеих сторон. Когда этот отрезок при открытии сделается равным $0{,}5\,a$, т. е. при полном открытии канала, площадь впуска ограничивают дугою радиуса $e+a$ или соответствующей прямой. Золотники Трика делают часто в виде цилиндрических; на фиг. 28 дана конструкция золотника Трика для вертикальной П. м. с выпуском в атмосферу, $D = 0{,}2$ *м*, $S = 0{,}2$ *м*, $n = 400$ об/м. Золотники Пенна (применяемые в морских паровых машинах) устраивают с двойным впуском и выпуском. В золотниках Вейса и Гахвальда

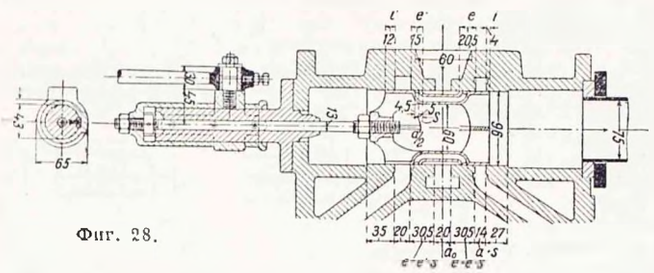


Фиг. 26.

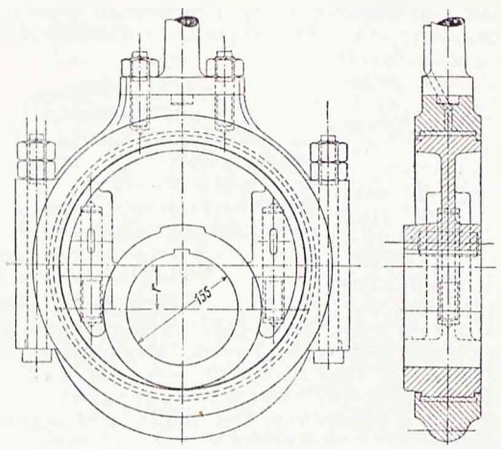


Фиг. 27.

применяют еще перепуск пара с одной стороны поршня на другую, что несколько улучшает условия работы пара в машине. Эксцентрик для золотникового распределения изображен на фиг. 29. в) Для изменения наполнения при одиночных золотниках служат передвижные эксцентрики, изменяющие свой эксцентриситет и угол опережения под действием плоских регуляторов. При состоянии равновесия работы машины распределяющий эксцентрик удерживается в соответствующем положении относительно главного кривошипа маятниками или вращающимися грузами регулятора, с к-рыми он соединен и с к-рыми вращается вокруг оси главного вала. Кривая, по к-рой движется при этом центр эксцентрика, называется кривою центров или кривою перемещения (перестановки). Она характеризует изменения парораспределения. На фиг. 30 изображен эксцентрик с перемещением центра по прямой линии E_1E_3 (Лекутей и Гарнье). Для предельных положений E_1 и E_3 эксцентриситеты соответственно будут равны r_1 и r_3, а δ_1 и δ_3 будут углами опережения. На фиг. 31 изображено парораспределение Дэрфеля с вращением эксцентрика, управляющего распределением, по другому эксцентрику, закрепленному на валу машины. Кривая центров E_1E_3 получается в виде дуги E_1E_3 круга, описанного из центра E_0 неподвижного эксцентрика радиусом r распределительного эксцентрика. Золотник движется под действием «равнодействующего эксцентрика», эксцентриситет к-рого является замыкающей стороной тр-ка, построенного на эксцентриситетах основного r_0 и передвигаемого r эксцентрика; следовательно $OE_1 = r_1$ и $OE_3 = r_3$ являются эксцентриситетами для предельных положений; соответствующие углы опережения будут δ_1 и δ_3.



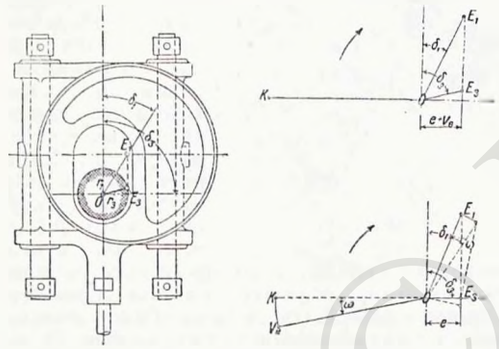
Фиг. 28.



Фиг. 29.



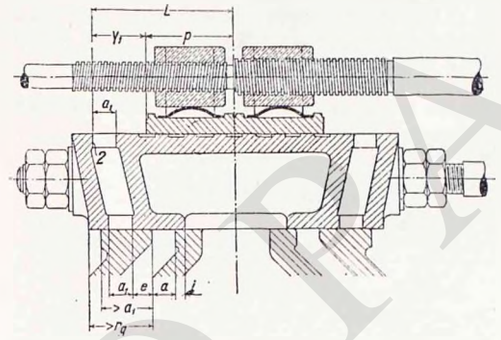
Фиг. 31.



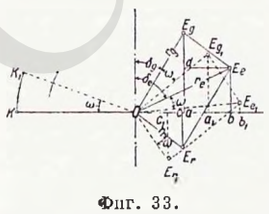
Фиг. 30.

Двойные золотники. В простых золотниках всех вышеописанных типов мы имеем определенную связь между фазами парораспределения, и именно такую, что по трем заданным характерным точкам парораспределения определяется четвертая. Предварения впуска и выпуска обычно меняются в узких пределах и считаются заданными. Поэтому задавшись еще степенью наполнения, получают определенную степень сжатия, причем малые степени наполнения влекут за собою слишком большие степени сжатия. Поэтому при проектировании простого коробчатого золотника исходят из степени наполнения $\geq 0{,}5$; для золотников Трика 0,3—0,4. Для возможности выгодного применения меньших наполнений и для регулирования машины помощью изменения одной только степени наполнения применяются двойные золотники. Главными типами этих золотников являются золотники Мейера (регулируемые от руки) и золотники Ридера (регулируемые от регулятора). Кроме того применяют еще двойные золотники с эксцентриком, управляемым плоским регулятором (напр. двухкамерное распределение Дерфеля). Распределение Мейера изображено на фиг. 32. В нем имеются 2 золотника: нижний — распределительный, к-рый управляет началом впуска и выпуском пара, и верхний, расширительный (состоящий из 2 пластинок), определяющий только момент окончания впуска. Впуск пара в цилиндр происходит через канал распределительного золотника, действие к-рого ничем не отличается от обыкновенного золотника, но раньше, чем распределительный золотник закроет впуск в цилиндр, канал распределительного золотника может быть закрыт соответствующей верхней пластинкой.

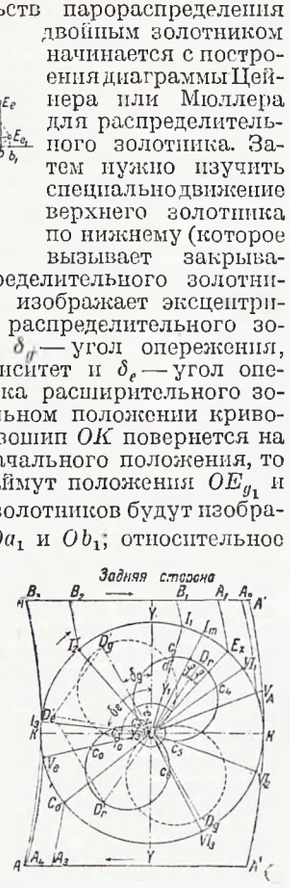
Теория показывает, что момент закрывания определяется расстоянием y_1 между рабочим ребром 2 канала распределительного золотника и ребром пластинки (при среднем положении обоих золотников): с уменьшением y_1 уменьшается и наполнение. Для изменения величины y_1 верхние пластинки соединены общей тягой с правой и левой нарезкой и при вращении тяги от руки устанавливается желательное наполнение. Исследование обстоятельств парораспределения двойным золотником начинается с построения диаграммы Цейнера или Мюллера для распределительного золотника. Затем нужно изучить специальное движение верхнего золотника по нижнему (которое вызывает закрывание канала распределительного золотника). Пусть $OE_g = r_g$ изображает эксцентриситет эксцентрика распределительного золотника (фиг. 33), δ_g — угол опережения, $OE_e = r_e$ — эксцентриситет и δ_e — угол опережения эксцентрика расширительного золотника при начальном положении кривошипа. Если же кривошип OK повернется на угол ω из своего начального положения, то эксцентриситеты займут положения OE_{g_1} и OE_{e_1}; перемещения золотников будут изображаться отрезками Oa_1 и Ob_1; относительное перемещение верхнего золотника по отношению к нижнему изобразится отрезком a_1b_1. Нетрудно видеть, что можно эту же величину получить, построив т. н. относительный или результирующий эксцентрик, изображаемый для начального положения кривошипа отрезком OE_r; этот отрезок получают, построив линию OE_r, равную и параллельную E_gE_e (т. е. построив параллелограм на OE_g как стороне и OE_e как диагонали). При повороте кривошипа на угол ω эксцентриситет r_r относительного эксцентрика перейдет в положение OE_{r_1} и отрезок $Oc_1 = a_1b_1$ изображает перемещение верхнего золотника по нижнему. Поэтому для исследования обстоятельств парораспределения, даваемых двойным золотником, строят диаграммы Цейнера для основного и относительного эксцентрика, как это изображено на фиг. 34. Для этого от вертикали YY' против направления вращения машины откладывают углы опережения δ_g и δ_e обоих золотников и наносят положения их эксцентриковых кривошипов $OD'_g = r_g$ и $OD'_e = r_e$. Параллелограм, построенный на последних, дает относительный эксцентриситет $OD'_r = r_r$, и построенные на диаметрах $OD_g = OD'_g$ круги будут основными (распределительными) золотниковыми кругами, а круги, построенные на $OD_r = OD'_r$, представляют собою относительные золотниковые круги. Главный кривошип при каждом своем положении отсекает на кругах, которые соответствуют распределительному (основному) золотнику, абсолютный путь, пройденный этим золотником, а на кругах относительного золотника — относительный путь обоих золотников, так что для какого-либо положения кривошипа OI_1 получаем перемещение нижнего золотника на величину равную Od_1, относительный же сдвиг верхнего золотника по нижнему равен Oc_1. Когда Oc_1 сделается равным расстоянию y_1 на фиг. 32, то произойдет закрытие канала нижнего золотника, т. е. начнется расширение. Золотники Мейера применяют часто в цилиндрах среднего и низкого давления в машинах многократного расширения, причем для больших машин их выполняют в виде цилиндрич. золотников. Для изменения степени наполнения от регулятора применяют золотники Ридера (фиг. 35). Они тоже состоят из двух золотников; каналы нижнего золотника наклонены под углом α к направлению рабочего движения золотника. Верхний золотник имеет вид трапецоидальной пластинки со сторонами, параллельными каналам нижнего золотника. Диаграмма парораспределения, даваемого золотникам Ридера, ничем не будет отличаться от диаграммы золотника Мейера, и продолжительность впуска определяется y_1, отсчитываемым в направлении рабочего движения между рабочими гранями золотников. Для регулирования производится перемещение верхней пластинки по нижнему золотнику в направлении, перпендикулярном к рабочему движению пластинки (как показано пунктиром на фиг. 35). При проектировании золотника берут из золотниковой диаграммы величину перекрыши y_3 для предельных наполнений y_1; ширину a_1 проходных каналов в основном золотнике у зеркала цилиндра выполняют равной $0{,}8 \div 1a$ (при



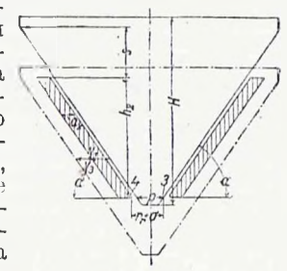
Фиг. 32.



Фиг. 33.

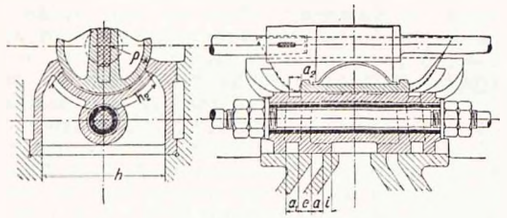


Фиг. 34.



Фиг. 35.

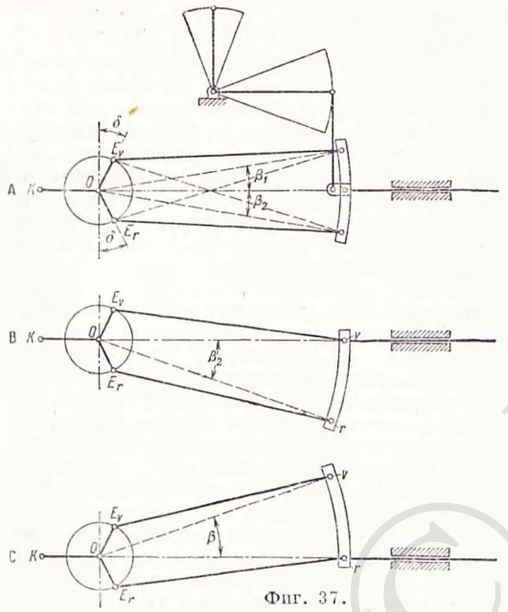
одинаковой высоте h с окнами цилиндра); у расширительного золотника эта ширина определяется из уравнения $a_2 h_2 = a_1 h$. Для предупреждения открытия левого канала



Фиг. 36.

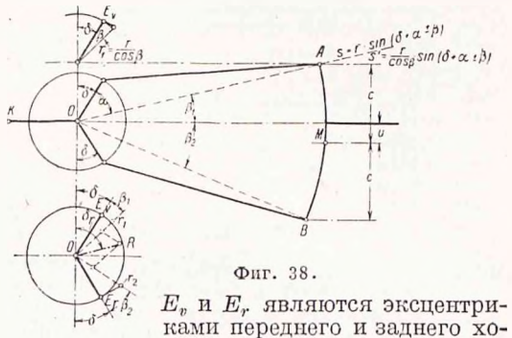
краем 3 при левом относительном мертвом положении золотников необходимо иметь $p = r_r + a_2 - y_1 + \sigma$; расстояние 3—4 должно равняться $r_r + \delta$; полная перестановка $s = (y_3 - y_1)\operatorname{tg}\alpha$ и высота трапеции $H = h_2 + s + 2\sigma$; перекрыша делается равной 8—15 *мм*. Нижнему золотнику в парораспределении Ридера обыкновенно придают вверху форму полуцилиндра, тогда и верхняя пластинка загибается по окружности (фиг. 36). Для больших машин ридеровское парораспределение выполняют в виде цилиндрич. золотников. В этом случае в верхнем и нижнем золотнике делают соответствующие наклонные прорезы. Эта конструкция является весьма совершенной и применяется даже для больших, особенно вертикальных машин.

К у л и с н ы е р а с п р е д е л е н и я. Имеется большой класс машин, в к-рых необходимо изменять направление вращения. Сюда относятся машины паровозные, пароходные, рудоподъемные, прокатные (при станках дуо). В этих машинах применяются как



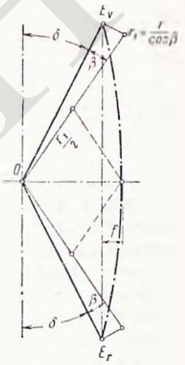
Фиг. 37.

внутренний распределительный орган золотники. Внешние же парораспределительные органы этих машин образовывают кулисные распределения. Вместе с достижением своей основной задачи (изменения направления вращения) кулисы изменяют также степень наполнения, так что являются и регулирующим органом. Кулисы делят различным образом на классы; мы ограничимся приведением одного примера из каждого класса. 1) Кулиса Стефенсона является первой по времени изобретения и применяется до сих пор в паровозной и пароходной практике, а также в прокатных машинах. Способ действия ее уясняется из фиг. 37. Эксцентрики



Фиг. 38.

E_v и E_r являются эксцентриками переднего и заднего хода, так как действие их соответствует тому или другому направлению вращения машины. От эксцентриков идут тяги к самой кулисе, представляющей собой дугу, в к-рой движется камень, связанный с золотниковым штоком. Сама кулиса подвешена к концу рычага, вращающегося вокруг нек-рой неподвижной точки, причем кулиса подымается вверх или опускается вниз. Сплошные линии, показанные на фиг. 37, A, соответствуют кулисе с открытыми тягами, пунктирные—кулисе с перекрестными тягами. При нижнем положении кулисы (фиг. 37, B) обстоятельства движения определяются полностью эксцентриком переднего хода, при верхнем (фиг. 37, C)—эксцентриком заднего хода. В промежуточных положениях получается сложное движение с уменьшенной степенью наполнения. Среднему положению кулисы (фиг. 37, A) соответствует наименьшее наполнение (вообще говоря малое, но не равное нулю; оно может обратиться в нуль лишь при перекрестных тягах). Общая картина обстоятельств парораспределения, даваемых кулисою, м. б. получена на основании теоремы, доказанной Цейнером, что для промежуточных положений кулисы действие ее м. б. заменено одним (результирующим или фиктивным) эксцентриком. Нахождение этого эксцентрика для кулисы Стефенсона показано на фиг. 38. Горизонтальные проекции путей точек A и B выражаются общим уравнением $s' = \frac{r}{\cos\beta}\sin(\delta + \alpha \pm \beta)$.



Фиг. 39.

На фиг. 38 показано графическое нахождение величин

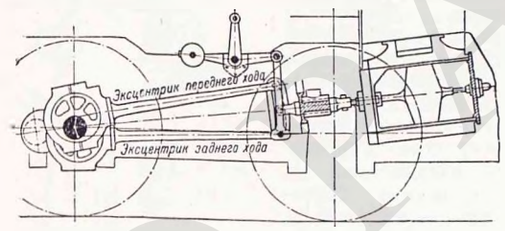
$$r_1 = \frac{r}{\cos\beta_1} \quad \text{и} \quad r_2 = \frac{r}{\cos\beta_2}.$$

Принимая кроме того во внимание рычажную передачу, получим для эксцентриситетов следующие выражения:

$$r'_1 = \frac{r}{\cos\beta_1}\left(\frac{c+u}{2c}\right), \qquad (42)$$

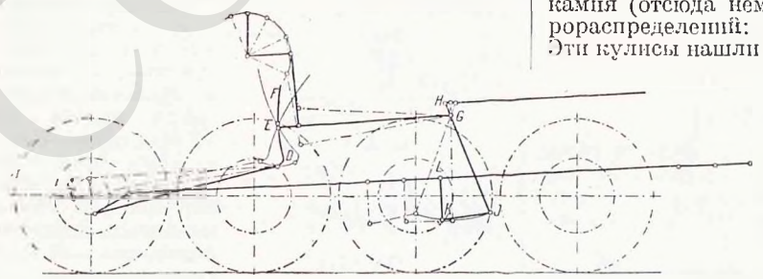
$$r'_2 = \frac{r}{\cos\beta_2}\left(\frac{c-u}{2c}\right). \qquad (43)$$

Эти эксцентриситеты должны быть отложены от центра O на линиях r_1 и r_2 и на них



Фиг. 40.

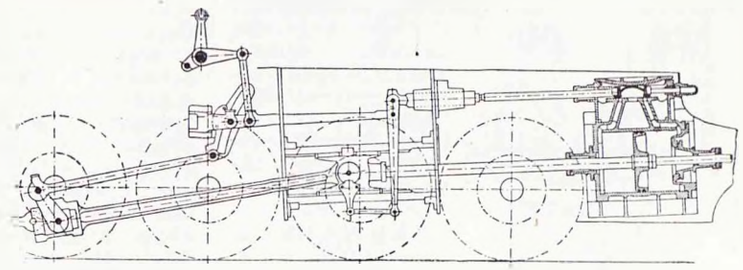
построен параллелограм, дающий величину и угол опережения результирующего эксцентрика R при данном положении кулисы. Сделав это построение для нескольких положений кулисы, получим ряд точек R, которые дают кривую параболического вида (кривая вершин) (см. фиг. 39). Эта кривая может служить для нахождения обстоятельств парораспределения при всяком положении кулисы. При проектировании кулис приходится прибегать к графическим исследованиям намеченной кулисы или даже и проверке ее по модели. Конструктивное осуществление кулисы Стефенсона для паровозной машины (з-да Борзиг) дано на фиг. 40. 2) В паровозной практике кулисы Стефенсона в значит. степени вытеснены кулисой Гейзингера с одним эксцентриком (впервые предложенной бельгийским инженером Вальсхертом), изображенной на фиг. 41 (в схематич. виде) и фиг. 42 (в конструктивном виде). Вместо эксцентрика здесь взят кривошип, один конец к-рого приводит в качательное движение кулису FED. Движение камня E передается точке G рычага HGJ. Точка H этого рычага приводится в возвратно-поступательное движение тягой JK, связанной со штангой LK, жестко соединенной с крейцкопфом машины. Тяга EG м. б. перемещаема по кулисе при помощи системы рычагов. Действие кулисного механизма Гейзингера м. б.



Фиг. 41.

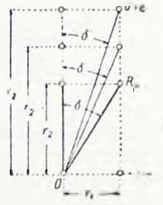
тоже заменено действием двух эксцентриков с эксцентриситетами $r_1 = R\frac{n}{m}$ (R — радиус кривошипа машины, $n = HG$, $m = GJ$) и $r_2 = r\frac{u}{c}\frac{m+n}{m}$ (u—расстояние камня от центра кулисы, c—длина половины кулисы, r—радиус небольшого кривошипа, заменяющего эксцентрик). Эксцентрик r_1 опережает кривошип на 180°, эксцентрик r_2—на 90°. Складывая геометрически эксцентриситеты r_1 и r_2, получим эксцентриситет результирующего эксцентрика R_r. Точка R_r движется (при сделанных предположениях) по прямой линии (как показано на фиг. 43). Приведенные соображения дают только общую ориентировку в действии кулисы Гейзингера, обыкновенно исследуемой тоже графич. приемами. Новейшие исследования геометрич. характера кулисы Гейзингера принадлежат Грассману. Есть еще более сложные кулисы этого класса, напр. кулиса Савельева. 3) Третий класс кулисных механизмов характеризуется рабочим движением камня в кулисе, т. е. кулиса является направляющей для движения камня (отсюда немецкое название этих парораспределений: Lenker—Umsteuerungen). Эти кулисы нашли особенно широкое приложение в судовых и рудоподъемных машинах. К этому классу относятся кулисы Маршалля, Клуга, Гакворта, Джоя и др. Ограничиваемся только приведением схемы кулисы Джоя (фиг. 44). Новейшее изложение теории кулисы этой группы дано Ф. А. Бриксом.

К л а п а н н ы е п а р о р а с п р е д е л е н и я. Внутренним органом в клапанных



Фиг. 42.

распределениях служит б. ч. двухседельный клапан, одна из конструкций к-рого изображена на фиг. 45. Применение двухседельного клапана вызвано стремлением уменьшить необходимую высоту подъема клапана. Для этой же цели предлагались 3- и 4-седельные клапаны, не получившие однако распространения вследствие трудности поддержания плотности во всех опорных поверхностях. Средний диаметр клапана может быть найден по ф-ле:

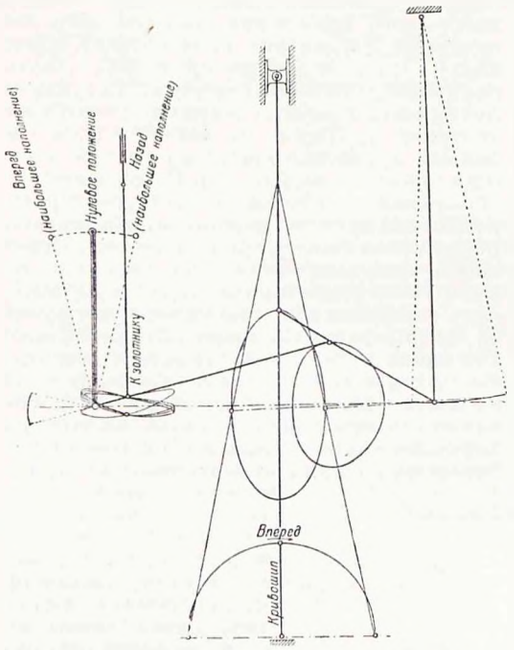


Фиг. 43.

$$\varphi\frac{\pi d^2}{4} = \frac{Fc}{w}, \qquad (44)$$

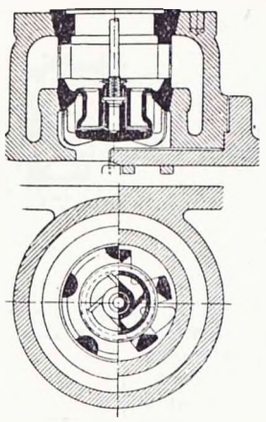
F—полезная площадь поршня, c—скорость

поршня, w—допустимая скорость пара (равная 30—40 *м/сек* для насыщенного пара, 40—50 *м/сек*—для перегретого пара); φ—коэф-т сужения площади свободного прохода клапана, равный 0,7—0,8. Более точный расчет принимает во внимание конструктивные раз-



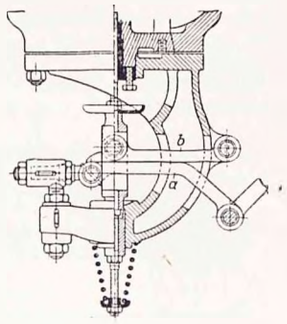
Фиг. 44.

меры деталей клапана. Обыкновенно клапаны делают из чугуна; Штумпф предложил пружинящий стальной клапан. В новейшее время ему же принадлежит конструкция односеделын. клапана. Клапаны располагают в горизонтальных машинах обыкновенно попарно с каждой стороны поршня, причем впускные клапаны помещают вверху, выпускные—внизу.

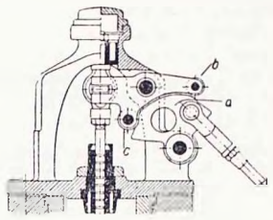


Фиг. 45.

Внешние органы клапанных распределений. Передача к внешним органам клапанных распределений осуществляется от распределительн. валика, который сам получает движение от коренного вала машины посредством конич. передачи. На распределительный валик насаживают эксцентрик или кулачные шайбы (последние особенно часто для выпуска) и от них делают ту или иную рычажную передачу к самому клапану. Эта передача к впускному клапану и является характерной для каждой системы клапанного распределения. В отношении этой передачи клапанные распределения делят на два больших класса: клапанные распределения со свободным падением клапана и с принужденным падением клапана. Первыми по времени были клапаны со свободным падением клапана: в истории П. м. эпоху сделало появление в 1873 году парораспределения Зульцера со свободным падением клапана. Достоинством распределения этой группы является ее сравнительная простота, легкость действия регулятора и отсутствие обратного воздействия на регулятор. Недостатком же свободного падения клапана является удар при посадке клапана на седло. Системы с принудительной посадкой клапана на седло не имеют этого недостатка, но отличаются большой сложностью и имеют обратное воздействие на регулятор. Поэтому системы эти, вначале чрезвычайно многочисленные, особенно в Германии, постепенно вышли из употребления. В настоящее время из клапанных парораспределений имеет наибольшее распространение особая группа, именно парораспределения с плоским регулятором на распределительном валу.

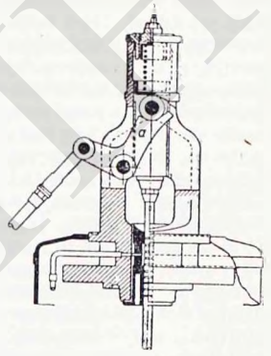


Фиг. 46.



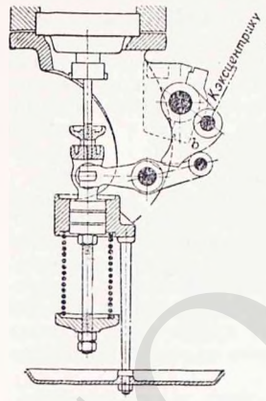
Фиг. 47.

Примеры клапанных парораспределений и их деталей. Передаточными органами от эксцентриков к клапанам обыкновенно являются катящиеся рычаги a, b, (фиг. 46). Это устройство имеет целью дать переменную скорость открывания и закрывания клапанов: сначала клапан движется медленно и затем быстро; при посадке на седло эта система передачи дает медленное закрывание и ослабляет удар. Обратная посадка клапана на седло достигается б. ч. пружиной, но есть парораспределения (Дерфеля), в к-рых открытие и закрытие клапана осуществляют двойным кулачком a (фиг. 47); при качании кулачка a открытие клапана производит ролик b, закрытие—ролик c. Кроме катящихся рычагов в новейшее время часто применяются качающиеся кулачки разного рода. Кулачок a, применяемый в распределении Лентца, изображен на фиг. 48. На фиг. 49 показан кулачок b для выпуска

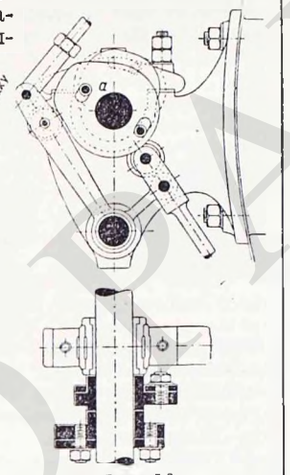


Фиг. 48.

Вращающаяся кулачная шайба a, управляющая впуском и выпуском, показана на фиг. 50. Из парораспределений со свободным падением клапана при-

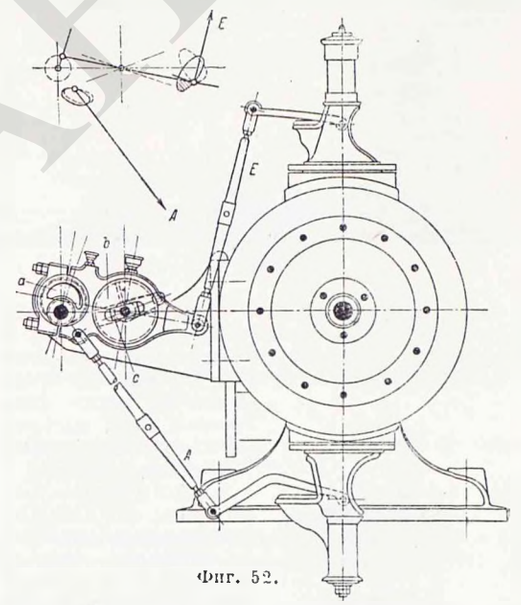


Фиг. 49.

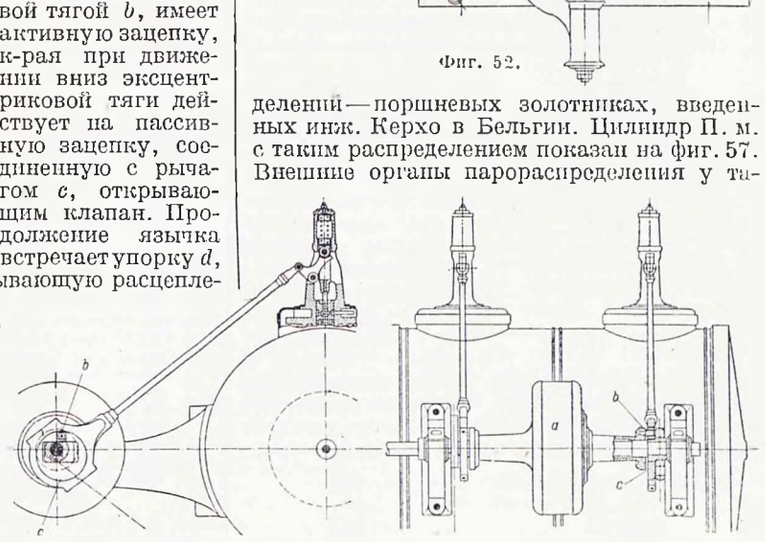


Фиг. 50.

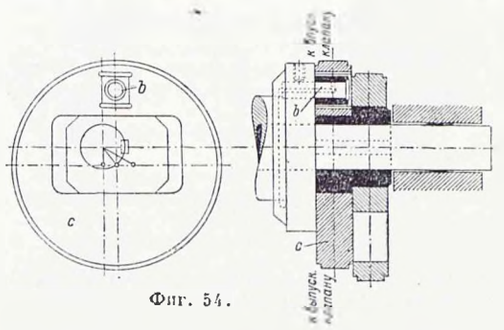
водим новое распределение Кольмана (фиг. 51). Язычок a, связанный с эксцентриковой тягой b, имеет активную зацепку, к-рая при движении вниз эксцентриковой тяги действует на пассивную зацепку, соединенную с рычагом c, открывающим клапан. Продолжение язычка встречает упорку d, отклоняющую его и вызывающую расцепление зацепок и падение клапана. Момент расцепления определяется положением упорки и изменяется от регулятора. Для смягчения удара клапана при посадке на седло Кольман применял масляный катаракт. Из распределений с принужденным падением клапана нужно указать на распределение Родованович, имевшее в свое время большую известность (фиг. 52). Передача от эксцентрика a к клапану достигается здесь при помощи кулисы b с прорезом c, что делает это распределение схожим с кулисами Гакворта и Клуга, о к-рых говорилось раньше. Прототипом парораспределений с регулятором на распределительном валу является парораспределение Лентца (фиг. 53). Передача от плоского регулятора изображена на фиг. 54. У плоского регулятора a есть выступ b, заходящий в тело эксцентрика c. При воздействии регулятора выступ b заставляет эксцентрик перемещаться вдоль прореза, в нем сделанного, по прямолинейной направляющей, заклиненной на валу. В прямоточных машинах Штумпфа подъем клапана достигается прямолинейным движением ролика a, действующего на соответствующий криволинейный выступ b клапана c. Общее расположение парораспределения показано на фиг. 55, а ролик a и выступ b на клапане—на фиг. 56. Надо еще упомянуть об особом виде парораспределений—поршневых золотниках, введенных инж. Керхо в Бельгии. Цилиндр П. м. с таким распределением показан на фиг. 57. Внешние органы парораспределения у та-



Фиг. 52.



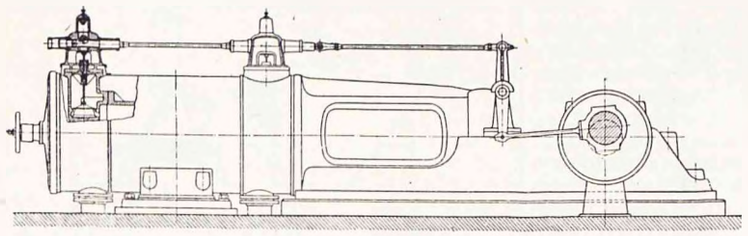
Фиг. 53.



Фиг. 54.

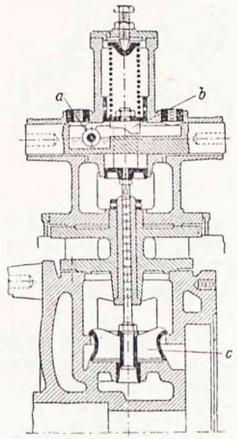
ких машин схожи с клапанным парораспределением. Эта система дает очень малые вредные пространства и допускает достаточное число оборотов. Опыты Шрётера с такой ма-

шиной показали чрезвычайно малый расход пара в ней. Исследование клапанных парораспределений носит проверочный характер, т. е. исследуются обстоятельства парораспределения для заранее намеченных раз-



Фиг. 55.

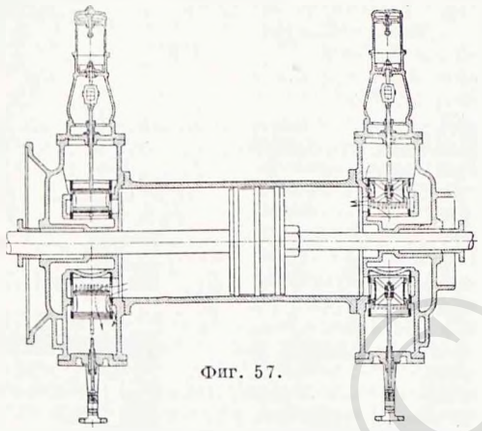
меров и расположения распределительных органов. Затем строятся кривые подъема h клапанов, характеризующие качество данного парораспределения. На фиг. 58 предс-



Фиг. 56.

тавлены такие диаграммы для расцепного распределения Кольмана.

Крановые парораспределения. Эти распределения были первыми, применеными в машинах с четырьмя путями для впуска и выпуска пара. Закрывание достигалось крайне быстрое, поэтому диаграмма получалась почти без торможения при впуске. Машины с крановыми распределениями получили большое распространение в США, Англии, Франции (частью в Бельгии и Швейцарии). Но они имеют многочисленные недостатки, особенно резко сказавшиеся при применении перегретого пара; поэтому в настоящее время они почти совер-

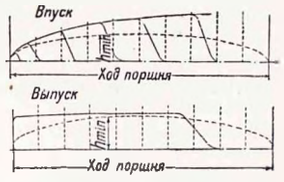


Фиг. 57.

шенно оставлены в Европе (даже в Англии), а сохранились только в США (где применение их тоже сильно сократилось). Внутренним парораспределительным органом у этих П. м. является кран a, вращающийся в своем гнезде (фиг. 59). Таких кранов 4, по 2 по обеим сторонам поршня. Движение свое краны получают от эксцентрика, помещенного на валу машины при помощи качающейся шайбы и коленчатых рычагов. Такое распределение с принудительной передачей изображено на фиг. 60. Крановые распределения с принудительной передачей находили иногда применение в цилиндрах среднего и низкого давления машин многократного расширения.

Динамика П. м. обнимает отделы регулирования (маховики и регуляторы), уравновешивания и спокойствия хода машины. Маховики служат для уменьшения колебаний окружной скорости во время одного оборота машины (графические способы расчета—см. *Маховое колесо*).

Для приблизительного определения веса G маховика служит формула:



Фиг. 58.

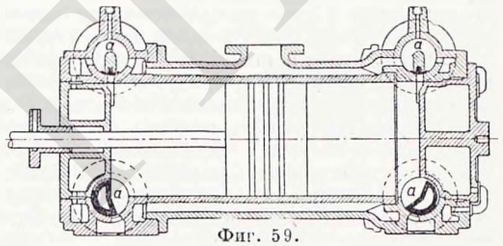
$$G = \frac{aN_e}{\delta_s n v^2}, \quad (45)$$

N_e—мощность в IP, n—число об/м., v—окружная скорость на ободе маховика, δ_s—степень неравномерности хода (табл. 10). Значения коэф. a (табл. 11) даны в зависимости от отношения наибольшего давления движущихся масс к давлению пара при впуске (p_b p_1), причем $p_b = \frac{G_b v^2}{gFR}$, где G_b—вес возвратно движущихся масс, v—скорость поршня, F—полезная площадь поршня, R—радиус кривошипа.

Табл. 10.—Величины допускаемых степеней неравномерности хода П. м.

Для насосов и резальных машин . . .	1/25
» трансмиссии мастерских	1/35 до 1/50
» ткацких станков и бумажных машин	1/40
» мукомольных мельниц	1/50
» прядилен (для низких и высоких номеров)	до 1/100
» динамо постоянного тока	1/60
» » переменного »	1/150
	1/300

Регулирование паровых машин. Целью регулирования является изменение мощности машины для уравнивания

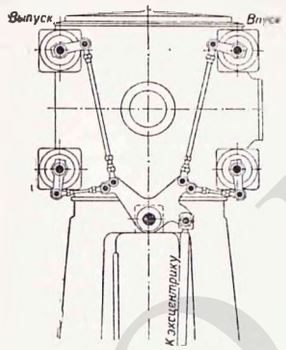


Фиг. 59.

ее с мощностью, необходимой для преодоления сопротивлений, при этом число оборотов меняется в назначенных узких пределах; степень неравномерности регулятора есть отношение разности наибольшего и наименьшего числа оборотов к среднему числу оборотов:

$$\delta_r = \frac{n_{max} - n_{min}}{n}; \quad (46)$$

берут $\delta_r = 0{,}02 \div 0{,}05$. Изменения мощности машины достигают двумя способами: а) торможением пара при впуске, б) изменением степени наполнения. Первый способ регулирования является менее выгодным, так как при нем приходится нормально работать при пониженном давлении (для возможности перегрузки). Тепловой перепад уменьшается при торможении пара. Поэтому последнее применяют как способ регулирования обыкновенно только при малых машинах с распределениями, не допускающими изменения степени наполнения. Из различных видов регуляторов (весовые, пружинные, осевые) в паровых машинах в новейшее время нашли особенное применение последние (осевые регуляторы), отличающиеся простотой и надежностью действия и обеспечивающие безопасность работы машины. Теория и расчет регуляторов, а также описание типов их—см. *Регулятор*.



Фиг. 60.

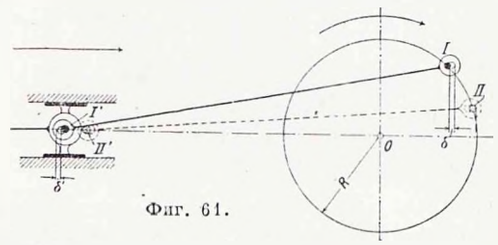
Табл. 11.—Значения коэфициента a.

Степень наполнения	Одноцилиндровые машины: $\frac{p_b}{p_1}$=0.05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Работа на выпуск 1:6	9 600	8 700	7 200	6 100	5 500	5 300	—
1:4	9 000	8 300	7 200	6 300	6 000	6 000	6 200
1:3	8 500	8 100	7 100	6 500	6 300	6 300	—
1:2	7 800	7 500	7 000	6 900	—	—	—
Работа с конденсацией 1:10	10 000	9 100	7 500	6 400	5 700	5 300	5 000
1:8	9 700	8 800	7 100	6 500	600	5 700	4 800
1:6	8 900	8 300	7 100	6 400	6 100	—	—
1:5	8 500	8 100	7 200	6 400	6 100	—	—
1:4	8 000	7 800	7 400	7 000	6 600	6 200	—
1:3	7 500	7 400	7 000	6 900	6 900	6 800	6 800
1:2	—	—	6 800	—	—	—	—

Степень наполнения	Двухцилиндровые машины: 1:6	1:4	1:3	1:2
a	2 900	2 400	2 000	1 500

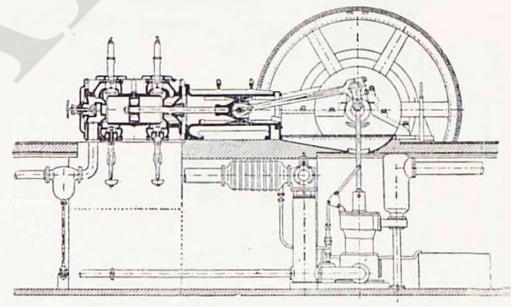
Для трехцилиндровых машин a = 1 400.

Уравновешивание машин. Машина считается уравновешенной, если ее



Фиг. 61.

жесткие опоры во время установившегося режима работы испытывают постоянные давления, что требует уравновешивания сил инерции частей машины, имеющих поступательное и качательное движение. Для этой цели в П. м. применяются противовесы. Противовес представляет собой массу, имеющую вращательное движение вокруг вала машины. Если назвать вес противовеса G_b и представить себе его помещенным на расстоянии R



Фиг. 62.

(радиуса кривошипа) от оси вала, то центробежная сила его будет:

$$K = \frac{G_b}{g} \cdot \frac{v^2}{R}. \quad (47)$$

Когда кривошип стоит под углом φ к оси двигателя, то проекция этой силы на последнюю равна

$$K_z = \frac{G_b}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cos\varphi. \quad (48)$$

С другой стороны, в этот же момент части, движущиеся поступательно, имеют силу инерции, равную (в первом приближении) $\frac{G_h}{g} \frac{v^2}{R} \cos\varphi$ (см. *Динамика поршневых двигателей*). Части же, имеющие вращательное движение и находящиеся в противоположном направлении от центра (кривошип и часть массы шатуна, к-рую относят к кривошипу), имеют горизонтальную проекцию центробежной силы: $\frac{G_r}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cos\varphi$. Для нахождения машины в равновесии д. б.:

$$\frac{G_b}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cos\varphi = \frac{G_h}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cos\varphi + \frac{G_r}{g} \cdot \frac{v^2}{R} \cos\varphi, \quad (49)$$

т. е.

$$G_b = G_h + G_r. \quad (50)$$

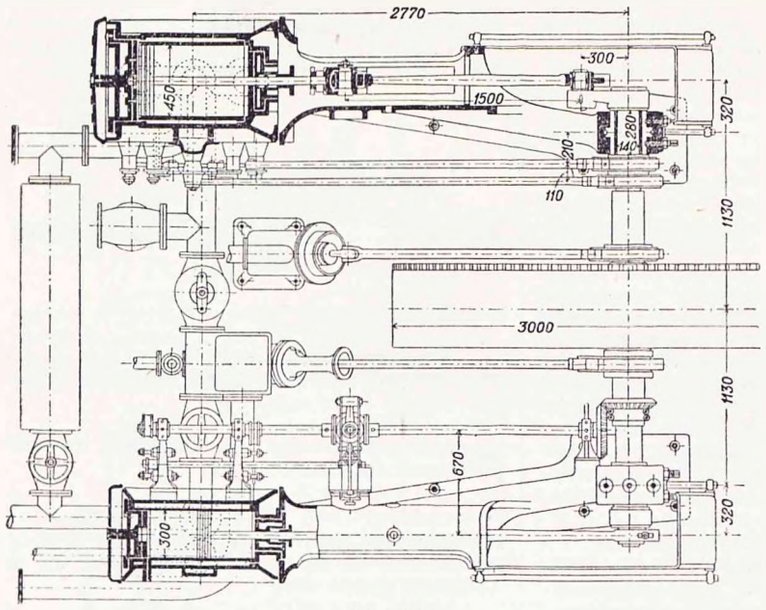
На практике однако советуют брать вес G_b равным только 0,5—0,8 этой суммы, т. к. введение противовесов вызывает вертикальную реакцию (в горизонтальных машинах)

$$K_1 = \frac{G_b}{g} \frac{v^2}{R} \sin\varphi. \quad (51)$$

Способ уравновешивания посредством устройства противовеса применяется преимущественно в горизонтальных машинах, т. к. в вертикальных машинах сила K_1 направлена горизонтально, т. е. перпендикулярно к оси машины и вызывает стремление к срезу болтов, колебание и дрожание машины.

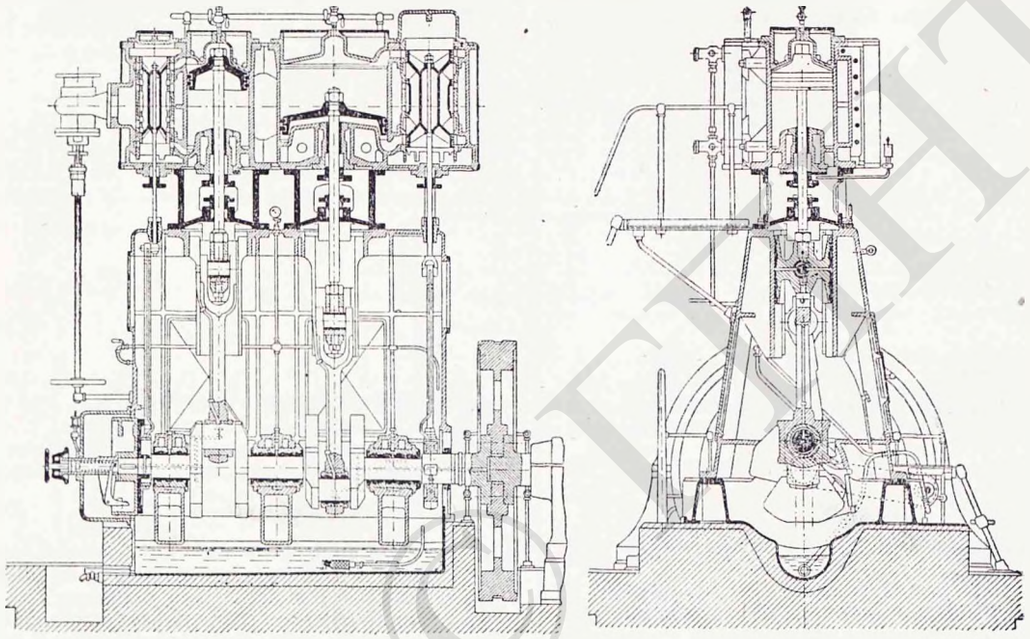
Удары в П. м. и спокойствие хода П. м. Удары происходят вследствие

перемены направления давления на поршень. Особенное значение имеют удары в цапфах кривошипа и крейцкопфа. При прямом ходе машины давление поршня, переда-



Фиг. 63.

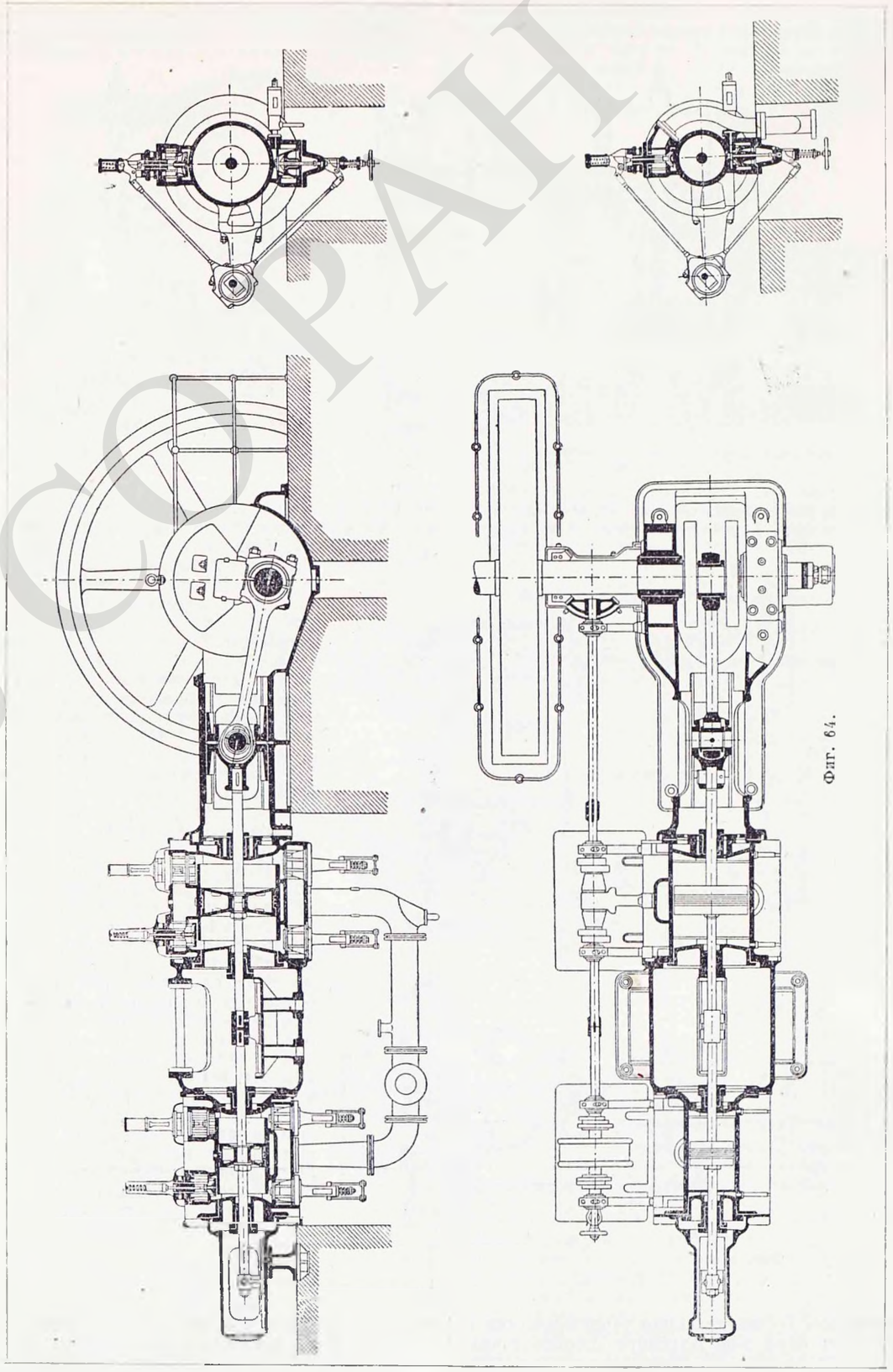
ваемое через шток крейцкопфу, а затем шатуну, стремится сжать последний, вследствие чего получаются зазоры δ в цапфах крейцкопфа и кривошипа (фиг. 61, положение *I*). В нек-рый момент сила давления на поршень (равнодействующая из сил давления пара и сил инерции) меняет свой знак, шатун подвергается растяжению и через нек-рое время займет положение *II*. Во время этого изменения между точками шатуна и цапфами крейцкопфа и кривошипа получается нек-рая разность скоростей, вследствие чего в положении *II* произойдет удар. На это явление впервые обращено было внимание Радингером, к-рый высказал мнение, что особенно вредное влияние этих ударов будет, если перемена давления получается после прохождения мертвого положения кривошипа. Это мнение оспаривается Штрибеком, Вехаге, Толле, которые высказывают, наоборот, мнение о желательности перенесения этого удара в период после прохождения мертвого положения кривошипа. На опытах было установлено, что слой смазочного масла в цапфах значительно уменьшает силу удара; для ослабления этих ударов лучшим средством является применение надлежащего сжатия пара и предварения впуска.



Фиг. 65.

Конденсационные устройства в П. м. см. *Конденсаторы*.

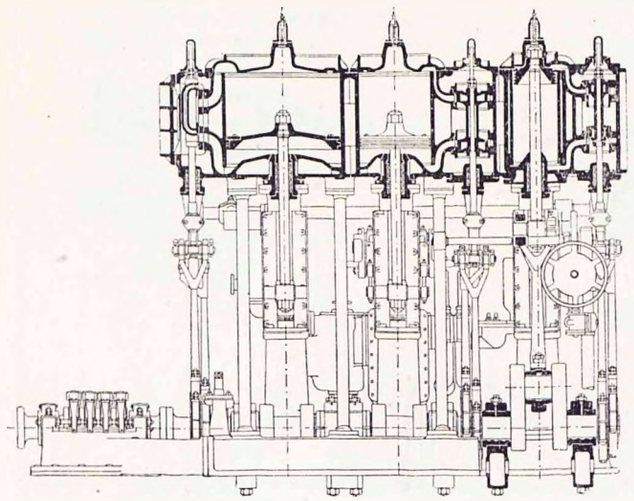
Типы стационарных П. м. В настоящее время преобладающим типом являются горизонтальные П. м.; при двойном расширении их строят в виде тендем-машин. Пример одноцилиндровой горизонтальной машины для перегретого пара з-да Штарке и Гофман (мощность 250 HP с конденсацией)

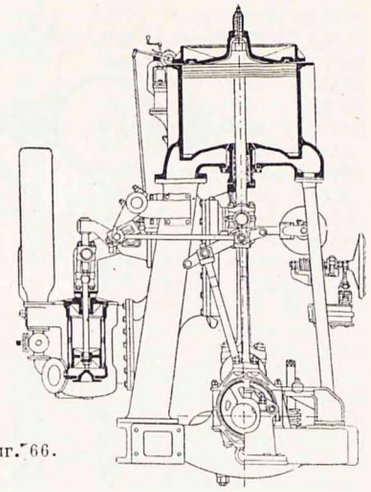


Фиг. 64.

ОТГПБ РАН

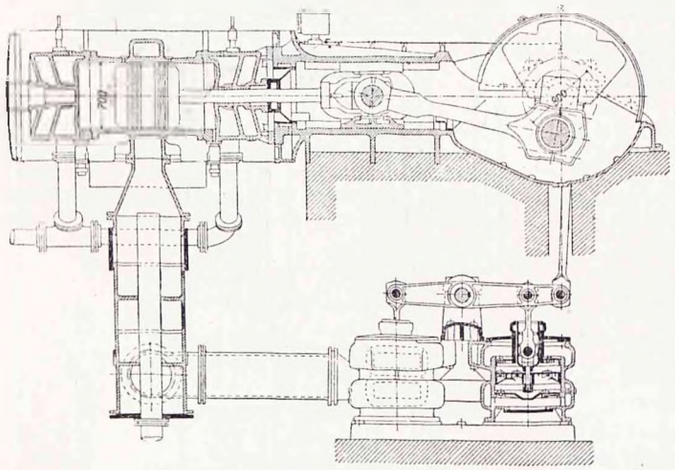
приведен на фиг. 62. Особенность машины: подвод пара через крышки цилиндра с проделение Лентца. Вертикальная компаунд-машина з-да Борзиг с цилиндрич. золотни-

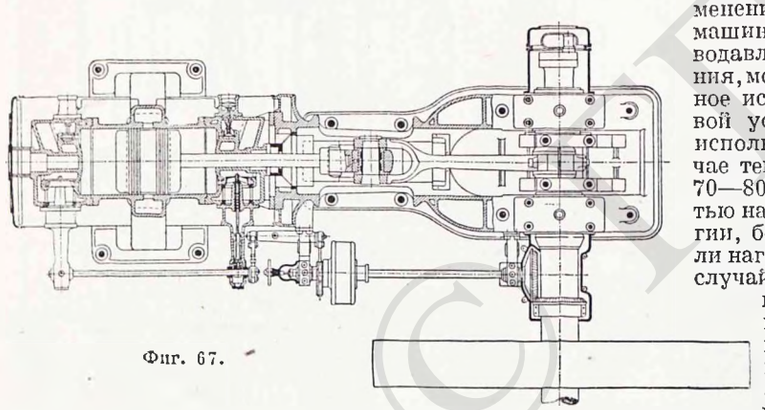




Фиг. 66.

греванием их. Горизонтальная компаунд-машина изображена на фиг. 63. Пораспределение в ц. в. д.—клапанное, в ц. н. д.—





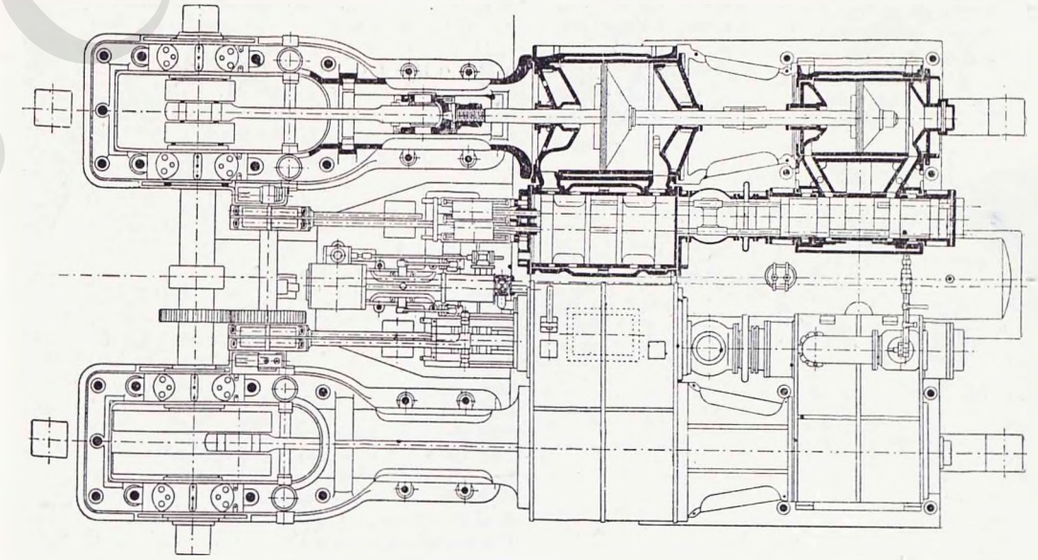
Фиг. 67.

крановое. Горизонтальная тендем-машина с отбором пара з-да Аугсбург-Нюрнберг изображена на фиг. 64; клапанное пораспре-

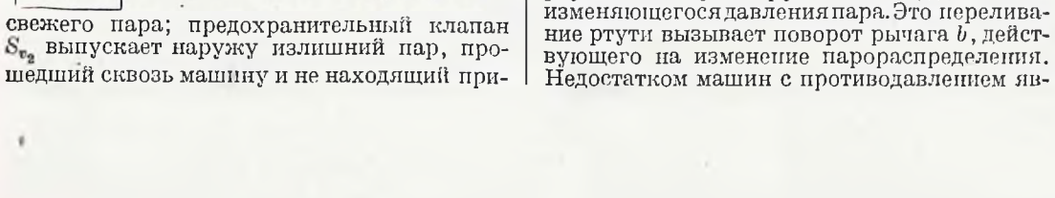
ками и плоским регулятором, действующим на распределение ц. в. д., изображена на фиг. 65. Судовая машина тройного расширения в 1420 IP з-да Герлиц (фиг. 66); регулирование распределения — кулисой Стефенсона. Фиг. 67 изображает прямоточную П. м. завода Аугсбург-Нюрнберг. Тип обыкновенный—с выпуском по середине цилиндра. Прямоточная машина с 2 выпусками изображена на фиг. 68 (прокатная машина Дуисбургского завода). Из специальных П. м. приведем еще реверсивную сдвоенную тендем-машину Дуисбургского машиностроительного завода (фиг. 69); диаметр цилиндров 1 200 — 1 800 *мм*, ход поршня 1 500 *мм*. Локомобильные П. м.—см. *Локомобиль*. Паровозные П. м.—см. *Паровоз*.

Машины с противодавлением и с промежуточным отбором пара. Применение пара, выходящего из машины с повышенным противодавлением для целей нагревания, может сильно повысить полное использование тепла паровой установки: вместо 15—17% использованного в лучшем случае тепла может получиться до 70—80% тепла, пошедшего частью на получение механич. энергии, большей же частью—на цели нагревания. Самый выгодный случай использования отходящего тепла тот, когда весь пар, отработавший в машине, выходит из нее с повышенным противодавлением и полностью применяется в тех или иных нагревательных устройствах; это будут т. н. машины с противодавлением. Условием для их установки является отсутствие

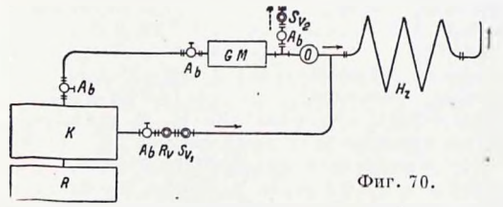
больших колебаний в нагрузке машины и в потреблении пара. Схема такой установки показана на фиг. 70. *K*—котел, *R*—экономайзер, *GM*—машина с противодавлением, *O*—маслоотделитель, H_z—нагревательное устройство, A_b—запорные вентили. Редукционный вентиль R_v и предохранительный клапан S_{r_1} пропускают заторможенный свежий пар в отопление в случае недостаточности



Фиг. 68.



Фиг. 69.



Фиг. 70.

свежего пара; предохранительный клапан S_{v_2} выпускает наружу излишний пар, прошедший сквозь машину и не находящий применения в нагревательном устройстве. Для определения расхода пара в машинах с противодавлением можно пользоваться ф-лой (24), положив в ней η_{gi}=0,7÷0,85 (смотря по качеству машины). Гаттингер дает таблицу расходов пара в машинах с противодавлением при разных величинах начального давления и противодавления (табл. 12).

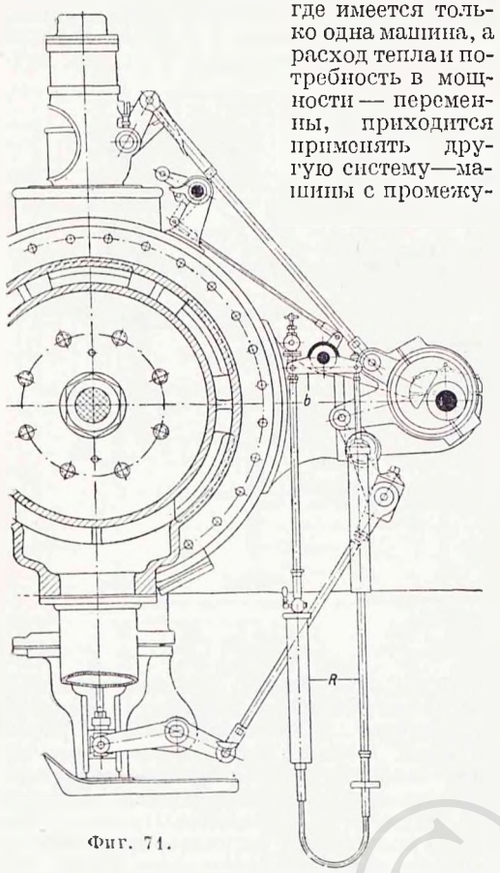
Особенностью машин с противодавлением является их регулирование. Т. к. пар, выходящий из этих машин, должен полностью итти на нагревание, то мощность, развиваемая машиной, должна определяться расходом пара. Поэтому они снабжены регулятором давления, автоматически меняющим мощность машины при изменении давления пара, идущего на нагревание. На фиг. 71 изображен простейший регулятор давления саксонского машиностроительного завода. Регулирование основано в нем на переливании ртути в изогнутой трубочке *R* под действием изменяющегося давления пара. Это переливание ртути вызывает поворот рычага *b*, действующего на изменение пароораспределения. Недостатком машин с противодавлением яв-

Табл. 12.—Расход пара в машинах с противодавлением (в кг/эфф. силочас).

Состояние пара при входящем в машину: Давление, atm	Состояние пара при входящем в машину: Темп-ра, С	Противодавление	Мощность машины, IP: 50	100	500	1 000	1 500	2 000
20	300°	0,06	5,50	5,30	5,00	4,85	4,70	4,55
		0,5	6,75	6,55	6,30	6,15	6,00	5,85
		1,0	7,40	7,35	7,00	6,85	6,70	6,55
		1,5	8,00	7,80	7,55	7,40	7,35	7,20
		2,0	8,60	8,40	8,15	8,00	7,85	7,70
		4,0	10,90	10,70	10,45	10,30	10,15	10,00
		6,0	13,30	13,10	12,85	12,70	12,55	12,40
13	300°	0,06	5,50	5,30	5,00	4,85	4,70	4,55
		0,5	7,00	6,85	6,67	6,50	6,35	6,20
		1,0	7,80	7,65	7,45	7,30	7,15	7,00
		1,5	8,40	8,25	8,05	7,90	7,75	7,60
		2,0	9,20	9,05	8,85	8,70	8,55	8,40
		4,0	12,80	12,65	12,45	12,30	12,15	12,00
9	сухой насыщенный	0,06	7,85	7,55	7,10	7,00	6,85	6,70
		0,5	9,50	9,20	8,90	8,70	8,55	8,40
		1,0	10,60	10,30	10,00	9,80	9,65	9,50
		1,5	11,80	11,50	11,20	11,00	10,85	10,70
		2,0	13,10	12,80	12,50	12,30	12,15	12,00
		3,0	17,00	16,70	16,40	16,20	16,05	15,90

ляется совершенно жесткая связь между развиваемой мощностью и количеством пара, идущего на нагревание. В тех случаях, где имеется только одна машина, а расход тепла и потребность в мощности — переменны, приходится применять другую систему—машины с промежуточным отбором пара. Для этой цели пользуются обыкновенно машинами двойного расширения системы тендем, причем пар берут из ресивера. При изменении количества отбираемого пара регулятор давления действует в соответствующем направлении на степень наполнения ц. н. д., причем мощность машины поддерживается на должной высоте обыкновенным скоростным регулятором, действующим на распределение ц. в. д. В машинах тендем, применяемых для промежуточного отбора, отношение объемов цилиндров берется несколько иное, чем в обыкновенных тендем-машинах, именно 1:1,5 до 1:1,2. В остальном устройство машин с отбором пара схоже с устройством обыкновенных машин. В основу расчета машин с отбором пара кладутся ур-ния (Шнейдера):

$$\left.\begin{aligned} 632\,N_{iH} &= G\eta_H\Phi_H \\ 632\,N_{iN} &= (G-E)\eta_N\Phi_N \end{aligned}\right\}. \quad (52)$$



Фиг. 71.

В этих ф-лах N_{iH} означает мощность ц. в. д., N_{iN}—мощность ц. н. д., G—полный расход пара в час, E—количество отбираемого пара в час, Φ_H и Φ_N—адиабатич. перепады в частях высокого и низкого давления, η_H и η_N—относительные индикаторн. кпд для тех же частей. Из опытных данных, собранных Шнейдером, оказывается, что $\eta_H = 70 \div 80\%$, а $\eta_N = 55 \div 65\%$. Клапанная машина тендем с отбором пара изображена на фиг. 58.

Паровые машины особенно высокого давления. После продолжительных опытов В. Шмидту удалось построить работоспособную паровую установку на 60 *atm*. Применение пара высокого давления дало новый толчок для развития П. м., так как использование тепла в части высокого давления в П. м. лучше, чем в паровых турбинах. Относительный индикаторный кпд в части высокого давления машины Шмидта доходил до 91% (расширение пара от 55 до 18,3 *atm*), в машине Борзига—до 92,7% (давление впуска 60,7 *atm*). Общее использование тепла в машинах высокого давления тоже получается чрезвычайно благоприятное: так, в машине Шмидта получился расход тепла, равный 2 070 Cal/индик. силочас, причем индикаторный термич. кпд доходил до 30,5%, значительно превосходя результаты самых лучших испытаний обыкновенных П. м. Успешные результаты применения высокого давления—в *паровозах* (см.). Из новейших машин высокого давления можно указать на машину Лёффлера, работающую на Венском машиностроит. з-де с начальным давлением 120 *atm* при $t°$ пара 480° и противодавлении в 12 *atm* при 300 об/м. затем на машину (~ 6 000 IP), построенную на з-де Борзига для работы при начальном давлении в 100 *atm* и давлении выпуска в 4 *atm* с промежуточным перегревом. Эти данные указывают на новые благоприятные перспективы для развития П. м. в направлении применения самых высоких давлений с использованием отходящего тепла.

Испытание П. м. (как и прочих машин двигателей) производится в настоящее время по определенным правилам, выработанным соответственными компетентными учреждениями. В СССР основой для производства испытаний являются «Правила для испытания конденсационных П. м. и паровых турбин», принятые как временные на 3-м Всесоюзном теплотехнич. съезде в 1926 г. (правила для испытания паровых турбин были затем переработаны на 4-м Всесоюзном теплотехнич. съезде). Приводим самые существенные из этих правил в сокращенном виде. В П. м. задачами исследования м. б. следующие: а) определение мощности П. м. (напр. индикаторной, эффективной, электрической); б) нахождение расходов пара на единицу работы; в) исследование качеств регулирования машины; г) нахождение мощности при холостом ходе машины и механич. кпд; последний м. б. найден непосредственно при одновременном индицировании и торможении машины или вычислен по ф-ле:

$$\eta_m = \frac{N_i - N_r}{N_i}, \quad (53)$$

где N_i—индикаторная мощность машины при определенной нагрузке, а N_r—индикаторная мощность при холостом ходе; д) исследование конденсатора; е) определение расхода смазки. Необходимая для достаточной точности продолжительность опыта зависит от способа определения расхода пара: при определении его по питательной воде продолжительность опыта д. б. не меньше 6 ч., при измерении же расхода пара по конденсату достаточен 1 ч. В опытах, имеющих целью определение расхода пара, все главные измерения и снятие индикаторных диаграмм должны производиться каждые 5 м. Опыт должен начинаться только тогда, когда $t°$ и нагрузка достигнут установившегося состояния, причем нагрузка, $t°$ и давление пара должны по возможности не меняться во время испытания. В отчете об опыте должны быть сделаны указания на систему машины, фирму, год постройки и даны главные размеры машины (причем диаметр и ход определяются в холодном состоянии). Если состояние пара ($t°$ и давление) и охлаждающей воды заметно отличаются от тех, которые положены в основу гарантии, то должно быть сделано приведение расхода к фактическим условиям работы. Допустимое отклонение от гарантированного расхода пара м. б. в 2,5% при измерении по питательной воде и в 5% при измерении паромерами, дроссель-шайбами и соплами. При измерении по конденсату отклонений от гарантированного расхода не допускается.

Техника безопасности. Относительно П. м. должны прежде всего соблюдаться общие правила безопасности по уходу за двигателями, т. е. П. м. должны находиться в отдельном помещении или, если это по особым условиям работы П. м. невозможно, они д. б. отделены от прочих рабочих помещений прочными решетками, перилами или иными ограждениями. Посторонние лица не должны допускаться в машинные помещения. Необходимо далее ограждать перилами всякие ямы, переходы, углубления и отверстия, встречающиеся в машинных помещениях, а также движущиеся части машины (маховики, регуляторы, зубчатые передачи к распределительному валику и т. п.). Опасным моментом в уходе собственно за П. м. является пуск в ход; при этом д. б. приняты предосторожности от попадания и накопления воды в цилиндре (что может повести к поломке крышки цилиндра или поломке движущихся частей машины). Для избежания этого машина д. б. тщательно прогрета перед пуском в ход. Для пуска в ход необходимо повернуть вал машины так, чтобы кривошип вышел из мертвого положения. Этот поворот следует делать не руками, а при помощи рычагов и зубцов на маховом колесе. Наоборот, при остановке машины надо ставить кривошип в мертвое положение при помощи тех же приспособлений. Важное значение для безопасности при уходе за машиной имеет рациональное устройство смазки: она д. б. по возможности автоматическая и обильная для избежания нагревания движущихся частей. Самые крупные повреждения (иногда разрушение всей машины) вызывает разнос ее, т. е. достижение машиною числа оборотов, значительно превышающего нормальное. Это может вызвать разрыв маховика и поломку различных органов машины. Причиной разноса является всегда неправильность в действии регулятора, на исправность и правильную установку которого д. б. обращено особенное внимание. В частности разнос машины может получиться при обрыве или ослаблении ремня, передающего движение регулятору. Поэтому желательно иметь не ременную, а жесткую передачу к регулятору, как это и имеет место в клапанных распределениях, где передача к регулятору делается обыкновенно при помощи зубчатых колес от распределительного вала, и в плоских регуляторах.

Лит.: Жирицкий Г. С., Паровые машины, 4 изд., Киев, 1930; Дуббель Г., Паровые машины и паровые турбины, пер. с нем., 3 изд., Л., 1927; Польгаузен А., Поршневые паровые машины, пер. с нем., 3 изд., М., 1927; Фатер Р., Паровая машина, ч. 1—2, пер. с нем., Л., 1927; Рерих К., Паровые машины, Днепропетровск, 1928; Ошурков Б. М., Тепловые двигатели, вып. 1, Паровые машины, М., 1925; Гриневецкий В. И., Паровые машины, 2 изд., М., 1926; Бутаков И. П. и Спецци Д. В., Определение основных размеров паровых машин двухкратного расширения на частных примерах, Томск, 1928; Иванов Н. С., Описательный курс паровых машин, М., 1926; Кале К., Паровая машина в вопросах и ответах, пер. с нем., вып. 1—7, М., 1928—29; Кузнецов Б. В., Болезни промышленных паровых машин, М.—Л., 1927; Хедер Г., Больная паровая машина и первая помощь в несчастных случаях с нею, пер. с нем., М., 1928; Зейферт Ф., Руководство к производству испытаний паровых машин, котлов, турбин и двигателей внутреннего сгорания, М., 1926; Скоблов В. А., Примеры расчета паровых машин, Киев, 1926; Бринкс Ф. А., Эксцентриковое парораспределение, Л., 1928; Наумов В. С., Локомобили, М., 1926; Радциг А. А., Джемс Уатт и изобретение паровой машины, Петроград, 1923; его же, Новейшие течения в развитии тепловых двигателей, П., 1923; Белобрадский В. А., Потери теплообмена в цилиндрах паровых машин, Харбин, 1927; Барт Ф., Паровые машины, пер. с нем., 2 изд., Берлин, 1923; Гартман О. Г., Пар высокого давления, Харьков, 1927; Наумов В. С., Примерный расчет одноцилиндровой паровой машины, М.—Л., 1928; Быков Н. А. и Гагеев Д. Л., «Теплотехник», Настольная справочная книга по расчету, проектированию и эксплоатации теплосиловых установок, под ред. А. Ф. Астафьева, т. 1, Л., 1928; Хедер Г., Паровые машины и парораспределение, пер. с нем., М., 1902; Кондратьев А. П., Курс паровых машин, СПБ, 1902; Яковлев Д. В., Расход пара как основа расчета паровой машины, СПБ, 1907; Угаров А. В., Машины с промежуточным отбором пара, Томск, 1915; Гриневецкий В. И., О современных локомобилях, М., 1906; Бутаков И. Н., Смешанное использование тепла в пародвигателях и паровые аккумуляторы, Томск, 1928;

Левенсон Л. Б., Современные америк. паровые машины, СПБ, 1912; Владимиров К. А., Золотниковое парораспределение, Рига, 1906 (литогр.); Погодин А., Паровые машины, СПБ, 1903; Сидоров А. И., Плоские регуляторы быстроходных машин, М., 1895; Карташов Н. И., Паровозные парораспределительные механизмы, СПБ, 1914; Селезнев П. С., Золотники и кулисы в паровозах, СПБ, 1914; Радциг А. А., Математич. теория обмена тепла в цилиндрах паровых машин, Киев, 1903; Давидов Н. А., Проект правил для испытания паровых машин и паровых турбин, «ИТИ», 1924, *1*; «Труды 3 Всероссийского теплотехнич. съезда», М., 1926, вып. 9; Правила для испытания паровых машин и паровых турбин, «Труды 4 Всероссийского теплотехнич. съезда», М., 1927; Гриневецкий В. М., Отчет по экспертизе локомобилей, М., 1898; Левенсон Л. Б., Плоские регуляторы, «Записки горного ин-та», П., 1915, т. 5; Gutermuth M. F., Die Dampfmaschine, B. 1—3, B., 1928; Grassmann R., Anleitung zur Berechnung einer Dampfmaschine, 2 Auflage, B., 1924; Leist C., Steuerungen d. Dampfmaschinen, 2 Aufl., Berlin, 1905; Dubbel H., Die Steuerungen d. Dampfmaschinen, 3 Aufl., B., 1923; Grassmann R., Geometrie u. Massenbestimmung d. Kulissensteuerungen, 2 Aufl., B., 1927; Bauer G., Der Schiffmaschinenbau, B. 1, Mch.—B., 1923; Matschoss C., Die Geschichte d. Dampfmaschine, B., 1901; Matschoss C., Die Entwicklung d. Dampfmaschine, B., 1908; Tolle M., Regelung d. Kraftmaschinen, 3 Aufl., B., 1921; Dalby W. E., Steam Power, 2 ed., L., 1920; Dalby W. E., Valves a. Valve Gears, Mechanisms, L., 1906; Dalby W. E., Balancing of Engines, 4 ed., L., 1929; Sharp A., Balancing of Engines Steam, Gas a. Petrol, L., 1907; Boulvin J., Cours complet de mécanique appliquée aux machines, 3 éd., Paris, 1911; Dwelshauvers-Dery V., Étude expérimentale colorimétrique de la machine à vapeur, 2 éd., Paris, 1899; Ewing J., The Steam Engine a. Other Heat Engines, 3 ed., Cambridge, 1910; Perry J., The Steam Engine, L., 1900; Radinger J., Über Dampfmaschinen mit hoher Kolbengeschwindigkeit, 3 Aufl., W., 1892; Stumpf J., Die Gleichstromdampfmaschine, 3 Aufl., Mch.—B., 1925; Peabody C. H., Thermodynamics of the Steam Engine, N. Y., 1903; Scheider L., Die Abwärmeverwertung, 4 Aufl., B., 1923; Freytag F., Die ortsfesten Dampfmaschinen, B., 1911; Sluckia., Zur Dampfmaschinentheorie, B., 1918; Zeuner G., Technische Thermodynamik, 3 Aufl., B. 2, Lpz., 1906; Schule W., Technische Thermodynamik, 4 Aufl., B. 2, B., 1923; Grashof F., Theoretische Maschinenlehre, B. 3, Hamburg—Lpz., 1890; Hirn G. A., Théorie mécanique de la chaleur, 3 éd., t. 2, P., 1876; Thurston R. A., Manual of the Steam Engine, v. 1, N. Y., 1891; Kirsch, Die Bewegung d. Wärme in den Zylinderwandungen d. Dampfmaschinen, Lpz., 1886; Nodel, «Annales des mines», P., 1893, 1894, 1897; «Revue de mécanique», P., 1898, 1899, 1900; «Revue générale des chemins de fer», P., 1901; Nusselt W., Nägel A., «Mitt. über Forschungsarbeiten», H. 300, B., 1928; Brix F., «Schiffbau», B., 1925, *17*; Stender W., «Z. d. VDI», 1930, p. 1608; Nusselt, «Z. d. VDI», 1928, p. 172; Stender W., «Technische Mechanik u. Thermodynamik», B., 1930, *9*, p. 316; Klaitmann, Die Kolbendampfmaschine als neuzeitliche Kraftmaschine, «Z. d. VDI», 1927; Löffler, ibid., 1928, *39*, *42*, *45*; Marguerre, ibid., 1930, p. 789; Kreft, «Archiv f. Wärmewirtschaft», 1930, H. 10; Schröter M. und Koob A., «Mitt. über Forschungsarbeiten», B., 1904, H. 19; Polster H., ibid., B., 1915, H. 172/173; Wagner, «Z. d. VDI», 1928, *43*, *52*; Broun, ibid., 1929, *5*; «Archiv f. Wärmewirtschaft», B., 1930, H. 5; Regeln f. Abnahme-Versuchen-Dampfanlagen, B., 1925; «Report on Tabulating the Results of Heat Engine Trials Institution of Civil Engineers», L., 1927.

А. Радциг.

ПАРОМЕР, см. *Приборы для измерения пара*.

ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЬ, аппарат, служащий для перегрева насыщенного или влажного пара, полученного в паровом котле, до $t°$, лежащей выше $t°_{кип.}$, соответствующей данному давлению. Причиной, побуждающей применять высокие перегревы, является более экономичная работа установок, работающих при высоких $t°$ пара. Как известно, кпд термической машины, работающей по циклу Карно:

$$\eta_k = 1 - \frac{T_2}{T_1}; \qquad (1)$$

здесь T_1 и T_2—абсолютные температуры, в пределах между к-рыми работает машина: T_1—высшая, T_2—низшая температура. Мы видим, что при заданной T_2 повышение T_1 увеличивает кпд.

Температура перегрева. В современных крупных теплосиловых установках наиболее часто встречаются $t°$ перегретого пара 350—400°. Предел повышению перегрева пара ставит уменьшение прочности металла при высоких $t°$. Современное состояние котло- и турбостроения позволяет доходить до $t°$ пара в 500°, как это доказывают установки с котлами Лёффлера (в Германии), работающие на $t°$ перегретого пара 480—500°. Решающим моментом с точки зрения безопасности от перегорания трубки является собственно не $t°$ пара, а $t°$ стенки, определяемая след. обр. Обозначим: t—темп-ра газов, t_n.—темп-ра пара, α—коэф-т теплопередачи от газа к стенке, β—коэф-т теплопередачи от стенки к пару, δ—толщина стенки, λ—коэф-т теплопроводности материала стенки, k—общий коэф-т теплопередачи чистой стенки:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\beta}}. \qquad (2)$$

Темп-ра $t_{ст.}$ чистой стенки П. со стороны газа будет:

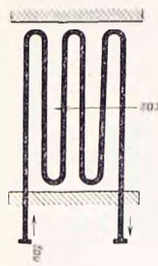
$$t_{ст.} = t_{n.} + (t - t_{n.})k\left[\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\beta}\right]. \qquad (3)$$

Если пренебречь величиной $\frac{\delta}{\lambda}$ в виду ее малости по сравнению с $\frac{1}{\beta}$, то будем иметь:

$$t_{ст.} = t_{n.} + (t - t_{n.})\frac{k}{\beta}. \qquad (3')$$

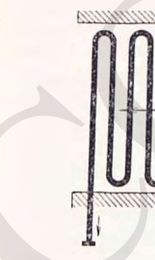
Коэф-т k практически мало зависит от коэфициента β. Численная величина β является ф-ией физич. состояния пара ($t°$ и давления), скорости пара и диаметра трубок П.; она увеличивается с увеличением скорости пара и уменьшением диаметра, а также с увеличением давления. Уменьшение β может вызвать увеличение темп-ры стенки и перегар трубки П. Весьма часто в эксплоатационной практике встречается неравномерное распределение скоростей пара по отдельным частям П. В то время как в части трубок парт течет с нормальной скоростью (12—15 *м/сек*), в некоторых трубах эта скорость ничтожно мала; это обстоятельство ведет к систематич. перегару трубок П. Указанная ненормальность в работе П. объясняется неправильной схемой движения пара.

Схемы и конструкции П. П. состоит из двух сборных коробок, соединенных друг с другом рядом трубок. В одну из коробок подается из паросборника насыщенный пар, идущий далее по трубкам пароперегревателя, и в перегретом состоянии попадает во вторую сборную коробку. Часто при описанной схеме включения пара получают очень малые скорости в трубках П. Тогда каждую из сборных коробок разделяют на две части перегородкой, перпендикулярной оси коробки, и получают два П., соединенных последовательно. Такая конструкция увеличивает скорость пара вдвое. Можно в случае надобности делить П. и на большее число частей с тем, чтобы увеличить скорость пара больше чем вдвое против исходной схемы. По своему расположению в котле П. могут быть разделены на П. с вертикальным и П. с горизонтальным расположением трубок. В первых сборные коробки лежат наверху котла, во вторых они находятся или сбоку котла или в дымоходе, причем оси коробок имеют или горизонтальное или вертикальное направление (см. *Котлы паровые*).

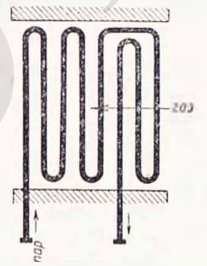


Фиг. 1.

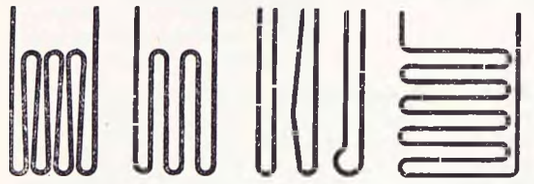
Схему относительного движения горячих газов и пара можно выполнять различными способами. Основными являются противоток и параллельный ток, остальные составлены как комбинации из первых двух. С экономическ. точки зрения всегда выгодно осуществлять в П. противоток между паром и дымовыми газами (фиг. 1). Поверхность нагрева П. получается в этом случае меньше, чем во всех других. Однако противоток, выгодный с экономич. точки зрения, создает при высоких $t°$ перегрева и газа очень тяжелые условия работы для последних витков П., т. к. они обогреваются с одной стороны горячими газами, только что вошедшими в П., и с другой омываются уже перегретым паром. Работа П. по принципу параллельного тока (фиг. 2) заставляет ставить бо́льшие поверхности нагрева П. против первого случая, зато ставит материал П. в более легкие $t°$-ные условия, т. к. в этом случае витки П., омываемые поступающими горячими газами, омываются с другой стороны холодным паром. Часто комбинируют противоток с параллельным током. Такая схема представлена на фиг. 3. Важнейшей частью П., передающей тепло газов пару, являются трубки П. (змеевики); их делают стальными и цельнотянутыми. Для пара давлением до 30 *atm* внутренний диаметр трубок 30—36 *мм* и толщина стенки 3,5—4,5 *мм*. Для давления пара 30—100 *atm* диаметр трубок берется 20—28 *мм* и толщина стенки 3,5—5,5 *мм*. Для получения витков трубки изгибают с радиусами закруглений до 75 *мм*. На фиг. 4 изображены схемы витков П. Элементы П. системы Фостера состоят из стальной трубки, на к-рую надеты чугунные ребра, служащие для увеличения поверхности нагрева со стороны газа.



Фиг. 2.

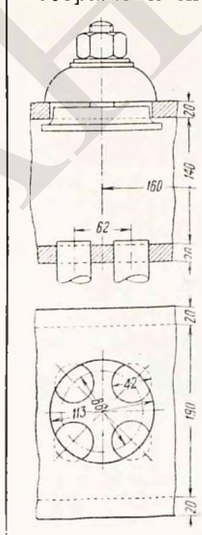


Фиг. 3.



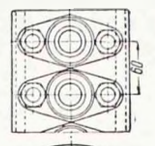
Фиг. 4.

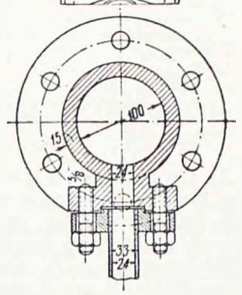
В змеевики пар поступает из сборной коробки для насыщенного пара, выходит из змеевиков в сборную коробку для перегретого пара, откуда поступает в главную паровую магистраль и дальше к потребителям. Сборные коробки выполняют из литой стали или сварочного железа, для низких давлений применяют и чугунные коробки. Обычный способ крепления трубок в сборных коробках—вальцовка; на фиг. 5 и 6 даны чертежи сборных коробок с ввальцованными трубками. На фиг. 7 изображено внешнее крепление трубок помощью муфт. В случае чугунных коробок крепление производится при помощи фланцев, как это изображено на фиг. 8. Сечение коробок бывает круглое (фиг. 8) или прямоугольное (фиг. 7). В задней стенке против каждой трубки для их развальцовки делаются отверстия, закрываемые лючками (фиг. 5) или пробками (фиг. 6). На фиг. 9 изображены отдельно лючок и пробка. Обычно один лючок делается против четырех трубок. Пробка ставится против каждой трубки. На фиг. 10 изображены секции П. Elesco; фиг. 11 дает пример внешнего крепления трубки. Трубки, как это видно на фиг., имеют на своих концах головки с коническими заточками, к-рые входят в соответствующие пазы [ци-

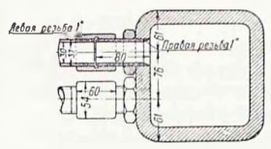


Фиг. 5.

Фиг. 6.





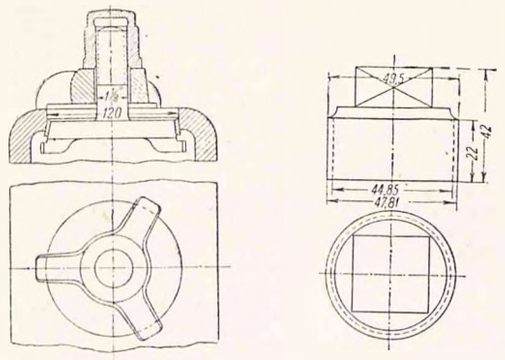


Фиг. 7.

Фиг. 8.

линдрич. сборника. Головки прижимаются к сборнику кулачками и шпильками, закрепленными в теле сборника или в специальной пластине, подложенной с внутренней стороны сборника; на фиг. 12 общий вид П. типа Elesco. Фиг. 13 дает отдельный элемент ребристого П. Фостера, а фиг. 14—расположение его в котельной установке.

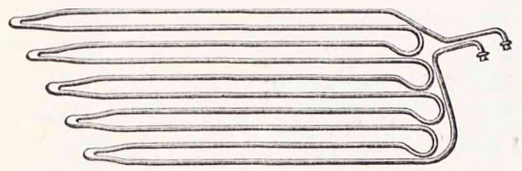
Арматура П. П. снабжают предохранительным клапаном, обычно на сборнике



Фиг. 9.

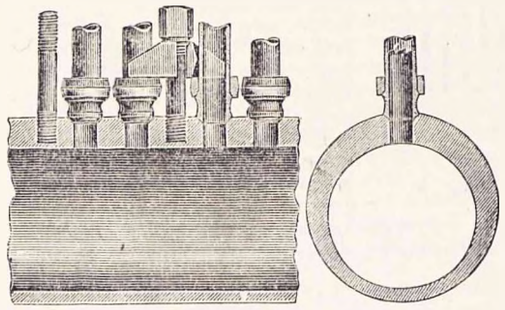
насыщенного пара, вентилями для спуска образовавшегося конденсата, иногда вентилем для присоединения шланга для обдувки и наконец гильзой для замера $t°$ перегретого пара. Гильза для замера $t°$ пара ставится обычно на отводе перегретого пара из П. Чтобы отдельные витки П. не ложились друг на друга, между ними прокладывают угольники или полосы, и вся система стягивается болтами, полосовым железом или другими связями.

Положение П. в котельной установке. В котельной установке П. обычно располагается или после первого хода котла или ближе к топке. В америк. котлах B & W морского типа П. обыкновенно расположен после четвертого ряда труб котла. Вопрос этот подробно разобран в описании паровых котлов (см. *Котлы паровые*), здесь только упомянем вкратце о П., расположенных в самой топке котла. Такой П. воспринимает лучистое тепло в топке и носит название радиационного П.



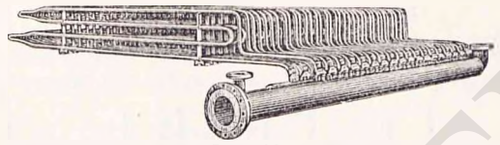
Фиг. 10.

Регулирование перегрева пара. Самым старым и весьма распространенным способом регулирования перегрева является способ перепуска части газов мимо П. Перепуск газов осуществляется при помощи газовой заслонки; эту последнюю следует располагать в области $t°$ не выше 400—500°, т. к. в противном случае она легко перегорает. Если это неосуществимо в силу конструктивных соображений, то правильнее устраивать шибер из шамота. Вторым из старых способов регулирования перегрева является способ смешения перегретого пара с насыщенным. При осуществлении этого способа следует общий сборник, в котором происходит смешение, соединять со сборником насыщенного пара патрубком (или линией) небольшого диаметра, т. к. в



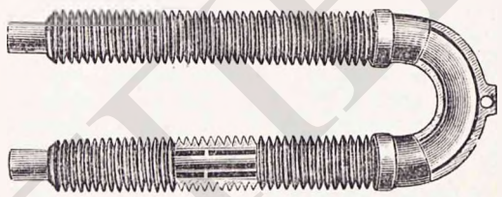
Фиг. 11.

противном случае при полном открытии вентиля насыщенного пара последний пойдет непосредственно в сборную магистраль, минуя П., что вызовет пережог трубок П. При замере $t°$ пара следует иметь в виду, что для получения после смешения однородного пара нужна достаточная длина участка трубы. Третьим способом регулирования перегрева



Фиг. 12.

является увлажнение пара при входе в П. или при выходе из него. Увлажнение пара следует делать чистым дистиллятом. При увлажнении пара на линии перегретого пара не следует забывать, что попадание воды в турбину может вызвать ее аварию. Наконец четвертым способом регулирования перегрева, который можно рекомендовать больше



Фиг. 13.

других, является регулирование перегрева пара помощью его охлаждения в поверхностном пароохладителе водою или влажным паром. Этот способ вполне обеспечивает от повреждения как агрегаты машин. зала, так и самый П. Тепло, отдаваемое перегретым паром, д. б. использовано или для подогрева питательной воды или для каких-либо иных целей. В современных крупных установках иногда обходятся совсем без установки каких-либо регулирующих перегрев приспособлений. В случае же наличия в установке двух П.—одного конвекционного и одного радиац ионного—при правильном распо-

ложении их можно добиться почти постоянной $t°$ перегретого пара без каких-либо особых приспособлений для регулирования перегрева. Это основано на том факте, что в конвекционных П. $t°$ перегрева возрастает с нагрузкой, в П. радиационного типа, наоборот, уменьшается. Пропуская пар последовательно сначала через радиационный, потом через конвекционный П., при известном соотношении поверхностей нагрева получаем почти полное постоянство $t°$ перегретого пара.

Расчет поверхности нагрева П. Для определения поверхности нагрева П. следует решить совместно следующие два уравнения:

$$H_{пер.} k_{пер.} \vartheta_{ср.} = D_{пер.}(i_{пер.} - i_x), \quad (4)$$

$$[(vc)'_{пер.} t'_{пер.} - (vc)''_{пер.} t''_{пер.}]\mu_{пер.}\eta_{пер.} = u(i_{пер.} - i_x). \quad (5)$$

Здесь $H_{пер.}$—поверхность нагрева П. в $м^2$; $k_{пер.}$—коэф. теплопередачи П. от газа к пару в Cal/$м^2$ час °C. По Киршу $k_{пер.}$ находится в пределах 27—34 Cal/$м^2$ час °C; $D_{пер.}$—количество пара, протекающего через П., в $кг/ч$; $i_{пер.}$—теплосодержание перегретого пара в Cal/$кг$, берется по таблицам или по *JS*-диаграмме (см. *Водяной пар*); i_x—теплосодержание пара, поступающего в П. В случае сухого пара оно равно теплосодержанию насыщенного пара $i_н$. при заданном давлении, в случае влажного пара $i_x = i_н x + i_в(1-x)$, где $i_в$.—теплосодержание воды в Cal/$кг$ и x—паросодержание в $кг/кг$; $t'_{пер.}$—темп-ра газов перед входом в П.; $t''_{пер.}$—темп-ра газов после выхода из пароперегревателя; v—соответствующие объемы газов, получаемых при сгорании 1 $кг$ топлива; c—соответствующие теплоемкости газов; $(vc)'_{пер.} t'_{пер.}$—тепло, заключенное в газах, полученных от 1 $кг$ сожженного топлива, входящих в П. при $t'_{пер.}$; $(vc)''_{пер.} t''_{пер.}$—тепло, заключенное в газах, полученных от 1 $кг$ сожженного топлива, уходящих из П. при $t''_{пер.}$; $\mu_{пер.}$—доля газов, проходящих через П. Весьма часто все газы идут через П., в этом случае $\mu_{пер.}=1$; $\eta_{пер.}$—кпд П., учитывающий потерю тепла лучеиспусканием. Его можно принять равным 95%; u—испарительность топлива:

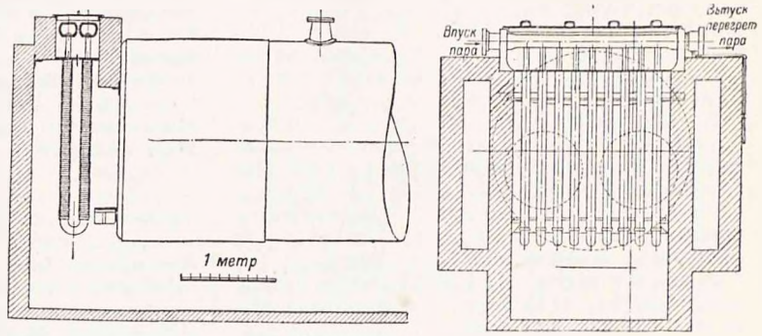
$$u = \frac{D}{B} = \frac{Q^P_H \eta_{ку.}}{i_{пер.} - i_k},$$

B—часовой расход топлива в $кг/ч$; D—количество пара в $кг/ч$; Q^P_H—его теплотворная способность (низшая) в Cal/$кг$; $\eta_{ку.}$—кпд котельной установки, i_k—теплосодержание питательной воды.

Средний перепад $\vartheta_{ср.}$ темп-р между горячими газами и паром приближенно определяется как разность между средней арифметич. $t°$ газа и средней арифметич. $t°$ пара:

$$\vartheta_{ср.} = \frac{t'_{пер.} + t''_{пер.}}{2} - \frac{t' + t''}{2},$$

где t' и t''—температуры входящего в П. и выходящего из него пара. Определенное по этому уравнению значение $\vartheta_{ср.}$ оказывается недостаточно точным при больших перепадах темп-р, более точное значение $\vartheta_{ср.}$ получается из ур-ия $\vartheta_{ср.} = (\vartheta_1 - \vartheta_2) : \ln \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}$. Здесь ϑ_1—перепад между $t°$ газа и $t°$ пара на горячем конце П. (со стороны входа дымовых газов), ϑ_2—па его холодном конце (со стороны выхода дымовых газов). При расчете П. обыкновенно бывают заданы пределы колебания $t°$, а следовательно и теплосодержания перегретого пара. Для определения величин $(vc)'_{пер.}$ и $(vc)''_{пер.}$ задаются соответствующими избытками воздуха до и после П. и определяют их, пользуясь анализом топлива и значениями средней теплоемкости, подсчитанными по анализу газа или взятыми из специально построенных диаграмм, для соответствующих $t°$. Величины D и u определяются при расчете котла. При расчете П. во время проектирования котельной уста-



Фиг. 14.

новки обычно бывает известна темп-ра дымовых газов перед П. $t'_{пер.}$ Искомыми являются $H_{пер.}$, $t''_{пер.}$, $\mu_{пер.}$ и темп-ра перегретого пара t''. Задавшись двумя из этих величин, можно из ур-ий (4) и (5) найти остальные две. В современных крупных котельных установках обычно все дымовые газы идут через П., т. е. $\mu_{пер.}=1$. Поэтому зная $t''_{пер.}$, непосредственно находим $H_{пер.}$ и $t''_{пер.}$ для заданной t''. Расчет поверхности нагрева конвекционного П. следует вести на недогрузку котла, задавшись при этом минимальным допустимым значением t''. Далее следует проверить работу П. на нормальную и максимальную нагрузку котла. Если при этой последней t'' будет не выше допустимой, регулировки перегрева не потребуется. Если же t'' будет выше допустимой, то охлаждающие пар устройства д. б. рассчитаны на охлаждение пара с $t°$, соответствующей полученной $t°$ перегрева при максимальной нагрузке котла минус допустимая температура перегрева. В случае регулирования t'' перепуском части дымовых газов мимо П. опять-таки следует начать рассчитывать П. с недогрузки котла, задавшись для этого случая $t°$ перегрева и $\mu_{пер.}$, близким к единице (немного меньшим: 0,9—0,95). При расчете после этого П. на нормальную нагрузку и максимальную, мы можем задаться нормальным значением t'' и определить $t''_{пер.}$ и $\mu_{пер.}$ ($H_{пер.}$ нам известно из расчета на недогрузку) для нормальной и

максимальной нагрузки котла. В тех случаях, когда мы получаем слишком большие t'', следует уменьшать величину $\mu_{пер.}$.

Заканчивая описание П., комбинированного с котлом, скажем еще несколько слов о влиянии на t'' эксплоатационных условий. Загрязнение трубок П. сажей и золой, а также слой накипи на внутренних стенках трубок понижают коэф. теплопередачи, а следовательно и t''. Повышение $t°$ питательной воды также понижает t''. Последнее понятно, т. к. повышение темп-ры воды увеличивает испарительность топлива, т. е. при той же нагрузке по топливу увеличивает количество пара, проходящего через П., а следовательно понижает t''. При увеличении нагрузки котла t'' в конвекционном П. увеличивается, в радиационном падает. Установка в топке дополнительных экранных поверхностей или открытие большей поверхности котла действию лучистой теплоты топки понижает t'', т. к. понижает $t°$ в топке, а следовательно и $t'_{пер.}$. Наоборот, закрытие топки вызывает увеличение t''. Высокий уровень воды в водомерном стекле уменьшает t'', низкий—увеличивает, т. к. пар, поступающий в П., бывает суше.

Перегреватель вторичного пара. В турбинах высокого давления, работающих без промежуточного перегрева, пар оказывается чрезмерно влажным. Последнее обстоятельство не только понижает экономичность работы турбины, но и делает ее работу небезопасной. Соображения эти заставили в таких установках ввести промежуточный перегрев пара, т. е. пар, проработавший в ступенях высокого давления турбины, направлять в П. и возвращать уже перегретым для дальнейшей работы в ступенях низкого давления. Отборов для промежуточного перегрева м. б. и больше одного. Описанный процесс повышает кроме всего прочего и термодинамич. кпд цикла. П. для указанной операции бывают трех типов: 1) П., имеющий общую топку и помещенный в общей обмуровке с котлом; 2) отдельный П., имеющий свою специальную топку, и наконец 3) паровой П., т. е. получающий тепло для перегрева влажного пара от свежего пара, поступающего из котельной. Наиболее тяжелым моментом при осуществлении вторичного перегрева является необходимость громоздких добавочных паропроводов, соединяющих котельную с машинным залом. Трубопроводы эти получаются тем меньшего диаметра, чем выше давление. Поэтому в случае отбора для промежуточного перегрева при низких давлениях нецелесообразно бывает применять первый и второй способы, заставляющие пар низкого давления гнать в котельную и обратно в машинный зал. В этом случае выгоднее поставить в непосредственной близости к месту отбора подогреватель, к-рый и греть паром высокого давления, подаваемым из котельной.

Лит.: Мюнцингер Ф., Современные крупные паровые котлы, пер. с нем., М., 1927; Münzinger F., Hochdruckdampf, 2 Aufl., B., 1926; Münzinger F., Amerikanische u. deutsche Grossdampfkessel, B., 1923.

А. Невский.

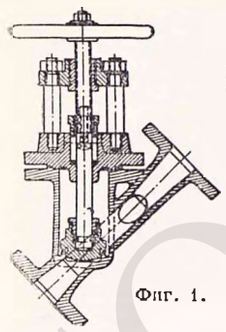
ПАРОПРОВОД служит для передачи пара на расстояние. Состоит он из: 1) труб, 2) трубных соединений (фланцы, муфты, тройники, ниппели, колена, отводы и т. п., 3) запорных приспособлений для регулирования хода пара (вентиль, задвижка, редукционный клапан и т. п.), 4) компенсаторов тепловых удлинений, 5) тепловой изоляции и 6) опорных конструкций, 7) дренажа для отвода конденсата.

Трубы для П. обычно выполняют из литого железа и мягкой стали. Чугунные трубы в последнее время не употребляют, т. к. чугун очень плохо сопротивляется гидравлич. ударам, всегда возможным в виду большой скорости пара и частичной его конденсации. Применение чугуна для частей, подверженных изгибу, считается совершенно недопустимым. Употребляемые для П. трубы по способу изготовления разделяются на: 1) трубы, сваренные в стык, или газовые трубы (см. *Трубы газовые*), 2) трубы, сваренные в нахлестку, или дымогарные, и 3) трубы цельнотянутые. Кроме того при малых давлениях (5 и менее atm) и больших диаметрах (600 *мм* и больше) трубы иногда изготовляют из листового железа, склепывая их или соединяя путем автогенной, газовой или электрич. сварки. Для давлений бо́льших 15 atm применяют только цельнотянутые трубы. Толщину стенок труб по DIN находят по ф-ле:

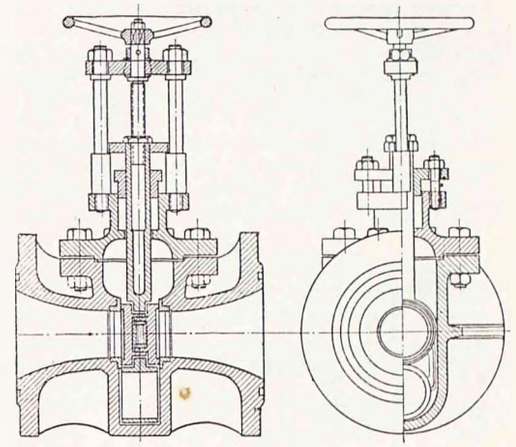
$$s = \frac{p}{200}\frac{d}{k} + c, \qquad (1)$$

где s—толщина стенки в *мм*, p—рабочее давление в *кг/см²*, d—диам. трубы в свету в *мм*, k—допускаемое напряжение в *кг/мм²*, c—прибавка на износ, ржавление и т. п. в *мм*. Напряжение допускается равным 2,5 *кг/мм²* для низких давлений и водяных труб; для паровых труб берут k=2,0 *кг/мм²*. Трубы ныне изготовляют по стандартам с номинальными диам., разнящимися для тонких труб на 25 *мм*, а для крупных труб на 50 *мм*. Отдельные отрезки труб соединяются между собой при помощи фланцев или сваркой. Газовые трубы при диам., меньших 4—6″, соединяются кроме того муфтами на резьбе. Фланец крепится на трубе резьбой, если труба газовая, и вальцовкой для других труб. Крепление вальцовкой с течением времени ослабевает, и фланец тогда может сорваться. Происходит это повидимому потому, что развальцованная труба, плотно прижатая к стенкам отверстия во фланце, при нагреве расширяется больше, чем фланец, обычно более холодный. Материал трубы т. о. подвержен действию больших напряжений и довольно высокой $t°$. Как известно, при таких условиях в течение длительного времени, измеряемого годами, металл получает все увеличивающуюся остаточную деформацию; металл как бы течет. Такое увеличение деформации со временем называется крипом. Крип будет тем большим, чем больше действующее напряжение и чем выше $t°$ напряженного металла. Через несколько лет благополучной работы крип развальцованного конца трубы или фланца может достичь такой величины, что прочность соединения будет нарушена и фланец сорвет с трубы. Очевидно здесь играет большую роль диам. трубы, $t°$ и давление пара. Поэтому при ⌀ от 6″ и выше кроме вальцовки фланцы укрепляют заклепками. Срыв навальцованного фланца в виду его ослабления наблюдается в конце первого и даже во втором десятилетии работы, и благополучная работа в течение даже 5 лет не гарантирует от аварии, а потому после 5 лет работы П. необходимо перевальцовать и фланцы, не имеющие заклепок, укрепить заклепками.

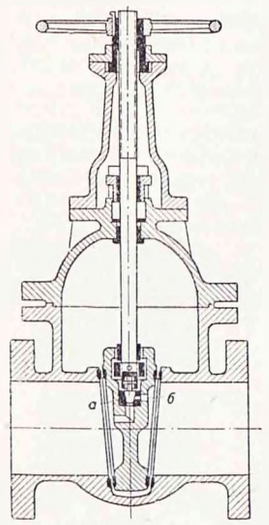
Соединение труб сваркой теперь получает все большее распространение. Трубы сваривают в стык газовой или электрической сваркой, см. *Сварка*. Иногда для большей надежности такой шов перекрывают приваренными накладками. Сваренный стык дешевле и надежнее фланцевого соединения, кроме того он дает меньшие тепловые потери. Но целиком избежать фланцев при сварке не удается как из-за условий монтажа, так и в местах присоединения трубы к арматуре. При поворотах и изгибах трасы и разветвлениях употреблялись литые чугунные фасоны: колена, тройники, крестовины. Фасоны делают из стального литья при давлении больше 8 atm. В последнее время все эти фасоны почти выходят из употребления и заменяются соответственно изгибами из прямой трубы (отводы) с приваркой обрезка трубы в том месте магистрали, где необходимо иметь присоединение или ответвление. Этим сильно уменьшается количество фланцевых соединений и П. получается более дешевым и надежным в работе. В качестве запорных органов употребляют задвижки и вентили (см. *Клапаны*). Задвижки создают много меньшие сопротивления проходу пара (табл. 1), почему их и следует предпочитать. В последнее время появилось много различных конструкций вентилей с выпрямленным проходом для пара (см. фиг. 1). Сопротивление этих вентилей много меньше, чем у обычных, и приближается к сопротивлению задвижки. В закрытом состоянии давление пара с силой прижимает клапан вентиля или щеки задвижки к опорной поверхности. При открывании задвижки эту силу нужно преодолеть. Если открывание производится поворотом маховичка шпинделя с резьбой, то существует определенный предел давления и размера клапана, допускающих еще такое открывание. В противном случае прибегают к устройству обводных вентилей малого размера, позволяющих поднять давление за клапаном. Обводные вентили ставят или на особой обводной линии, или выполняют заодно с основным клапаном (см. *Клапаны*, фиг. 8), или наконец конструкция запорного органа задвижки (фиг. 2) выполняется так. обр., что перед тем как открыть задвижку шпиндель приподнимает клапан a и открывает небольшое специальное отверстие b (см. *Задвижки*). Обводные вентили необходимо ставить при давлении 16 *кг/см²*, начиная с 8″ и более, при 25—с 6″ и более, при 40—с 5″ и более и наконец при 65 *кг/см²*, начиная с 4″ и более. Задвижки часто, особенно при высоких давлениях, выполняют с проходом, имеющим диам. вдвое меньше, чем диам. трубы (фиг. 3). Преимущество такого сужения диам. задвижки заключается в том, что, во-первых, сильно уменьшается вес, а следовательно стоимость и, во-вторых, необходимость в обводном вентиле возникает лишь при трубопроводе вдвое большего диам.



Фиг. 1.



Фиг. 3.



Фиг. 2.

Расчет П. сводится к определению потерь давления и тепла и определению напряжений от тепловых удлинений (компенсации). Потерю давления в П. обычно определяют по ф-ле Фишера:

$$\Delta p = \beta\gamma\frac{L}{d}w^2, \qquad (2)$$

где Δp—потеря давления в *кг/см²*, β—коэф. сопротивления потоку для гладкого П., γ—уд. в. пара в *кг/м³*, L—длина трубы в *м*, d—диам. трубы в *м*, w—скорость пара в *м/сек*. Фритче полагает:

$$\beta = \frac{0{,}4}{10^8(\gamma w)^{0{,}148}d^{0{,}269}}.$$

По Эберле

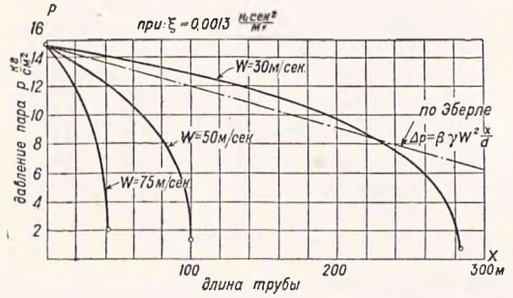
$$\beta = \frac{10{,}5}{10^8}.$$

В технике чаще всего принимают значения для β по Эберле. Потеря напора в вентилях, задвижках, при разных поворотах и т. п. учитывается прибавлением к общей длине трубы нек-рой, т. н. эквивалентной длины, сопротивление к-рой равно сопротивлению учитываемого элемента. В табл. 1 даны эквивалентные длины элементов П.

Табл. 1.—Эквивалентные длины элементов паропровода в *м*.

d (*мм*)	Вентиль	Задвижка	Отвод 90°	Гладкий компенсатор
25	34	1,40	3,0	11,50
150	42	1,70	3,6	13.00
200	60	2,50	5.0	18.00
250	81	3,20	6,1	23.00
300	102	4,00	7,5	29,00
350	125	5,00	8,5	—
400	150	6,00	9.7	—
450	175	7,00	11,0	—
500	200	8,00	12,2	—

Скорость насыщенного пара берется $w = 20—30$ *м/ск*, а для перегретого — $w=30—50$ *м/ск*. Иногда доходят для сильно перегретого свыше 350° пара (при прямом П.) до $w=80$ *м/ск*. В длинном П. имеет место большое падение давления. При этом объем пара сильно увеличивается, значит, увеличивается и скорость; с ростом скорости быстро растет потеря давления и т. д. Одним словом потеря давления непропорциональна длине трубы и ф-ла (2), строго говоря, неправильна, но она проста и удобна для применения; чтобы учесть увеличение скорости, расчет

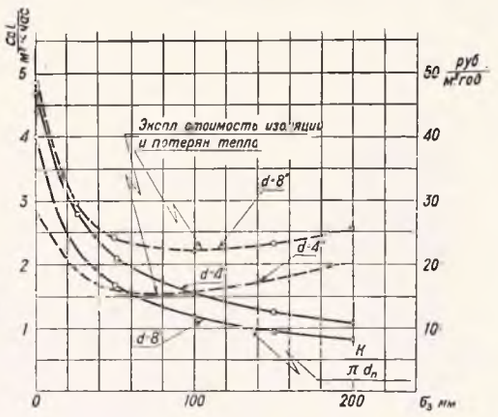


Фиг. 4.

ведут по средней скорости, определяя ее как среднюю арифметич. начальной и конечной скоростей. Проф. Жуковский Н. Е.[1], беря в основу теорему Эйлера о движении, считая процесс движения по трубе адиабатическим и коэф. трения ξ газа о стенку независящим от плотности газа, вывел следующее ур-ие:

$$\frac{4\xi}{d} gx = \gamma - \frac{k \cdot g}{k+2} \cdot \frac{b}{q^2} \gamma k^{+2} + C, \qquad (3)$$

где ξ—коэф-т трения в $\frac{кг\,ск^2}{м^4}$, d—внутренний диаметр трубы в *м*, g—ускорение свободного падения в *м/ск²*, x—длина трубы в *м*, γ—уд. в. газа в *кг/м³*, k—показатель адиабаты, C—произвольная постоянная интегрирования, $q = \gamma w$, причем w—скорость движения. Очевидно, что $\gamma w = \text{Const}$. Остальные величины связаны уравнением адиабаты: $p = b \cdot \gamma^k$. По Бресу для воздуха $\xi = 0{,}0033 \frac{кг\,ск^2}{м^4}$. По опытам Московского университета $\xi = 0{,}0002 \frac{кг\,ск^2}{м^4}$. А пересчетом, беря за основу коэф. Зберге $\beta = 10{,}5 \cdot 10^{-8}$, определим: $\xi \cong 0{,}0013 \frac{кг\,ск^2}{м^4}$. На фиг. 4 даны кривые падения давления для пара при течении по трубке ⌀ 25 *мм* с различными начальными скоростями w пара. Мы видим, что падение давления растет все ускоряясь, одновременно растет и скорость пара. Наконец скорость пара достигает скорости звука и непрерывность дальнейшего дви-



Фиг. 5.

жения прекращается. Происходит скачок плотности (отмечено точками на концах кривых фиг. 4). Скачок плотности ставит предел повышению скорости пара при данной длине трубы.

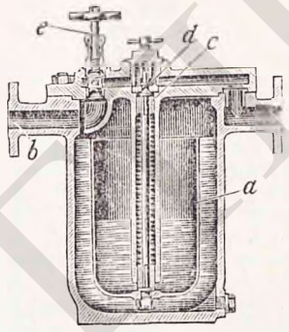
Потеря тепла паропровода определяется по ф-ле:

$$Q = K \cdot (t_{п.} - t_{в.}) \pi \cdot L; \qquad (4)$$

Q—часовая потеря тепла в Cal/час, K—коэф. теплопроводности в Cal $м/м^2$ °C час, $t_{п.}$—средняя темп-ра пара, $t_{в.}$—темп-ра внешнего воздуха, L—длина трубы в *м*. Коэффициент теплопроводности при многослойной изоляции равен

$$\frac{1}{\frac{1}{a_1 d_1} + \frac{\ln \frac{d_1 2\delta_1}{d_1}}{2\lambda_1} + \frac{\ln \frac{d_1 + 2\delta_1 + 2\delta_2}{d_1 + 2\delta_1}}{2\lambda_2} + \cdots + \frac{1}{a_n d_n}}, \qquad (5)$$

где a_1—коэф. теплоперехода от пара к стенке в Cal/$м^2$ °C час; a_n—то же, но от стенки к воздуху; d_1—внутренний диам. трубы в *м*; d_n—наружный диаметр трубы в *м*; δ_1—толщина стенки трубы в *м*; δ_2. δ_3 ...—толщина слоев изоляции в *м*; λ_1—коэф-т теплопроводности материала трубы в Cal $м/м^2$ °C ч.; λ_2—тоже для изоляционных материалов. Коэф-т теплоперехода от конденсирующегося пара к стенке колеблется около $a_1 = 7\,000—12\,000$ Cal/$м^2$ °C ч.; при перегретом паре $a_1 = 100—200$, точнее по Пенсгену

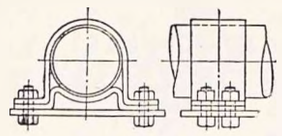


Фиг. 6.

$$a_1 = 3{,}29 \frac{p^{1{,}082}}{10^{0{,}0017 t}} \cdot \frac{w^{0{,}832}}{d^{0{,}184}}.$$

Коэфициент теплоперехода от изоляции к воздуху зависит главн. обр. от скорости и направления движения воздуха; значения

его, данные Нуссельтом (W. Nusselt), приведены в табл. 2. Значения коэфициента теплопроводности различных изоляционных материалов см. *Изоляционные материалы*. Для железа $\lambda_1 = 30—55$.


Фиг. 7.

Кроме передачи тепла через соприкосновение изоляции с воздухом имеет место лучеиспускание. Количество тепла, переданное лучеиспусканием, определяется ур-ием:

$$Q_{л.} = C \cdot F\left[\left(\frac{t' + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t'_{в.} + 273}{100}\right)^4\right], \qquad (6)$$

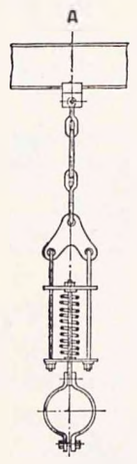
где C—коэф. лучеиспускания, F—лучеиспускающая поверхность, t'—температура поверхности, $t'_{в.}$—температура окружающего воздуха.

Табл. 2.—Значения коэфициента теплоперехода от изоляции к воздуху.

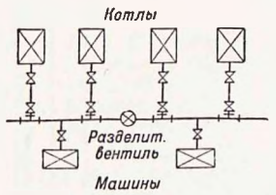
d в *мм*	*w* в *м/ск*				
	1	2	5	10	25
52	11,9	17,4	31.0	49,9	93,3
76	9,9	15,0	27,3	43,8	83,2
102	8,8	13,5	24,8	40,2	76,1
127	8.0	12,5	23,1	37,4	72,0
203	6,8	10,7	20,1	32,6	62,6

Т. к. $t°$ поверхности низка и мало отличается от $t°$ воздуха, то лучеиспускание играет малую роль и при расчетах им обычно пренебрегают.

Потеря тепла изолированным П. в 4—5 раз меньше, чем голым. Поэтому изоляцию П. следует считать обязательной. В качестве изолирующих материалов употребляют: асбестит, кизельгур, пробку, стеклянную вату и т. п. Для П. насыщенного пара низкого давления (до 5 *ат*) употребляют также глину белую с очесами. Изоляцию П. обычно выполняют многослойной, например след. обр.: слой асбестита толщиной 10 *мм*, слой пробковых сегментов и алебастровая штукатурка. Все это оклеивается миткалем и окрашивается. Вместо пробки употребляются иногда диатомитовые кирпичи и т. п. Иногда на покрытую тонким слоем (10 *мм*) асбеста трубу надевают полукольца из пробки или какого-либо другого материала. Полукольца эти скрепляют попарно и ставят одно от другого на нек-ром расстоянии. Промежуток между кольцами заполняют стеклянной ватой. На

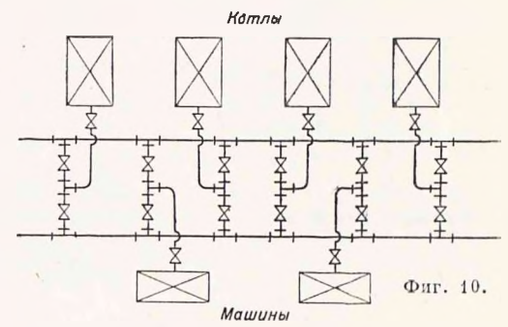


Фиг. 8.



Фиг. 9.

фиг. 5 приведены результаты подсчета наивыгоднейшей толщины изоляции для теплопровода, к-рый предполагалось проложить по поверхности земли. Изоляция предполагалась следующей конструкции: асбестита, $\delta_2 = 10$ *мм*; асбестит + кизельгур (1 : 3), δ_3— переменная; штукатурка алебастром, $\delta_4 = 10$ *мм*; толь в один слой: обшивка досками, $\delta_5 = 12$ *мм*; обивка железом. График фиг. 5 показывает, что экономически наивыгоднейшая толщина асбесто-кизельгурового слоя для труб диам. 4—8″ будет около 60 *мм*. Кроме подсчета потерь давления и тепла производят экономич. подсчет наивыгоднейшего диаметра. Разные способы такого подсчета приведены в книге проф. Конюхова[1]. Несмотря на изоляцию и перегрев пара в П. скопляется конденсат, особенно при пуске. Скопившись в большом количестве, конденсат образует водяные пробки и при большой скорости пара делается возможным гидравлич. удар разрушительной силы. Чтобы этого не случилось, конденсат

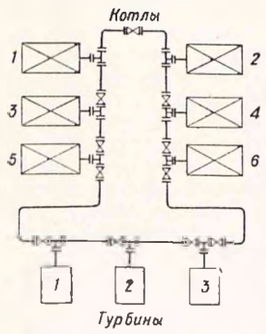


Фиг. 10.

по мере его образования необходимо из П. удалять самым тщательным образом. Для удаления конденсата П. выполняют с уклоном (например 1 : 200) по течению пара и во всех низких точках П. (перед стояком, корпусом парового вентиля или тройника и т. п.) присоединяют специальную трубку небольшого диаметра $^1/_2$—1″. Все эти трубки вместе или группами соединяют в общую дренажную магистраль, а последняя проходит через конденсационный горшок или водоотводчик.

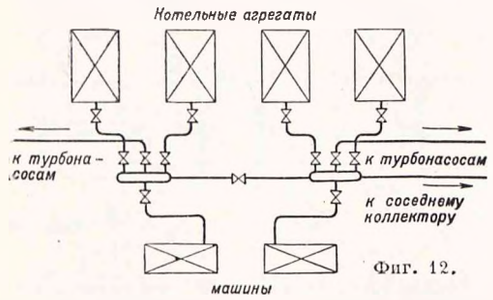
Обычный тип конденсационного горшка показан на фиг. 6. Внутри прибора имеется поплавок *a* в виде стакана. Конденсат поступает по трубе *b* и заполняет пространство между поплавком и корпусом горшка. Всплывая поплавок прикрепленной к его дну иглой *c* закрывает отверстие для выхода конденсата *d*. Через края поплавка конденсат постепенно переливается, заполняя поплавок. Потеряв плавучесть, поплавок опускается на дно, открывая отверстие *d*. Тогда давлением пара конденсат будет выдавливаться пока поплавок опять не всплывет. Т. о. выполняется основное назначение конденсационного горшка—выпуская конденсат из системы не пропускать пара. Обводный вентиль *e* служит для продувки линии в момент пуска. В более ответственных случаях (перед турбиной, после увлажнителя и т. п.) на П. безусловно необходимо ставить водоотделитель, назначение к-рого отделять всю влагу, взвешенную в паре. Скопляющийся в водоотде-

лителе конденсат удаляется через конденсационный горшок. Нагреваясь П. получает большое тепловое удлинение, компенсация которого безусловно обязательна. Чтобы П. имел при своем удлинении вполне определенное перемещение, его в нек-рых местах крепят неподвижно (фиг. 7), а в отдельных местах он опирается на роликовые опоры или висит на подвесках (фиг. 8).



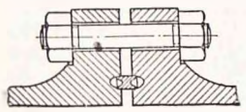
Фиг. 11.

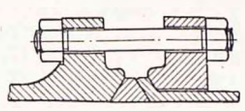
Схемы паропроводных магистралей на силовых станциях имеются четырех основных типов: 1) одинарная схема (фиг. 9). Эта схема отличается большой простотой, дешевизной и удобна в случае расширения; 2) двойная схема (фиг. 10) дает возможность резервировать и выделять в слу-



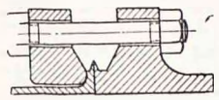
Фиг. 12.

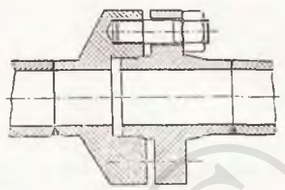
чае порчи отдельные участки П. Имеется много фасонных частей и запорных приспособлений. Стоимость в 2—2,3 раза дороже ординарной схемы; 3) кольцевая схема (фиг.


Фиг. 13.

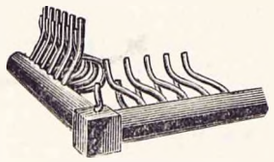

Фиг. 14.

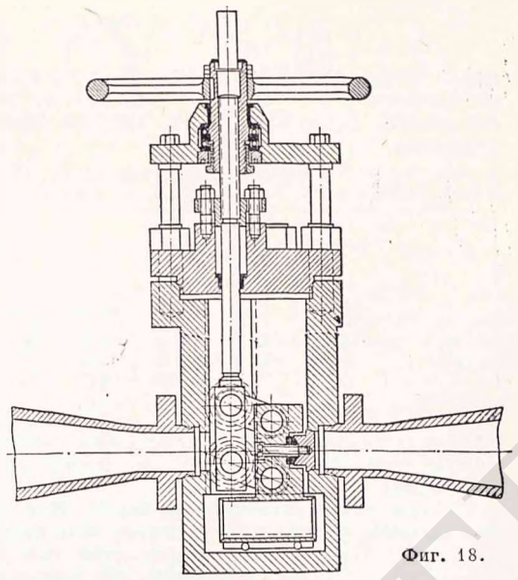
11) дает большую длину П. и много запорных приспособлений; стоимость примерно в 2,5 раза выше, чем при одинарной схеме. Слабым местом П. являются фасонные части, фланцы и арматура, а самым надежным—трубы. Чем больше флан-


Фиг. 15.

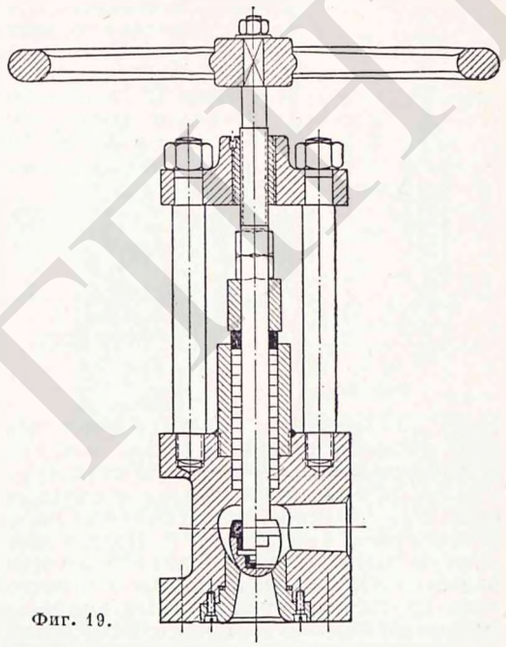

Фиг. 16.

цев и вентилей, тем менее надежна схема. Схемы 2 и 3 дороже, дают большие потери тепла и ни в коем случае не надежнее простой одинарной схемы. В последнее время на крупных америк. станциях получила распространение схема 4-секционная (фиг. 12). В этой схеме каждая турбина присоединяется к своему коллектору. К этому же коллектору присоединяют соответствующие котлы; из коллекторов происходит разводка пара прочим второстепенным потребителям. Достоинства схемы следующие: малый диаметр труб и арматуры, простота обслуживания, независимость работы отдельных агрегатов, а также большая надежность и дешевизна.


Фиг. 17.

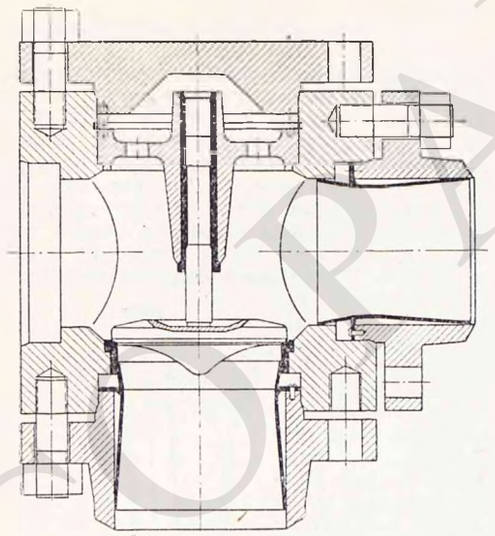

Фиг. 18.

П. высокого давления. Высокое давление около 100 и более *atm*, связанное

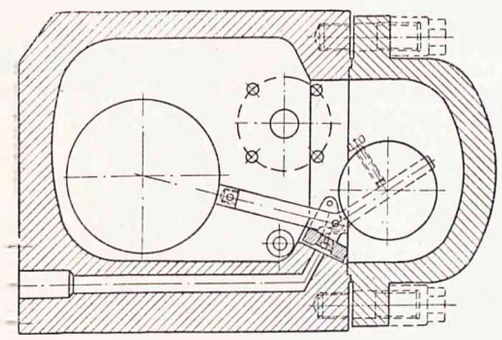

Фиг. 19.

обычно с высоким перегревом пара, доходящим, например в котле Лёффлера, до 500°,

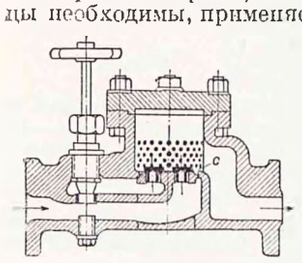
предъявляет к П. особые требования и вызывает необходимость создания особых конструкций. При фланцевом соединении труб пришлось отказаться от применения клин-


Фиг. 20.

геритовых прокладок (клингерит—специальный картон) и итти или на применение металлических колец (фиг. 13 и 14) или по Sargol'y сваривать специальные буртики


Фиг. 21.

трубы (фиг. 15). Лёффлер при давлении в 130 *atm* и перегреве 500° соединяет трубы гл. образом сваркой, но в местах, где фланцы необходимы, применяет фланцы с конич. уплотнением (фиг. 16). По указанию фирмы фланцы работают вполне удовлетворительно. Та же фирма применяет вместо тройников прямоугольные коробки с приваренными к ним трубами. На фиг. 17 показана такая коробка для соединения двух коллекторов пароперегревателя. На фиг. 18 дана заслонка для давления в 130 *atm*, а на фиг. 19 для давления в 225 *atm*. Устройство обратного клапана, позволяющего проход пара в одном направлении, показано на фиг. 20, для давления в 130 *atm*. Конденсационный горшок Brasche для высокого давления показан на фиг. 21. Весьма оригинальный водоотводный горшок сист. Drusche показан на фиг. 22. Он не имеет никаких подвижных частей. Действие его основано на том, что через небольшие сопла *c* пройдет самое ничтожное количество пара, в то время как конденсат будет проходить свободно. Схема для П. высокого давления должна применяться самая простая, т. к. арматура и соединительные части очень дороги и ненадежны. Надежным будет только простой П.


Фиг. 22.

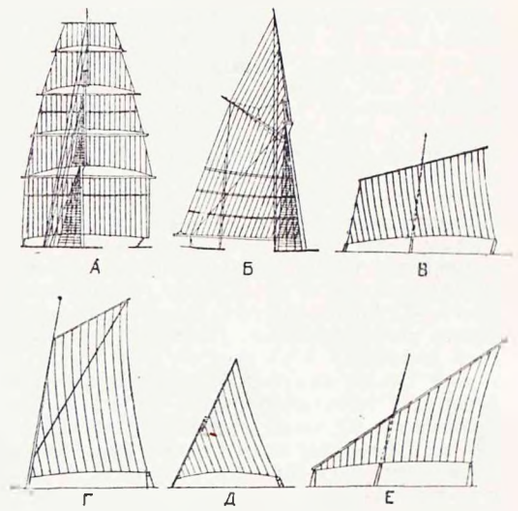
Лит.: [1]) Конюхов С. К., Паропроводы, газопроводы, водопроводы, воздухопроводы и их расчет, М., 1926.—Дмитриев В. В., Паропроводы центральных электрич. станций, 2 изд., П., 1915; Зимин В. Н. и Кнорре Г. Ф., Паропроводы в котельной, Л., 1926; Чикин М. А., Расчет потери тепла голыми паропроводами, «Тепло и сила», 1930, 7; Сидоров А. И., Трубы и их соединения, М., 1912; Borschke E., Berechnung der wirtschaftlichsten Isolierdicken, «Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesie», B., 1928; Kohn P., Der Druckverlust in Dampfleitungen mit Berücksichtigung der Wärmeabnahme oder Abgabe durch die Rohrwand, «Die Wärme», Berlin, 1928, *47*; Saklitsch F., Wärmeübergang in Rohren, ibid., 1929, *52, 53*; Nusselt W., Der Stossverlust an plötzlichen Erweiterungen in Rohren beim Durchfluss von Pasen und Dämpfen, «Z. d. VDI», 1929, *22*.

М. Панасенко.

ПАРОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ и пораспределители, см. *Паровые машины*.

ПАРУСА, см. *Парусное вооружение* и *Парусность*.

ПАРУСНОЕ ВООРУЖЕНИЕ служит для воспринятия и передачи корпусу судна энергии ветра, к-рая приводит это судно в движение (см. *Парусность*), имеет различное устройство в зависимости от типа судна



Фиг. 1.

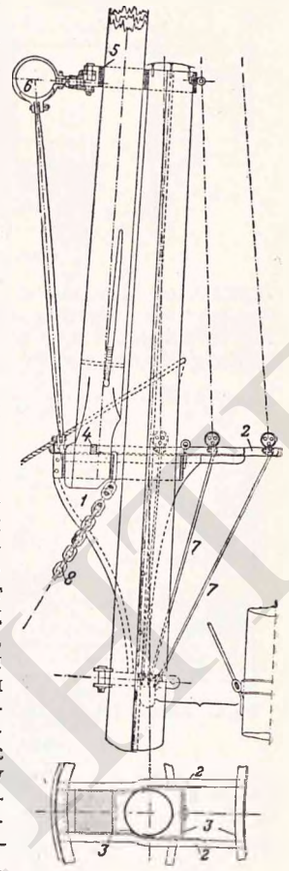
(см. *Парусные суда*) и состоит из: 1) твердого остова—рангоут, 2) гибких соединений—такелаж и 3) воспринимающих энергию ветра мягких поверхностей—паруса. Различают следующие основные виды П. в. 1) Полное (фиг. 1, А) с прямыми парусами, привязанными к реям. 2) Гафельное (фиг. 1, Б) с косыми парусами: главным—между гафелем и гиком и верхним—между гафелем и стеньгой. Верхний парус м. б. заменен одним или несколькими пря-

мыми, меньших размеров. 3) Р е й к о в о е (фиг. 1. В)—парус поддерживается подвижным рейком. Употребляется на шлюпках и иногда для верхних прямых парусов при гафельном вооружении. 4) Ш п р ю й т о в о е (фиг. 1, Г)—гафельный парус, без гика, подкреплен косым шестом (шпрюйтом); для шлюпок. 5) П о р т у г а л ь с к о е (фиг. 1, Д) и 6) л а т и н с к о е (фиг. 1, Е), еще более упрощенные; для шлюпок.

Рангоут. Части рангоута делались ранее на всех и делаются теперь на малых судах из цельных стволов деревьев, очищенных от сучьев, коры и обработанных с поверхности для придания им необходимой формы и гладкости, поэтому вообще (независимо от материала) части рангоута называются д е р е в ь я м и. По отношению к кораблю различают: вертикальные, горизонтальные и наклонные деревья. Нижний ряд вертикальных деревьев называется м а ч т а м и (см. *Мачты судовые*). Обычно устанавливают 1—3 мачты, но число их может достигать 5 (у судов с прямыми парусами) и 7 (у гафельных шхун). В целях отличия друг от друга, мачты носят различные названия, а именно (считая от носа к корме): 1) фок-мачта (см. фиг. 2—*1*), 2) грот-мачта, 3) средняя мачта, 4) ахтер-мачта, 5) крюйс- или бизань-мачта. На 7-мачтовых шхунах различают лишь переднюю—фок-мачту и заднюю бизань-мачту, называя промежуточные по порядку 2-я, 3-я и т. д. Трехмачтовые суда имеют фок-, грот- и крюйс- или бизань-мачты. Название последней зависит от ее оснастки: крюйс—при прямом, бизань — при гафельном вооружении. Расстояние между мачтами зависит от типа судна, его величины и количества мачт на нем. Мачты устанавливаются с наклоном в корму, колеблющимся от 2 до 6° (см. *Мачты судовые*). Длина грот-мачты делается 14,60—25,20 *м*, длина других мачт: 0,83—1,00 длины грот-мачты.

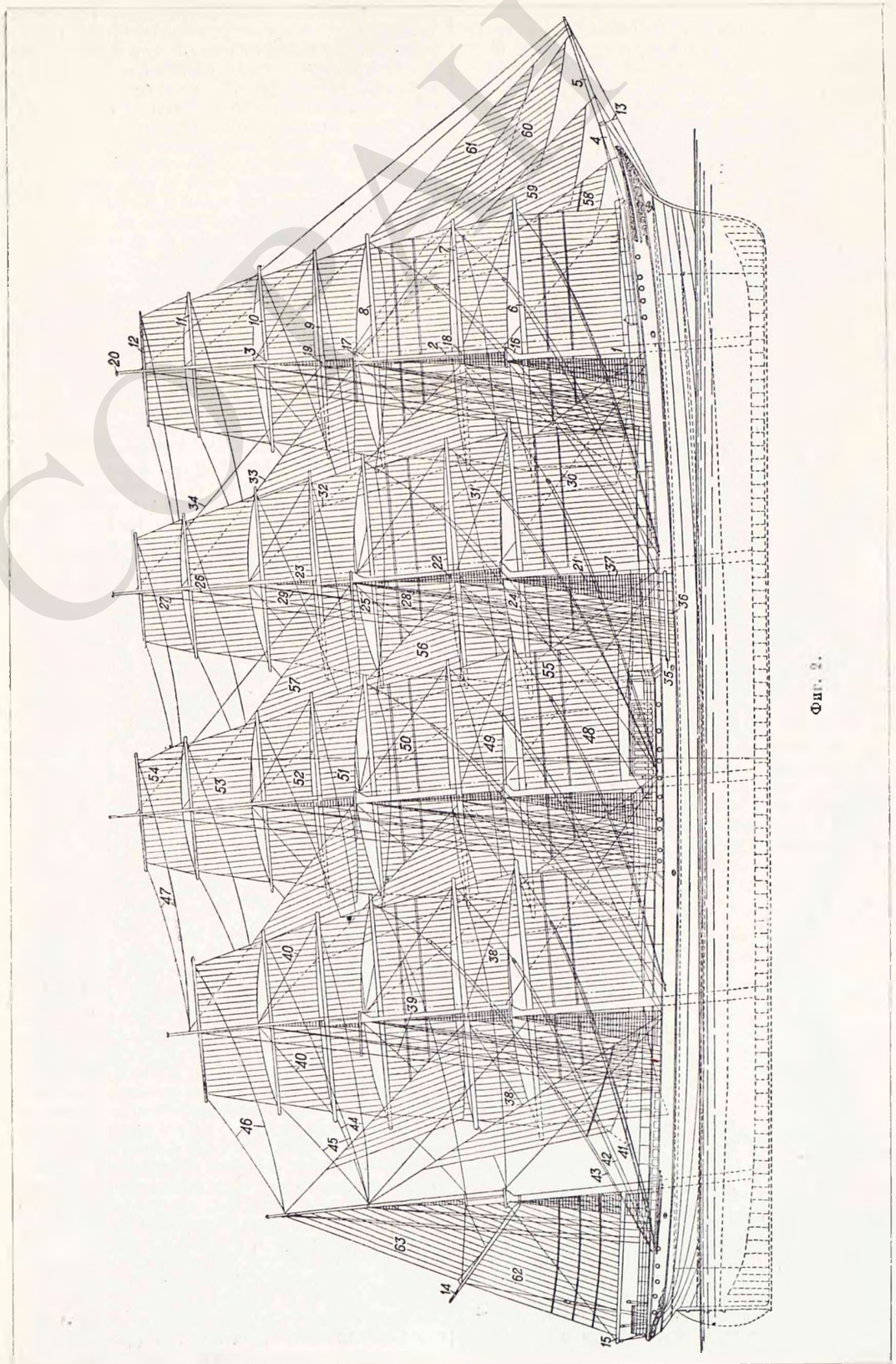
При недостаточности длины мачт для несения необходимой парусности в верхней части их укрепляется второй ряд вертикальных деревьев—с т е н ь г и. Названия стеньг составляются из названий мачт с прибавлением слова стеньга: фор-стеньга—*2*, грот-стеньга и т. д. Длина грот-стеньги—10,10—19,30 *м*, других несколько меньше. Далее устанавливают третий ряд вертикальных деревьев—б р а м-с т е н ь г и, название к-рых также зависит от мачт—*3* фор-брам-стеньга. Четвертого ряда деревьев (бом-брам-стеньги) теперь уже не устанавливают, придавая верхним частям брам-стеньги названия: б о м-б р а м-с т е н ь г и, т р ю м-с т е н ь г и и ф л а г ш т о к а с добавлением названия соответствующей мачты. Длина брам-стеньг 6,80—19,10 *м*. Толщина мачт и стеньг зависит от их длины, при этом мачта толще всего у п я р т н е р с а (в месте прохода через палубу), несколько тоньше у ш п о р а (основания), еще тоньше у салинга и самая тонкая у верхушки—т о п а, т. е. имеет бочкообразную форму. Так, для 25-*м* мачты ее диаметры (считая снизу) будут 560—700—530—450 *мм*. Стеньга толще всего у шпора и утончается к топу, имея конич. форму. Для 15-*м* стеньги диаметры будут 450—400—330 *мм*. Т. к. часть длины мачт и стеньг уходит на соединение между ними, то полная высота верхней части брамстеньги над грузовой ватерлинией несколько меньше суммы длин вертикальных деревьев, но все же достигает 50 *м*.

К вертикальным частям рангоута крепятся горизонтальные деревья—р е и, располагающиеся симметрично относительно мачты своими концами (н о к а м и). Название реев зависит от мачты и положения на ней по высоте. Для передней мачты корабля они будут называться (фиг. 2): *6*—фока-рей, *7*, *8*—фор-марса рей, *9*, *10*—фор-брам рей, *11*—фор-бом-брам рей и *12*—фор-трюм рей. Марса-реи и иногда брам-реи делают двойными, называя их тогда верхними и нижними. Для увеличения парусности нижние реи удлиняют выдвигающимися лисельспиртами, для постановки л и с е л е й. Длина реев делается 7—30,6 *м*, толщина реев, наибольшая у середины и для 30-*м* рея делается в середине 600, на $^1/_4$ полудлины 585, на $^1/_2$—540, на $^3/_4$—450 и у нока 300 *мм*. Наклонные деревья устанавливаются в носу судна (фиг. 2): б у г ш п р и т — *4*, у т л е г а р ь—*5* и б о м-у т л е г а р ь; они составляют продолжение друг друга. При этом утлегарь идет поверх бугшприта, а бом-утлегарь сбоку утлегаря. Бугшприт устанавливают под углом в 12 — 19°, длина его делается 0,60 — 0,86 длины грот-мачты, толщина до 900 *мм* у корпуса с утонением к концам. К поку бугшприта перпендикулярно к нему укреплен м а р т и н-г и к — *13*. Другого вида наклонные деревья устанавливаются у мачт, примыкая к ним одним концом. Это—наклонный г а ф е л ь—*14* и горизонтальный (у бизань-мачты)—г и к—*15*. Они служат для укрепления косых парусов и могут устанавливаться на всех мачтах. При очень толстых мачтах рядом с ними для косых парусов устанавливаются еще т р и с е л ь-м а ч т ы.



Фиг. 3.

Нижний конец мачты (шпор) укрепляется на кильсоне (см. *Киль*) в особом гнезде (с т е п с). Ниже верхушки (топа) мачты на 3,20—5,00 *м* укрепляют с боков мачты металлич. пластины—ч и к с ы (фиг. 3) *1*, на которых устанавливают продольные бал-

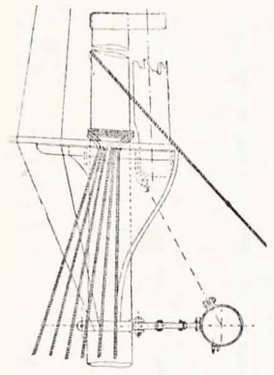


Фиг. 2.

ки—лонг-салинги *2*, поверх них поперечные—краснисы *3*. Все это устройство называется салингом; поверх него настилается площадка марс (фиг. 2—*16*—фор-марс). Салинг служит для укрепления такелажа стеньг, а сама площадка для управления и поворота парусов. Стеньга пропускается через отверстие, между лонг-салингами и красписами, и удерживается от опускания шлагтовом *4* (клин, проходящий через стеньгу). У топа мачты эта последняя и стеньга охватываются и соединяются эзельгофтом *5*—и фиг. 2—*18*—фор-эзельгофтом—оковкой с двумя отверстиями. Брам-стеньга устанавливается на стеньге так же, как последняя на мачте, салинг (фиг. 2—*17*—фор-салинг) устраивается более легкой конструкции и не имеет марса, но эзельгофт (фиг. 2—*19*—фор-стень-эзельгофт) сохраняется. Самое верхнее дерево заканчивается флагштоком с клотиком—*20* (фиг. 2) (см. *Мачты судовые*). Бугшприт, утлегарь и бом-утлегарь скрепляются также эзельгофтами. Реи у середины охватываются обухами (фиг. 3—*6*), к-рые на шарнире соединяются с обухами, охватывающими мачты, и так. обр. рей может вращаться около мачты. Шарниры верхних реев укрепляются на ползунах, скользящих по направляющим вдоль мачты при подъеме и опускании стеньг. Подобным же образом к мачте прикрепляют внутренними концами гики и гафели. Устройство деревянных и стальных мачт различно (см. *Мачты судовые*).

Такелаж. Такелаж служит для укрепления и связи частей рангоута и передвижения их при управлении парусами. Различают поэтому: стоячий (неподвижный) и бегучий (подвижный) такелаж.

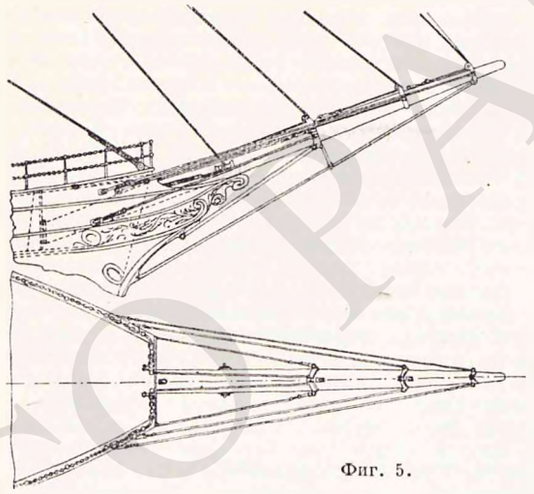
К стоячему такелажу относятся следующие: ванты, штаги, бакштаги и фордуны, которые связывают в одно целое вертикальные части рангоута между собою и с корпусом судна, препятствуя расшатыванию во время качки. Ванты надевают на мачту над лонг-салингами, подкладывая под низ деревянные подушки, как показано на фиг. 4; концы вант идут к бортам судна и заканчиваются тальрепом (стяжкой), а на небольших судах в концы вант ввязываются круглые деревянные блоки без шкивов с тремя дырами (люферсы). К наружному борту судна на уровне верхней палубы прикрепляют площадки (русленя)—*35* (фиг. 2), грот-руслени, соединенные с набором судна. У наружной грани русленей—с каждого борта по одному концу пара люферсов или ходовых концов тальрепов, охваченных железными полосами, концы к-рых пропущены через руслени у наружной грани и прикреплены через обшивку к набору судна сквозными болтами. Это устройство (вант-путенсы, фиг. 2—*36*—грот-вант-путенсы) служит для соединения вант с корпусом судна и соединяется с ними винтовыми или веревочными (пропущенными через дыры люферсов) тальрепами, что позволяет сильно натягивать ванты. Число вантин, идущих от одного борта через топ мачты к другому, бывает 3—6. Длина вант 18—34 *м* от борта до топа. По всей длине вант в них ввязывают тонкие тросы—выбленки (фиг. 2—*37*), служащие для подъема людей на марс. Названия вант составляются из названия мачт и их частей и показаны для грот-мачты на фиг. 2, где *21*—грот-ванты, *22*—грот-стень-ванты, *23*—грот-брам-ванты. Стень-ванты надевают на топы стеньг, укрепляя их концы на марсе, при этом оковки от люферсов или ходовые концы тальрепов пропускают ниже марса и закрепляют к бугелю, надетому на мачту. Это т. н. стень-вант-путенсы—*7* (фиг. 3), к-рые делают из полосового железа, цепными или тросовыми. В стень-ванты также ввязывают выбленки. На топы брам-стеньг надевают брам-ванты, укрепляя их через салинг к оковке на стеньге. В брам-ванты выбленок не ввязывают, укрепляя позади брам-стеньг во всю длину их брам-трап, веревочную лестницу с деревянными горизонтальными ступенями.



Фиг. 4.

Поверх вант на топы стеньг и брам-стеньг надевают фордуны (см. фиг. 2—*28*—грот-стень-фордуны и *29*—грот-брам-фордуны), укрепляя их все к борту судна позади вант к своим вант-путенсам. Число стень-фордунов 2—3 и брам-фордунов 1—2. Бакштаги (фиг. 2—*24*—грота-бакштаг, *25*—грот-стень-бакштаг, *26*—грот-брам-бакштаг и *27*—грот-бом-брам-бакштаг) укрепляют не в нижней части топа мачт (с салингов), а в верхней у нока, причем концы бакштагов пропускают через рожки лонгсалингов, т. о. бакштаги оттягивают мачту и стеньги назад, передавая натяжение к борту благодаря рожкам. Число бакштагов 1—2, стен-, брам- и бом-брам-бакштагов по одному (с каждого борта). На малых судах нек-рые части стоячего такелажа не устанавливают и рангоут все более упрощают по мере уменьшения размеров судна. Штаги (фиг. 2—*30*—грота-штаг, *31* — грот-стень-штаг, *32* — грот-брам-штаг, *33* — грот-бом-брам-штаг и *34*—грот-трюм-штаг) надевают поверх фордунов, направляя их к носу по диаметральной плоскости. Штаги мачт идут к палубе и укрепляются к обухам: фор-штаги у бугшприта, грот-штаги у фок-мачты, а крюйс-штаги у грот-мачты. Фок- и грот-мачты укрепляются двумя, крюйс-мачта—одним штагом. Стеньги укрепляются стень-штагами, идущими к марсам, кроме фор-стень-штага, к-рый крепится у нока бугшприта. Брам-штаги и бом-брам-штаги крепятся у салинга или марса или утлегаря. Бугшприт (фиг. 5) укрепляется 2 ватер-штагами—вниз и 2 ватер-бакштагами к бортам в носу; эти снасти круглого железа или цепные. Утлегарь-штаг и бом-утлегарь-штаг идут вниз к носу мартин-гика и к корпусу судна. Утлегарь-бакштаг и бом-утлегарь-бакштаг идут к нокам блинд-гафеля (деревку, скрепленному с бугшпритом, поперек его) и далее или прямо

к бортам судна. Все части стоячего такелажа помимо названий, зависящих от назначения, получают еще названия от соответствующих мачт, что показано на фиг. 2 для грот-мачты. Во время сильного ветра стеньги и брам-стеньги опускают, для чего в шпоре кроме



Фиг. 5.

отверстия для шлагтова устраивают еще одно для шкива, через к-рый проходят тали.

Когда вертикальный рангоут поднят на судно и установлен, стоячий такелаж укреплен и вытянут, начинают окраску рангоута и тировку (осмоление) такелажа, после чего поднимают реи и продевают через блоки бегучий такелаж. Части стоячего такелажа должны располагаться т. о., чтобы не портить внешнего вида судна. Так, штаги располагаются по возможности на одинаковых расстояниях друг от друга и по одной прямой. Грот-стень-штаг и фока-штаг идут по одной прямой, параллельной грот-штагу. Это не только придает красивый вид, но и облегчает установку разнообразных парусов. Далее ванты, стень-ванты и фордуны должны иметь вид равнорасходящихся линий.

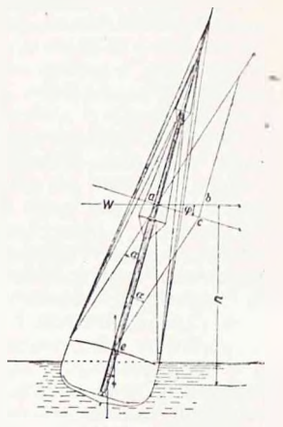
Стоячий такелаж делается из стального проволочного троса, на малых судах—из пенькового, у бугшприта—цепной или из штанг. Стальной или железный трос делается шестипрядным из 7 проволок каждая и пенькового сердечника; размеры определяются правилами классификационных обществ, т. к. расчета прочности такелажа обычно не производят. Усилие, растягивающее ванты (фиг. 6)

$$ad = \frac{ac}{\sin a} = \frac{ab\cos\varphi}{\sin a},$$

где ab—сила давления ветра на паруса. Зная угол крена под парусами, ab можно найти из ур-ия $ab = \frac{M}{h}$, где M—восстанавливающий момент при угле крена $\varphi°$, а h—расстояние между центром парусности и ц. т. подводной части диаметральной плоскости; другие обозначения ясны из чертежа. Концы тросов обрабатывают таким образом, чтобы предупредить их порчу: сплесниваа и накладывая бензеля (см. *Веревки* в морском деле).

Бегучий такелаж составляют: 1) снасти для укрепления и управления реями: топенанты, борги, фалы и брасы, 2) снасти для постановки и управления парусами: леера, шкоты и галсы. Раньше реи привязывались к мачте своей серединой—бейфутами—веревками, обшитыми кожей, и поддерживались боргами *8* (фиг. 2), цепями или тросами, закрепленными верхним концом к топу мачты или стеньги. Теперь реи прикрепляются бугелями, но середина тоже поддерживается боргами, как и все снасти, получающими названия от реев. Бугели верхних реев подвижны и реи м. б. подняты фалами, к-рые проходят через блок, укрепленный к топу стеньги, и идут к палубе.

От ноков рей (концов) к мачте идут топенанты, поддерживающие реи с концов. Топенанты всегда парные, как ванты, фордуны и бакштаги. Для работы на реях служат перты, веревки, подвешенные под реями и в нескольких местах подхваченные подпертниками. Для передвижения по рею устроен леер, раньше для этого поднимали лисель-спирты. В настоящее время уборка и постановка парусов делаются на торговых судах механически с палубы, для чего существует целый ряд патентованных устройств. Обыкновенно реи установлены горизонтально и перпендикулярно к диаметральной плоскости судна. В зависимости от курса судна и направления ветра (см. *Парусность*) реи с парусами поворачиваются в горизонтальной плоскости на угол до 34°. Для этого к нокам их привязаны веревки—брасы, идущие к марсам или салингам. Гафели поднимаются и поддерживаются за внутренние концы гафель-горденями, за нок и середину—дирик-фалами. Чтобы гафели не вращались, ноки их удерживаются с боков—дирик-бакштагами, закрепленными к бортам. Нок гика поддерживается сверху гика-топенантом и снизу гика-шкотом и гика-брасом. Все части бегучего такелажа для средней мачты представлены на фиг. 2, где *38*—топенанты, *39*—марса топенанты, *40*—брам топенанты, *41*—брасы, *42*—нижние марса брасы, *43*—верхние марса брасы, *44*—нижние брам брасы, *45*—верхние брам брасы, *46*—бом-брам брасы, *47*—трюм брасы.



Фиг. 6.

Паруса, не прикрепленные к реям, поднимаются за верхний угол фалами, к-рые проходя через блок, укрепленный на мачте, опускаются на палубу. При этом длинная (внешняя) шкаторина (край) паруса скользит вделанными в нее кренгельсами (кольцами) вдоль натянутого между частями рангоута леера. Для управления нижними углами реевых парусов служат ввязанные в оба угла шкоты и галсы. Пер-

выми тянут угол паруса от ветра, а вторыми к ветру. Прочие снасти бегучего такелажа, непосредственно связанные с парусами, рассматриваются ниже вместе с парусами. Для уменьшения требуемого усилия в снасти бегучего такелажа часто включают *тали* (см.), коренной конец к-рых бывает тросовый (пеньковый или стальной) или цепной. Для увеличения действующего усилия применяют лебедки. Коренные концы взятые на лебедку должны заканчиваться цепью ~ 3 *м* длины. Коренные концы, выбираемые людьми, имеют диаметр от 50 до 75 *мм* для удобного захватывания их руками. Поэтому на малых судах коренные концы делаются толще, чем это требуется по расчету прочности. Пеньковый трос, идущий на бегучий такелаж, д. б. смоленым, но он не тируется. Стальной трос употребляется гибкий, а взятый на лебедку—с гладкой поверхностью, см. *Канатное производство*. Радиусы шкивов блоков делают: для пенькового такелажа равным охвату троса, для стального троса равным 1,67 охвата троса. Блоки обычно имеют деревянные шкивы; при больших усилиях и для ценного такелажа блоки железные или стальные (см. *Тали*).

Паруса. По форме паруса разделяют на прямые и косые. Первые имеют форму правильных трапеций или четырехугольников; вторые—неправильных четырехугольников и треугольников. При полном вооружении каждый прямой парус получает название от того рея, к к-рому он крепится в убранном виде и к к-рому привязана его верхняя кромка в поставленном виде; поэтому каждый ряд парусов получает в названии приставку, указывающую высоту этого ряда, а каждый парус в этом ряду имеет название мачты. Так, к нижним реям трехмачтового судна привязываются главные паруса: ф о к, г р о т и к р ю й с е л ь (или контр-бизань). Второй ряд парусов — марсели — привязываются к марса-реям и называются ф о р м а р с е л ь, г р о т-м а р с е л ь и к р ю й с-м а р с е л ь. Третий ряд б р а м с е л и: ф о р-, г р о т- и крюйс. Четвертый ряд: фор-, грот- и крюйс-б о м-б р а м с е л и. Раньше поднимался еще один ряд: т р ю м с е л и. По соображениям, приведенным ниже, брамсели и марсели делают теперь составными из двух отдельных парусов, называемых верхним и нижним брамселем или марселем с добавлением названий мачт. Так, на передней мачте получаются следующие паруса: фок, нижний фор-марсель, верхний фор-марсель, нижний фор-брамсель, верхний фор-брамсель, фор-бом-брамсель и фор-трюмсель. Для увеличения парусности в тихий попутный ветер по бокам прямых парусов поднимают еще л и с е л и; на фок-мачте до четырех, а на грот—по три с каждой стороны. Они привязываются к особым рейкам—лисель-реям и поднимаются к соответствующему рею лисель-фалами; нижние края их крепят к лисель-спиртам, а унтер-лисели к в ы с т р е л у, дереву, укрепленному к борту на вертлюге. На паровых судах выстрел сохранился и служит для привязывания шлюпок на якоре. Если нижняя часть мачты имеет гафельный парус (трисель) и не имеет прямого, а прямые паруса располагаются выше марса рея, то они называются т о п с е л ь (марсель), б р а м с е л ь, б о м-б р а м с е л ь. При наличии на судне одной мачты с таким смешанным вооружением и других с гафельным добавление к названиям парусов приставки фор—излишне. Иногда топсель бывает двойным: нижний и верхний. Топселем же называют верхний рейковый парус на мачтах с гафельным вооружением; правильнее с точки зрения единства классификации сохранить термин топсель лишь за последним, оставляя марселям их название во всех случаях. На фиг. 2 указаны прямые паруса четвертой мачты: *48*—крюйсель, *49*—нижний крюйс-марсель, *50*—верхний крюйс-марсель, *51*—нижний крюйс-брамсель, *52*—нижн. крюйс-брамсель, *53*—крюйс-бом-брамсель, *54*—грот трюмсель (на второй мачте).

Основные виды косых парусов: трисели, стаксели и кливера. Трисель крепится верхним краем к гафелю, нижним к гику, или растягивается снастями, внутренняя кромка снабжается вилками (ракс-бугелями), к-рыми парус скользит по мачте, или по установленному для этой цели параллельно и рядом с мачтой более тонкому дереву—трисель-мачте. Трисели добавляются к полному вооружению мачт с прямыми парусами. Термин бизань правильнее употреблять для наименования триселя на задней мачте с гафельным вооружением. На судах с гафельным вооружением фор-трисель называется ш х у н н ы м, грот-трисель—г р о т о м, а крюйс-трисель—б и з а н ь ю. На двухмачтовых судах при прямом вооружении задний трисель называется б р и г о в ы м п а р у с о м, а при косом—гротом; это же название сохраняется для триселя одномачтовых судов. Между стеньгой и гафелем мачт с гафельным вооружением устанавливают фор, грот и бизань-гафель-топсели, первые два—при двух мачтах, а последние два—при двух последних мачтах с гафельным вооружением и все—при 3 мачтах с гафельным вооружением. С т а к с е л я м и называются треугольные паруса, длинная кромка к-рых вделанными в нее кольцами (кренгельсами) скользит при подъеме паруса по лееру (натянутому между разными мачтами); нижний угол оттягивается снастями к палубе. На судах с прямым вооружением стаксели ставятся между бугшпритом и фок-мачтой; между фок и грот мачтами и их стеньгами, между грот и крюйс-мачтой; фор-стаксель устанавливается при отсутствии фока (на шхунах). Между утлегарем и стеньгами фок-мачты устанавливаются кливера. На малых судах (куттер) по середине между ноками утлегаря и стеньги устанавливают иногда летучий кливер. На яхтах и близких по типу к ним судах (шхуна—яхта) гафельное вооружение весьма развито: трисели, носящие название мачт, велики, гафель-топсели крепятся к специальным спиртам и имеется летучий кливер. При наличии четырех, пяти и семи мачт паруса получают свои названия от последних. При этом если последняя мачта с гафельным вооружением, то они получают приставку бизань, а для предыдущей крюйс; если все мачты с прямым вооружением, то крюйс называется последняя мачта, а третья—задней (ахтер). На фиг. 2 даны косые паруса 5-й мачты судна: *55*—грот-стеньги-стаксель, *56*—грот-брам-стаксель, *57* — бом-брам-стаксель, *58* — фор-стеньги-стаксель, *59*—кливер, *60*—мидель-стаксель, *61*—бом-кливер, *62*—бизань, *63*—топсель.

Широкие и низкие паруса лучше стоят на ветре, чем узкие и высокие, на которых легко образуется вдавление (пузо), увеличивающееся по мере службы паруса и тогда неустранимое и ведущее к уменьшению кпд паруса. Однако благодаря наличию длинных реев первые не так удобны в обращении, как последние. Поэтому на судах с небольшим районом плавания (шхуны) устанавливаются узкие и высокие, а на судах, долго находящихся в пути,—широкие и низкие паруса. В тропиках при наступлении штиля достаточный для медленного движения судна ветер еще имеется на нек-рой высоте над морем. Понятие о зависимости скорости ветра от высоты дают следующие данные.

Высота в *м* на ур. моря .	2	3	4	5	10	20	50	100	200
Относит. скорость ветра .	100	110	116	122	141	164	190	120	150

Поэтому суда, плавающие в тропиках, должны иметь достаточно развитую парусность на стеньгах. В целях удобства обращения эти большие паруса составляются из двух самостоятельных частей, расположенных одна над другой, при этом нижние паруса употребляются как штормовые. Длина нижней шкаторины или рея делается больше двойной ширины судна, но менее 1,34 расстояния между мачтами.

На судах с полным вооружением (с прямыми парусами) косые паруса кроме парусов, укрепленных на бугшприте, имеют вспомогательное значение и не учитываются при расчете парусности. Треугольные паруса имеют перед косыми четырехугольниками следующие преимущества: не требуют реев и при небольшой нижней шкаторине прекрасно стоят, почему дают возможность судну двигаться очень круто к ветру под очень тупым углом между направлениями движения ветра и судна. Гафельные паруса требуют поэтому большого внимания: надлежащая форма, кройка и пошивка, а также и вшивание узких деревянных реек в заднее полотнище, перпендикулярно заднему лееру. Гафельные паруса благодаря простоте управления (с палубы) не требуют большой команды и употребляются на судах, много маневрирующих, для рейсов в узких фарватерах и в особенности как вспомогательные на пароходах, т. к. они вызывают меньший крен, а их рангоут мало сопротивляется воздуху при движении корабля (отсутствие реев).

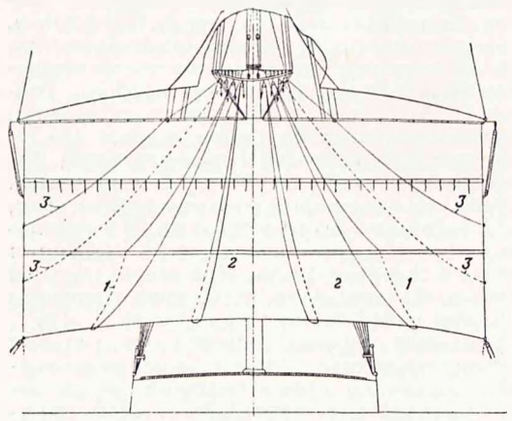
Паруса шьются из полотнищ парусины, соединяемых между собой и укрепленных вставками в ответственных частях паруса. Для изготовления парусов употребляется несколько сортов парусины, различающихся по толщине ниток основы и утка и поэтому различного веса. В следующей таблице приведены различные сорта парусины и их вес.

№	Вес в *кг/м²*	№	Вес в *кг/м²*
0	1,012—1,032	4	0,800—0,823
1	0,941—0,965	5	0,729—0,753
2	0,891—0,918	6	0,659—0,682
3	0,847—0,871		

Самая толстая парусина идет на шитье штормовых парусов: фор-стаксель, фок, нижние марсели, грот-стаксель. Следующая по толщине (№ 1)—на верхние марсели, грот, стеньги-стаксели. Из № 2 шьют крюйс, крюйс-трисель (бизань), фок- и грот-брам сели (нижние), фор-стеньги-стаксель и кливер. Более тонкая (№ 3) идет на бом-кливер, верхние брамсели и нижний крюйс-брамсель. Из № 4 делают бом-брамсели кроме крюйс-бом-брамселя и грот-стеньги-стаксель. Тонкая (№ 5) идет на крюйс-стеньги-стаксель и крюйс-бом-брамсель. Самая тонкая (№ 6) служит для трюмселей и брам-стакселей. Такое распределение применяется и на малых судах, но парусина идет более тонкая. Так, для гафельной шхуны шьют из № 2 гафельные паруса и фор-стаксель, из № 3 кливер и из № 4 гафель-топсели. При шитье парусов швы д. б. двойными, т. е. края парусины должны налегать друг на друга на $1—1\frac{1}{4}''$, на нижних парусах делается еще и третья стежка посредине. Для уменьшения площади парусов во время сильного ветра берут рифами, т. е. подвязывают часть паруса. Для этого на парус нашивают 1—3 нашивки (риф-банты) и в отверстия, в них сделанные, продевают толстые веревки (рифсезни); парус подтягивается к ним и охватывается их узлом. По краям (шкаторинам) парус тоже обшивается нашивками (боковые бауты, нижний и верхний банты). Такие же нашивки делаются по углам парусов и вообще в тех местах, где паруса о что-нибудь трутся. Полотнища парусов идут по направлению их длины. Когда полотно паруса сошьется, его обшивают лик-тросом, вплетая в него веревочные петли (кренгельсы) для крепления снастей и блоков. Снятые паруса складывают во всю их длину таким образом, чтобы верхняя шкаторина и нижние углы были наружи.

Прямые паруса поднимают к реям и растягивают за концы к нокам реев бегун-талями, где и привязывают их нок-бензелями; середина парусов привязывается ревантами к железным леерам, которые приболчены к рею. Нижние края парусов притягиваются шкотами и галсами. Для уборки в нижние углы ввязывают блоки и через них пропускают г и т о в ы *1* (фиг. 7), которыми парус подтягивается к рею. Между блоками закрепляют промежуточные гитовы—г о р д е н и; бык-гордени *2* подтягивают нижнюю шкаторину, нок-гордени *3*—боковые. Подтянутые к реям паруса плотно и аккуратно скатывают и притягивают к реям плетеными тесьмами (т. н. с е з н и). При крутом курсе навстренная шкаторина полощет, поэтому ее вытягивают т. н. б у л и н е м—снастью, которая привязана к боковым шкаторинам прямых парусов. При свежести ветра трюмсели, бом-брамсели и верхние брамсели убирают или даже спускают вниз

вместе с их реями; у нижних парусов берут рифы, подвязывая рей и часть паруса рифсезнями и опуская в то же время рей. Косые паруса растягиваются по леeру фалом и снизу галсами; кливера привязывают к ракс-бугелям—кольцам, скользящим по утлегарю, к которым привязаны галсы, далее проходящие через шкивы утлегарей и возвращающиеся на палубу. Шкоты—правый и левый—растягивают косые паруса за тупые углы. Трисели поднимаются вместе с гафелем. При усиливающемся ветре ставят штормовые паруса: бизань, трисели и фок-стаксель, опуская верхнее вооружение, стеньги



Фиг. 7.

до эзельгофта, а нижние реи—до коечных сеток, закрепляя все прочными найтовами. Утлегарь также вдвигают по бугшприту.

Вес П. в. определяется след. образом. Вес мачт определяется по чертежам. Вес реев можно найти в табл. 1.

Табл. 1.—Вес реев в зависимости от длины их и материала.

Длина рей в м	Вес в кг	
	рей из стали	рей из дерева
6	90	50
10	250	150
20	1 300	1 150
30	4 350	3 900

Вес такелажа зависит от типа судна, к-рый связан с парусностью (суммарной площадью всех парусов), и дан в табл. 2. Вес парусов

Табл. 2.—Вес такелажа в зависимости от типа судна.

Тип судна	Парусность в м²	Вес такелажа в кг/м²		
		стоячего	бегучего	всего такелажа
Шхуна	500	1,5	6,6	8,1
Шхуна-бриг	680	2,9	8.3	11,2
Бриг	950	4.6	10,8	15.4
Барк	810	5,0	14,6	19.6
Корабль	1 300	5,2	13,0	18,2
Корабль	2 170	7,0	15,8	22,8

дан в табл. 3. Вес всего П. в., включая рангоут, такелаж и паруса, дан в табл. 4. По отношению к весу всего корабля это составляет для современных судов около 4—5%

Табл. 3.—Вес парусов.

Наименование парусов	Вес. кг/м²	Наименование парусов	Вес. кг/м²
Марсели	2,4—2,0	Трисели	1,3 —1,1
Штормовые паруса	2,0—1,8	Брамсели	1,5 —1,0
Грот и фок	1,8—1,2	Лисели	1,3 —0,9
Стаксели и кливера	1,6—0,75	Бом-брамсели	0,85—0,75

Табл. 4.—Вес всего парусного вооружения.

При площади парусности в м²	Вес П. в. в кг/м²	При площади парусности в м²	Вес П. в. в кг/м²
400— 600	23—25	1 200—1 500	50—52
600— 700	25—31	1 500—1 700	52—57
700— 800	31—39	1 700—2 200	57—63
800— 950	39—47	2 200—2 650	63—65
950—1 200	47—50		

Лит.: Миддендорф Ф., Рангоут и такелаж судов, перев. с немецкого, Петербург, 1905; Johow-Foerster E., Hilfsbuch für den Schiffbau, 5 Aufl., B. 1, Berlin, 1928.

Р. Тишбейн.

ПАРУСНОСТЬ, совокупность и система сшитых из полотнищ парусины мягких поверхностей—парусов, служащая движителем парусного судна, т. е. аппаратом, воспринимающим и передающим корпусу судна силу ветра для приведения такого судна в движение. Паруса, рангоут и такелаж составляют *парусное вооружение* (см.) судна. Система парусов зависит от типа *парусного судна* (см.).

В целях упрощения изучения теории П. полагают, что действие ветра на парусное вооружение, состоящее из ряда парусов площадью s_i с ц. т. их, расположенными в точках x_i, y_i, может быть заменено равносильным действием ветра на теоретич. парус, площадь к-рого $S = \Sigma s_i$ и ц. т. к-рого расположен в точке с координатами:

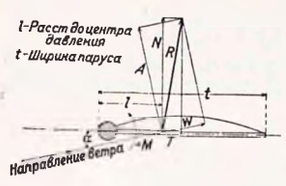
$$x = \Sigma x_i s_i : \Sigma s_i,$$
$$y = \Sigma y_i s_i : \Sigma s_i.$$

До последнего времени теория действия ветра на теоретический парус базировалась на исследованиях Ньютона, рассматривавшего это действие как совокупность параллельных ударов независимых друг от друга частиц воздуха о подветренную часть паруса. Это позволяло вести расчет практич. П. при помощи элементарных ф-л теоретич. механики и давало легкий переход от суммарной П. (теоретич. паруса) к отдельным парусам. Действие силы ветра согласно этой теории сводится к его давлению при нормальном направлении, равному

$$R = c \frac{\gamma}{2g} S v^2,$$

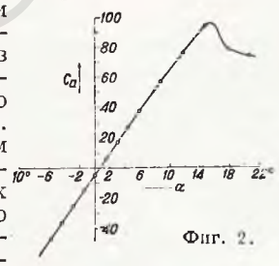
где γ—вес 1 м³ воздуха, g—ускорение силы тяжести, S—площадь всех парусов, v—относительная скорость ветра; коэф. $c = 2 \div 4$. Если ветер образует с поверхностью паруса угол α, то по этой теории $R_\alpha = R \cdot \sin^2 \alpha$. Однако опытные исследования последнего времени показали, что коэф-т $c = 1{,}2 \div 1{,}4$ и зависит от формы и отношения размеров паруса. Многолетняя практика парусного

флота указывает, что самый покрой паруса, зависящий от искусства мастера и дающий парусу при наполнении ветром определенную выпуклость (пузо), имеет большое значение. Правильно сшитый парус хорошо наполняется и держит ветер, давая большой ход, в то время как плохо сшитый висит доской и при той же поверхности дает меньший ход. Всего этого приведенная ф-ла не учитывает. Кроме того

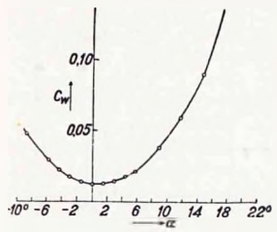


Фиг. 1.

исследования показали, что $R_\alpha = R \cdot \sin \alpha$. Наконец центр давления ветра, т. е. точка приложения его силы действия, совпадающая по теории Ньютона с центром парусности, в действительности меняет свое положение в зависимости от угла между направлением ветра и поверхностью паруса (угла встречи). Эти результаты привели к заключению, что отдельные частицы воздуха в своем движении связаны друг с другом, образуя струи, которые можно обнаружить на некотором расстоянии от паруса. Парус, находясь в потоке воздуха, подвергается действию струй со всех сторон. Обтекание ветром краев паруса, в особенности при малых углах встречи, часто вызывает вихри, влиянием которых пренебрегать нельзя. Современные теории П., не отрицая значения главных аргументов, влияющих на силу действия ветра, установленных Ньютоном, вносят существенные коррективы в коэф-ты конечных формул, вывод к-рых базируется на ур-ии движения жидкости Эйлера и ур-ии давлений Бернулли. Однако результаты приложения этих ур-ий к совершенной и несжимаемой жидкости, дающие близкие к действительности результаты для перпендикулярной к плоскости паруса слагающей движущей силы, дают совершенно неверную величину для направленной по парусу слагающей силы сопротивления ветру. Последняя = 0, т. к. в выводах не учитываются силы трения, которыми нельзя пренебрегать, в особенности в местах резкого изменения давления и скорости на поверхности и у кромок паруса, и которые вызывают вихревые движения воздуха, бесполезно поглощающие значительные количества энергии ветра. Т. к. кроме этого теоретич. выводы, давая общую картину явлений, страдают неточностями, зависящими от ряда допущений и условностей, вводимых при рассмотрении вопроса, то наиболее надежные основания для расчетов, как и в случае сопротивления воды, получаются путем обработки результатов испытания моделей в аэродинамич. трубе.

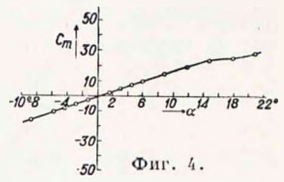


Фиг. 2.



Фиг. 3.

В целях сравнения между собой различных испытаний, результаты последних изображаются зависимостями между величинами нулевого измерения, что делает их постоянными для любой модели и скорости при испытаниях. Если R есть результирующая сила действия ветра на парус (фиг. 1), то ее величина м. б. выражена ф-лой Ньютона:



Фиг. 4.

$$R = C_r \frac{\gamma}{2g} F \cdot v^2,$$

где C—уже переменный, эмпирически определяемый коэф-т, получаемый из опыта, а F—площадь (пластины паруса). Величина

$$\frac{\gamma}{2g} v^2 = q$$

называется подпорным давлением и в теории П. (пренебрегая изменениями γ от давления и $t°$ воздуха и беря значения γ при нормальных условиях: 760 *мм* давления и 10°) можно считать $\gamma = 1{,}25$ *кг/м*³; тогда

$$q = \frac{1{,}25}{2 \cdot 9{,}81} v^2 \cong \frac{1}{16} v^2,$$
$$R = \frac{1}{16} C_r \cdot F \cdot v^2.$$

Физич. коэф. C_r—давление ветра на парус площадью $F = 1$ *м*² при скорости ветра $v = 4$ *м/сек* определяется из опыта.

$$R = C_r \cdot q \cdot F.$$

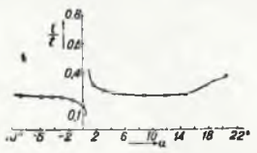
Обычно определяют величины движущей силы A и силы сопротивления W, выражая их через коэф-ты C_a и C_w:

$$A = C_a \cdot q \cdot F,$$
$$W = C_w \cdot q \cdot F.$$

Зная C_a и C_w, можно найти R и угол этой силы с направлением ветра. Положение точки приложения силы R (центра давления) определяется из ур-ия моментов (фиг. 1)

$$M = N \cdot l = C_m F q \cdot t.$$

Коэф-ты C_r, C_a, C_w и C_m зависят: от угла встречи α, соотношения сторон паруса, его выпуклости и формы. Эти зависимости исследованы эмпирически (Croseck, Eiffel) для твердых пластин, имеющих размеры и форму паруса. Фиг. 2 дает зависимость $C_a = f_1(\alpha)$ для симметрич. профиля каплеобразной формы, полученную в результате аэродинамич. испытаний. На фиг. 3 дана функция $C_w = f_2(\alpha)$, на фиг. 4—$C_m = f_3(\alpha)$ и на фиг. 5—$\frac{l}{t} = f_4(\alpha)$, при этом



Фиг. 5.

$$\frac{l}{t} = \frac{C_m F \cdot q}{C_a F \cdot q} \cong \frac{C_m}{C_a}.$$

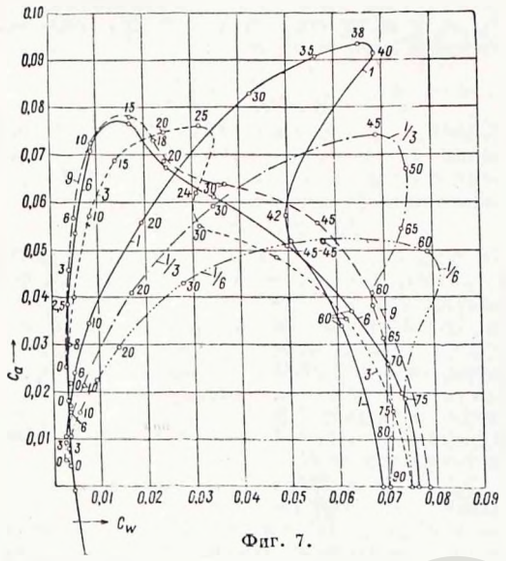
Обычно результаты аэродинамич. измерений при испытаниях наносятся в форме $C_a = \varphi(C_w)$, тогда каждой точке этой кривой (фиг. 6) будет отвечать определенный угол встречи α, к-рый и обозначается при этой

точке; при этом масштаб C_w берется в 5 раз больше масштаба C_a. Для использования в теории П. таких диаграмм их следует строить в одинаковом масштабе для C_w и C_a. Тогда любая прямая, соединяющая точки кривой $C_a = \varphi(C_w)$ с началом координат, дает величину C_r при соответствующем угле встречи; на чертеже построено C_r для $\alpha = 14{,}4°$.



Фиг. 6.

Весьма важно знать составляющие силы R по направлению движения судна и перпендикулярно к нему; обозначив соответствующие коэф-ты через C_l и C_q, можно найти последние из диаграммы испытаний, построив геометрическое место оснований перпендикуляров, опущенных из точки O на касательные к кривой $C_a = \varphi(C_w)$, т. е. подножную кривую к последней. Так, на фиг. 6, проводя

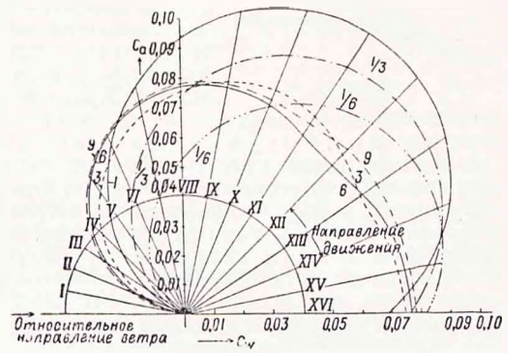


Фиг. 7.

касательную BA к кривой в точке $\alpha = 14{,}4°$ и опуская на нее перпендикуляр OA, получаем точку A новой кривой OAB—к у р с о в о й д и а г р а м м ы. Отрезки OA и AB дадут величины C_l и C_q в масштабе диаграммы $= C_a = \varphi(C_w)$ для движения судна по VI румбу левого галса, считая румбы от направления ветра, к-рое на диаграмме принято постоянным. Точки курсовой диаграммы позволяют найти величины C_l, C_q и наивыгоднейший угол встречи. Так напр., для курса по VI румбу, проводя касательную AB к кривой $C_a = \varphi(C_w)$, получаем $C_l = OA$ и $C_q = AB$, $\alpha = 14{,}4°$. Аналитически:

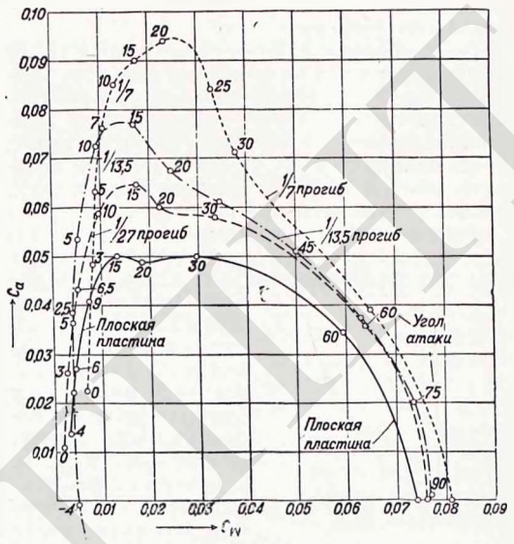
$$\left.\begin{aligned} C_l &= C_a \sin\varepsilon - C_w \cos\varepsilon \\ C_q &= C_a \cos\varepsilon + C_w \sin\varepsilon \end{aligned}\right\}, \qquad (1)$$

где ε—к у р с о в о й у г о л. На фиг. 7 тонкой сплошной кривой представлена функция



Фиг. 8.

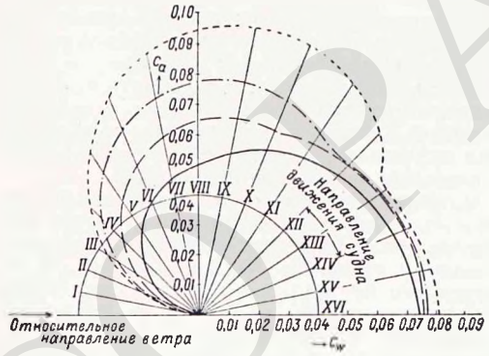
$C_a = \varphi(C_w)$ для прямоугольной пластины при разных углах встречи, а на фиг. 8 такой же линией изображена курсовая диаграмма в ее обычном виде, без зависимости $C_a = \varphi(C_w)$. Величины C_l находятся как расстояния от O до кривой по направлению данного курса, а величины C_q м. б. получены аналитически. Из ф-л (1) вытекает, что при острых курсо-



Фиг. 9.

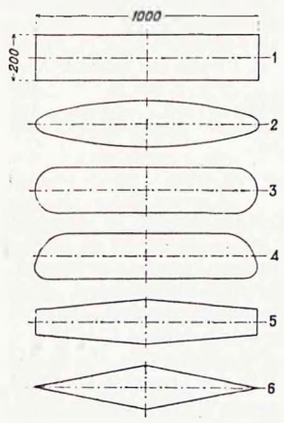
вых углах ($\varepsilon < 90°$) C_a должно быть большим, а C_w—малым для получения наибольшего C_l; при полных курсах ($\varepsilon > 90°$) величина C_l не уменьшается с увеличением C_w, а увеличивается. Т. к. C_w увеличивает дрейф и крен судна, то его в обоих случаях следует иметь минимальным. Т. о. величина C_a дает скорость судну, а C_w влияет на его крен и дрейф, что следует иметь в виду при изучении диаграмм $C_a = \varphi(C_w)$.

Влияние отношения сторон паруса видно из фиг. 7 и 8, где разным пунктиром обозначены диаграммы для отношения высоты паруса к его ширине: $9 \div 1/6$. Эти диаграммы показывают, что при близких к ветру курсах (до VI румба) наиболее выгодны высокие, узкие паруса (гафельные), при более полных (VI—XIV румбы)—квадратные и при ветре в корму (XIV—XVI)—широкие низ-



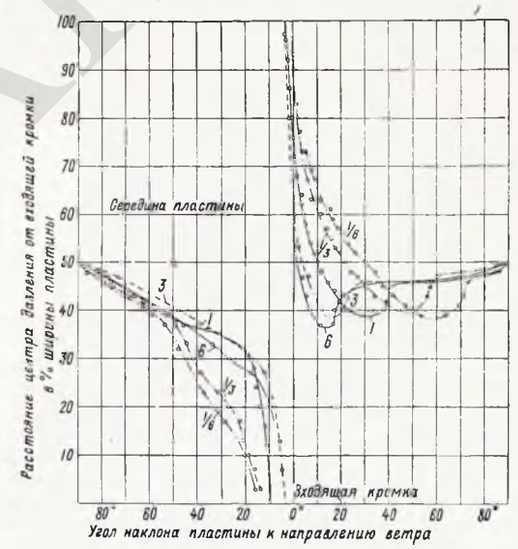
Фиг. 10.

кие. Различный ход кривых объясняется различной величиной *индуктивного сопротивления* (см.); выделяя последнее, можно значительно уменьшить число экспериментов. Из фиг. 8 вытекает теоретич. целесообразность применения многомачтовых шхун с гафельными парусами, имеющими на передних мачтах выше гафельных прямые паруса для полных курсов. Такое судно при соответствующем выборе поставленных парусов использует свою П. наиболее выгодно в зависимости от направления ветра.



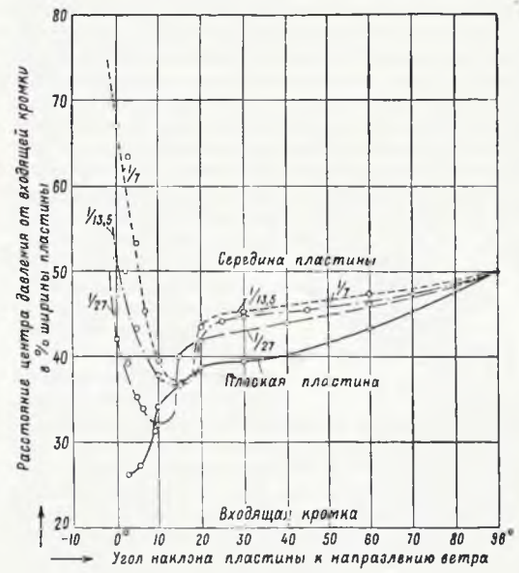
Фиг. 11.

Влияние выпуклости паруса дано на фиг. 9 и 10 для стрел прогиба пластинки $0 \div 1/7$. На основании теоретических и практич. данных в настоящее время предпочитают пузатый покрой паруса, между тем как недавно на гоночных яхтах ставились исключительно плоские паруса. Наиболее выгодная выпуклость не может быть определена из опытов над пластинами, т. к. мягкая поверхность паруса может иметь различную выпуклость в зависимости от направления ветра (угла встречи). Практически наиболее выгодна стрела прогиба $1/7 \div 1/8$, что видно из диаграмм. Форма кривой пуза имеет второстепенное значение. Влияние контура паруса сказывается на величине индуктивного сопротивления. Узкая входящая шкаторина невыгодна при близких к ветру курсах и выгодна при полных, что является еще одним преимуществом гафельных парусов. Влияние контура паруса сравнительно мало изучено, и можно сказать только, что на полных курсах наиболее выгодна эллиптич. форма. Форма 2 (фиг. 11) увеличивает индуктивное сопротивление на 3—5%, формы 3, 4, 5 несколько меньше; форма 6 увеличивает его на 12%. Прямые паруса относительно



Фиг. 12.

выгодны (при полных курсах), паруса с острыми углами невыгодны, и у них эти углы следует закруглять. Положение центра давления показано для плоской прямоугольной пластины на фиг. 12 тонкой чертой; там же даны кривые для различного отношения сто-



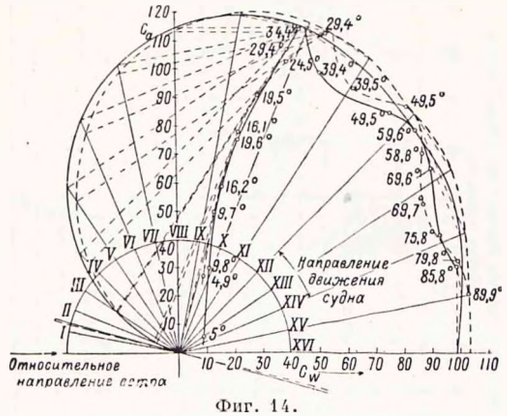
Фиг. 13.

рон; фиг. 13 дает влияние пузатости паруса на положение центра давления.

Переход от результатов испытания моделей к действительным скоростям и размерам как существующих, так и проектируемых судов для расчета парусности достигается

для струйного сопротивления при помощи закона аэродинамического подобия Рейнольдса (см. *Аэродинамика*).

На фиг. 14 приведены результаты испытания модели мягкого паруса, к-рые показывают близкое совпадение с испытанием соответствующих пластин. Нек-рое увеличение сопротивления объясняется наличием мачты у передней шкаторины паруса. Гафельный



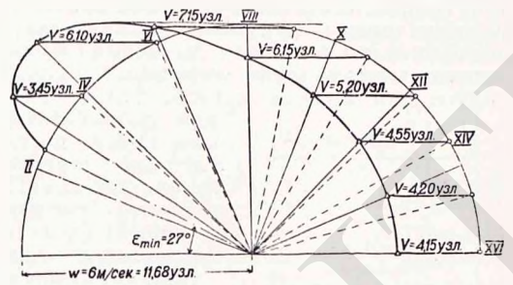
Фиг. 14.

парус начинает полоскать вследствие образования вихрей при угле встречи $\alpha < 20°$, а соответствующий квадратный даже при $\alpha < 30°$. Для курсов до 10 румбов наиболее выгодно устанавливать гафельный парус под углом встречи $\alpha = 25 \div 30°$ к направлению ветра, увеличивая его при более полных курсах до 90°. Практическое правило для установки парусов—углы между относительным направлением ветра и парусом и между парусом и курсом судна д. б. равны.

Сила действия ветра на парусное судно будет отличаться от результатов, полученных для теоретич. паруса, т. к. как: 1) последние не учитывают изменения среды от наличия движущегося корпуса судна; 2) рангоут и такелаж вызывают добавочное сопротивление; 3) разделение теоретич. паруса на отдельные паруса вызывает влияние потоков, обтекающих каждый из них друг на друга. Т. к. корпус судна находится в области малых изменений потоков ветра от наличия парусов, то его влиянием можно пренебречь. Опыты над влиянием мачт показывают, что кромка паруса должна плотно прилегать к мачте и изменением профиля последней можно достичь уменьшения вредного сопротивления. Исследование влияния такелажа затрудняется тем, что: а) сопротивление его (закругленных цилиндрич. поверхностей) в виду образования вихрей не следует закону подобия и в высокой степени зависит от числа Рейнольдса для действительного такелажа; б) форма такелажа не строго цилиндрическая; в) части его устанавливают на судне под разными углами к ветру. Опыты показывают, что сопротивление небольшого числа толстых снастей меньше, чем большого количества тонких. Влияние системы подразделения П. (типа парусного вооружения) различно для разных курсов. На курсах, близких к ветру, опять сказывается преимущество гафельного вооружения перед прямым. Параллельные ряды парусов работают подобно би-, триплан-ам в аэропланных конструкциях. Особенно интересны случаи такого размещения парусов, когда между ними для прохода ветра образуется узкое пространство, играющее роль насадка и увеличивающее движущую силу паруса. Применение профильных парусов с различным очертанием наветренной и подветренной поверхностей теоретически выгодно, но практически неприменимо, т. к. паруса д. б. пригодны для ветра с обеих сторон, т. е. симметричны. Достижения теоретического изучения парусности практически осуществились в создании *моторного судна* (см.).

Фиг. 15.

Влияние *ходкости судна* (см.) сказывается двояко: изменением направления ветра, действующего на паруса, и сопротивлением воды боковому движению судна (дрейфу). В зависимости от направления действит. ветра к направлению движения судна различают следующие курсы судна: ф о р д е в и н д—судно идет по ветру, к-рый дует в корму, б а к ш т а г—ветер дует из румбов IX—XV (сбоку сзади), г а л ф и н д, или полветра,—ветер дует из VIII румба (сбоку), б е й д е в и н д—ветер дует из более острых румбов (сбоку спереди). При движении судно



Фиг. 16.

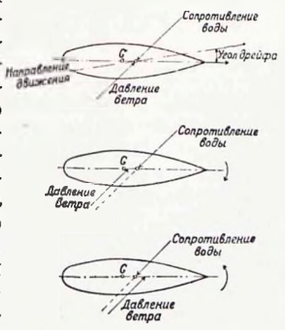
испытывает ветер действительный W и возникающий от его хода лобовой ветер v, вследствие чего относительное направление ветра получается геометрич. сложением величин v и W, что выполнено на фиг. 15 при условии v=Const. Для фордевинда $V = W - v$; для парохода, идущего против ветра $V = W + v$. На курсах, близких к ветру (румбы II—IX), действующий на П. кажущийся ветер больше, а на полных курсах (румбы X—XIV) он меньше действительного W. Кроме того кажущийся ветер составляет с курсом корабля более острый угол, чем действительный. Т. о. судно по мере увеличения скорости подвергается действию ветра, заходящего к носу. Фиг. 15 отличается от предыдущей тем что на ней направление движения судна постоянно, а ветра переменно, тогда как на курсовых диаграммах наоборот. В действительности скорость судна различна в зависимости от курса, поэтому пунктирный круг фиг. 15 превращается в кривую, показанную жирно на фиг. 16. Из последней видно, что наименьший угол между ветром и курсом $\varepsilon = 27°$; обычно в зависимости от вооружения он лежит между IV и VI румбами. При необходимости движения по курсу $\varepsilon < \varepsilon_{min}$ судно должно лавировать, т. е. итти переменными галсами под углом $\varepsilon > \varepsilon_{min}$ (зигзагами). Наивыгоднейший угол лавировки получают из полярной диаграммы фиг. 17, где по румбам отложена относит. скорость судна; крайняя касательная к кривой дает направление наивыгоднейшего (для приближения к цели) курса; на фиг. 17 $\varepsilon_0 = 52°$.

Учитывая действие кажущегося ветра на паруса, рангоут, такелаж и подводный корпус судна, можно представить это действие замененным одной результирующей силой, приложенной в центре давления. Эта сила, вызывая движение судна, возбуждает реакцию сопротивления воды подводной части



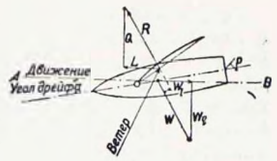
Фиг. 17.

судна, приложенного в центре сопротивления. Силы давления ветра и сопротивления воды должны лежать в одной вертикальной плоскости (фиг. 18, верхний чертеж), в противном случае судно будет или отходить от ветра (нижняя схема) или приводиться к ветру (средняя схема). В обоих случаях судно не будет держаться на курсе, причем второй случай не допустим, т. к. если судно имеет свойство отходить от ветра, то оно не способно к повороту через направление ветра (оверштаг), к-рый иногда необходим. Однако точный теоретическ. подсчет сил давления ветра и сопротивления воды и определение положения их точек приложения—



Фиг. 18.

невозможны, т. к. помимо сложностей самого расчета положение центров переменно и различно при разных курсах в зависимости от угла встречи и крена судна. Задача конструктора сводится к ограничению их перемещения, что легче достичь при гафельном вооружении. Поэтому производят так наз. у с л о в н ы й р а с ч е т. Определяют положение ц е н т р а П., к-рый принимают за центр давления, и ц. т. подводной части диаметральной плоскости — ц е н т р б о к о в о г о с о п р о т и в л е н и я, к-рый принимают за точку приложения силы бокового сопротивления воды. П. проектируют так, чтобы центр ее был несколько впереди центра бокового сопротивления, т. к. последний при ходе корабля смещается несколько вперед. Это расстояние из опыта установлено следующим: для кораблей и шхун с прямыми парусами в среднем $0{,}06 \div 75L$, для гафельных шхун в среднем $0{,}039L$, где L—длина судна. Кроме того отношение момента площади передних парусов к моменту площади задних парусов относительно середины грузовой ватерлинии должно быть следующим: для судов с острыми обводами от 1 : 0,72 до 1 : 0,78; для коротких широких судов от 1 : 0,76 до 1 : 0,82; для шхун с прямыми парусами от 1 : 0,82 до 1 : 0,92. При подсчете в нек-рых случаях (яхты, крен судна) следует учитывать изменение скорости ветра в зависимости от высоты над уровнем моря. Если качества судна после постройки неудовлетворительны, то их можно исправить: 1) изменением П.—увеличивая или уменьшая передние или задние паруса; 2) изменением положения мачт—перестановкой или изменением наклона мачт; 3) изменением посадки судна — перемещением балласта или груза вперед или назад; 4) изменением формы корпуса—увеличением дейдвуда, укреплением новых досок, или уменьшением имеющегося (почти невозможно).



Фиг. 19.

На фиг. 19 изображены силы, действующие на парусное судно на ходу. Давление ветра R, как указано выше, м. б. разложено на движущую силу L и силу сопротивления (ветра) Q. Обе вызывают движение судна; но т. к. сопротивление воды, также разлагаемое на составляющие W_l и W_q, в продольном направлении в 10 раз меньше, чем в поперечном, т. е. $W_l \cong 10W_q$, то и движение судна получается вперед с нек-рым сносом (дрейфом) вбок по линии AB, не совпадающей с диаметральной плоскостью судна, поэтому силы L и W_l следует брать в направлении движения судна, а не его диаметральной плоскости. В начале движения $L > W_l$, при установившемся движении $L = W_l$ и $Q = W_q$. Силы R и W_q практически не лежат в диаметральной плоскости и их приходится уравновешивать перекладкой руля (сила p). Силы L и W_l не лежат также в одной горизонтальной плоскости, что вызывает незначительный диферент на корму, к-рый мы не рассматриваем. Силы Q и W_q помимо дрейфа вызывают крен судна, т. к. также расположены в разных вертикальных плоскостях; влияние крена настолько велико, что проблема П. тесно увязывается с остойчивостью, т. к. помимо уменьшения опасности опрокидывания меньший крен обусловливает меньшее сопротивление воды и больший ход судна. Из двух парусов, дающих одинаковую составляющую L, следует выбирать дающий меньшую составляющую Q, на что уже указывалось выше. Существует ряд эмпирич. зависимостей, определяющих полную площадь всех парусов S в зависимости от площади грузовой ватерлинии, миделя, диаметральной плоскости, смоченной поверхности и водоизмещения; последняя выражается

$$S : D^{\frac{2}{3}} = k,$$

где $k = 120 \div 160$ для кораблей, барков и бри-

гов; для яхт спортивных $k = 180 \div 200$. При необходимости увеличивать скорость судна новая П. определится из:

$$S_1 = S\frac{D_1^{\frac{2}{3}}}{D^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{v_1^2}{v^2},$$

где значки $(_1)$ относятся к измененным заданиям; при том же водоизмещении

$$S_1 = S \cdot v_1^2 : v^2.$$

Однако расчет П. следует тесно связывать с остойчивостью. На ходу парусное судно имеет крен φ_0, к-рый не должен превышать: для кораблей 4°, барков и бригов 5°, пароходов 6°, для шхун, катеров 7° и яхт 8÷10°. Из фиг. 20 действительный угол крена (в радианах) определяется из

$$\sin\varphi = \frac{Q \cdot h}{P \cdot MG},$$

где P—сила тяжести и MG—метацентрическая высота, Q —кренящая сила, h—ее плечо. Вводя площадь всех парусов $S = kQ$, получаем

$$\frac{S \cdot h}{P \cdot MG} = k \sin\varphi = \varepsilon,$$

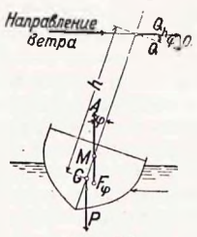
где ε—эмпирическая величина; она равна: для рейсов в Индийском и других океанах 26÷24, для Атлантич. океана 24÷21, для европ. вод 21÷19, для большого каботажа 19÷17, для малого каботажа 17÷14.

Величина ε наибольшая—для больших кораблей, меньшая—для шхун с прямыми парусами и еще меньшая—для шхун с гафельным вооружением. Для проверки условий остойчивости строят (фиг. 21) диаграмму статич. моментов (см. *Остойчивость судов*) и кривую моментов силы ветра. При равном ветре от момента AD судно накренится на угол 18°, определяемый точкой F; при шквале: наибольший угол крена будет 37° и определится точкой H, причем $ADE = EGH$. Величина момента силы ветра, определяющая размер П., будет

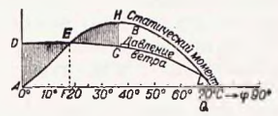
$$M_{max} = k'M,$$

где $M = AD$ при угле AF не большем данной выше величины, а $k' = 0{,}5 \div 1{,}0$ в зависимости от типа судна и условий его плавания. Определенная из условий остойчивости величина S распределяется между мачтами в зависимости от типа судна (табл. 1).

Размещение и размеры рангоута определяются величиной k'' как входящим аргументом—отношением П. фок-мачты к S. Величина силы ветра и давления воды м. б. определена из испытания моделей судна в гидроканале и аэродинамич. трубе. Положение центров для условного расчета определяется чисто геометрически, причем учитывают в зависимости от

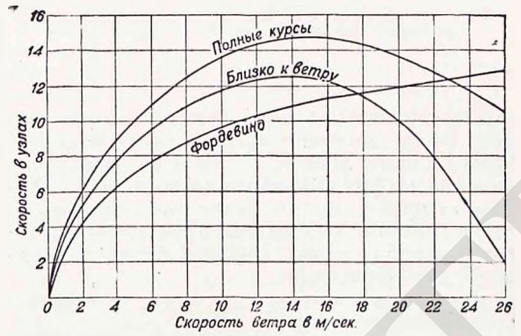


Фиг. 20.



Фиг. 21.

типа лишь следующие паруса: для мачт с полным вооружением—нижние паруса, марсели и брамсели, для мачт с гафельным вооружением—гафельные паруса и топсели, для бугшприта—1—2 кливера и стаксель или фор-стеньги-стаксель. Определение скорости парусного судна при любом курсе мо-



Фиг. 22.

жет быть в настоящее время теоретически определено только для идеального случая при следующих допущениях: сопротивление воды пропорционально v^2, дрейф равен 0, сопротивление воды не зависит от крена и волнения, действительный ветер постоянен по силе и направлению и не меняется по высоте; паруса поставлены наиболее рационально. На фиг. 16 и 17 представлены такие диаграммы для $w = 6$ *м/сж*. Эти диаграммы строятся для разного направления кажущегося ветра одинаковой силы, после чего делается переход к действит. ветру одинаковой силы для разных направлений. Скорость современных парусных судов приведена в табл. 2.

Как видим, наибольшая скорость достигается при курсе в полветра; падение ее при иных курсах происходит вследствие уменьшения C_a. При уменьшении это правило нарушается, т. к. при более сильном ветре уменьшается парусность взятием рифов или уборкой верхних парусов. На фиг. 22 показаны кривые скоростей для большого 4-мачтового барка.

Табл. 1.—Распределение площади парусов S между мачтами в процентном отношении.

Тип судна	Бугшприт	Фок-мачта	Грот-мачта	Средн. мачта	Главн. мачта	Крюйс, или бизань-мачта
		k''				
5-мачт. корабль	6,24	19,75	21,06	19,85	20,47	12,63
5-мачт. барк	6,52	21,24	22,48	21,32	22,35	6,09
4-мачт. корабль	6,00	26,30	26,30	—	26,30	15,10
4-мачт. барк	6,74	28,16	29,09	—	28,76	7,25
Корабль	8,36	34,13	35,98	—	—	21,53
Барк	9,27	32,28	30,58	—	—	12,87
Шхуна-барк	12,32	37,00	29,93	—	—	20,75
Бриг	15,40	35,00	49,60	—	—	—
Шхуна-бриг	16,04	47,20	36,76	—	—	—
Топсельная шхуна	18,89	20,79	42,78	—	—	17,54
3-мачтовая »	19,43	21,84	38,30	—	—	20,43
2-мачтовая »	22,70	45,10	32,20	—	—	—
Гафельная »	27,65	28,11	44,34	—	—	—
Люгер	31,17	50,69	—	—	—	18,14
Куттер	31,00	69,00	—	—	—	—

Табл. 2.—Скорость парусных судов.

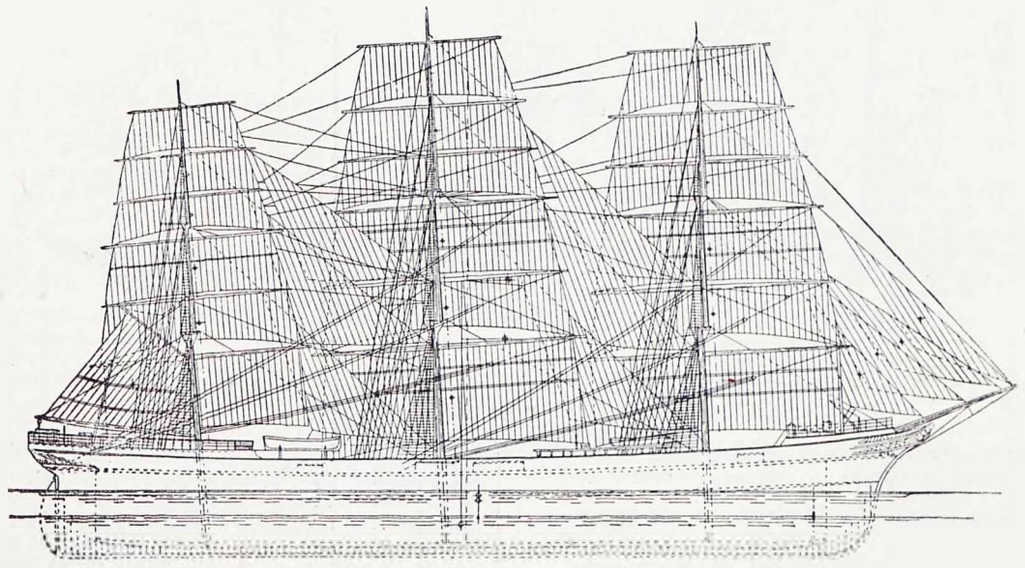
При силе ветра по Бофорту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Для курса	В среднем в узлах									
По VI румбу	1,3	3,1	4,7	6,3	6,7	7,6	7,8	—	—	—
» VIII »	1,6	3,6	5,5	7,3	8,4	9,2	9,5	8,5	7,7	10
» X »	1,6	3,1	5,1	7,1	8,6	10,6	10,2	10,3	10,6	10
» XII—XIV румбу	1,5	3,5	5,9	6,7	8,8	9,7	10,3	11,1	12,5	11

Рассмотренные выше отношения $C_a : C_w$ характеризуют парусное судно с аэродинамической стороны, отношения $V : v$ характеризуют его гидродинамич. свойства. В виду ограничения условиями остойчивости последнее отношение на судах не м. б. повышено значительно. На буерах благодаря незначительному трению льда это отношение достигает 2, скорость доходит до 125 *км/ч*, и использование аэродинамич. возможностей П. достигает практич. предела.

Лит.: Миддендорф Ф., Рангоут и такелаж судов, пер. с нем., СПБ, 1905; Schwarz T., Die Entwicklung des Kriegsschiffbaues von Altertum bis zur Neuzeit, Lpz., 1909; Eiffel G., Der Luftwiderstand u. der Flug, B., 1912; Fuchs R., Hopf L., Aerodynamik, B., 1922; Flettner A., Die Anwendung d. Erkenntnisse d. Aerodynamik zum Windantrieb von Schiffen, B., 1924/25; Flettner A., Mein Weg zum Rotor, Lpz., 1926; Betz A., Der Magnuseffekt d. Grundlage d. Flettnerwalze, «Z. d. VDI», 1925, 3. p. 1; Curry M., Die Aerodynamik des Segels, Diessen vor München, 1925; Bader H., Beitrag zur Theorie des Segelns, Karlsruhe, 1925; Ackeret J., Das Rotorschiff u. seine physikalischen Grundlagen, 2 Aufl., Göttingen, 1925. **Р. Тишбейн.**

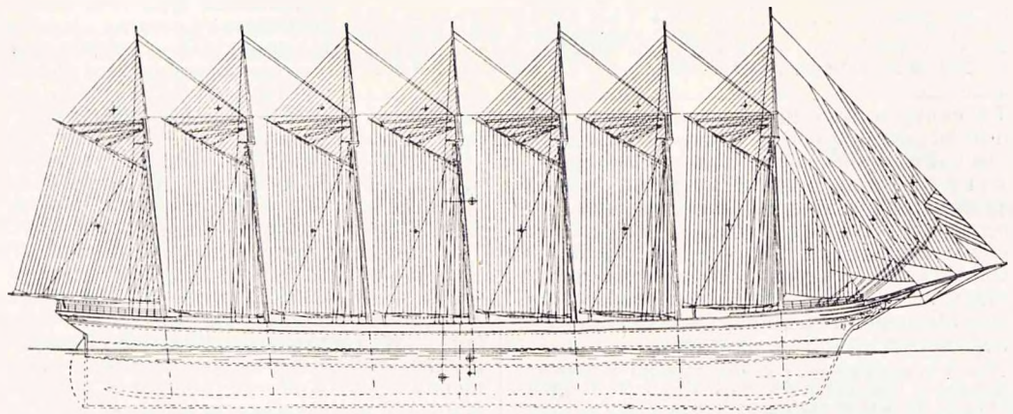
ПАРУСНЫЕ СУДА приводятся в движение силой ветра, действующей на паруса (см. *Парусность* и *Парусное вооружение*), составляющие вместе с рангоутом и такелажем устройство, воспринимающее силу ветра и передающее его корпусу судна. В настоящее время на П. с. устанавливают кроме парусов небольшой вспомогательный двигатель на случай отсутствия ветра (штиля), противного ветра и для маневрирования на узком фарватере, при входе в гавань без помощи буксиров. Расчет П. с. по сравнению с паровыми и моторными упрощается, т. к. в уравнении плавучести отсутствует переменный вес механизмов как функции главных размеров. Главные размеры: L—длина, B — ширина и T—осадка, определяются по заданной грузоподъемности P_1 (к-рая составляет 65÷75 % веса нагрузки всего судна P); водоизмещение будет $V = P : 1{,}025 \cdot 1{,}008 = P : 1{,}033$ *м*³, где 1,025—плотность морской воды, а 0,008—поправка на выступающие части и наружную обшивку. Обозначая δ коэф. общей полноты, имеем: $V = \delta \cdot L \cdot B \cdot T$. Для больших парусных судов можно принять $\delta = 0{,}68$; $L : B = 6$; $T : B = 0{,}5$, тогда $V = 0{,}68 \cdot 3 \cdot B^3 = 2{,}04B^3$. Отсюда определятся B и другие главные размеры. Т. к. высота борта H составляет: $T : H = 0{,}77 \div 8{,}1$, то можно найти вес судна на 1 *м* водоизмещения $P = L \cdot B \cdot H = k$; величина k обычно 160÷170 *кг*, что и может служить поверкой.

Само проектирование корпуса судна ведут обычными приемами при помощи метода последовательного приближения, уточняя по мере надобности найденные размеры. Отсутствие механизмов дает возможность иметь большие трюмы, к-рые используют для перевозки грузов. Современные большие П. с. строятся из мягкой судостроительной стали, малые каботажные суда—из дерева (см. *Деревянное судостроение*). П. с. по типу разделяются в зависимости от парусного вооружения отдельных мачт. Основные типы: корабль—трех-, четырех- или пятимачтовое судно, все мачты к-рого имеют прямые паруса (полное вооружение) (фиг. 1). Кроме главного паруса (фок, грот и бизань) на каждой мачте устанавливаются: двойные марсели и брамсели, бом-брамсель и иногда ставятся трюмсели и лисели. Между мачтами устанавливают косые паруса: стаксели (ме-



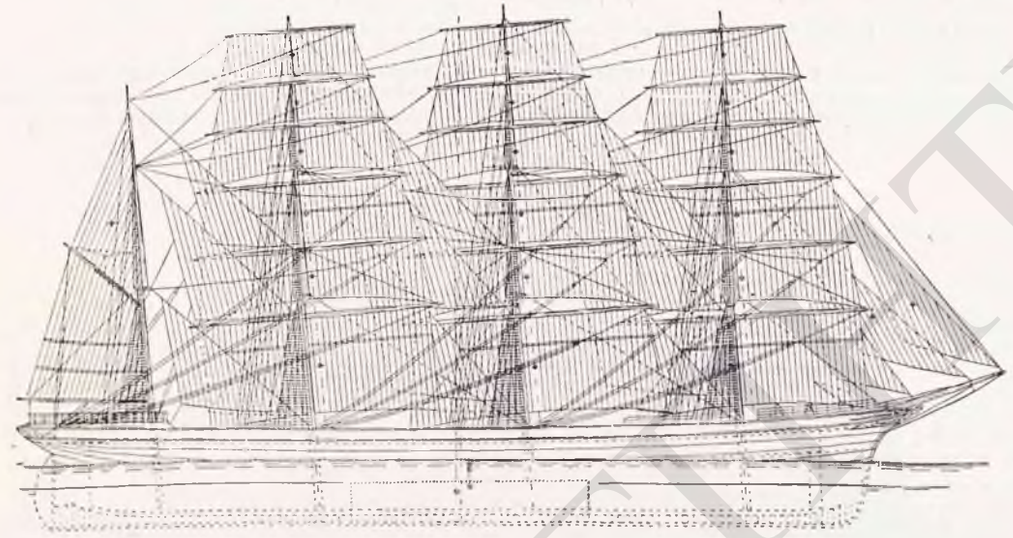
Фиг. 1.

жду мачтами) 3—4 ряда, трисели и на бугшприте фор-стеньги-стаксель и 3 кливера (мидель-стаксель, кливер и бом-кливер). Противоположный тип — гафельная шхуна (фиг. 2), имеющая 2—7 мачт, каждая из



Фиг. 2.

к-рых несет гафельное вооружение. На каждой мачте кроме главного гафельного паруса имеется еще гафель-стаксель (топсель) вспомогательный. В носу кроме 4 основных парусов устанавливается у самой мачты фор-стаксель. Все главные типы П. с. предста-



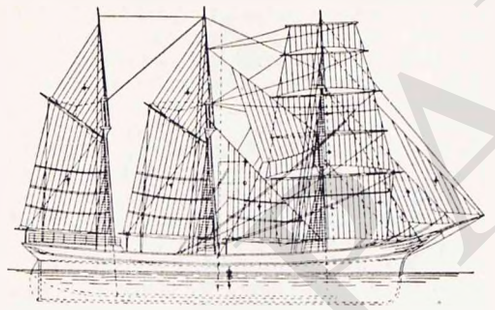
Фиг. 3.

вляют те или иные комбинации этих двух основных типов, а именно:

Наименование типов	Парусное вооружение мачт		
	передней	средней	задней
Корабль	Полное	Полное	Полное
Барк	»	»	Гафельное
Шхуна-барк . .	»	Гафельное	»
Гафельная шхуна	Гафельное	»	»
Бриг	Полное	—	Полное
Шхуна-бриг . .	»	—	Гафельное
Гафельная шхуна	Гафельное		»

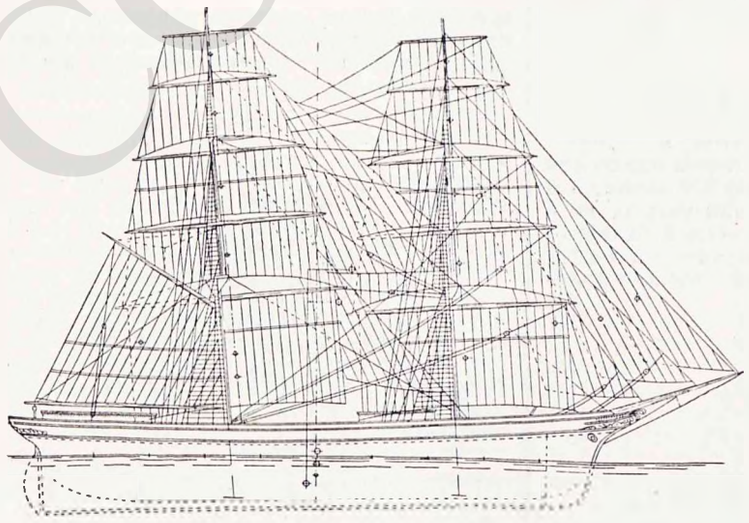
Барк (фиг. 3) имеет прямое вооружение на всех мачтах кроме задней, к-рая несет гафельное вооружение; косые паруса те же, что и на корабле. Число мачт 3—5. Шхуна-барк (фиг. 4) имеет две мачты с гафельным вооружением. Бриг (фиг. 5) имеет обе мачты с прямым вооружением, косые паруса между мачтами, фор-стеньги-стаксель и кливера.

Выбор того или иного типа вооружения определяется величиной, назначением и районом плавания корабля. Шхуны, шхуна-барки и барки—наиболее употребительны; брига строятся теперь очень редко, а корабли выбираются в тех случаях, когда требуемая парусность при барковом вооружении дает слишком длинные реи (больше 30 м). Приведенная диаграмма на фиг. 6 указывает наиболее пригодные типы П. с. и число мачт для них в зависимости от регистрового тоннажа. Римскими цифрами обозначено число мачт, а арабскими—количество мачт с полным вооружением из общего числа их. Штриховкой показаны типы, к к-рым можно переходить, минуя заштрихованные иначе; так, если шхуна-барк мал, то можно перейти к кораблю. При выборе типа следует иметь в виду аэродинамические достоинства каждого и вопросы обслуживания. Суда с



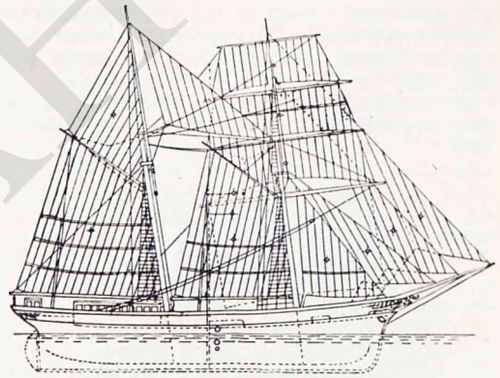
Фиг. 4.

косыми парусами аэродинамически выгоднее полновооруженных, но их полезность падает на полном бакштаге; во избежание этого косые паруса усиливают прямыми, ставящимися на курсах, близких к фордевинду. Обслуживание судов с гафельными парусами также требует значительно меньшего количества людей, чем для полновооруженных судов. Барки и шхуны—суда, наиболее пригодные в настоящее время.



Фиг. 5.

Улучшение парусности гафельных шхун для попутных ветров достигается постановкой на передних мачтах поверх гафельного



Фиг. 7.

паруса прямых парусов: двойных топселей (марселей) и брамселя; кроме того снизу ставят брифок (непостоянный фок). Таким путем получают шхуну (фиг. 7) с одной мачтой комбинированного вооружения и двумя задними с гафельным вооружением, а также топсельную шхуну с двумя комбинированными мачтами. На этих судах помимо брифока устанавливается еще фор-стаксель и стаксель между мачт, один в первом случае, два—во втором. Шхуны м. б. и с двумя мачтами, причем первая—с комбинированным вооружением, а вторая—с гафельным. Иногда гафельные стаксели заменяют рейковыми топселями (лоцманская шхуна).

Яхты имеют характерные обводы корпуса и плоские сильно-развитые паруса. По вооружению бывают след.: шхуна-яхта (фиг. 8) с развитой парус-

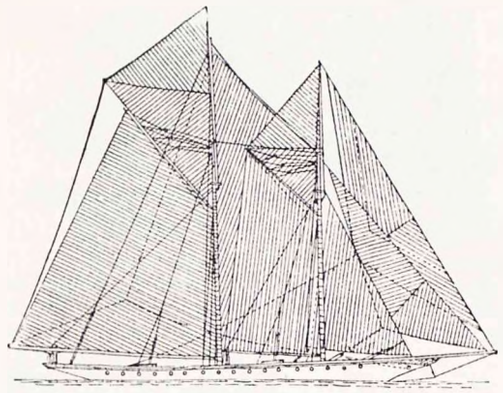


Фиг. 6.

ностью на грот-мачте и летучим фоком; кетч с развитым вооружением на передней мачте—рейковый топсель, летучий кливер

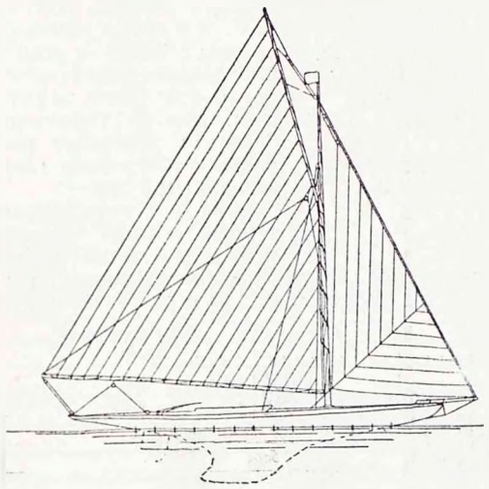
с маленькой мачтой в корме; я л (фиг. 9), с вооружением кетча, но гафель-стакселем, установленным на лисель-спиртах и маленькой выносной бизанью с португальским парусом (вертикальный гафель); ш л ю п—два паруса—португальский грот и стаксель (см. фиг. 10).

Из одномачтовых судов отметим: к у т т е р (или тендер) (фиг. 11), имеющий косой



Фиг. 8.

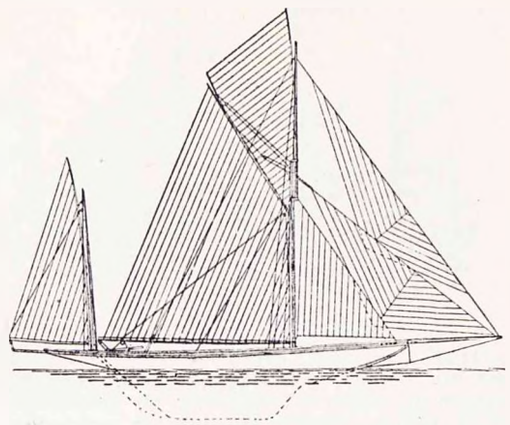
грот, рейковый топсель, фор-стаксель и кливер, а иногда еще брифок и бом-кливер с горизонтальным бугшпритом; л ю г е р—полуторамачтовое судно с гафель-стакселем на спиртах вместо рейкового топселя, а в остальном вооруженный, как тендер, но с более низкой мачтой и выносной бизанью, имеющей гафельное вооружение; г а л и о т с несколько большей задней мачтой и полу-



Фиг. 9.

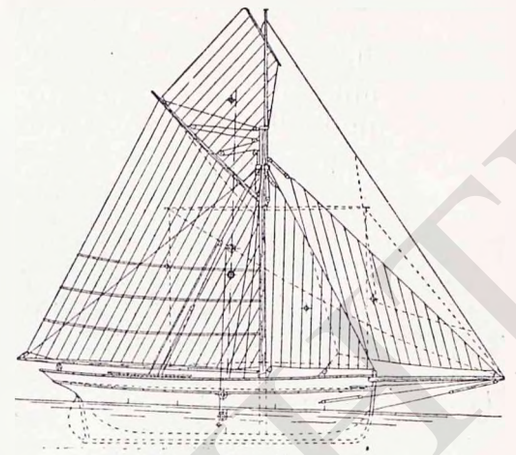
стакселем, наклонным бугшпритом с фор-стакселем, фор-стеньги-стакселем, кливером и бом-кливером; такое же судно с приподнятой кормой—г а л е а с.

Наконец существует целый ряд мелких судов, гл. обр. каботажных, имеющих местное распространение и название. Голландские и немецкие: б о т с парусностью люгера, но с одной мачтой; т ь я л к с тупыми обводами и более низкой мачтой (фиг. 12), хорошо движущийся в каналах и имеющий с боков опускные шверты для уменьшения дрейфа; к у ф ф с вооружением галиота, но мачтами однодеревками; к у ф ф-т ь я л к—тьялк с выносной бизанью. Сюда относятся и



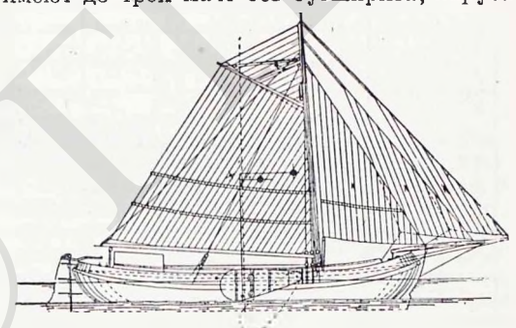
Фиг. 10.

турецкие фелуки, носящие парусность средневековых галер; барки, габароты, беломорские карабасы с прямым рейковым воору-



Фиг. 11.

жением; китайские джонки—седловатые суда с широкой кормой и плоскодонные. Они имеют до трех мачт без бугшприта, паруса



Фиг. 12.

из циновок или дранок с горизонтальными жердями, благодаря чему парус легко подбирается. Джонки легки на ходу, маневрируют, но сильно дрейфуют. Интересны малайские и полинезийские суда и плоты (катамараны) с балансирами, увеличивающими остойчивость судна. Суда одно- и полуторамачтовые легко управляются и некоторые из них ходят близко к ветру (тендер), но они сравнительно невелики и пригодны для небольших рейсов. Современные П. с. несколько отличны от бывших в середине 19 в. фрегатов и барков, во-первых, развитием класса шхун, во-вторых, использованием достоинств клиперов, имевших острые обводы и несколько более низкие мачты, но с более длинными реями, чем у фрегата.

Применение парусных судов уменьшается и сохраняется гл. обр. в каботажн. рейсах, так как срочность перевозок требует увеличения скоростей грузовых пароходов выше стандартных (до недавнего времени 8—10 узлов). Парусные суда закончили свое развитие и сохраняют значение лишь спортивных и учебных; поэтому даже коренное изменение их принципа (роторные суда) не может остановить их вытеснения более быстроходными судами с механическим двигателем.

Лит.: М и д д е н д о р ф Ф., Рангоут и такелаж судов, перевод с немецкого, СПБ, 1905; J o h o w-F o e r s t e r E., Hilfsbuch für den Schiffbau, 5 Aufl., B. 1, B., 1928.

Р. Тишбейн.

ПАРФЮМЕРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО охватывает выработку группы парфюмерно-косметич. изделий, основное назначение которых в придании коже, волосам, одежде, белью и т. д. приятного запаха, без дезинфекционного или лечебного эффекта (см. *Косметические препараты*). Парфюмерные изделия поэтому представляют по своему составу смеси *душистых веществ* (см.), разбавленные каким-либо не имеющим собственного запаха растворителем. Помимо этого к парфюмерным изделиям относятся нек-рые специальные продукты, служащие для ароматизации воздуха в помещениях. Некоторая часть парфюмерных изделий имеет определенное гигиенич. назначение, например одеколоны при бритье. Развитие П. п. идет параллельно с развитием производства косметич. препаратов; оба производства обычно организационно объединены на одних ф-ках, с применением однородного сырья. П. п. подчиняется общему законодательству, устанавливающему контроль с целью недопущения применения ядовитых или вредно-действующих веществ (например метилового спирта).

Классификация парфюмерных изделий производится, исходя из состава и отчасти назначения. Д у х а м и называются растворы душистых веществ в спирте высокой концентрации (не ниже 90°), причем содержание душистых веществ не ниже 6—7%; гигиенич. назначения духи не имеют. По характеру запаха духи бывают с цветочными и фантастич. (не имеющими полной аналогии в природе) оттенками. О д е к о л о н представляет собою также раствор душистых веществ в спирте, причем концентрация спирта допускается 70°, а содержание душистых веществ — 3—4%. Характерным признаком одеколонов является значительное присутствие в составе отдушки *агрумовых масел* (см.). Под названием т р о й н о г о о д е к о л о н а, представляющего основной тип этого вида изделий, понимается продукт, отдушенный исключительно агрумовыми маслами, в отличие от цветочного одеколона, который кроме того содержит другие душистые вещества и имитирует запах цветов. Р у с с к и е о д е к о л о н ы представляют тип, близкий к цветочным одеколонам; они бывают как цветочных, так и фантастич. запахов; отличием их является нек-рая примесь пряных запахов и большая устойчивость. Одеколоны рассматриваются как препараты, имеющие гигиенич. значение. Т у а л е т н ы е в о д ы характеризуются как растворы душистых веществ в слабом спирте (50—60°), хотя некоторое время были в ходу туалетные воды с более низкой концентрацией спирта (10°). Содержание душистых веществ не превышает 3%. Б е з а л к о г о л ь н ы е д у х и представляют по б. ч. растворы душистых веществ в труднолетучем растворителе, не имеющем собственного запаха (например бензойно-бензиловом эфире). Содержание отдушки колеблется от 20 до 40%. Т в е р д ы е д у х и (душистые карандаши) представляют растворы душистых веществ в церезине или парафине; содержание душистых веществ около 20%. За последние годы появились карандаши из искусственных масс типа галалита. Особую форму парфюмерных изделий представляют с а ш е, являющиеся в сущности разновидностью твердых духов. Саше имеют вид мешочков или подушек, в которых находится отдушенный порошок ирисового корневища (фиалкового корня) иногда в смеси с порошком из розовых лепестков, душистых смол и т. п. Содержание душистых веществ 5—10%. Саше кладут между теми вещами, которым желательно придать запах. К у р и т е л ь н ы е с в е ч и—смесь угля (б. ч. липового) и душистых смол, в форме палочек—предназначаются для ароматизации воздуха; при зажигании палочки медленно тлеют, и возгоняющиеся при этом душистые вещества ароматизируют воздух. Аналогичное значение и применение имеет к у р и т е л ь н а я б у м а г а, к-рая получается пропитыванием предварительно подготовленной бумаги раствором душистых смол и веществ. Применяются также душистые фитили и порошки. К у р и т е л ь н ы е в о д ы, применяющиеся также для ароматизации воздуха путем медленного испарения в специальных вазах с электрич. лампочкой, представляют растворы душистых веществ в спирте или воде. В большинстве случаев для этих изделий применяются хвойные эфирные масла, и испарение их может иметь гигиенич. значение, поскольку хвойные масла обусловливают образование озона в воздухе.

Т е х н о л о г и я. Сырье, применяемое в П. п., составляют две основные группы: растворители и душистые продукты. В качестве растворителя наибольшее значение имеет этиловый спирт, к которому предъявляются высокие требования в отношении чистоты. Преимущественно применяется тщательно ректифицированный картофельный или хлебный спирт, причем в П. п. применяется специальная денатурация эфирными маслами. Применение денатурированного обычными

способами спирта запрещено, равным образом как и применение метилового спирта (метанола). Применение виноградного спирта отражается на качестве парфюмерных изделий, но в производстве одеколона он все же находит применение. Наивысшего качества парфюмерный спирт получается из риса, и по некоторым данным во Франции для высшей парфюмерии применяется именно этот сорт. Из других спиртов за последнее время начинает входить в практику изопропиловый спирт. Из растворителей для безалкогольных духов применяются бензилбензойный, этилфталевый и некоторые другие сложные эфиры, к к-рым также предъявляются требования наивысшей чистоты. Душистые продукты в П. п. применяются также наивысшего качества и чистоты, поэтому обычно сорта, предназначаемые специально для П. п., бывают дороже. Ряд высокоценных душистых продуктов получается исключительно для П. п. (например нек-рые цветочные масла). В числе душистых веществ, применяемых в парфюмерии, находятся как изолированные, так и синтетические; однако до сих пор парфюмерные изделия в значительной степени используют натуральные продукты: *эфирные масла* (см.), получаемые при помощи отгонки водяным паром, и *цветочные масла* (см.), получаемые экстракцией, анфлеражем и другими способами. Помимо перечисленных душистых продуктов в П. п. применяют душистое природное сырье в необработанном виде, настаивая им спирт перед прибавлением главной массы душистых веществ, эфирных и цветочных масел. К этой группе относится *мускус* натуральный (см.), *амбра* (см.), *цибет* (см.), душистые смолы, рисовое корневище, душистые лишайники (см. *Дубовый мох*) и др. Для специальных видов парфюмерных изделий в качестве сырья применяется парафин, церезин, уголь и нек-рые другие материалы. Большое внимание д. б. уделено воде, которая в большем или меньшем количестве входит в состав почти всех парфюмерных изделий; требования П. п. лучше всего удовлетворяются дистиллированной водой; жесткость воды и присутствие в ней солей железа вызывают помутнение или окраску. Применение красителей в П. п. довольно ограничено, так как парфюмерные изделия выпускаются на рынок лишь слабо подцвеченными в желтый, зеленый и в редких случаях в фиолетовый цвет; применение находят растворимые в спирте растительные и искусственные красители. Большое значение для сбыта парфюмерных изделий имеет их упаковка. Для духов обычно применяются флаконы с притертой стеклянной пробкой, причем этим флаконам стремятся придать оригинальную форму. Дешевые сорта разливаются в мелкие флаконы более простого вида. Наряду с литым стеклом применение находят также шлифованные флаконы, матированные, с рельефным рисунком и различного рода художественной отделкой. Применяемая для одеколонов посуда имеет более простой вид, и форма ее иногда приноравливается к удобству пользования, напр. плоские флаконы для дороги, для сумочек и т. п.

Технологические процессы в общем чрезвычайно просты и требуют механизации только в последних стадиях. Подготовка спирта состоит в настаивании его на душистом сырье, б. ч. на измельченном фиалковом корне (корневище приса). Параллельно с подготовкой спирта ведется приготовление душистой смеси (отдушки), или композиции. Эта часть работ является одной из самых ответственных и в свою очередь распадается на несколько частей. Нек-рые виды душистого сырья, к-рые поступают на парфюмерную фабрику, должны быть переведены в спирторастворимую форму, т. е. из них приготовляют спиртовые вытяжки и тинктуры. Для этой цели цветочные помады (см. *Анфлераж*), твердые цветочные масла, мускус, цибет, растительное сырье и смолы заливают 25—100-кратным количеством спирта и оставляют в покое в течение нескольких суток. Остальные душистые продукты смешиваются с этими настойками, или тинктурами, по заранее разработанному рецепту. Хотя до сих пор общих правил составления композиций не существует, но все же основные правила требуют, чтобы запах был достаточно характерен, стоек и не изменял своего характера по мере улетучивания. В связи с этими требованиями находится подбор душистых продуктов по степени их летучести. В главнейших чертах композиция должна содержать: 1) база с (основу)—смесь или, реже, отдельное эфирное масло, обусловливающее основное впечатление от духов; для цветочных запахов состав базиса в большинстве случаев приближается к составу натурального масла, и рецептура их довольно общеизвестна; для фантастических запахов воспроизведение базиса по образцу иногда представляет большие трудности; 2) аджюван (вспомогательная часть) — смесь, придающая базису специфичный характерный оттенок или «ноту»; необходимость ее объясняется тем обстоятельством, что в смесях, составляющих базис, обычно недостает свежести или полноты оттенка; в качестве аджювана обыкновенно применяют указанные выше вытяжки из помад, цветочных масел, ванилин, гелиотропин и др.; 3) фиксатор—его назначение придать запаху стойкость, уменьшить скорость улетучивания, не допуская в то же время изменения характера запаха из-за неравномерного улетучивания отдельных частей смеси. Обычно в качестве фиксаторов применяются мускус, амбры, душистые смолы, некоторые труднолетучие эфирные масла (напр. ветиверовое) и нек-рые искусственные душистые вещества. Помимо этих основных элементов композиция должна содержать вещества, обусловливающие быстрое получение впечатления—«головку», обычно состоящую из сравнительно легко летучих душистых веществ характерного для данной композиции запаха. Большинство заводов душистых веществ и эфирных масел выпускают в продажу готовые композиции под названием искусственных цветочных масел или соответствующих духам фантастич. названий; эти композиции могут служить базисом для производства. Приготовленная смешением

композиция не имеет еще полной гармонии запаха, которая достигается только после б. или м. продолжительного хранения. Этот процесс аналогичен процессу старения вина, и имеются указания, что он м. б. ускорен осторожным подогреванием. В чем заключается химический процесс выдерживания композиций—не выяснено. Иногда процесс выдерживания применяется к готовым духам. После того как спирт отфильтрован от сырья, на к-ром он настаивался, и смешан с композицией, к полученному раствору добавляют некоторое количество воды, причем появляется обычно муть от выпадения смолистых и трудно растворимых соединений. После б. или м. продолжительного стояния муть отфильтровывается, иногда при помощи окиси магния. В дальнейшем процесс производства ограничивается разливкой в флаконы и упаковкой. Производство одеколона и туалетных вод протекает совершенно аналогичным образом. Специальные виды парфюмерных изделий, как то: твердые духи, курительные свечи и др., производятся аналогично сходным с ними косметическим препаратам.

Оборудование парфюмерных фабрик состоит из основного и вспомогательного, причем к последнему относится картонажное производство, которое на крупных парфюмерных ф-ках представляет отдельный цех. Для основного цеха требуются для проведения перечисленных выше операций следующие элементы оборудования: 1) для получения настоек и тинктур—в зависимости от перерабатываемого сырья либо закрытые цилиндрич. аппараты с мешалкой (баттезы) для извлечения душистых веществ из цветочных помад либо *перколляторы* (см.) для извлечения из животного или растительного сырья; 2) сосуды для настаивания спирта при его подготовке и для выдерживания композиций—обыкновенно из луженой меди или же эмалированные; 3) для подготовки флаконов применяются мойные машины, устроенные таким образом, чтобы очистка флаконов производилась механическими щетками внутри и снаружи. Производительность этих машин достигает 600—1 600 флаконов в час при 1 рабочем; 4) для фильтрации готовой спиртовой парфюмерии применяются закрытые фильтры под давлением с асбестовым фильтрующим слоем, типа Зейтц (см. *Фильтры*); 5) для сушки флаконов применяется тип автоматических сушилок нагретым воздухом, причем производительность сушилки обычно 5 000—10 000 флаконов в рабочий день при продолжительности сушки от 10 до 12 минут; 6) для разливки в флаконы также существует ряд машин-автоматов, позволяющих наполнять от 10 до 50 флаконов в минуту при 6—16 рабочих; 7) дальнейшая упаковка — обвязка или надевание вискозных колпачков, наклеивание этикеток, укладка в коробки и все прочие операции производятся вручную с применением конвейеров. В такой механизированной форме производство парфюмерных изделий осуществлено далеко не везде; до настоящего времени существует еще много фабрик, производящих большую часть операций ручным способом.

Статистика П. п. в большинстве стран объединяется вместе с производством косметических препаратов.

Лит.: Mann H., Die moderne Parfümerie, 3 Aufl., Augsburg, 1924; Mann H., Die Schule d. modernen Parfümeurs, Augsburg, 1924; Winter F., Handbuch d. gesamten Parfümerie u. Kosmetik, W., 1927; Wagner A., Die Parfümerieindustrie, Halle a/S., 1928; Piesse S., Les odeurs des parfums et des cosmetiques, P., 1922; Cuniasse L., Mémorial du parfumeur chimiste, P., 1924; Fouquet H., La technique moderne et les formules de la parfumerie, Paris, 1929; Rolet, Manuel du parfumeur, Paris, 1930; Gerhardt O., Das Komponieren in d. Parfümerie, Lpz., 1931; Bürger A., Leitfaden d. modernen Parfümerie, Lpz., 1929; Poucher W., Perfumes, Cosmetics a. Soaps, L., 1930; «Seifensiederzeitung», Augsburg; «Deutsche Parfümerie», B.; «La parfumerie moderne», Lyon; «Les parfums de France», Grasse; «American Perfumer», N. Y.; «Perfumery a. Essential Oil Record», L.; «Revue de la parfumerie», P.; «La parfumerie française», P.; «Le parfumeur français», P.; «Parfümerie-Ztg», W.; «The New Perfumers Journal», N. Y.; «Perfumeria moderna», Madrid; «La revue de marques», Paris; «Die Riechstoffindustrie», Mch.; «Aromatics», New York; «Rivista italiana delle essenze e profumi», Milano.

Б. Рутовский.

ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ газа или пара в смеси, давление, к-рое этот газ или пар имел бы, занимая один весь объем смеси. Общее давление газовой смеси p равно сумме П. д. отдельных компонентов (p_i):

$$p = p_1 + p_2 + \ldots = \sum_i p_i. \qquad (1)$$

Это есть закон Дальтона (1801 г.) о независимости давления, производимого газом, от присутствия других газов в смеси, вытекающий из *кинетической теории* (см.) идеальных газов (см. также *Газ*).

Возьмем n_1 *г*-мол. газа 1, n_2 *г*-мол. газа 2, n_3 *г*-мол. газа 3 и т. д., соответственно занимающих объемы v_1, v_2, v_3, ..., при одинаковых T и p; если все газы достаточно близки к идеальным, имеем:

$$v_1 = n_1 \frac{RT}{p};\ v_2 = n_2 \frac{RT}{p};\ v_3 = n_3 \frac{RT}{p}. \qquad (2)$$

При смешении этих объемов газов 1, 2, 3... общий объем остается неизменным при T, p = Const:

$$V = v_1 + v_2 + v_3 + \ldots = \frac{RT}{p}(n_1 + n_2 + \ldots) = \frac{RT}{p}N; \qquad (3)$$

но по определению имеем для p_i отдельных газов в смеси

$$p_1 = n_1 \frac{RT}{V},\ p_2 = n_2 \frac{RT}{V},\ p_3 = n_3 \frac{RT}{V} \qquad (4)$$

и, складывая по (3)

$$p_1 + p_2 + p_3 + \ldots = \frac{RT}{V} \cdot N = p, \qquad (5)$$

находим закон Дальтона (1). Кроме того:

$$\frac{p_i}{p} = \frac{v_i}{V} = \frac{n_i}{N};\ p_i = RT \cdot c_i \qquad (6)$$

(здесь $c_i = \frac{n_i}{V}$ — концентрация газов в смеси), т. е. П. д. газа в смеси пропорционально его объемной доли $\frac{v_i}{V}$ (концентрации) или молярной доли $\frac{n_i}{N}$; так, П. д. азота в воздухе при $p = 1\ atm$ составляет $\sim 0{,}8\ atm$, кислорода $\sim 0{,}2\ atm$. П. д. газа в смеси тождественно с его *осмотическим давлением* (см.). (См. также *Осмос*, *Окклюзия*.) Если две газовые смеси разделены перегородкой, проницаемой только для одного из компонентов, то П. д. этого компонента по достижении рав-

новесия устанавливается одинаковым по обе стороны перегородки (на этом основан метод измерения парциального давления). Левенштейн (Löwenstein), также Вартенберг (Wartenberg) измеряли равновесие диссоциации пара H_2O при высоких темп-рах (1 000—2 000°), определяя П. д. водорода в получаемой смеси введением в нее эвакуированного сосудика из Pt или Ir (эти металлы при высоких $t°$ проницаемы для H_2), внутри к-рого измерялось давление водорода.

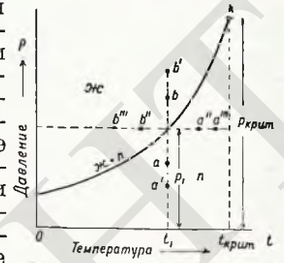
П. д. газа в смеси определяется химический *потенциал* (см.) его, условия его равновесия с жидкостями и твердыми телами (объемное поглощение, окклюзия, растворение) и адсорбция. Давление насыщенного пара в индифферентном газе (например воздухе) над жидкостью является также парциальным давлением пара в газовой смеси, равновесным с жидкостью.

Лит.: Планк М., Термодинамика, пер. с нем., М.—Л., 1925; Lewis G. N., Thermodynamik, W., 1927; Arndt K., Handb. d. phys.-chem. Technik, 2 Aufl., Stg., 1923; Ostwald W., Luther R., Hand- u. Hilfsbuch zur Ausführung physikalischer Messungen, 4 Aufl., 1925; Löwenstein L., «Ztschr. phys. Chemie», Lpz., 1906, B. 54, p. 715; Wartenberg, ibid., B. 56, p. 526. **П. Ребиндер.**

ПАРЧА, ткань, изготовляемая из комбинации волокнистых и металлических нитей. Как всякая ткань, так и парчевая состоит из основных и уточных нитей, при этом в большинстве случаев основные нити—из волокнистых материалов, уточные—из продукции канительного производства (см. *Канительное производство*), т. е. либо из металлич. очень тонкой проволоки или ленточки (плющины и биты) либо из комбинации металлич. нити с волокнистой. П. делится на несколько видов, из них наиболее характерные: глазеты, бархатная П. и П. шелковая, если волокнистый материал, из к-рого состоят основные нити, и канительная пряжа будут шелковыми, и П. дешевых сортов на бумажной основе и утке. В глазетах при волокнистой основе уток из канительной проволочной слегка приплющенной нити (недодавок), а у бархатной и остальных сортов П. при волокнистой основе уток из канительной пряжи. В зависимости от материала, из к-рого приготовлены канительные изделия, входящие в состав парчевой ткани, П. разделяют на П. из настоящего серебра и мишурную, или лигатурную. Переплетение нитей в глазетах обычно холщевое переплетение, а у П., рисунок к-рой более сложный, применяются все виды переплетения.

Выполняется парчевая ткань на обычных ткацких станках тяжелого типа и простой конструкции, если изготовляется глазет, если же готовится шелковая или дешевая П., то пользуются ткацкими станками с жаккардовской (или подобной) головкой. Бархатные П. обычно имеют весь фон цветного шелкового бархата с отдельными группами рисунка из канительных изделий, или фон их из канительной пряжи, а рисунок бархатный; в обоих случаях применяются станки, хотя и вырабатывающие рисунок по жаккардовской карте, но обычно станки ручного действия. Этот сорт П. дорог, потому что изготовлен из дорогого материала и вручную. Для очень дорогих бархатных П., в к-рых применяется уток из большого числа разнообразных канительных изделий (напр. в случаях применения канители, блесток и т. п.), изготовление П. производится на ручных ткацких станках того же типа, какой применяется в ковровом производстве. Вообще дорогие сорта П. готовят на ручных ткацких станках. В СССР в настоящее время производство парчи сильно сократилось. Парчевое производство с точки зрения техники есть разновидность сложноузорчатого цветного ткачества и все приемы работы и характер оборудования тождественны (см. *Ткачество*). **Т. Алексеенко-Сербин.**

ПАРЫ, газы ниже их $t°_{крит.}$ (см. *Критические явления*). Насыщенные П. находятся в равновесии (см. *Спр. ТЭ*, т. V, стр. 352) с жидкостью или кристаллом, вообще с конденсированной фазой, из к-рой они образовались. Т. о. насыщенный П. является одной из фаз двухфазной и однокомпонентной системы, что по *правилу фаз* (см.) отвечает моновариантности системы (одна степень свободы: $f=N+2-P=1$). Состояние насыщенного П., могущего существовать только в присутствии нек-рого количества конденсированной фазы, определяется поэтому только одним параметром, напр. $t°$. При этом $p=f(T)$. Насыщенными м. б. П. только при $t°<t°_{крит.}$. Ненасыщенные П. (перегретые) принципиально не отличаются от газов, приближаясь по свойствам к идеальным *газам* (см.) при повышении $t°$ и понижении давления p; состояние ненасыщенных (чистых) П. определяется как и для любой однокомпонентной фазы двумя параметрами: $t°$ и p. На фиг. 1 кривая $p=f(t)$ есть кривая давления насыщенного пара; все точки ее представляют собой состояния двухфазн. моновариантных систем, которые состоят из конденсированной фазы и П. Выше кривой—область конденсированной фазы *эс*; ее можно достичь напр. при t=Const, повышая давление ($p'>p$ в точках b, b') или при p=Const, понижая $t°$ ($t'<t$ в точках b'', b'''). При обратных изменениях (при $p'<p$, в точках a, a' или при $t'>t$, в точках a'', a''') мы переходим в область перегретого П.—ниже кривой. Наибольшим давлением насыщенных П. является критическое давление, $p_{крит.}$, отвечающее наивысшей $t°$ сосуществования обеих фаз $t°_{крит.}$—критическая точка k (см. *Критические явления* и *Спр. ТЭ*, т. V, стр. 403).



Фиг. 1.

Термодинамика П. служит основанием всей современной теплотехники. Условие равновесия моновариантной системы, состоящей из m вес. ч. П. и $(1-m)$ вес. ч. конденсированной фазы (жидкости) выразится ур-ием:

$$\psi_2-\psi_1=0,\quad \psi_2=\psi_1, \qquad (1)$$

где ψ_2, ψ_1—термодинамич. потенциалы ($\psi=U-TS+pv$) 1 *г* пара и 1 *г* жидкости.

Ур-ие (1) связывает два параметра p и T; будучи представлено в виде

$$p=f(T), \qquad (2)$$

оно дает характеристич. ур-ие системы, или ур-ие кривой давления насыщенного П. При изменении $t°$ системы с T до $T+dT$ давление изменяется по ур-ию (2) с p до $p+dp$; написав, что конечное состояние тоже является состоянием равновесия

$$\psi_2+d\psi_2=\psi_1+d\psi_1$$

и сравнивая с (1), имеем: $d\psi_2=d\psi_1$, а т. к. $d\psi=-SdT+vdp$, находим для (2):

$$T\frac{dp}{dT}=\frac{Q}{v_2-v_1}, \qquad (3)$$

т. е. ур-ие Клапейрона-Клаузиуса, где Q—скрытая теплота испарения, v_2 и v_1—удельные, или молярные, объемы П. и жидкости. Когда v_1 весьма мало сравнительно с v_2, то считая, что насыщенный П. следует идеальногазовым законам $pv_2=RT$ (что справедливо для неплотных П., т. е. при достаточно низких T, напр. для П. ртути уже при обычных $t°$), имеем вместо (3):

$$\frac{d\ln p}{dT}=\frac{Q}{RT^2}. \qquad (4)$$

Интегралом (3) или (4) и является ур-ие (2); этот интеграл м. б. получен при различных допущениях о виде зависимостей $Q=\varphi(T)$ и $v_2-v_1=\lambda(T)$, ни одно из к-рых не является однако достаточно строгим и общим; например допуская, что $Q=\alpha-\beta_1T+\beta_2T^2+\ldots$, находим из (4) уравнение Дюпре-Гертца-Ренкина-Нёрнста:

$$\lg p=a-\frac{b}{T}-c\lg T+\beta'T+\ldots \qquad (5)$$

(дальнейшими членами $\beta''T^2+\beta'''T^3+\ldots$, как и $\beta'T$, часто можно пренебречь). Нёрнст предложил простую приближенную ф-лу:

$$\lg p=-\frac{Q_0}{4{,}571T}+1{,}75\lg T-\frac{E}{4{,}571}T+C,$$

где Q_0, E, C—постоянные, причем C—химич. константа, зависящая только от химич. природы П., но не фазы (1), могущей быть как жидкостью, так и кристаллом. Эти уравнения, хорошо удовлетворяя опыту в широком интервале T, не дают, как и множество других б. или м. эмпирич. ф-л (напр. известная ф-ла Реньо), обрыва кривой $p=f(T)$ в критич. точке (при $t=t°_{крит.}$) и вообще дают неправильные результаты при $T\to\infty$, как показал Бачинский, давший эмпирич. формулы, удовлетворяющие этому условию.

Полная теплота сухого (m=1) насыщенного П.

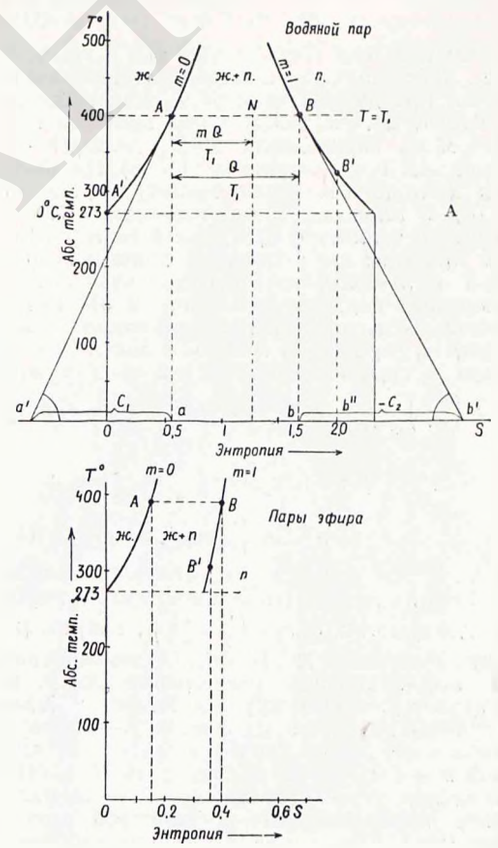
$$L=\int_0^t c_1\,dT+Q=\lambda+Q_i+p(v_2-v_1) \qquad (6)$$

есть количество тепла, потребное для превращения m=1 жидкости при $t°$=0° в насыщенный пар при $t°=t$; $\lambda=\int_0^t c_1\,dT$ — теплота жидкости, а

$$Q_i=Q-p(v_2-v_1)=(T\frac{dp}{dT}-p)(v_2-v_1) \qquad (7)$$

внутренняя скрытая теплота испарения.

Для анализа вопросов технич. термодинамики П. весьма удобен графич. метод энтропийной диаграммы. По оси абсцисс (фиг. 2) откладываем энтропию S



Фиг. 2.

1 *кг* нашей системы, т. е. влажного П., содержащей m *кг* П.+$(1-m)$ *кг* жидкости в Cal/*кг*·град., а по оси ординат $T°$ в абсолютной шкале;

$$S=\frac{mQ}{T}+\int_0^t c_1\frac{dT}{T}=\int_0^t\frac{dq}{T}; \qquad (8)$$

отсюда количество тепла, необходимое для бесконечно малого изменения состояния системы:

$$dq=c_1\,dT+Td\left(\frac{mQ}{T}\right)=\left[c_1+m\left(\frac{dQ}{dT}-\frac{Q}{T}\right)\right]dT+Q\,dm;$$

для сухого П. m=1 и $dq=\left(c_1+\frac{dQ}{dT}-\frac{Q}{T}\right)dT$, или

$$dq=c_2dT, \qquad (9)$$

где $c_2=c_1+\frac{dQ}{dT}-\frac{Q}{T}$. Область влажного П. на диаграмме заключена между двумя пограничными кривыми: m=0 (кривой жидкости) и m=1 (кривой сухого насыщенного П.). Ур-ие 1-й кривой

$$S_1=\int_0^t c_1\frac{dT}{T}\cong c_1\ln\frac{T}{273} \qquad (10)$$

дает возрастание S с T (фиг. 2, А, Б). Кривая же 2-я ($m=1$)

$$S = S_1 + \frac{Q}{T} \qquad (11)$$

может дать как возрастание, так и убыль S с T. Любая смесь П. и жидкости влажностью $(1-m)$ при данной темп-ре T_1 представится в области *эк.* $+n$ между двумя кривыми точкой N на горизонтали $T=T_1$, делящей отрезок AB в отношении $m : (1-m)$. Площадь $OA'Aa$ кривой $m=0$ дает теплоту жидкости λ в (6), а площадь прямоугольника $aABb$—скрытую теплоту Q при данной темп-ре. Если провести касательные к кривым $m=0$ и $m=1$ в любой точке, то видно, что соответствующие подкасательные aa' и bb' выражают соответствующие теплоемкости жидкости c_1 (при $m=0$) и сухого насыщенного пара c_2 (при $m = \mathrm{Const} = 1$); $a'a = T \operatorname{ctg} a_1 = T\left(\frac{dS_1}{dT}\right)_{m=0} = c_1 > 0$ (можно считать $c_1 \cong c_p$) и

$$-b'b = +T \operatorname{ctg} a_2 = T\left(\frac{dS}{dT}\right)_{m=1} = c_1 + \frac{dQ}{dT} - \frac{Q}{T} = c_2; \qquad (12)$$

c_2 м. б. как $>$, так и < 0, что является замечательным свойством насыщенных паров. Когда $c_2 < 0$, т. е. $c_1 < \left(\frac{Q}{T} - \frac{dQ}{dT}\right)$, например в случае водяного П., П. CS_2, O_2, насыщенный П. при адиабатич. расширении (напр. по Bb) частью конденсируется. На фиг. 2, А дан случай П. воды, а на фиг. 2, Б—эфира; в последнем случае, как видно по наклону кривой $m=1$, $c_2 > 0$, и насыщенный П. частью конденсируется при сжатии. Чтобы охладить насыщенный П. пограничной кривой (по BB'), надо сообщить ему количество тепла $\int_{T_2}^{T_1} c_2 dT$ (площ. $bBB'b''$) в случае П. воды и отнять это же количество тепла в случае П. эфира (фиг. 2). Для водяного П. $Q = 607{,}0 - 0{,}708t$ (Клаузиус), $L = 606{,}5 + 0{,}305t$, $c_2 = \frac{dL}{dT} - \frac{Q}{T} = 0{,}305 - \frac{607-0{,}708t}{273+t}$ при:

$t°$	0	40	100	160	200
c_2	−1,916	−1,538	−1,133	−0,832	−0,676

Для ряда углеводородов и их производных (C_6H_6, CCl_4, $CHCl_3$) $c_2 = f(T)$ меняет знак, переходя через $c_2 = 0$ при некоторой $T°$. По Матиа при $T° \to T_{крит.}$, $Q \to 0$, $\frac{dQ}{dT} \to -\infty$ (см. *Критические явления*), а поэтому c_2 при $T° \to T_{крит.}$ должно стремиться к пределу $c_2 = -\infty$.

Исследования Рамзая-Ионга и Амага показали, что величина $T\frac{dp}{dT}$, а следовательно и

$$\left(p - T\frac{dp}{dT}\right) = -K = \mathrm{Const} \qquad (13)$$

одинаковы для П. различных веществ при одинаковых p. K приближенно равно молекулярному (внутреннему) давлению П. (см. *Газ*, *Капиллярные явления*). Это условие (13) дает с ур-нем (4) для неплотных насыщенных П. правило Пикте-Траутона. С (13) связан закон Стефана-Баккера для внутренней скрытой теплоты испарения:

$$Q - p(v_2 - v_1) = Q_i = \int_{v_1}^{v_2} K\,dv = a\left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right);$$

последнее выражение справедливо, когда по Ваальсу $K = \frac{a}{v^2}$. Из-за наличия поверхностного натяжения σ давление насыщенного П. зависит от кривизны поверхности $\frac{1}{r}$; эта зависимость становится заметной при весьма малых радиусах кривизны ($r<1\mu$). При этом: $\ln\frac{p_r}{p} = \frac{2\sigma}{r}\cdot k$, где $k = \frac{M}{D_1 RT}$ (M—молекулярный вес; допускается, что $pv = RT$). При $r>0$ (радиус кривизны лежит в жидкости) в случае жидких капелек $p_r > p$; для H_2O при $r=16$ Å $p_r = 2p$; этим объясняются (Кельвин, Р. Гельмгольц) рост крупных капель туманов, росы за счет испарения мелких капель и задержки в конденсации пересыщенных П. в отсутствии зародышей. В малых пузырьках газа внутри жидкости ($r<0$) $p_r < p$, чем объясняются (Дюгем) перегревы жидкостей выше $t°_{кип.}$ и конденсация П. в узких капиллярах (смачиваемых данной жидкостью), в пористых телах (напр. в адсорбенте силикагеле—скелете геля кремнекислоты); в несмачиваемых жидкостью капиллярах она не конденсируется; там $p_r > p$. Электрич. заряд капли e понижает ее p_r и вместо гиперболы для $\ln\frac{p_2}{p}$ получается кривая с максимумом

$$\ln\frac{p_r}{p} = \frac{1}{RTD_1}\left(\frac{2\sigma}{r} - \frac{e^2}{8\pi r^4}\right),$$

что объясняет конденсацию П. на ионах уже при малых пересыщениях. Влияние кривизны и электрич. зарядов на p стоит в связи с тем, что, как показал Н. Н. Шиллер, p вообще возрастает при повышении внешнего добавочного давления P (напр. давления индиферентного газа), и

$$\ln\frac{p_2}{p_1} = \frac{M}{D_1 RT}(P_2 - P_1),$$

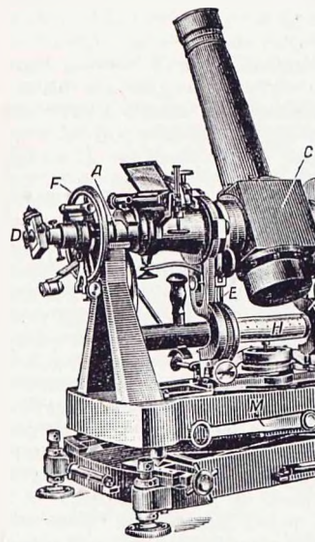
что выражает неприменимость закона Дальтона к насыщенным парам при высоких P (см. *Парциальное давление*); в рассмотренных выше случаях $P_2 - P_1 = \frac{2\sigma}{r}$ равно капиллярному давлению.

Применение насыщенных и перегретых П. в тепловых двигателях общеизвестно. Свойства П. низкокипящих жидкостей крайне важны при *сжижении газов* (см.) и в холодильных машинах, а также и при использовании разностей $t°$, имеющихся в природе (напр. в тропиках разность $t°$ воздуха и достаточно глубоководных слоев океана—Клод и др.). Высококипящие жидкости, например ртуть, м. б. применены в бинарных паровых машинах или турбинах и вообще в тепловых двигателях с несколькими рабочими телами (см. *Бинарные машины*). При этом возможно повысить наиболеее высокую $t°$ рабочего цикла (T_1) и тем повысить термодинамич. кпд $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$; в холодильнике тепло, отдаваемое высококипящей жидкостью, может итти на испарение низкокипящей жидкости (H_2O, SO_2, NH_3 и др.), П. к-рой работают во 2-й машине; котел ее совмещен с конденсатором 1-й машины. Шребер предлагает последовательно соединять 3 машины со следующими рабочими телами: анилин (от $t° = 310°$ до $t° = 190°$), вода (от $t° = 190°$ до $t° = 80°$), этиламин (от $t° = 80°$ до $t° = 30°$); термодинамич. кпд такой машины $\eta = 33\%$. Наиболее выгодными рабочими П. являются согласно с энтропийной диаграммой (фиг. 2) те П., у к-рых отношение $\left(\frac{Q}{c_1}\right)$ наибольшее. Наибольшее значение в технике имеют П. воды, углекислого газа, аммиака, сернистого газа и некоторых углеводородов. См. *Спр. ТЭ*, т. V, стр. 390, 399.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 3, Берлин, 1923; Брандт А. А., Основания термодинамики, 4 изд., М.—П., 1923; Шаумов В. С., Машиноведение, ч. 1, М.—Л., 1928; Быков Н. А., Термодинамика, М.—Л., 1928; Гиббс В., Аэрозоли, пер. с англ., Л., 1929; Дуббель Г., Паровые машины и паровые турбины, пер. с нем., 2 изд., Л., 1926; Янковский П. К., Паровые машины с двумя жидкостями (бинарные), Петербург, 1894; Нернст В., Теоретич. и опытные основания нового теплового закона, пер. с нем., 2 изд., М.—Л., 1929; Clausius R., Abhandl. über die mechan. Wärmetheorie, B. 1—2, 2 Aufl., Brsch., 1876—1891; Winkelmann A., Handbuch der Physik, B. 3, Wärme, Lpz., 1906; Schottky W., Ulich H. u. Wagner C., Thermodynamik, B., 1929; Walther K. u. Röttinger M., Technische Wärmelehre; Nernst W., Grundlagen des neuen Wärmesatzes, Stg., 1924; Schröter M. u. Prandtl L., Technische Thermodynamik, Enzyklop. d. mathem. Wissensch., B. 5, Teil 1, H. 2, Lpz., 1905; Schule W., Technische Thermodynamik, 4 Aufl., B., 1923; Bryan G. H., Allgemeine Grundlegung d. Thermodynamik, Enzykl. d. math. Wissensch., B. 5, Teil 1, H. 1, Lpz., 1903; Schreber K., Mehrstoffdampfmaschine, Lpz., 1902; Jellinek K., Lehrb. d. physikal. Chemie, B. 1, 2 Aufl., Stuttgart, 1928; Ramsay W. a. Young, «Philosophical Magazine», London, 1885, Series 5, v. 20, p. 515; «Journ. of the Chem. Soc.», L., 1886, v. 49, p. 37—790; Holborn u. Henning, «Wiedem Annalen d. Phys.», Halle, 1908, Folge 4, B. 26, p. 833; Bertrand J., Thermodynamique, Paris, 1887; Duhem P., Traité élémentaire de mécanique chimique fondée sur la thermodynamique, v. 1—4, Paris, 1897—1899.

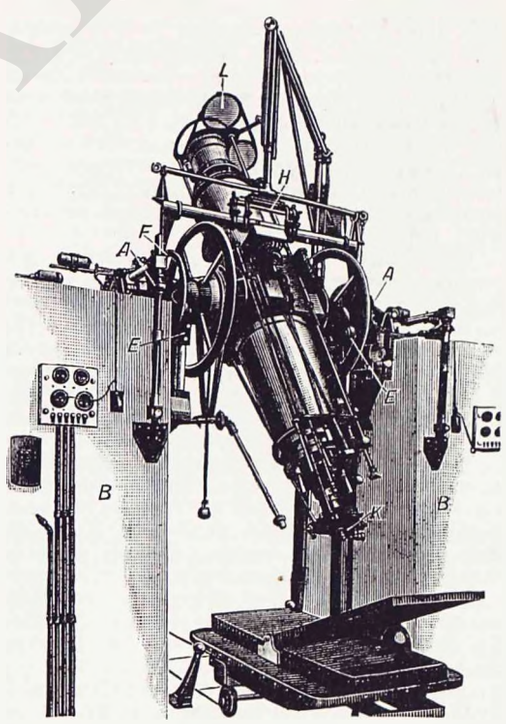
П. Ребиндер.

ПАССАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ, астрономический инструмент для наблюдения прохождения звезд через определенный в е р т и к а л (см. *Сферическая астрономия*): чаще всего меридиан, иногда—первый вертикал. Установленный в меридиане П. и. служит для определения прямых восхождений звезд и звездного *времени* (см.), являясь основным астрономическим инструментом. В первом вертикале пассажный инструмент употребляется для определения широты (метод Струве).



Фиг. 1.

П. и. состоит из зрительной трубы, перпендикулярной к своей оси вращения. Эта



Фиг. 2.

последняя горизонтальна и устанавливается в направлении с востока на запад или с севера на юг, в зависимости от того, в каком вертикале приходится пользоваться П. и. Зрительная труба описывает при вращении вертикальный круг небесной сферы. Ось двумя стальными закаленными цилиндрич. цапфами A, A (фиг. 1 и 2) покоится на **U**-образных лагерах, укрепленных (в П. и. с постоянной установкой) на двух массивных каменных столбах B, B (фиг. 2). Инструменты малых и средних размеров, т. н. переносные (фиг. 1) с диам. объектива 50—100 *мм* и фокусным расстоянием в 40—100 *см*, обычно делаются с ломаной трубой, причем окулярный конец D (фиг. 1) трубы является в то же время осью, в середине к-рой укреплен куб C с призмой полного внутреннего отражения. Этим достигается то удобство, что глаз наблюдателя при всех наклонах трубы к горизонту сохраняет неизменное положение и смотрит по горизонтальному направлению. Вместе с тем самый инструмент становится компактнее, удобнее для перевозки и требует для установки лишь одного массивного столба. Для того чтобы уменьшить нагрузку на лагеры и тем устранить прогибание оси и изнашивание цапф, большая часть веса П. и. берется на особый подъемный механизм E (фиг. 1 и 2), который

состоит из рычагов с роликами и противовесами или пружинами. Остающаяся нагрузка на цапфы бывает всего в несколько *кг*. На оси находится небольшой круг *F* (фиг. 1 и 2), не предназначенный для точных измерений, а играющий роль искателя для установки трубы на определенную высоту или склонение. На цапфы накладываются сверху ножки чувствительного уровня *H* (фиг. 1 и 2) с ценою деления 1—2″, служащего для определения наклонности оси. Существенной частью П. и. является сетка нитей, к-рая помещается в фокальной плоскости объектива. Сетка состоит из двух тесных горизонтальных нитей и нечетного числа (5—11) вертикальных, из которых средняя дает коллимационную линию трубы, в идеальном случае совпадающую с плоскостью вертикала.

Наблюдение состоит в определении моментов прохождения звезды через вертикальные нити. Делается это либо «на-глаз и ухо», считая секунды часов, либо регистрируется при помощи клавиша на *хронографе* (см.). Второй метод точнее, но тоже не свободен от личной ошибки наблюдателя. В современных инструментах употребляется поэтому т. наз. б е з л и ч н ы й м и к р о м е т р *K* (фиг. 2), состоящий из подвижной вертикальной нити, к-рая при помощи микрометрич. винта ведется наблюдателем так, чтобы она биссектировала звезду. На барабане микрометрич. винта имеются контакты (обычно 10), автоматически замыкающие ток, в результате чего моменты прохождения звезды через определенные точки поля зрения записываются на хронографе. Иногда для ведения нити употребляется часовой механизм или электродвигатель с переменной передачей (для разных склонений). Роль наблюдателя в этом случае сводится только к первоначальной установке нити на звезду и исправлению небольших отклонений при ее дальнейшем движении. Однако и в безличном микрометре наблюдается зависимость биссектирования звезды от яркости последней, называемая у р а в н е н и е м я р к о с т и. Для избежания этой ошибки перед объективом помещают проволочные сетки *L* (фиг. 2) различной густоты, при помощи к-рых яркие звезды ослабляются до одного общего уровня яркости. П. и. должен иметь приспособление *M* (фиг. 1) для перекладки, служащей для определения коллимаций. В небольших П. и. оно устраивается в подставке, причем инструмент может быть переложен настолько быстро, что медленно идущие полярные звезды можно наблюдать в обоих положениях. Перекладка больших П. и. совершается посредством подъемного механизма, который подкатывается под инструмент на особой тележке. Для определения коллимационной ошибки употребляется также надирное зеркало, состоящее из плоской чашки со ртутью, к-рое может применяться лишь в инструментах с прямой трубой. Большие инструменты с постоянной установкой имеют иногда еще особые коллиматоры—две трубы, устанавливаемые в вертикале П. и. на высоте его оси на особых столбах, с объективами, направленными к П. и.

Основные ошибки П. и. — коллимация, наклонность оси и азимут (т. е. отклонение от идеального азимута). Коллимация определяется, как сказано выше; наклонность при помощи уровня с перекладкой его. Для определения азимута комбинируются наблюдения звезд на разных высотах, например Полярной звезды с экваториальными. Азимут контролируется иногда по особым постоянным меткам, так называемым м и р а м, устанавливаемым на расстоянии нескольких сот м от инструмента. Наблюдения звезды на боковых нитях приводят к средней нити (при безличном микрометре—к среднему контакту) по формуле $\pm f \sec \delta$, где f— постоянная для данной нити, а δ—склонение звезды. Обработка меридианных наблюдений производится с помощью формул Майера или Бесселя.

Лит.: И в а н о в А., Практическая астрономия, Берлин, 1923; Ц и н г е р Н., Курс практич. астрономии, М., 1924; C h a u v e n e t W., A Manual of Spherical a. Practical Astronomy, 5 ed., v. 2, Philadelphia, 1891; V a l e n t i n e r W., Handwörterbuch d. Astronomie, B. 3, T. 1, Breslau, 1899; A l b r e c h t Th., Formeln u. Hilfstafeln f. geographische Ortsbestimmungen, 4 Aufl., Lpz., 1908; A m b r o n n L., Handb. d. astronomischen Instrumentenkunde, B. 2, B., 1899; R e p s o l d J., Zur Geschichte d. astronomischen Messwerkzeuge, B. 2, Lpz., 1914. **А. Михайлов.**

ПАССИВИРОВАНИЕ э л е к т р о х и м и ч е с к о е, процесс, в результате которого металл делается неспособным к своим обычным реакциям и уподобляется благородным металлам. Напр. железо, будучи обработано конц. азотной кислотой, теряет способность растворяться в кислотах, выделять медь из раствора медного купороса, растворяться на аноде при электролизе и т. д. Способностью пассивироваться кроме железа обладают в большей или меньшей степени никель, кобальт, хром, свинец, марганец, алюминий, олово, ванадий, ниобий, молибден, вольфрам, рутений, золото. П. металла часто наблюдается при электролизе; напр. если анодно поляризовать железо в разведенной серной к-те, то при небольших плотностях тока оно ведет себя нормально и переходит в раствор, давая сернокислое железо; если же путем повышения подводимого напряжения увеличивать плотность тока, то при достижении известной величины плотности тока, зависящей от природы раствора, в к-рый погружено железо, сила тока начинает внезапно падать и в некоторых случаях может стать даже равной нулю. Если однако приложенное напряжение достаточно для поддержания на анодной поверхности потенциала, необходимого для выделения кислорода, то прохождение тока разумеется не прекратится, но за его счет будет лишь выделяться кислород, а железо растворяться не будет. Следует отметить, что ставшее пассивным железо не будет растворяться и в том случае, если плотность тока будет вновь снижена до значения меньшего того, при котором пассивность наступила. Если ток прекратить, то в кислой среде пассивность обычно через некоторый промежуток времени прекращается, в нейтральной удерживается в течение значительно большего времени, а в щелочной восстановления активного состояния обыкновенно не наступает. Присутствие в растворе хлоридов

значительно ускоряет процесс восстановления активности, наоборот, присутствие окислителей (хромовые соли, перекись водорода и проч.) обычно ускоряет процесс П. Низкая $t°$ благоприятно влияет на процесс П., в то время как при повышенной $t°$ П. наступает при гораздо бо́льших плотностях тока.

Процесс П. вызывает соответствующие изменения потенциала металла, погруженного в раствор, причем это изменение всегда таково, что потенциал металла становится более электроположительным (благородным); часто это ведет к тому, что пассивированный металл начинает переходить в раствор в виде ионов своей высшей степени окисления. Типичный пример этому имеет место у хрома. Нормально он должен растворяться, давая $Cr^{\cdot\cdot}$ аналогично $Fe^{\cdot\cdot}$, однако если хромовый анод поляризовать в щелочном растворе, то только по достижении потенциала E_h = =0,62 V начинается растворение металла и притом в виде шестивалентных ионов Cr^{VI}. Последние немедленно реагируют со щелочью:

$$Cr^{VI} + 8OH' = CrO_4'' + 4H_2O,$$

в результате чего получается хромовокислая соль. Аналогично этому железо в щелочном растворе дает ионы FeO_4'', соответствующие солям железной к-ты (ферраты).

Наиболее общепризнанной теорией процесса П. металлов является в настоящее время теория, предложенная в свое время еще Фарадеем, объясняющая процесс П. возникновением на поверхности металла оксидной пленки. Основанием для такого воззрения являются следующие факты. 1) Пассивирование всегда связано с окислительным процессом либо с непосредственным воздействием окислителей, как кислород, озон, крепкая азотная к-та, соли хромовой кислоты, перекись водорода, либо с анодной поляризацией, что также связано с действием кислорода, выделяющегося на аноде, в то время как водород, восстановители, а также катодная поляризация металла способствуют обратному процессу—переходу металлов в активное состояние. 2) Разница в условиях, при к-рых пассивируются различные металлы, а именно: железо и никель лучше всего сохраняют свою пассивность в присутствии щелочей, в то время как к-ты способствуют удержанию активного состояния или облегчают переход в активное состояние, если мы имеем дело уже с пассивированным металлом. Правда, в очень крепких растворах щелочей анодно поляризованное железо может оставаться активным, что объясняется большой растворимостью окиси железа в концентрированной щелочи; то же самое имеет место у кобальта, к-рый в разбавленной щелочи легко пассивируется, а в конц. растворе (8 *N*) легко растворяется под действием тока, давая растворимые к о б а л ь т и т ы. Металлы же, подобные вольфраму и молибдену, окислы к-рых имеют кислый характер, легко растворимы в щелочах и очень трудно в к-тах, ведут себя противоположно железу и никелю и пассивируются лучше всего в кислых растворах. 3) Возможность устранения пассивного состояния металла механическим путем (очистка металлической щеткой), после чего металл становится снова активным.

Возражения против этой теории обычно сводятся к следующему. 1) Металлы при П. часто сохраняют свою поверхность блестящей, что заставляет сомневаться в наличии на их поверхности пленки окисла, тем более, что Мюллером и Кёнигсбергером были произведены очень точные исследования оптических свойств пассивированных и непассивированных поверхностей металлов, не давшие никаких доказательств разницы в их оптич. свойствах. 2) Для того чтобы объяснить П. металлов азотной кислотой, надо допустить, что оксидная пленка в ней нерастворима, что представляется маловероятным, ибо обычно окислы металлов хорошо растворимы в кислотах. В одной из работ последнего времени теория оксидной пленки нашла себе подтверждение, устраняющее в основном все возражения против нее. Фрейндлих, Пачеке и Цохер показали, что если получить железо в вакууме без доступа кислорода (они получали железное зеркало на стекле термич. разложением паров пентакарбонила железа в вакууме), то оно не пассивируется конц. азотной к-той, если же то же железо подвергнуть действию конц. азотной кислоты в присутствии воздуха, то П. наступает. Следовательно роль кислорода при процессе П. можно считать окончательно установленной; авторам удалось также доказать, что на поверхности пассивированного железа получается тонкая пленка окисла, нерастворимого в азотной кислоте. Из других теорий пассивности можно указать на следующие. Леблан объясняет наступление пассивности уменьшением скорости образования ионов, что происходит вследствие поглощения поверхностью металла кислорода, но последний не образует с металлом окисной пленки, а дает твердый раствор; по Тамману такого рода поглощение кислорода объясняется насыщением свободных валентностей атомов металла, лежащих на поверхности, кислородом, по характер кристаллич. решетки как для насыщенных кислородом атомов металла, так и ненасыщенных, лежащих под ними, остается по Тамману одинаковым. Эту форму поверхностного поглощения кислорода Эванс назвал «двухмерной окисью». По теории «значности» Крюгера и Финкельштейна у металлов, к-рые образуют ионы различной валентности, ионы существуют уже в металле и находятся между собой в известном равновесии; так например, в случае железа имеет место равновесие между $Fe^{\cdot\cdot}$- и $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$-ионами. При нарушении равновесия вследствие перехода в раствор двухвалентных ионов восстановление его происходит не моментально, что ведет к тому, что на поверхности металла, граничащей с раствором, остаются только $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$-ионы. Это вызывает соответствующее изменение потенциала металла и обусловливает более благородный характер пассивированного металла. Еще дальше такого рода взгляды развиты в теории Смитса, которым дана общая схема равновесия между атомами металла и ионами как в самом металле, так и в прилегающем к металлу слое раствора.

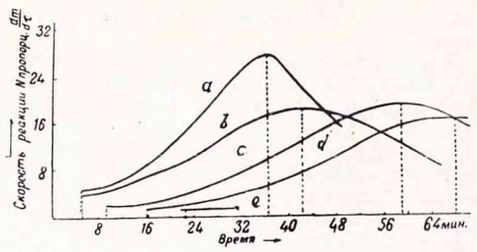
П. металла чрезвычайно благоприятствует сохранению металлов, т. к. оно парализует т. н. гальванокоррозию металлич. предметов (см. *Коррозия*). П. объясняется также устойчивость таких металлов, как алюминий и магний, против действия кислорода и воды: слой окисла, образующегося на поверхности металла, предохраняет его от дальнейшего окисления; так как окись алюминия и магния нерастворима в воде, то эти металлы в силу этого не разлагают воды с выделением водорода, как это они должны были бы делать по своему положению в ряду напряжений. Образованием оксидной пленки на поверхности алюминия объясняется также способность алюминиевого электрода пропускать ток только в одном направлении, что находит себе применение в устройстве электролитических *выпрямителей* (см.) переменного тока. Существование оксидной пленки дает возможность пользоваться некоторыми металлами в качестве нерастворимых электродов при электролизе (железо, никель при электролизе щелочных растворов, свинец при сернокислотных). Использование железных сосудов для транспортирования конц. серной к-ты, железных бал-

лонов для жидкого хлора и т. п. также основано на явлении П.

Лит.: Изгарышев Н. А., Электрохимия и ее техническое применение, стр. 151—165, Л., 1929; его же, Исследование в области электродных процессов, М., 1914; Кистяковский В. А., Электрохимич. реакции и электродные потенциалы некоторых металлов, 1910; Электрохимич. свойства металлов, «Труды 2-й физико-химической конференции в Москве», Л., 1928; Foerster F., Elektrochemie wässeriger Lösungen, p. 415—446, Handbuch d. angewandten physikalischen Chemie, hrsg. v. G. Bredig, B. 1, 4 Aufl., Lpz., 1923; Grube, «Ztschr. f. Elektrochemie», Berlin, 1927, B. 33, p. 389; Haber und Goldschmidt, ibid., 1906, B. 12, p. 64; Müller W. I. u. Königsberger, ibid., 1907, B. 13, p. 659, 1909, B. 15, p. 742; Le Blanc, ibid., 1900, B. 6, p. 472; Tamman, «Ztschr. f. anorganische und allgemeine Chemie», Leipzig, 1919, B. 107, p. 104; Evans, «Transactions of the Faraday Society», L., 1922, v. 18, p. 1; Freundlich H., Patscheke und Zocher, «Ztschr. f. physikalische Chemie», Leipzig, 1917, B. 128, p. 321, B. 130, p. 289; Evans, «Journal of the Chemical Society», London, 1927, v. 1, p. 102; Gerdind u. Karsten, «Ztschr. f. Elektrochemie», Berlin, 1925, B. 31, p. 135; Foerster, ibid., 1927, B. 33, p. 406; Müller W. I., ibid., 1904, B. 10, p. 518, 1905, B. 11, p. 755, 823, 1924, B. 30, p. 401, 1927, B. 33, p. 401, 1928, B. 34, p. 840; Finkelstein, «Ztschr. f. physikalische Chemie», Lpz., 1902, B. 39, p. 91; Smits A., Die Theorie der Allotropie u. ihre experimentale Bestätigung, Lpz., 1921. **С. Плетенев.**

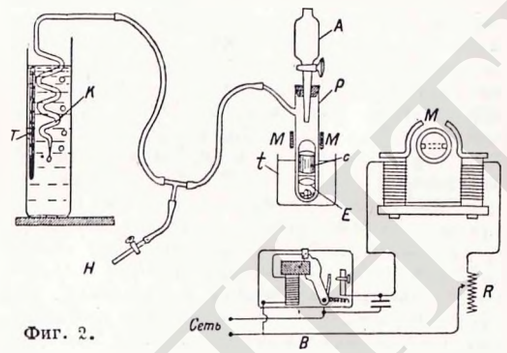
П. адсорбционное, явление понижения скорости реакции на твердых поверхностях кристаллов и металлов, напр. понижение скорости их растворения в воде или к-тах, вызванное образованием на данной поверхности адсорбционного слоя полярных молекул поверхностноактивных веществ. П. адсорбционное—явление отрицательного гетерогенного (контактного) катализа. В технике уже давно известно, что скорость растворения металлов в водных кислотах сильно понижается (в 10—100 раз) от прибавления к водной среде фенола, углеводов, сульфокислот, нафтеновых и жирных к-т и др., чем и пользуются практики, напр. для предохранения от потерь металла (при очистке поверхности листового железа от окислов) опусканием металла в кислую ванну (H_2SO_4 или HCl)—патент Фогеля, или напр. присадка антр, выработанная Степановым и Комовским в Химическом ин-те им. Карпова в Москве, и др.

П. адсорбционное вызывается веществами, поверхностноактивными по отношению к пассивируемой поверхности (адсорбируемыми ею). Механизм адсорбционного П. тот же, что и при понижении скорости кристаллизации (см. *Кристаллизация*) поверхностно-активными веществами, растворенными во внешней среде—явлении, исследованном ранее Фрейндлихом и Марком. Полярные молекулы поверхностноактивных веществ, адсорбируясь на поверхности металла, покрывают ее при достаточной концентрации как бы кристаллич. мономолекулярной пленкой, препятствующей ионам металла переходить в раствор и замедляющей установление равновесия между металлом и раствором (см. *Капиллярные явления*, *Поверхностное натяжение*, *Полярность*). С увеличением концентрации поверхностноактивного пассиватора скорость растворения металла понижается, стремясь к минимальному пределу, соответствующему образованию насыщенного адсорбционного слоя на металлич. поверхности. Для количественного исследования П. адсорбционного надо измерять кинетику растворения металла в чистой водной к-те (напр. в 10—20% H_2SO_4, HCl) сначала в отсутствии (фиг. 1, кривая *a*) пассиватора, а затем в его присутствии при разных концентрациях (кривые *b*, *c*, *d*, *e*) с сохранением постоянства объема раствора и при условии, что пассиватор не изменяет практич. состояния минеральной к-ты в растворе.



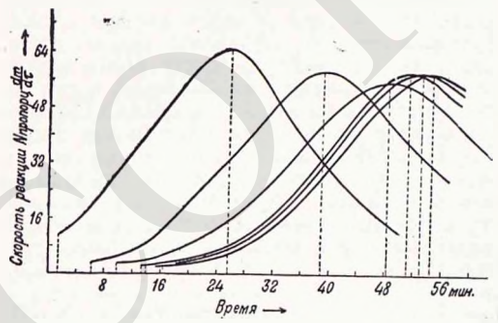
Фиг. 1.

Для измерения скорости растворения металла или кристалла, напр. кальцита ($CaCO_3$), в к-тах удобно измерять число пузырьков газа (H_2 или CO_2), выделяющихся при постоянных условиях $t°$ и давления из остро обрезанного капиллярного кончика определенного диаметра в единицу времени (за 1 мин.). При этом N пропорционально скорости реакции $\frac{dm}{d\tau}$, где m масса вещества, перешедшего в раствор в τ, а τ время в ск. Схема установки для измерения скоростей представлена на фиг. 2. Растворение происходит в пробирке P; капельная воронка A служит для добавления поверхностноактивного вещества, а кран H для сообщения прибора с атмосферой. Пробирка P при измерениях обыкновенно помещается в водяной термостат t. Для перемешивания раствора в пробирке служит электромагнитная мешалка E из согнутой толстой платиновой проволоки, заканчивающаяся внизу площадкой из платиновой сетки; на эту площадку помещается кристалл кальцита или к мешалке тонкой платиновой проволочкой привязывают полоски из листового металла. В верхней части мешалки помещается платинированный железный полый цилиндрик c (толщина стенок в 0,5 *мм*). Мешалка приводится в действие сильным электромагнитом M, между полюсными наконечниками к-рого помещается пробирка. Постоянный ток, питающий электромагнит, прерывается посредством маятникового прерывателя-реле B, позволяющего изменять число перемешиваний (колебаний мешалки) от 30 до 120 и более в мин. Кроме того перемешивание можно ослабить или усилить перемещением электромагнита M вдоль пробирки или изменением силы тока с помощью реостата R. Пузырьки газа при растворении вещества в пробирке P выходят из кончика капилляра K, погруженного в ванну-термостат T. Пузырьки газа должны выделяться в жидкости, насыщенной данным газом и практически его больше не растворяющей (напр. в крепком водном растворе NaCl).



Фиг. 2.

Прекрасными пассиваторами являются чистые фенолы, ароматические углеводороды (бензол, толуол) в тех ничтожных концентрациях, в к-рых они растворимы в водной среде, спирты, жирные кислоты, сульфокислоты, камфора и разнообразные смеси этих веществ (Ребиндер), могущие служить для изготовления новых рецептур присадок. На фиг. 1 видно, что вначале скорость растворения металла как в присутствии пассиватора (кривые *b*, *c* и *d*), так и без него (кривая *a*) обычно растет со временем, очевидно благодаря увеличению поверхности при разъедании (поверхностному диспергированию—разрыхлению). При этом пассиватор, уменьшая скорость растворения, уплощает всю кривую кинетики (кривая *e*). В дальнейшем же (при малом количестве к-ты) она быстрее расходуется в отсутствии пассиватора, что в таком случае влечет за собой пересечение кривых кинетики (фиг. 3). И. И. Жуковым и его сотрудниками было показано, что поверхностноактивные пассиваторы затрудняют установление нормального потенциала на границе «металл—раствор», чем и объясняется известное явление отравления, напр. водородного электрода, поверхностноактивными веществами.



Фиг. 3.

Лит.: Ребиндер П. А., Ребиндер К. П., Пассивирующие (отрицательно-каталитические) действия адсорбционных слоев поверхностноактивных веществ, «Журнал физич. химии», М., 1930, т. 1, вып. 2 (указана литература). **П. Ребиндер.**

ПАСТЕРИЗАЦИЯ, неполная, или частичная, *стерилизация* (см.), один из способов *консервирования* пищевых *продуктов* (см.), скоропортящихся, введенный в практику Пастером. П. применяется в тех случаях, когда высокая темп-ра, необходимая при стерилизации (100—120°), повела бы к более или менее глубокому изменению структуры, консистенции или вкусовых свойств обеспложиваемого продукта. Применяемая при П. $t°$ колеблется в пределах 55÷70°. При этой $t°$ погибают все вегетативные формы микроорганизмов, но не убиваются споры. Продолжительность держания пастеризуемого материала на предельной $t°$ 5÷30 мин., в зависимости от характера и объема пастеризуемого материала, а весь процесс занимает обычно около $2^1/_2$ ч., причем 1 ч. требуется для медленного подъема $t°$, $^1/_2$ ч.—П. и 1 ч.—охлаждение. Пастеризованные продукты в зависимости от их характера в большинстве случаев при продолжительном хранении б. или м. скоро портятся вследствие развития вегетативных форм из неубитых П. спор микробов. Чтобы исключить возможность развития спор, применяют дробную или повторную пастеризацию, предложенную Тиндалем и названную поэтому тиндализацией. Сущность ее заключается в том, что после первой пастеризации дают неубитым спорам прорасти и развившиеся из них вегетативные клетки убивают повторной П. Для массовой П. существует целый ряд систем пастеризационных аппаратов различной производительности. При практич. применении П. в заводском масштабе необходимо считаться с потерей на бой стеклянной посуды, к-рый при соблюдении необходимых условий П. (качество посуды, отсутствие резких колебаний темп-ры, правильный налив) не должен превышать 2%. В промышленности применяется П. очень широко, напр. для молока, фруктовых соков и пр. **Н. Разумов.**

Лит.: см. *Консервное дело* и *Соки*.

ПАТЕНТНОЕ ПРАВО. Капиталистический патент. а) Период свободной конкуренции. Современный зап.-европ. патент на технич. изобретение возникает на заре развития буржуазного общества. У колыбели капиталистическ. патента стоит феодальная привилегия. Являясь прерогативой короны, феодальная привилегия выдавалась в первую очередь фаворитам и другим близким ко двору лицам, одновременно служа средством для пополнения скудных касс правителей, т. к. цивильных листов тогда не существовало. В Англии при Елизавете, по перечислению Юма, было монополизировано не менее 38 продуктов, в том числе таких предметов первой необходимости, как соль, железо, уксус, сталь, селитра, свинец, щетки, горшки, бумага, медь и т. п. Одновременно выдавались привилегии иностранным мастерам. Для введения в Англии неизвестных до того продуктов, материалов, предметов или процессов изготовления англ. королева Елизавета предоставляла исключительное право работы в новых областях определенным лицам при их обязательстве изготовлять предметы в самой Англии и обучать англичан новому производству; целью покровительства являлось желание сделать англ. производство независимым от иностранцев. Установление монополий в интересах отдельных патентообладателей при капиталистич. системе является экономич. необходимостью для поднятия промышленности на высший технич. уровень; монопольное владение рынком в течение некоторого, хотя бы ограниченного периода времени, дает возможность капиталистич. организа-

ции осуществить изобретение в промышленном масштабе. Изобретение для своего практич. внедрения в промышленность должно проделать большой и тернистый путь; между изобретением, технически осуществимым, т. е. вполне патентоспособным, и изобретением промышленно-осуществимым лежит пропасть, к-рая д. б. заполнена огромным трудом и значительным капиталом; так, усовершенствование получения синтетич. индиго потребовало 17 лет упорных заводских трудов; для усовершенствования способа Бергиуса было затрачено 12 млн. золотых марок. Патентная система делает возможным не только введение в промышленную жизнь крупных, требующих огромных затрат изобретений, но и опубликование их секрета во всеобщее сведение. Законодательство всех капиталистич. стран ставит непременным условием выдачи патента раскрытие сущности изобретения в такой степени, чтобы всякий специалист мог его осуществить.

б) В период монополистического капитала экономич. значение патента видоизменяется. Период этот характеризуется, с одной стороны, революцией в технике, а с другой,—рационализацией производства на базисе новой техники и организационных форм. Огромное увеличение числа патентов на изобретение дает представление о росте тех усовершенствований и улучшений, к-рые технич. мысль стремится внедрить в производство.

Заявленные и выданные патенты в капиталистических странах. *1

Страны	До 1870 г.	1871—1923 гг.	1929 г.	
			Патентные заявки	Выдано патентов
Австро-Венгрия *2	15 785	58 811	8 954	4 400
Бельгия	36 333	288 098	9 557	9 485
Великобрит.	53 527	575 058	39 898	18 937
Германия	9 996	397 129	72 748	20 202
Италия	4 665	171 755	4 719	8 350
Норвегия	737	39 523	2 712	1 294
Россия	1 464	30 844	—	—
США	120 573	1 368 379	89 969	45 658
Франция	137 254	545 728	23 327	24 000
Чехо-Словакия	—	12 199	9 113	3 700
Швейцария	—	104 656	8 634	6 558
Швеция	1 629	57 749	5 788	2 059
Япония	—	44 520	11 296	5 090

*1 «Propriété industrielle», 1926—1929 гг. *2 Австрия—после 1923 г.

Монополистическ. организации стремятся укрепить свое положение на национальном и мировом рынках путем огромного числа заявляемых патентов, охватывающих целые отрасли промышленности. Тенденция сосредоточить в своих руках все патенты данной отрасли особенно ярко выступает наружу в трестах США. Табачный трест с самого своего основания скупал все патенты, имеющие какое-либо отношение к обработке табака; многие патенты оказывались сначала негодными и их приходилось перерабатывать инженерам, состоящим на службе у треста. В конце 1906 г. было создано 2 филиала об-ва с исключительной целью скупки патентов. В производстве швейных машин монополия сев.-америк. треста покоится на монопольном П. п. на ряд сложнейших изобретений. Стремление монопольных организаций сосредоточить в своих руках все патенты данной отрасли объясняется стремлением душить в зародыше всякую возможную конкуренцию. Национальные патенты в руках монополистич. организации служат средством обороны своего господства от иностранной конкуренции; в то же время каждая монополистич. организация стремится к завладению и иностранным рынком, для чего она ограждает все свои патентные заявки во всех промышленных странах. Для борьбы с иностранными патентообладателями, стремящимися импортировать свои патентованные товары, при обладании в то же время монополиями, исключающими возможность производства этих товаров внутри страны третьими лицами, патентные законодательства устанавливают институт принудительного осуществления изобретений в стране, при санкции в виде аннулирования патентов или выдачи на них принудительных лицензий. Приобретение П. п. монополистич. организациями менее всего имеет целью повышение техники. Крупнейшие америк. тресты сосредоточивают в своих руках все патенты, имеющие какое бы то ни было отношение к их сфере деятельности, с исключительной целью обеспечить свое оборудование от возможной конкуренции со стороны новых усовершенствований и новых машин, которые обесценили бы полностью их существующий инвентарь, т. к. реконструкция производства на новой базе сопряжена с огромными расходами. Так, америк. Телефонная и телеграфная компания приобрела все патенты из области автоматич. телефонии с целью ограждения своего монополистич. положения и избежания технич. нововведений (показание председателя комиссии конгресса, депутата Нолана). В своей взаимной борьбе монополистич. организации разных стран устанавливают перемирия, соглашения и даже объединения; в этих объединениях играют значительную роль и монопольные П. п. Из истории международн. картеля калильных ламп известно, что исходной точкой для присоединения к нему США служило установление взаимной гарантии контрагентов путем заключения лицензионно-патентных договоров; то же относится к договору о разделении мирового рынка в отношении беспроволочной телеграфии. При отсутствии международного объединения монополистич. национальные организации стремятся обеспечить себе внутренний рынок путем особых соглашений, в к-рых обмен П. п. играет весьма значительную роль. Примером подобных соглашений является взаимный обмен П. п. между германскими и американскими электротехнич. организациями. Т. о. монопольные права в виде патентов содействуют росту и развитию монополистич. организаций, умеющих использовать эти права для гарантии себе рынка национального, а иногда и международного, от конкуренции как туземных предприятий, так и иностранных монопольных организаций.

в) Правовой характер капиталистического патента. Не останавливаясь на различных теориях правовой сущности капиталистич. патента отметим, что капиталистич. патент является правом исключительным, монопольным; в буржуазном государстве патентообладателю предоставляется исключительное, монопольное право осуществления изобретения в промышленности; всякому третьему лицу осуществление изобретения в виде его изготовления, введения в оборот и т. д. запрещается под страхом уголовной ответственности. Конечно современная привилегия в корне отличается от феодальной. Современная привилегия в виде патента регулируется законом; основания ее выдачи административным органом государства, ее продолжительность и объем предоставляемых ею прав, равно и прекращение ее базируются на твердых началах закона; без наличия творческого патентоспособного изобретения нет и не м. б. в современном государстве патента. Если административный орган государства выдал патент на предложение, не являющееся патентоспособным изобретением, то на основании жалобы или судебного иска патент признается ничтожным с момента выдачи его (§ 10 п. 1; § 13 ч. 1; § 14 п. 2; § 28 ч. 1; § 33 герм. патентного закона). Исключительное право создается в силу присуждения патента государственным органом даже в тех странах, где предпосылкой его выдачи является наличие авторства у заявителя (америк. право, англ. право).

П. п., как и всякая монополия, состоит из двух элементов: положительного—исключительного права осуществления и отрицательного—права запрещать третьим лицам промышленное использование изобретения. Более старые европейск. законодательства не выдвигали во главу угла исключительное право на осуществление изобретения, а подчеркивали только право запрещения со стороны патентообладателя третьим лицам пользоваться изобретением. Иначе обстоит вопрос в современных законодательствах: всюду позитивный элемент патентной монополии ставится как основной (напр. ст. 4 ныне действующего герм. закона 1891 г.). При этом исключительное право осуществления одновременно является и обязанностью осуществления, влекущей за собой санкцию в виде аннулирования патента или выдачи принудительной лицензии. Это право-обязанность резко и определенно отмечает позитивный момент правомочия; негативный же момент является лишь сопутствующим и подчеркивающим основное правомочие патентообладателя. Эта юридич. конструкция, базируясь на позитивном праве новейшего времени, вполне соответствует социальным отношениям, регулируемым исследуемым правоотношением. Монопольное право осуществления, являясь в то же время и обязанностью, представляет собой правовой институт, содействующий развитию и концентрации промышленности и вовлекающий в орбиту монополистич. организаций наиболее существенные для них патенты.

Советское законодательство в области изобретательства. а) Период военного коммунизма. Исторически всякая революция, ломающая социальные устои прошлого и расчищающая дорогу экономич. господству нового класса, не оставляет без внимания проблему изобретательства как особо существенную для развития производительных сил нового строя. Это мы видим на примере франц. революции, равно и в первом периоде великой русской революции. В отличие от франц. революции советская революция не только снимает путы с экономич. развития хозяйства, но и производит переворот в самом фундаменте общества, в его производственных отношениях и притом в основной определяющей области экономики—в крупном производстве. На место индивидуальной собственности, образующей основу прав человека и гражданина, ставится национализация промышленности, объединение в руках государства, управляемого диктатурой пролетариата, всех основных средств производства. Поэтому в противоположность ст. 1 французского патентного закона 1791 г., устанавливающей собственность автора на всякое открытие и изобретение во всех отраслях промышленности. «Положение об изобретениях» от 30 июня 1919 г. в своей первой статье устанавливает национализацию изобретений: «всякое изобретение, признанное полезным Комитетом по делам изобретений, м. б. по постановлению Президиума ВСНХ объявлено достоянием РСФСР». В противоположность буржуазному патентному законодательству «Положение об изобретениях» 1919 г. не знает патента как исключительного права управомоченного лица на осуществление изобретения с исключением всех третьих лиц от пользования таковым. Как реакция против исключительности прав патентообладателя рассматриваемый декрет предоставляет объявленные достоянием РСФСР изобретения, за исключением секретных, относящихся к области государственной обороны, или особо важных для страны, в общее пользование всех граждан и учреждений на особых условиях, в каждом отдельном случае оговоренных. Положение об изобретениях знает лишь автора-изобретателя: «заявление об изобретении, а также и все акты, относящиеся к нему, совершаются только от имени и на имя действительного изобретателя или изобретателей, в удовлетворение чего заявитель обязан выдать подписку» (ст. 6). Термины привилегия и патент вытравлены из декрета; изобретателю выдается авторское свидетельство; последнее и является удостоверением наличности за изобретателем авторского права на определенное технич. изобретение. «Положение об изобретениях» 1919 г. не знает реквизита новизны изобретения; последнее для него безразлично, ибо в момент гражданской войны, блокады и разрухи промышленности, когда было издано «Положение», существенно использование всех без исключения полезных изобретений, без изыскания их новизны, тем более что никаких исключительных или особых прав декрет об изобретениях 1919 г. не предоставляет изобретателю нового технич. предложения. Изобретатель любого полезного предложения, независимо от наличия или отсутствия в нем новизны, может притязать лишь на премиальное возна-

граждение, в определении к-рого он никакого участия не принимает.

б) Период восстановительный. Новая экономич. политика восстановила рыночные отношения при сохранении в руках пролетариата крупного х-ва и политич. господства. Государственная промышленность организуется на началах предоставления отдельным предприятиям значительной автономии в своей деятельности, причем последняя строится на принципе извлечения прибыли, на коммерческом расчете. Период восстановления промышленности требует применения изобретений в более широком масштабе, чем предшествующий, хотя главной задачей являлась концентрация производства и лучшее распределение оставшегося от капиталистического периода основного капитала; вводное постановление к декрету о патентах 1924 г. регулирует возобновление досоветских патентных прав. Для стимулирования же изобретательства в первом периоде новой экономич. политики вводится патентная система, соответствующая полностью социально-экономич. структуре данного периода. В соответствии с допускаемой свободой рыночных отношений, патентная система рассматривает охраняемое изобретение как своеобразный товар, находящийся в распоряжении патентообладателя. Использование ограждаемого патентом изобретения промышленностью может иметь место как общее правило только на основании свободного соглашения с обладателем патента; самовольное пользование чужим изобретением, ограждаемым патентом, преследуется в уголовном порядке (ст. 177 УК РСФСР). Однако советский патент отличается в своей сущности как от царской привилегии на изобретение, так и от капиталистич. патента. Патентный декрет 1924 г. не является воспроизведением досоветского патентного законодательства. Досоветская привилегия носит печать экономического строя царской России с его полуфеодальным и полуколониальным характером. Субъектом досоветской привилегии является не изобретатель, а заявитель, т. е. любое лицо, предъявляющее изобретение в патентующее учреждение. Ст. 198[2] «Устава о промышленности», устанавливающая, что привилегия выдается изобретателю, является лишь декларативной; согласно ст. 198[15] привилегия выдается не изобретателю, а первому лицу, заявившему о том ходатайство. Компетентный исследователь русского досоветского П. п. проф. А. Пиленко замечает по данному вопросу: «изобретатели по ст. 2 (соответствует ст. 198[2]) появились по недоразумению; привилегии выдаются первому заявителю». Но в то время как законодательство буржуазных стран с развитым капитализмом требует во всяком случае добросовестного владения изобретением со стороны заявителя, царский закон не только не знает иска об отсутствии авторства, но даже о присвоении его. А. Пиленко, исследуя детально целый ряд противоречивых статей «Положения о привилегиях» 1896 года, приходит к выводу, что возражений об отсутствии авторства, равно и обвинений в присвоении авторства царское право не знает. Дополнением к заявительской системе царских привилегий является полная экспроприация рабочего изобретателя. В то время как целый ряд буржуазных законодательств вынужден в интересах индустриализации своих стран предоставить некоторую гарантию рабочему изобретателю (австрийский закон 1897 г.), Положение 1896 г. не содержит в себе никаких постановлений по данному вопросу; в виду заявительской системы рабочий изобретатель лишен какого бы то ни было ограждения. Даже больше: Пиленко приходит к выводу, что абзац ст. 198[15], говорящий о присвоении чужого изобретения, д. б. направлен против рабочего изобретателя, учинившего свое изобретение в чужом предприятии и заявившего его на свое имя. Досоветская привилегия не знала обязанности эксплоатации изобретения в стране. В ст. 198[21] говорится об обязательности приведения в действие изобретения или усовершенствования в России. По поводу этой статьи Пиленко пишет: «статья содержит в себе лишь тень института обязательной эксплоатации, ибо министерство считало последнюю вредной для развития промышленности... На практике все сводится к тому, что фабричный инспектор механически выдает удостоверение, отдел промышленности столь же механически выдает свидетельство, и тем дело кончается: статья исполнена и патентодержатель может спокойно игнорировать русскую промышленность ровно 10 лет». Равносильным приведению в действие практика считает ввоз из-за границы одного экземпляра охраняемого русским патентом изобретения; вывезенная из-за границы косилка косит в Тамбовской губ., следовательно приведена в действие в России. Необходимо отметить, что обязанность осуществлять изобретение в стране является характерной особенностью буржуазного П. п. периода свободной конкуренции, отстаивающего развитие национальной промышленности; царская же привилегия, не связанная с основной обязанностью осуществления изобретения, носит т. о. полуколониальный характер, ибо она отмечает экономику страны, зависимой от иностранного капитала. Эта зависимость от иностранного капитала рельефно выступает и в других статьях «Положения о привилегиях на изобретение» 1896 г., устанавливающих особые льготы для иностранцев. Так, основная норма о новизне изобретения для патентоспособности его претерпевает изменения в пользу иностранцев.

Декрет о патентах 1924 г., устанавливая как изобретательскую систему патента, так и обязательное осуществление изобретения в стране, является частичным воспроизведением лучших законов Запада с определенными изменениями, учитывающими социалистич. характер нашего строительства. В основании декрета о патентах лежит патентоспособное *изобретение* (см.); право на получение патента на изобретение имеет действительный изобретатель (ст. 3). Закон не предполагает, что изобретателем является первый заявитель: от заявителя отбирается подписка в том, что он себя считает единственным и действительным изобретателем и что данное изобретение им ни от кого не

заимствовано. Санкцией за неправильную подписку, по ст. 187 Уголовного кодекса РСФСР (в ред. 1926 г.), являются принудительные работы на срок до 3 месяцев или штраф до 300 р. Дача неправильной подписки об авторстве помимо указанной уголовной ответственности влечет за собой невыдачу патента или признание выданного патента недействительным. Закон не только декларирует право изобретателя на патент, но также устанавливает иск об отсутствии авторства. В противоположность герм. закону, знающему лишь иск о неправомерном владении изобретением, ст. 8 ч. 1 декрета о патентах устанавливает право изобретателя в течение всего времени производства дела о выдаче патента возбудить ходатайство в Комитете по делам изобретений о признании заявки недействительной, а также в течение 3 лет со дня опубликования патента предъявлять иск в судебном порядке о признании выданного патента недействительным. В соответствии с этим статья 21 декрета постановляет, что «патент признается недействительным в судебном порядке, если будет установлено,... б) что лицо, заявившее изобретение к патентованию, не является действительным изобретателем или законным правопреемником такового». При этом предусмотрено восстановление в правах пострадавшего автора: при вступлении в законную силу постановления Комитета по дела изобретений или судебного решения о признании заявки или патента недействительным, возбуждение вышеозначенного ходатайства или иска со стороны действительно управомоченного лица признается равносильным заявке изобретения со старшинством со дня заявки, им оспоренной, признанной недействительной, при условии представления в трехмесячный срок всех требуемых при заявке данных и документов (ст. 8 ч. 2). Т. о. первичным субъектом права советского патента является изобретатель.

Ст. 9 декрета о патентах устанавливает права патентообладателя. Согласно последней патентообладатель «имеет исключительное право осуществить в виде промысла принадлежащее ему изобретение в пределах Союза ССР, а именно: изготовлять, продавать, вводить в оборот или вообще употреблять предмет изобретения в промышленных целях». Однако эта норма нашего патентного закона, преломляясь через призму советского гражданского права, в корне отличается по своей сущности от дословно ей соответствующей нормы ст. 4 германского патентного закона. Герм. патентообладатель имеет исключительное право на определенные промысловые действия, предоставляемые ему патентом как специальным законом, причем эти действия, находящиеся в свободном распоряжении, изъемлются из общего гражданского оборота. Советский же патентообладатель не приобретает вместе с патентом права на промысловые действия в объеме, необходимом для промышленного осуществления изобретения; он остается ограниченным общими нормами Гражданского кодекса (ст. 54 и 55), устанавливающими промысловую свободу частных лиц лишь в области мелкой и кустарной промышленности. Правовое содержание советского патента наиболее ярко выявляется в случае патентообладателя иностранца. Согласно ст. 5 декрета о патентах «иностранные граждане пользуются правами на получение патента на изобретение наравне с гражданами СССР»; ст. 9 декрета относится в одинаковой мере и к патентообладателю—советскому гражданину и к иностранцу. Главконеском испросил специальное разъяснение Совнаркома СССР ст. 5 и 9 декрета о патентах в отношении прав на оперативную деятельность иностранных патентообладателей. Совнарком Союза разъяснил, что названные статьи ни в коей мере не отменяют действующих на территории Союза ССР узаконений о порядке допущения иностранного капитала к промышленной, торговой и иной хозяйственной деятельности на территории Союза ССР, а равно и законов, регулирующих порядок открытия и приобретения промышленных и торговых предприятий (выписка из протокола № 78 заседания СНК СССР от 23 дек. 1924 г.). Это же начало подтверждается и в наших международных договорах (ст. 2, 4 и 16 Соглашения о поселениях советско-германского договора 1925 г.). Одновременно советский патент характеризуется ограничительными запретительными правомочиями патентообладателя в отношении государственной промышленности, обладающей монополией на промысловую деятельность в стране. Согласно ст. 15 ч. 2 декрета о патентах, в пользу государственных учреждений и предприятий м. б. установлена за соответствующее вознаграждение принудительная лицензия в пределах потребностей учреждения или предприятия во время установления лицензии. Аналогичной нормы нельзя найти в з.-европ. П. п. Современное з.-европ. государство не выступает вовне как хозяйствующий субъект, а потому оно устанавливает принудительное отчуждение патента или изобретения в случае, если изобретение предназначается для целей обороны или другой общеполезной цели (§ 5 абз. 2 герм. закона; ст. 30 англ. закона 1907 г.). Принудительная лицензия в пользу промышленного предприятия, частного или государственного, допускается з.-европ. правом лишь при неосуществлении или ненадлежащем осуществлении изобретения внутри страны, т. е. при злоупотреблении монополией (§ 5 шведского закона, § 11 п. 1 германского закона; ст. 2 английской новеллы от 23 дек. 1919 г.).

Одним из существенных моментов декрета 1924 г. является институт обязательного осуществления изобретения. Патентообладатель обязан осуществить свое изобретение в пределах Союза ССР лично или путем выдачи лицензии (ст. 18 ч. 1 декрета о патентах). В последнем случае обязанность к осуществлению переходит на лицензиата. Изобретение считается осуществленным в Союзе ССР, если его предмет в течение 5 лет с момента выдачи патента выполнен в пределах Союза ССР в форме, допускающей промышленное использование (ст. 18 ч. 2). Как видно из текста, декрет о патентах не требует исключительного выполнения изобретения в пределах Союза; допускается наряду с осу-

ществлением внутри страны и параллельный ввоз патентованных предметов, что не может представлять опасности для нашего хозяйства, в виду государственной монополии внешней торговли. Во всяком случае осуществление должно носить серьезный промышленный характер без длительных перерывов. Не считается осуществлением изобретения ввоз его из-за границы как в готовом виде, так и отдельных его частей для сборки в СССР, и изготовление пробных экземпляров или постановка лабораторных опытов.

в) Реконструктивный период поставил нашу промышленность перед необходимостью введения новой техники, применения в производстве новых методов и способов. Генеральная линия хозяйственной политики, намеченная директивами 15-го партийного съезда, направлена на рационализацию производства, на «самое широкое использование з.-европ. и америк. научного и научно-промышленного опыта, тщательное изучение всех новейших открытий и изобретений, новых индустрий, нового сырья, новых металлов и т. д.»; необходимо при этом не останавливаться перед затратами на опыты по проведению улучшенных методов производства, всемерно поддерживая при этом инициативу как рабочих, так и техников-инженеров. В связи с этой директивой Пленум ЦК ВКП(б) постановил: «ВСНХ должен разработать и провести ряд мероприятий, направленных к стимулированию изобретательской мысли в СССР и к реализации полезных изобретений... Президиум ВСНХ и все органы промышленности должны отнестись к изобретательству не в форме простого покровительства этому делу, а как к важному делу для дальнейшей технич. рационализации промышленности». Одновременно необходимо отметить рост изобретательства, в частности рабочего изобретательства. Если возьмем число поданных заявок в Комитет по делам изобретений с распределением по профессиям, то получим следующую картину:

Годы	1924/25	1925/26	1926/27	1927/28	1928/29
Специалисты	1 361	1 608	2 391	3 452	5 792
Рабочие	244	617	1 066	1 629	3 161
Крестьяне	11	23	68	130	331
Служащие	—	255	411	897	1 307
Учащиеся	58	166	262	383	869
Прочие	—	92	118	257	543
Без указ. проф.	1 655	1 751	2 472	3 219	5 653
Заводские изобретатели	—	—	—	39	60
Итого	3 329	4 512	6 788	10 006	17 716

Кроме того для СССР (согласно Вестника Комподиза за 1931 г. №№ 3 и 4) в 1929/30 г. (с 1 окт. 1929 г. по 31 сент. 1930 г.) поступило заявок: из СССР—20 245, из-за границы—942. Выдано заявочных свидетельств: советским изобретателям 17 377, иностранным—1 026. Выдано патентов: советским изобретателям 5 561, иностранным—718. Социальный состав советских изобретателей (по выданным заявочным свидетельствам):

Рабочие (в том числе специалистов 897)	4 703
Служащие	8 472
Крестьяне	237
Военнослужащие	100
Прочие	3 729
Заводские изобретения (без указания автора)	136
Итого	17 377

За особый квартал (1 окт.—31 дек. 1930 г.) в Комподизе поступило 4 284 заявки (в том числе от советских изобретателей 4 086). Выдано заявочных свидетельств 3 966, из них советским изобретателям—3 689; выдано патентов 359, из них советским изобретателям—339.

В своем докладе на 16-м партсъезде тов. В. В. Куйбышев характеризует успехи рабочего изобретательства след. обр.: «В отношении изобретательства активность также сильно возросла. Мы имеем много заявок, имеем большое количество изобретений. За 1928/29 и 1929/30 гг. вместе количество патентных заявок рабочих увеличилось в 12 раз. Это уже не мелкие приспособления на тот или иной отдельный станок на заводе, это—уже имеющее огромное народнохозяйственное значение изобретательство». Стимулирование и широкое плановое использование массового изобретательства является одной из важнейших задач реконструктивного периода.

г) Партийные директивы по изобретательству. Постановление ЦК ВКП(б) от 26 окт. 1930 г. «о положении массового изобретательства под углом его влияния на рационализацию производства» дает общую установку по массов. изобретательству. Отмечая неудовлетворительность использования изобретений, усовершенствований и рабочих предложений на предприятиях и в хозорганах, постановление ЦК поручает хозяйственным наркоматам и НК РКИ направлять рост массового изобретательства на использование внутренних ресурсов, на преодоление узких мест в производстве, замену импортного оборудования и сырья советскими и на улучшение организации труда на производстве (п. 4). Для выявления и проверки изобретательской мысли ЦК предписывает создание на каждом предприятии необходимой производственной базы (экспериментальные мастерские, экспериментальные бригады, использование фабзавучей, технич. консультация и т. д.), равно и включение с 1931 г. в план работ научно-исследовательских ин-тов и лабораторий на предприятиях исследовательской проработки, оценки и экспертизы наиболее сложных и крупных предложений и изобретений. При этом вся работа изобретателей и изобретательских органов на предприятии должна быть теснейшим образом связана с общими планами рационализации и реконструкции, с широкой организацией социалистич. обмена опытом между предприятиями (п. 1). Для создания реальной базы для реализации изобретений постановление ЦК предписывает хозяйственным наркоматам и хозорганам предусмотреть в контрольных цифрах и промфинпланах, начиная с 1931 г., специальные средства на реализацию и премирование таких предложений, организовав при этом соответствующий учет затрат на реализацию предложений и их эффективность (п. 3). Постановление предписывает ЦКК—РКИ и Наркомпросу установить систематич. наблюдение и проверку выполнения директив партии и правительственных органов по реализации изобретений, усовершенствований и рабочих предложений, рассматривая случаи невыполнения директив по изобретательству как один из худших видов оппортунизма на практике и применяя к виновным строгие взыскания, вплоть до снятия с работы и предания суду (п. 8).

Постановление ЦК предписывает фракции ЦИК ускорить издание нового закона об изобретениях, обеспечивающего развитие и использование массового изобретательства в СССР (п. 6).

Закон об изобретениях и технических усовершенствованиях от 9 апреля 1931 г. Новый закон, вступивший в силу 25 мая 1931 г., находится в соответствии с социально-экономич. характером переходного периода. Двойственность периода нашла свое отражение в новом законе в виде двух систем охраны изобретательства—системы авторских свидетельств и системы патентов. Согласно вводному постановлению к новому закону, «действовавшее до сих пор патентное законодательство, охранявшее интересы изобретателя путем предоставления ему исключительного права на его изобретение, уже не соответствует стремлениям передовых изобретателей—сознательных строителей социалистич. общества. Необходимо создать иные формы взаимоотношений изобретателей-трудящихся с социалистич. государством, соответствующие роли рабочего изобретателя как непосредственного участника социалистич. строительства». Но в то же время сохраняется и патентная система как метод привлечения изобретений иностранных предприятий и фирм в нашу госпромышленность; патентная система является также мерой стимулирования творчества политически более отсталых изобретателей.

Как авторские свидетельства, так и патенты выдаются лишь на новые изобретения. Условия новизны те же, что в декрете о патентах на изобретения 1924 г. (ст. 46, ч. 1). Однако авторское свидетельство (но не патент) м. б. выдано: а) если изобретатель не более чем в 6 месяцев до заявки делал в пределах СССР устные или письменные доклады о своем изобретении в научно-исследовательских учреждениях, в органах по изобретательству или в тех предприятиях, в которых изобретение можно изготовить, испытать или использовать; б) если в течение того же срока изобретение применялось в пределах СССР в целях его испытания или усовершенствования; в) если изобретение оглашено до заявки без согласия изобретателя; такое оглашение влечет за собой уголовную ответственность (ст. 46, ч. 2). Вместе с тем новый закон распространяет свое действие на технические усовершенствования, не новые в мировой технике, но могущие с пользой быть применимыми в нашей промышленности. При этом закон при установлении размера поощрения и изобретательских льгот делает различие между авторами новых изобретений, повышающих уровень техники, и лицами, предлагающими новые усовершенствования (ст. 90 и 105). В тех случаях, когда на изобретение выдается авторское свидетельство, право использования изобретения в пределах СССР принадлежит государству. Кооперация и другие организации обобществленного сектора могут на равных основаниях с государственными органами использовать изобретения, к-рые относятся к кругу их деятельности. Сам изобретатель, если он кустарь или частный предприниматель, может использовать изобретение в своем предприятии (ст. 4). Возмездная переуступка прав изобретателем исключается. Заявка на получение авторского свидетельства на изобретение м. б. сделана только самим изобретателем, а в случае его смерти—его наследниками (ст. 38). Система авторских свидетельств ставит на место свободного соглашения между изобретателем и госпромышленностью, имеющего место при отчуждении П. п., принудительное регулирование этих взаимоотношений. Необходимо принять во внимание, что в реконструктивном периоде развития хозяйства наша госпромышленность централизована по отраслевому признаку: конкуренция между отдельными предприятиями обобществленного сектора, возможная в восстановительном периоде, ныне полностью изжита. В таком случае в договорных отношениях об отчуждении изобретательского права, как и авторского права на литературное или художественное произведение, фактич. монополист в виде госоргана при хозрасчетном уклоне может навязать своему контрагенту, изобретателю или писателю, любые условия, которые последний вынужден принять. Поэтому советское авторское законодательство реконструктивного периода стремится установить определенные ставки вознаграждения, а равно и ряд правовых гарантий, охраняющих автора: всякие изменения этих положений во вред авторам считаются недействительными, и на их место вступают соответствующие положения утвержденного Правительством типового договора. Точно так же положение «об изобретениях и технич. усовершенствованиях» заменяет юридически свободное соглашение хозяйственно неравных сторон обеспечением изобретателя определенным вознаграждением и установлением ряда общих гарантий, обязательных для сторон.

Если изобретение признано полезным для народного хозяйства, изобретатель имеет право на вознаграждение от государства или от соответствующей организации по принадлежности (ст. 4, п. «д»). Если изобретение, не признанное полезным для народного хозяйства, применяется в каком-либо предприятии, изобретатель имеет право получить от последнего вознаграждение (ст. 4, п. «е»), размер которого устанавливается на основе инструкции Комитета по изобретательству при СТО. В инструкции д. б. предусмотрены различные ставки вознаграждения: 1) за новые изобретения и 2) за прочие усовершенствования (ст. 90). Вознаграждение, получаемое за изобретения и усовершенствования, во всех отношениях приравнивается к заработной плате независимо от того, работает ли данное лицо по найму (ст. 93). В этом случае изобретатель пользуется рядом льгот, связанных с привилегированным положением зарплаты в нашем законодательстве. Новый закон строит вознаграждение автора-изобретателя на прочном правовом ба-

зисе: изобретатель может обжаловать постановление о размере и порядке выплаты ему вознаграждения в комиссию при соответствующем наркомате в составе представителя наркомата, профсоюза и РКИ под председательством последнего (ст. 91). Новый закон устанавливает ряд льгот в пользу трудящихся изобретателей, изобретения которых признаны полезными для народного хозяйства СССР. Изобретатели, зарекомендовавшие себя полезными изобретениями, пользуются жилищными льготами наравне с научными работниками (ст. 95); их принимают в учебные заведения наравне с рабочими; рабочим-изобретателям, удовлетворяющим условиям приема в учебные заведения, нем. б. отказано в приеме (ст. 96). Таким же правом пользуются и дети их (ст. 104). Изобретатели пользуются преимущественным правом занимать должности научных работников; для них бронируется известное число мест в научных учреждениях (ст. 97). В ежегодных планах командировок в пределах СССР и за границу для изучения производства и повышения квалификации определенное число мест бронируется за изобретателями (ст. 99). Изобретателям предоставляется право на дополнительный двухнедельный отпуск (ст. 100), на персональную пенсию (ст. 101), на преимущественное помещение в домах отдыха и медицинскую помощь (ст. 102 и 103). Изобретателям предоставляются крупные льготы по подоходному налогу на авторское вознаграждение, получаемое ими за изобретения и технич. усовершенствования (ст. 94). Лица, предложившие технич. усовершенствования, имеющие крупное значение, пользуются льготами наравне с изобретателями; условия и объем предоставления льгот прочим лицам предусматриваются инструкцией Комитета по изобретательству при СТО (ст. 105). В случае смерти изобретателя право на вознаграждение переходит к его наследникам (ст. 106).

Патентная система сохранена в общем в том же виде, как она установлена в декрете о патентах на изобретения 1924 г. Как общее правило без согласия лица, к-рому принадлежит патент, никто не может использовать изобретение (ст. 5, п. «а»). Если изобретение имеет существенное значение для государства, но с обладателем патента не будет достигнуто соглашение, Комитет по изобретательству при СТО имеет право установить принудительную лицензию и определить размер вознаграждения в пользу патентообладателя (ст. 5, п. «е»). Сам обладатель патента может осуществлять изобретение с соблюдением законов о частной предпринимательской деятельности; иностранцы же и иностранные юридич. лица могут осуществлять изобретения с соблюдением законов о порядке допущения иностранного капитала к хозяйственной деятельности в пределах СССР (ст. 5, п. «а»). Сохранено в новом законе обязательное осуществление изобретения в течение 3 лет, с некоторыми уточнениями: не считается осуществлением изобретения ввоз предмета его из-за границы как в готовом виде, так и в виде отдельных частей для сборки в пределах СССР (ст. 5, п. «д»). Новый закон вводит изменения в порядке охраны прав патентообладателя, к-рые по декрету 1924 г. ограждались как в гражданском, так и в уголовном порядке. Согласно ст. 9 нового закона, «тот, кто нарушит исключительное право лица, имеющего патент на изобретение, обязан возместить причиненные ему убытки». Исключая уголовную охрану патентообладателя, эта статья ставит под уголовную охрану нарушение государственных прав на изобретение, равно и личных прав автора (ст. 9, п. 1 и 2). Здесь мы имеем то же явление, что и в авторском праве. Согласно разъяснению Пленума Верхсуда РСФСР уголовной ответственности по ст. 177 УК подлежат только случаи нарушения авторского права, к-рые заключаются в умышленном видоизменении чужого произведения, т. е. нарушающие личные права авторов. Т. о. извлечение прибыли из чужого произведения без разрешения автора, т. е. нарушение его имущественных прав, является согласно нашему закону лишь гражданской неправдой; нарушение же личных, не имущественных прав преследуется в порядке уголовном.

Характерной особенностью нового закона является создание им гарантий своевременного и полного использования изобретений. Закон устанавливает обязанность госпромышленности реализовать полезные изобретения (раздел III). Другими словами постановление ЦИК и СНК «об изобретениях и технич. усовершенствованиях» устанавливает впервые на нашем законодательстве право изобретателя на реализацию изобретения, поскольку оно признано полезным соответствующим госорганом. Это основное право изобретателя, соответствующее его положению как активного строителя социализма, детально регулируется в новом законе. а) Отраслевый орган по изобретательству по получении от бюро новизны экземпляра поданной заявки с необходимыми приложениями обязан в месячный срок вынести постановление о полезности изобретения (ст. 20). б) На основании предварительного признания изобретения полезным отраслевой орган по изобретательству немедленно, не дожидаясь выяснения новизны, приступает к необходимой разработке и испытанию изобретения (ст. 21); к участию в разработке и испытании изобретения приглашается изобретатель (ст. 24). в) Постановление отраслевого органа по вопросу о полезности изобретения м. б. в трехмесячный срок обжаловано в вышестоящие органы по изобретательству; организации изобретателей могут подавать жалобы и после указанного срока (ст. 26). г) После окончательного признания изобретения полезным соответствующий хозяйственный орган составляет план использования изобретения и расчет необходимых для этого средств и приводит этот план в исполнение (ст. 27). д) Если изобретение, признанное полезным для народного хозяйства, не проведено в жизнь в течение полугода со дня признания его полезным, отраслевой орган по изобретательству обязан уведомить об этом Комитет по изобретательству при СТО и центральный ведомственный орган по изобретательству; в этом уведомлении должно быть указано, почему изобретение не осуществляется (ст. 35).

е) Ответственность за наиболее быстрое, полное и правильное использование изобретений и усовершенствований в данной отрасли, тресте и отдельном предприятии лежит на руководителе организации (ст. 36). Иностранцы пользуются правами, вытекающими из закона, наравне с гражданами СССР. Комитет по изобретательству при СТО имеет право по соглашению с Наркоминделом устанавливать специальные ограничения для граждан и юридич. лиц тех государств, к-рые не представляют взаимности гражданам и юридич. лицам СССР (ст. 11).

Новый закон создает центральный орган по изобретательству в лице Комитета при СТО. На Комитет возлагается содействие изобретательству, общее руководство органами по изобретательству и надзор за их деятельностью (ст. 13). На Комитет по изобретательству возлагается разработка ряда инструкций первостепенной важности, как напр. нормирование авторского вознаграждения, играющего существенную роль в развитии массового изобретательства.

Лит.: Пиленко А., Право изобретателя, т. 1 и 2, СПБ, 1902—1903; Кирзнер А. М. и Петровский В. В., Патентное и авторское право, Л., 1927; Раевич С. И., Исключительные права, Л., 1926; Хейфец И. Я., Основы патентного права, Л., 1925; его же, Изобретение и его патентная охрана, Л., 1926; его же, Промышленные права и их хозяйственное значение в Союзе ССР и на Западе, М., 1930; «Вестник комитета по делам изобретений», Л., с 1924; «Изобретатель», М., с 1929; Isay H., Die Funktion d. Patente im Wirtschaftskampf, Berlin, 1927; Tafel P., Die nordamerikanischen Trusts u. ihre Wirkungen auf den Fortschritt d. Technik, Stg., 1913 (цит. у Ленина В. И., Империализм как новейший этап капитализма, 3 изд., т. 19, стр. 88 и 427, М.—Л., 1929); Jones E., The Trust Problem in the United States, N. Y., 1922; Vaughan, Economics of Our Patent System, N. Y., 1925; Salzer E., Austausch von technischen Erfahrungen u. Erfindungen im Rahmen d. Unternehmerverbanden, B., 1927; Das Reichspatentamt 1877—1927, Rückblick auf sein Werden u. Wirken, B., 1927; Patentrechtliche Fragen, Verträge, gehalten im Reichspatentamt, B., 1930; Damme F., Der Schutz technischer Erfindungen, Berlin, 1910; Seligsohn A., Patentgesetz, 6 Aufl., B., 1920; Isay H., Patentgesetz, 4 Aufl., B., 1926; Kent, Das Patentgesetz, T. 1 u. 2, B., 1910; Lutter, Patentgesetz, 9 Aufl., Berlin, 1928; Kohler J., Handbuch des deutschen Patentrechts, Mannheim, 1902; Kohler J., Lehrbuch d. deutschen Patentrechts, Mannheim, 1908; Kohler J., Aus dem Patent- und Industrierecht, B. 1—3, Mannheim — B., 1889 — 1902; Osterriech A., Lehrbuch des gewerblichen Rechtsschutzes, Lpz., 1908; Kisch W., Handbuch des deutschen Patentrechts, Mannheim, 1923; Dunkhase W., Die patentfähige Erfindung u. das Erfinderrecht, 2 Aufl., Berlin, 1913; Elster A., Gewerblicher Rechtsschutz, 2 Aufl., Berlin, 1928; Damme—Lutter, Das deutsche Patentrecht, 3 Aufl., Berlin, 1925; Güland—Queck, Die gesetzgeberische Reform d. gewerblichen Schutzrechte, B., 1919; Poullet, Traité théorique et pratique des brevets d'invention, P., 1919; Robinson W., The Law of Patents for Useful Inventions, v. 1—3, Boston, 1890; Edmund, On Patents, London, 1890; Michaelis O., Das amerikanische Patentrecht, B., 1919; Geier R., Das amerikanische Patent, Muster u. Warenzeichenrecht, Berlin, 1930; «Propriété industrielle», Berne, 1931, I; «Blatt f. Patent, Muster und Zeichenwesen», Berlin; «Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht», Berlin, «Propriété industrielle», Berne; «Official Gazette», Wsh.

И. Хейфец.

СВОДНЫЙ ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ К XI, XII, XIII, XIV И XV ТОМАМ Т. Э.

А

Абазин 760, XIII.
Абак 629, XIV.
Абака 174, XV.
Абеля проба 589, XIV.
Аберрация 144, XV.
Абихит 789, XII.
Абрикотин 345, XIII.
Абрис 189, XII.
Абсорбция 918, XIV.
Аванбес 899, XII.
Аверс 518, XIII.
Авиакряж 14, XII.
Авиационные двигатели 694, XIII.
Автолиз 47, XIV.
Автолы 640, XII.
Автомат 207, XII.
Автоокисление косвенное 895, XIV.
Автооксидатор 894, XIV.
Автопиано 793, XIII.
Адамсит 25, XIV.
Адамсона кольца 199, XI.
Адиабан 892, XV.
Азале 758, XI.
Азелаиновая кислота 947, XIV.
Азид натрия 351, XIV.
Азиды 168, XV.
Азимидосоединения 170, XV.
Азимут восстановленной поляризации 454, XV.
Азобисэр 532, XI.
Азокрасители 431, XI.
Азоксазолы 170, XV.
Азоксисоединения 168, XV.
Азоксиновые вещества 939, XIV.
Азолитмин 764, XI.
Азосоединения 168, XV.
Азотиазолы 170, XV.
Азотистая кислота 900, XIV.
Азотистокислый натрий 352, XIV.
Азотная кислота 900, XIV.
Азотнокислая медь 770, XII.
Азурит 774, 789, XII.
Айнштех машина 795, XIV.
Айран 292, 450, 476, XIII.
Акватинта 484, XV.
Аккумулирующие устройства 113, XIV.
Аконины 759, XIII.
Аконит 246, XIV.
Аконитовая кислота 91, XII.
Акра 863, XI.
Акратотермы 349, XIII.
Акридин 170, XV.
Акридоны 426, XI.
Акроза 867, XI.
Аксоида неподвижная 181, XIII.
Аксоида подвижная 181, XIII.
Активация 894, 897, XIV.
Активизация геля 298, XV.
Активированный уголь 645, XI.
Акты (испускание и поглощение света) 111, XIII.
Акцептор 894, XIV.
Алабандин 526, XII.
Алгебраическое дополнение 104, XV.
Ализарин 395, 396, 420, XI; 931, XIV.
Ализарингексацианин 931, XIV.
Ализариновое масло 520, XI; 668, XIV.
Алитирование 104, XI.
Алканнин 396, XI.
Алкилмышьяковая кислота 25, XIV.
Алкоголи 167, XV.
Алкоголь коричный 32, XI.
Алкоголь фенхиловый 255, XV.
Аллиловый спирт 941, XII.
Аллокоричная кислота 31, XI.
Аллоксан 750, XIII.
Алломеризация 401, XI.
Алоэ (Aloë) 396, XI.
Алоээмодин 396, XI.
Альбит 353, XIV.
Альбумин 640, 644, XI.
Альбуминный клей 649, XI.
Альгодонит 789, XII
Альграфия 205, XII.
Альдегидоспирты 169, XV.
Альдегиды 168, XV.
Альдозы 525, XIII.
Альдоксимы 938, XIV.
Альт 806, XIII.
«Альфа» (светильник) 200, XV.
Альфа-аппарат 388, XIII.
Алюминий 85, XI.
Алюминия окись 868, XIV.
Алюмосиликаты 851, XIV.
Амбарак 544, XIV.
Амберит 275, XIII.
Амблигонит 183, XII.
Аметропия 544, XV.
Амид натрия 351, XIV.
Амидины 168, XV.
Амидоксимы 168, XV.
Амиды кислот 168, XV.
Аминоазобензол 437, XI.
Аминокислоты 169, XV.
Амины 168, XV.
Аммиакаты 764, XII.
Аммин-соединения 764, XII.
Аммониевые основания 168, XV.
Аммониевые соединения 939, XIV.
Аммоний азотнокислый 115, XI.
Аммоникоцинт 115, XI.
Аммофосы 354, XIII.
Ампер-виток 197, XIV.
Анастигматы 801, XIV.
Ангидрид кремневый 582, XI.
Ангидрид осмиевый 251, XV.
Ангидрид осмовый 251, XV.
Ангидрид серный 900, XIV.
Ангидриды внутренние 764, XI.
Ангидриды кислот 168, XV.
Английская соль 450, XII.
Английский рожок 800, XIII.
Ангола 863, XI.
Ангстрем 25, XIII.
Анизотропия 484, XII.
Анилиновые краски 402, XI.
Анкер 165, XI.
Аннабергит 534, XIV.
Анодный скрап 813, XII.
Анодный шлам 811, XII.
Анодолюминесценция 332, XII.
Анри (Henry) закон 486, XI.
Антаблемент 172, XV.
Антверпенская синь 373, XI.
Антенна Александерсона 361, XIII.
Антенна направленная 193, XIV.
Антигрим 117, XI.
Антилогарифмы 235, XII.
Антимониллактат 478, XIII.
Антипараллелограм 587, XI.
Антоцианидины 390, XI.
Антоцианины 390, XI.
Антоцианы 390, XI.
Антрагаллол 418, 421, XI; 931, XIV.
Антрапиридин 170, XV.
Антрапурпурин 419, XI; 931, XIV.
Антраруфин 419, 420, 422, XI; 930, 931, XIV.
Антрафлавин 930, XI.
Антрафлавиновая кислота 931, XIV.
Антрахризон 419, 421, XI; 930, 931, XIV.
Антримиды 417, 418, XI.
Апертура объектива 306, XIII.
Апигенин 385, 387, XI.
Аппликация 262, XIV.
Апоморфин 540, 541, XIII.
Апохромат 799, XIV; 144, XV.
Аппарат вытяжной 32, XIV.
Аппараты дозировочные 346, XIII.
Аппретная машина 942, XI.
Аппретура лент 941, XI.
Ар 25, XIII.
Арабиноза 525, XIII.
Аргали 809, XIV.
Аргентин 42, XV.
Арил 167, XV.
Арилмышьяковая кислота 25, XIV.
Аркал 809, XIV.
Арматура котлов паровых 244, XI.
Арренал 25, 28, XIV.
Аррорут вестиндский 480, XI.
Арсаниловая кислота 25, XIV.
Арсенаты 18, XIV.
Арсенаты меди 775, XII.
Арсениды 946, XIII; 13, 23, XIV.
Арсениды олова 33, XV.
Арсенит 16, XIV.
Арсенит меди 775, XII.
Арсенолит 14, 31, XIV.
Арсенопирит 946, XIII; 24, XIV.
Арсеносоединения 24, XIV.
Арсиновые кислоты 25, XIV.
Арсины 24, XIV; 168, XV.
Арсониевые соединения 23, XIV.
Арумин 399, XI.
Арфа 821, XIII.
Архитрав 174, XV.
Арча 419, XIII.
Асидол 915, XIII.
Аспазиолит 30, XI.
Асперолит 789, XII.
Ассоциация 426, XIII.
Астигматизм линзы 549, XV.
Астраханит 448, XII; 353, XIV.
Астрографы 754, XIV.
Астрономические пункты 72, XV.
Астрономия мореходная 98, XIV.
Атакамит 789, 791, XII.
Атланты 179, XV.
Атмосфера 219, XII.
Атоксил 26, 28, XIV.
Аттическая база 176, XV.
Ауксанин 522, XI.
Аурамины 460, XI.

Ауранция 430, XI.
Аурин 454, XI.
Аурипигмент 21, 30, XIV.
Аурихальцит 789, XII.
Аутсайдеры 223, XII.
Афакия 550, XV.
Ахтер-мачта 855, XV.
Ацетали 168, XV.
Ацетиновый голубой 444, XI.
Ацетон 941, XII.
Ацетонитрил 572, XIV.
Ацил 167, XV.
Аэрология 934, 938, XII.
Аэропланы катапультные 533, XIII.

Б

Баббиты 708, XIII; 37, XV
Бабочные заделы 56, XII.
База 173, XV.
Базис 892, XV.
Бакштаг 860, 876, XV.
Балалайка 820, XIII.
Балансир 878, XII; 38, XIV; 728, XV.
Балка 808, XIV.
Балки анкерные 208, XI.
Балки жесткости 889, XII.
Баллер 889, XI.
Банданион 822, XIII.
Банистерин 245, XIV.
Банкаброш 310, 324, XII.
Барабан 271, XIV.
Барабан бильный 466, XIII.
Барабан дубный 566, XIII.
Барабан штифтовый 446, XIII.
Барабаны Бредфорда 690, XIV.
Барабаны вакуумные 648, XI.
Барабаны сушильные 671, XII.
Барабаны трепальные 929, XI.
Барисфера 219, XII.
Баритовый крон 368, XI.
Барк 879, 884, XV.
Барка 888, XV.
Батик 678, XIV.
Батокс 878, XI.
Батохромия 403, XI.
Баттея 893, XV.
Баут 866, XV.
Башни маячные 741, XII.
Безу теорема 105, XV.
Бейдевинд 876, XV.
Бекмана смесь 900, XIV.
Белый колотый товар 254, XIV.
Белый металл 37, XV.
Белый штейн 806, XII.
Белуга 168, XII.
Бензантрон 427, XI.
Бензидиновый коричневый 530, XI.
Бензилиденксилидин 698, XI.
Бензимидазолы 170, XV.
Бензин лаковый 22, XV.
Бензоазурин G 438, X.
Бензоглиоксалины 170, XV.
Бензоксазолы 169, XV.
Бензол 642, XV.
Бензонафтол 363, XIV.
Бензонитрил 572, XIV.
Бензопурпурин 438, XI.
Бензотиазолы 169, XV.
Бензотиофен 169, XV.
Бензотриазолы 170, XV.
Бензофлавин 457, XI.
Берберин 400, XI.
Бергамиол 95, XII.
Бергамотное масло 95, XII.
Бережковый аппарат 235, XV.
Берлинская лазурь 373, 534, XI.
Бернгардтит 789, XII.
Бернулли гипотеза 149, XIII.
Бертоллиды 400, XIV.
Берцелианит 789, XII.
Бессемерование 805, XII.
Бетаоксиантрахинон 931, XIV.
Беттингтона паровые котлы, 244, XI.
Бештаунит 161, XII.
Бизань 864, XV.
Бикарбонат натрия 353, XIV.
Билирубин 401, XI.
Бимсы 884, XI.
Биндера машина 66, XV.
Бинпит 789, XII.
Биподаль 627, XI.
Биолюминесценция 332, XII.
Бисабол-мирра 359, XIII; 72, XV.
Бисаболен 94, XII.
Бисульфат натрия 353, XIV.
Бисульфит натрия 353, XIV.
Биурет 752, XIII.
Биформа 546, XV.
Бихромат натрия 353, XIV.
Бичевые рушки 647, XII.
Бишоффит 448, XII.
Бланика железная 534, XI.
Бланкит 924, XIII.
Бланфикс 365, XI.
Блеклые медные руды 791, XII.
Блескость 193, XV.
Бликовое серебро 521, XIII.
Блоки цилиндров 715, XIII.
Бодо аппарат 362, XIII.
Бойлеры 432, XV.
Бокфлинты 493, XV.
Болвашки 280, XIV.
Болеит 789, XII.
Болтушка 242, XIII.
Болты 678, XIII.
Болты анкерные 208, XI.
Болюс 518, XV.
Бом-брамсель 863, XV.
Боны 51, XII.
Борат меди 775, XII.
Борг 862, XV.
Бордюры 721, XIV.
Борец 246, XIV.
Борнит 789, XII.
Бородка 271, XIV.
Бот 887, XV.
Брайтсток 476, XIV.
Брас 862, XV.
Браунит 535, XII.
Бревнотаски 34, XII.
Брекер-карды 305, XII.
Бренкена прибор 452, XIV.
Брео-аппарат 388, XIII.
Бриг 879, 884, XV.
«Бриллиант» (фильтровальная масса) 344, XIII.
Британский металл 37, XV.
Бродильники термические 868, XIII.
Брожение 480, XIII.
Брожение ацетоновое 290, XIII.
Брожение кислотное 290, XIII.
Брожение лимоннокислое 290, XIII.
Брожение спиртовое 290, XIII.
Бромелия 427, XIV.
Бромизовалерилмочевина 760, XIII.
Бромистая медь 766, XII.
Бромная медь 769, XII.
Бромосмиаты 253, XV.
Бромурал 760, XIII.
Бронза 82, 865, XI; 796, XII; 708, XIII.
Брошантит 789, XII.
Брусовки 161, XIV.
Брусья 15, XII.
Брюкнеровский период 936, XII.
Бугель 862, XV.
Бугшприт 856, XV.
Буквоотливная машина 67, XIV.
Букет (вин) 289, XIII.
Буккер 286, XII.
Буксины 258, XIV.
Булинь 866, XV.
Бункер 287, XI.
Бунчук 804, XIII.
Бураты 647, XII; 830, XIII; 543, XV.
Бурнонит 789, 791, XII.
Буссоль висячая 560, XII.
Бутеин 383 XI.
Бутилмеркаптан 853, XII.
Бутин 384, XI.
Бутираты 679, XII.
Бутирины 679, XII.
Бутиролактон 764, XI.
Буффирование 566, XIII.
Бык-устой 78, XV.
Быки мостов 884, XII.
Быки свайные 87, XV.
Бюксфлинты 493, XV.

В

Вагоны изотермические 683, XV.
Вагоны скотские 683, XV.
Вад 535, XII.
Вадозные минеральные источники 352, XIII.
Вазелин технический 461, XII.
Вазелиновое масло 642, XII.
Вайербары 799, 814, XII.
Вакуумметр 513, XII.
Валериана 246, XIV.
Валеролактон 764, XI.
Валидол 849, XII.
Валики кулачковые 713, XIII.
Валы коленчатые 662, XIII.
Валы многоколенчатые 710, XIII.
Валы составные 665, XIII.
Вандермонда определитель 108, XV.
Ванна красильная 247, XIII.
Ваннеры 702, XIV.
Вантоффит 448, XII; 353, XIV.
Вапа 253, XIV.
Вапор 641, XII.
Варенец 450, XIII.
Вариации перемещений 215, XIII.
Вариометр 761, XIV.
Варрингтонит 789, XII.
Вассерглясс 916, XIII.
Вата коллодионная 587, XIV.
Вата минеральная 335, XIII.
Ватер 314, 317, 318, 324, XII.
Ватер прядильный 40, XIV.
Вашгерды 503, XIII.
Везувин 439, XI.
Вейки 649, XII.
Велигорка 666, XI.
Величины приведенные 624, XI.
Величины сопряженные 110, XIII.
Вельцевание 674, XIV.
Венецол 159, XII.
Вентиль редукционный 396, XV.
Верант 302, XIII.
Веревка вытяжная 646, XV.
Веревочный многоугольник 228, XIII.
Вереск кедровый 419, XIII.
Веретено 316, XII.
Верклей 521, XIII.
Верстальная машина 96, XIV.
Верстка 65, XIV.
Вертикал 901, XV.
Весцеллит 789, XII.
Веялка 533, XV.
Взаимность деформаций 158, XIII.
Взмет 732, XIV.
Вийдер 734, XI.
Вилка 724, XIII; 324, XV.
Вилькинит 182, XIV.
Винная кислота 935, XIV.
Винт 738, XII; 104, XIII.
Винтовая машина 791, XIV.
Винтовка 506, XV.
Винты натяжные 296, XII.
Винты скрепления 80, XIII.
Виолантрон 428, XI.
Виолена 799, XIII.
Виолончель 806, XIII.
Виоль д'амур 806, XIII.
Виридон 429, XI.
Вискозин 641, XII; 476, XIV.
Висячие мосты 885, XII.
Витамаргин 542, XII.
Виттихенит 789, XII.
Вкладыши подшипников 660, XIII.
Водок 32, XIV.
Водонагреватели 118, XIV.
Водород мышьяковистый 23, XIV.
Воздуховозы 251, XII.
Воздуходувная система 896, XI.
Воздушные колпаки 290, XIV.
Волновое число 112, XIII.
Волны вероятности 114, XIII.
Волны материи 114, XIII.
Волокуша 35, XII.
Волчки электронные 346, XII.
Вольта (смазочное масло) 639, XII.
Вольфрамит 535, XII; 444 XIII.
Вольфсбергит 789, XII.
Волюты 176, XV.
Воробы 57, XII.
Воронение 79, XI.
Вороты корчевальные 112, XI.
Ворсование 433, XIII.
Воск горный 880, XIV.
Восковка 385, XIII.
Воспламенение 451, XIV.
Воспроизводительность 815, XI.
Восстановление 892, XIV.
Время вспомогательное 647, XIV.
Время машинное 647, XIV.
Время нерегулярное 647, XIV.
Время основное 647, XIV.

Время подсобное 647, XIV.
Время прибавочное 647, XIV.
Время регулярное 647, XIV.
Время ручное 647, XIV.
Время установочное 646, XIV.
Время штучное 646, XIV.
Вспашка 732, XIV.
Всплывной процесс 715, XIV.
Вспышка 451, XIV.
Встряхиватели 95, XIII.
Вторичные цветные металлы 253, XII.
Вулканизованные изделия 483, XII.
Вульфенит 436, XIII.
Входной зрачок 146, XV.
Выбивка отливок 176, XII.
Выбленка 860, XV.
Выборка канавок 74, XIII.
Выборочные формы хозяйства 23, XII.
Вызревание 909, XI.
Выключатели воздушные 693, XII.
Выключатели пустотные 693, XII.
Выключка 63, XIV.
Вымол 833, XIII.
Выносы (канаты) 52, XII.
Выпуск 936, XI.
Выравниватель 89, XIV.
Выстрел (такелаж) 863, XV.
Вытеснители 950, XII.
Вытравка 193, XII.
Вытягивание 32, XIV.
Вытягивание ленты 936, XI.
Вытяжной аппарат 936, XI.
Выходной зрачок 146, XV.

Г

G-кислота 364, XIV.
Габарот 888, XV.
Газ болотный 929, XII.
Газированное молоко 448, XIII.
Газовый фактор 490, XIV.
Газолин 467, XIV.
Газоопальные машины 65, XV.
Гайка 104, XIII.
Гаккеталь 138, XII.
Галактоза 525, XIII.
Галангин 385, 387, XI.
Галеас 887, XV.
Галиот 887, XV.
Галлеин 459, XI.
Галловая кислота 935, XIV.
Галловая трубки 200, XI.
Галлоцианин 445, XI.
Галоидангидриды кислот 168, XV.
Гале 862, XV.
Галфинд 876, XV.
Гарансе 758, XI.
Гарансин 396, 758, XI.
Гарбе плиты 156, XI.
Гармала 245, XIV.
Гарманование 465, XIII.
Гармин 245, XIV.
Гармоники 821, XIII.
Гармониум 798, XIII.
Гарнисаж 803, XII.
Гарнитура шрифта 60, XIV.
Гарпиус 942, XIII.
Гасильные камеры 690, XII.
Гауерит 535, XII.
Гаусманит 520, 535, XII.
Гауссовская оптика 142, XV.
Гафель-гордень 862, XV.
Гашин 245, XIV.
Гвоздезабивной аппарат 785, XIV.
Гвозди (глиняные клинышки) 21, XIII.
Гебауера машина 66, XV.
Гейслера трубка 307, XV.
Геклинг-машина 303, XII.
Гексабромосмиаты 253, XV.
Гексадекан 639, XV.
Гексакозан 639, XV.
Гексаконтан 639, XV.
Гексан 639, XV.
Гексатриаконтан 639, XV.
Гексозы 525, XIII.
Гекто 25, XIII.
Гектографические аппараты 383, XIII.
Гелиограф 148, XV.
Гелиографная станция 148, XV.
Гелиоцитин 541, XII.
Гель 257, XV.
Гельвин 535, XII.
Гематин 251, XIII.
Гематоксилин 390, XI.
Гемоглобин 401, XI.
Геометрико-оптические иллюзии 569, XV.
Геометрия масс 162, XIII.
Генератор холода 893, 895, XI.
Гентиаеин 394, XI.
Гентизин 395, XI.
Гептадекан 639, XV.
Гептакозан 639, XV.
Гептан, 639, 641, XV.
Гептозы 525, XIII.
Герабол-мирра 359, XIII.
Германии 757, XIII.
Героин 541, XIII.
Герренгрундит 789, XII.
Герсдорфит 24, XIV.
Гесперетин 383, XI.
Гесса лучи 121, XI.
Гетерозит 535, XII.
Гетол 32, XI.
Гигантолит 30, XI.
Гиденит 183, XII.
Гидравлические прессы 19, XIII.
Гидравлический нид 292, XIV.
Гидразин 752, XIII; 168, XV.
Гидразосоединения 168, XV.
Гидрат закиси меди 765, XII.
Гидрат закиси никеля 552, XIV.
Гидрат закиси олова 26, XV.
Гидрат окиси меди 768, XII.
Гидрат окиси патрия 351, XIV.
Гидраты двуокиси олова 27, XV.
Гидраты окиси олова 27, XV.
Гидрид меди 767, XII.
Гидрид патрия 350, XIV.
Гидриды кремния 581, XI.
Гидриды олова 33, XV.
Гидрирование 896, XIV.
Гидродикумарин 735, XI.
Гидроксамовые кислоты 168, XV.
Гидроксамоксимы 168, XV.
Гидроксиламины 168, XV.
Гидрон розовый 411, XI.
Гидроний 939, XIV.
Гидроокись палладия 580, XV.
Гидропульты 138, 886, XV.
Гидрородонит 535, XII.
Гидросепаратор Менаиса 698, XIV.
Гидросульфид патрия 352, XIV.
Гидросульфит патрия 353, XIV.
Гидросфера 219, XII.
Гидротефроит 535, XII.
Гиллинг 307, XII.
Гильзовая коробка 610, XV.
Гильзотолкатель 611, XV.
Гиперметропия (дальнозоркость) 544, XV.
Гиперник 421, XII.
Гипероль 757, XIII.
Гипоксантин 750, XIII.
Гипосульфит патрия 353, XIV.
Гипохлорит патрия 352, XIV.
Гипоциклоиды 595, XI.
Гипсохромия 403, XI.
Гистазарин 931, XIV.
Гистерезис 919, XII.
Глазерит 448, XII.
Гитара 814, XIII.
Гитовы 866, XV.
Главные плоскости линзы 545, XV.
Главные фокусные расстояния 143, XV.
Главный момент количества движения 224, XIII.
Главный фокус 142, XV.
Глаз афакический 550, XV.
Глаз эмметропический 544, XV.
Глазерит 353, XIV.
Глазет 895, XV.
Глазная раковина 941, XIV.
Глауберит 353, XIV.
Глаукофан 353, XIV.
Глет 696, XII.
Гликоколь 934, XIV.
Гликолевая кислота 934, 935, XIV.
Гликолид 765, XI.
Глина обожженная 869, XIV.
Глины коллоидальные 917, XIII.
Глиоксалины 169, XV.
Глиптогенезис 186, XII.
Глицерин-тринитрат 581, XIV.
Глицероль 116, XI.
Глубиномер 262, XII.
Глубокоизлучатели 212, XV.
Глубокосветы 200, XV.
Глюкоза 525, XIII.
Гмелина соль 653, XI.
Гнейст 42, XIV.
Гобой 800, XIII.
Годовая амплитуда 935, XII.
Голлендер-станок 668, XI.
Головка элеватора 83, XIV.
Голубой нейтральный 444, XI.
Голье 565, XIII.
Голяк 827, XIV.
Гомеополярные вещества 425, XIII.
Гомихлин 789, XII.
Гомогенизатор 448, 453, XIII.
Гомогенизированное молоко 448, XIII.
Гомомартонит 15, XIII.
Гомоцентрический пучок лучей 141, XV.
Гонг 804, XIII.
Гониометры 618, XI.
Гончарное дело 274, XIV.
Горелки инвертные 240, XV.
Горелки прямые 239, XIV.
Горки 538, XV.
Горловины 251, XI.
Горн кузнечный 708, XI.
Горообразование 185, XV.
Горшки стекловарные 870, XIV.
Горькая соль 450, XII.
Гофмана реакция 572, XIV.
Гофрировка 942, XI.
Гравирование на камне 191, XII.
Градиент 209, XIV.
Градиент геотермический 349, XIII.
Градин 453, XIII.
Грамолы 469, XII.
Гранат 535, XII.
Грапбукс 710, XI.
Гранки 63, XIV.
Граночная пленка 96, XIV.
График ускорения 170, XIII.
Графит 377, XI.
Графическая динамика 227, XIII.
Графическая точность 325, XV.
Графостатика 226, XIII.
Гребнечесальная машина 936, XI.
Гребни 939, XI; 307, XII.
Грейзен 45, XV.
Грейфер 89, XIV.
Грим 117, XI.
Гриф 805, 806, 807, 815, XIII.
Грот 864, XV.
Грохот, 469, XIII; 691, XIV.
Грохот-сортировка Жосса 535, XV.
Грубберы 734, XI.
Грузовой трюм 883, XI.
Грунтовалка 721, XIV.
Грушвица машина 66, XV.
Грязевая сальза 478, XIV.
Грязевая сопка 478, XIV.
Грязевой вулкан 478, XIV.
Грязеуловитель 219, XI.
Гуанидин 759, XIII.
Гуанилмочевина 753, 755, XIII.
Гуашь 362, XI.
Губка палладистая 578, XV.
Гудрон 634, XII.
Гуейарит 789, XII.
Гуж 55, XII.
Гука закон 149, XIII.
Гуламит 907, XIV.
Гуманизированное молоко 449, XIII.
Гуппера 138, XII.
Гурчение 515, XIII.
Гусек 177, XV.
Гусиная шея (погрузочная машина) 92, XIII.
Гусиные шейки (ножницы) 621, XIV.
Гюбнерит 535, XII.
Гюролит 535, XII.

Д

Давление ветра 869, XV.
Д'Аламбера начало 201, XIII.
Д'Аламбера принцип 201, XIII.
Дальность географическая 216, XV.
Дальность оптическая 216, XV.
Дальтониды 400, XIV.
Дантиклей 177, XV.
Даранскит 353, XIV.
Датисцетин 395, XI.
Движение винтовое 183, XIII.
Движение вращательное 173, XIII.
Движение выпужденное 108, XIII.
Движение корпускулярное 161, XIII.
Движение мгновенное 183, XIII.
Движение механической системы точек 172, XIII.
Движение относительное 184, XIII.
Движение переносное 184, XIII.
Движение перманентное 174, XIII.
Движение поступательное 173, XIII.
Движение равнозамедленное 169, XIII.
Движение равномерно вращательное 167, XIII.
Движение равнопеременное 169, XIII.
Движение равнопеременно вращательное 167, XIII.
Движение равноускоренное 169, XIII.
Движение самопроизвольное 108, XIII.
Движение сложное 184, XIII.
Движение спонтанное 108, XIII.
Движение центральное 171, XIII.
Движки ручные 529, XV.
Двойка 738, XIV.
Двойная точка 591, XI.
Двуокись кремния 582, XI.
Двуокись молибдена 438, XIII.
Двуокись никеля 553, XIV.
Двуокись ниобия 557, XIV.
Двуокись олова 26, XV.
Двусернистый молибден 442, XIII.
Деаэраторы 304, XI.
Девиация компаса 99, XIV.
Дегазеры 304, XI.
Дегидрирование 892, 896, XIV.
Дека 806, 809, XIII.
Декан 639, XV.
Декартов лист 592, XI.
Деклинаторы 558, XII.
Декоративное окрашивание 629, XII.
Декрафтометр 492, XII.
Дельта-металл 865, XI.
Дельфинидин 391, 393, XI.
Демодулятор 370, XIII.
Демпфер 791, XII.
Денарафинизация смазочных масел 465, XIV.
Депрессия молекулярная 599, XI.
Дерги (ковры) 259, XIV.
Деревянное масло 11, XV.
Деревянношпильковочная машина 794, XIV.
Держатель отливной формы 89, XIV.
Дернение 564, XIII.
Дернование 628, XII.
Деррик-кран 341, XI.
Деташер 832, XIII.
Детектирование анодное 802, XI.
Детектирование сеточное 807, XI.
Детерминант 100, XV.
Детское молоко 449, XIII.
Дефибринирование 635, XI.
Деци 25, XIII.
Джеджимамили 256, XIV.
Джонка 888, XV.
Диагенезис 189, XV.
о-Диазины 170, XV.
Диазосоединения 168, XV.
Диамагнетизм 347, XII.
Диамагнитные вещества 345, XII.
Диамагнитные материалы 417, XII.
Диаптрахинонилмочевина 757, XIII.
Диарсины 24, XIV.
Диафоны 745, XII.
Диафрагма 836, XII; 146, XV.
Дигенит 789, XII.
Дигидрит 789, XII.
Дигидрофлавон 386, XI.
Диккинсонит 535, XII.
Дилактилмолочная кислота 478, XIII.
Диметилбензолы 696, XI.
Диметилдифенилмочевина 758, XIII.
Диметилнафталин 363, XIV.
Диметиловый эфир антрагаллола 396, XI.
Димолочная кислота 478, XIII.
Динамика 162, XIII.
Динамика точки 188, XIII.
Динафтилмочевина 757, XIII.
Динитроанилин 574, XIV.
Диоды 767, XI.
Диоксаны 425, XI.
Дионин 541, XIII.
Диоптаз 789, XII.
Диоптрии призменные 555, XV.
Диоптрическая система 208, XV.
Диорселиновая кислота 399, 400, XI.
Диплот 262, XII.
Диплотлинь 262, XII.
Дипропилбарбитуровая кислота 760, XIII.
Дирик-баштаги 862, XV.
Дирик-фал 862, XV.
Диродонид меди 770, XII.
Дисазокрасители 438, XI.
Дисперсия 158, XV.
Дистиллат керосиновый 467, XIV.
Дисторсия 800, XIV; 145, XV.
Дистрибутор 610, XV.
Дисульфид патрия 351, XIV.
Дисульфид олова 31, XV.
Дитианы 425, XI.
Диуреиды 757, XIII.
Дифениленоксид 169, XV.
Дифениленсульфид 169, XV.
Дифенилкарбазид 759, XIII.
Дифенилкарбазон 759, XIII.
Дифенилмочевина 757, XIII.
Дифенилмышьяковая кислота 25, XIV.
Дифенилтиомочевина 758, XIII.
Дифференциальное реле 363, XIII.
Дифермин 852, XIII.
Дихроит 30, XI.
Дицианид меди 769, XII.
Дицианднамид 753, XIII.
Диэтилбарбитуровая кислота 760 XIII.
Диэтилдифенилмочевина 758, XIII.
Диэтилендиоксид 170, XV.
Диэтилендисульфид 170, XV.
Додекан 639, XV.
Дозаторы 95, XIII.
Докозан 639, XV.
Докрутка 33, XIV.
Доломит 404, 447, XII.
Домейкит 789, XII.
Домра 819, XIII.
Доре 814, XII.
Дорога приписки 677, XV.
Дотриаконтан 639, XV.
Дразнилка 809, XII.
Дранка 16, XII.
Дранье 831, XIII.
Древесное масло 12, XV.
Древесный спирт 940, XII.
Дреготип 388, XIII.
Дрейкаптеры 69, XI.
Дрейф 100, XIV.
Дрейфование 530, XIII.
Дробление избирательное 689, XIV.
Дробовики садочные 493, XV.
Друммондова горелка 214, XV.
Дубление красное 263, XIII.
Дубление мехов 246, XIII.
Дубление хромовое 264, XIII.
Дубление черное 263, XIII.
Дублеры 625, XIV.
Дублирки 324, XII.
Дублирование 936, XI.
Дульцинол 511, XII.
Дунст 832, XIII.
Дуплекс-процесс 623, XII.
Дуран-металл 865, XI.
Дуримет (сталь) 547, XIV.
Дутье 909, 910, XIV.
Духи 889, XV.
Духовые инструменты 799, XIII.
Душка (мех. сырье) 270, XIII.
Дымовые завесы 631, XII.
Дымососы 307, XI.
Дюзе 240, XV.

Е

Евкриптит 183, XII.
Едкое кали 916, XIII.

Ж

Жадент 353, XIV.
Жамка 254, XIV.
Железистосинеродистоводородная кислота 651, XI.
Железистосинеродистый патрий 653, XI.
Железные краски 517, XV.
Железные металлы 542, XIV.
Железо Armco 417, XII.
Железостальная стружка 253, XII.
Желтое мышьяковое стекло 27, XIV.
Живая сила 194, XIII.
Жирность 659, XII.
Жирование 245, XIII.
Жироскоп активный 584, XI.
Жиры клеевые 913, 917, XIII.
Жиры отбросные 942, XIII.
Жиры растительные 632, XII.
Жиры ядровые 913, XIII.
Жмыхообрезалки 655, XII.
Живые 740, XIV.
Жом 268, XIV.
Жостер 674, XI.
Журавль 36, XIV.
Жушкит 115, XI.

З

Забор 871, XIV.
Завалка шихты 617, XII.
Заварка 337, XI.
Заготовочная швейная машина 779, XIV.
Заказной стол 820, XII.
Закаливание 253, XIV.
Закись меди 764, XII.
Закись никеля 552, XIV.
Закись-окись никеля 553, XIV.
Закись олова 25, XV.
Закладка выработанного пространства 95, XIII.
Закладка мокрая 100, XIII.
Закладочная машина 99, XIII.
Заключительная пластинка 90, XIV.
Закон Брюстера 451, XV.
Закон относительного движения 352, XV.
Закон падения тел в воде 692, XIV.
Замок 311, XII.
Замыкание силой 103, XIII.
Заряд электрона 733, XI.
Затворные механизмы 508, XV.
Затяжная машина 789, XIV.
Заушники 556, XV.
Защита металлов 104, XI.
Защита электрохимическая 79, XI.
Защитное окрашивание 628, XI.
Звуковая тень 102, XIV.
Звукомаскировка 631, XII.
Земана явление 388, XII.
Зейгерные крецы 40, XV.
Земледельное устройство (литейное производство) 179, XII.
Зеркало глазное 487, XV.
Зеркало испарения 183, XI.
Зернохранилище 836, XIII.
Змеевики 894, XI.
Змеек 539, XV.
Волосос 302, XI.
Золотник 801—810, XV.
Золото пурпурное 44, XV.
Золото сусальное 43, XV.
Золотошвейное мастерство 263, XIV.
Золоудаление 299, XI.
Зона 414, XIII.
Зонообойки 727, XIV.
Зубчики (строительные) 175, XV.
Зуммирование 373, XIII.
Зябь 741, XIV.

И

I-кислота 364, XIV.
Игла 191, XII.
Игольчатая руда 789, XII.
Игрушка 276, XIV.
Избирательность 815, XI.
Изделия без шва 481, XII.
Изделия палиховцев 269, XIV.
Излучатель подводный 400, XII.
Излучение направленное 194, XIV.
Излучение резонансное 334, XII.
Измерители изоляции 52, XV.
Изоантрафлавиновая кислота 931, XIV.

Изобутан 639, XV.
Изокоричные кислоты 31, XI.
Изоксазолы 169, XV.
Изолиторы 139, XII.
Изомасляная кислота 679, XII.
Изоментол 848, XII.
Изонитрил 572, XIV.
Изонитрилы 168, XV.
Изонитросоединения 585, XIV.
Изоолеиновая кислота 947, XIV.
Изопентан 639, XV.
Изорамнетин 385, XI.
Изорропезис 405, XI.
Изостеризм 916, XIV.
Изотония 258, XV.
Изохинолин 170, XV.
Изохинофталон 460, XI.
Икс 25, XIII.
Илезит 535, XII.
Имидазолы 169, XV.
Имидокислоты 168, XV.
Имиды кислот 168, XV.
Имины 168, XV.
Иммедиальиндон 447, XI.
Иммедиальнавбон 449, XI.
Иммерсия 306, XIII.
Импульс силы 194, XIII.
Инготы 799, XII.
Индазолы 169, XV.
Индамины 441, XI.
Индиго 400, 413, 440, XI.
Индигозоли 526, XI.
Индигокармин 413, XI.
Индиготин 400, XI.
Индирубин 410, 413, XI.
Индоксазены 169, XV.
Индол 169, XV.
Индофенолы 441, XI.
Инерциальные силы 357, XV.
Инклинатор 760, XIV.
Интенсивность света 112, XIII.
Интертип 65, 86, XIV.
Интибин 335, XI.
Инулин 334, XI.
Инфлюентные линии 101, XII.
Инфузия 717, XII.
Иодивал 760, XIII.
Иодоновые основания 168, XV.
Иодоосмистая кислота 253, XV.
Ионики 176, XV.
Ионная решетка 427, XIII.
Ионон 924, XI.
Испаритель 111, XV.

К

Кабан (лыжи) 293, XII.
Кабаны 869, XI.
Кабели плотные 889, XII.
Кабестан конный 66, XII.
Кавальеры 292, XV.
Кадинен 94, XII.
Каинит 448, XII.
Каймак 451, XIII.
Какодил 24, XIV.
Какодиловая кислота 25, XIV.
Калаган 268, XIV.
Каледонит 789, XII.
Календулин 399, XI.
Каленица 870, XIV.
Калибр 498, XV.
Калибрирование линзы 562, XV.
Калильные нити 832, XI.
Калмаллой 424, XII.
Калхицин 246, XIV.
Кальматаж 294, XV.
Кальцинация 673, XIV.
Камень архитравный 921, XIV.
Камень корешковый 188, XII.
Камень корнованный 188, XII.
Камнеотборник 415, XIII.
Камнерезное дело 273, XIV.
Камуфляж 629, XII.
Камшафт 37, XIV.
Канавокопатели 271, XII.
Канавы карьерные 295, XV.
Каналы 571, XII; 429, XIV.
Канент 535, XII.
Каннелюры 174, XV.
Канонические уравнения 159, XIII.
Канфильдит 43, 45, XV.
Кап 181, XIV.
Капитель 174, XV.
Капли 174, XV.
Каприломиристоолеин 581, XV.
Капсумин 399, XI.
Каптакс 853, XIII.
Капут-мортуум 846, XIII.
Карабас 888, XV.
Карабины 506, XV.
Каракуль 819, XIV.
Карасс 274, XIV.
Карбазол 169, XV.
Карбамид 751, XIII.
Карбаминат 754, XIII.
Карбанилид 757, XIII.
Карбид кремния 582, XI.
Карбид меди 767, XII.
Карбиды молибдена 442, XIII.
Карбиламины 571, XIV.
Карбоксигемоглобин 911, XIV.
Карболовая черная кислота 559, XI.
Карболовое масло 361, XIV.
Карбонат натрия 353, XIV.
Карбонатная щелочь 937, XIII.
Карбонаты меди 774, XII.
Карбонилы металлов 915, XIV.
Карбоновые кислоты 168, XV.
Карбофракс 865, XIV.
Карбоциклические соединения 169, XV.
Карбоэфиры 909, XI.
Карбюрирование 772, XI.
Кардочки 242, XIII.
Кариатида 179, XV.
Каркамем 739, XI.
Карминовая кислота 397, XI.
Кармуазин 438, XI.
Карналлит 448, XII.
Каро кислота 900; XIV.
Каротин 399, XI.
Каротиноиды 399, XI.
Карри 739, XI.
Карролит 789, XII.
Картер 665, XIII.
Картофелемойки 470, XI.
Картофелетерки 471, XI.
Кассельская земля 379, XI.
Касситерит 444, XIII; 26, 43, XV.
Кассова 480, XI.
Каштаньеты 805, XIII.
Кастор 183, XII.
Катализаторы 945, XII.
Каталки 720, XIV.
Катамаран 889, XV.
Катехин 393, XI.
Катодиоптрическая система 208, XV.
Катодная жесть 813, XII.
Катодный луч 302, XV.
Катодолюминесценция 332, XII.
Катоды 799, XII.
Катоптрическая система 208, XV.
Катык 450, XIII.
Каустика (каустическая точка) 141, XV.
Кафсоль 333, XI.
Качалка 274, XIII.
Качество света 112, XIII.
Кают-компания 883, XI.
Квадра 688, XV.
Квадрант 36, XIV.
Квадрат типографский 57, XIV.
Квадраты 56, XIV.
Квадруплекс 364, XIII.
Квантовые условия 108, XIII.
Квантовые числа 108, XIII.
Кварц 16, XIII.
Кварц плавленый 851, XIV.
Квасцевание 195, XII.
Квасцовка 510, XI.
Кварцевание 260, XIII.
Кверцетин 385, 387, 388, XI.
Кегль 58, XIV.
Кемпферол 385, 387, 388, XI.
Кентролит 535, XII.
Кермесовая кислота 397, XI.
Керра эффект магнетооптический 397, XII.
Кетозы 525, XIII.
Кетоксимы 938, XIV.
Кетол 681, XII.
Кетоноспирты 169, XV.
Кетоны 168, XV.
Кетсторфера число 55, XV.
Кетч 886, XV.
Кефир 450, 476, XIII.
Кизерит 448, XII.
Килевый лист 884, XI.
Килим 259, XIV.
Киловатт 764, XIII.
Килоджоуль 769, XIII.
Килопьеза 769, XIII.
Кильны 673, XIV.
Кингстоны 883, XI.
Кинджаки 264, XIV.
Кинематика 162, XIII.
Кинетика 162, XIII.
Киноварь 369, XI.
Кипа 320, XII.
Кипсеечный аппарат 206—207, XII.
Кипсейка 99, XII.
Кипятильники 197, XI.
Кирза (деталь печатной машины) 721, XIV.
Кирн-машина 544, XII.
Киры 478, XIV.
Кисели 41, XIV.
Кислотный зеленый 452, XI.
Кислотный коричневый 439, XI.
Кишнец 30, XI.
Клавиши 798, XIII.
Клавишные музыкальные инструменты 788, XIII.
Клайдонограф 197, XIV; 307, XV.
Клапан питательный 247, XI.
Клапан редукционный 397, XV.
Клапаны предохранительные 245, XI.
Клапо-машина 420, XIII.
Клапротит 789, XII.
Кларит 789, XII.
Кларнет 801, XIII.
Классическая система 162, XIII.
Клаудетит 15, XIV.
Клей холодный 501, XII.
Клейнпластер 553, XIII.
Клепка бочарная 16, XII.
Клепка ящичная 42, XII.
Клетки (челены) 55, XII.
Клетки сборочные 896, XII.
Клещи затяжные 786, XIV.
Клещи компостирующие 657, XIV.
Климат световой 195, XV.
Климатоведение 938, XII.
Клиноклаз 789, XII.
Клиноклазит 789, XII.
Клинья 89, XIV.
Клозеты 504, XIV.
Ключ 500, XV.
Кнебелит 535, XII.
Кобальт синий 373, XI.
Кобальт шпейсовый 30, XIV.
Кобальтит 905, XV.
Кобальткарбонил 918, XIV.
Кобальтовый блеск 30, XIV.
Ковеллин 769, 789, XII.
Коврики комаловые 275, XIV.
Ковровое дело 257, XIV.
Когарт 871, XIV.
Козел (металлургия) 806, XII.
Козелок (лыжи) 293, XII.
Козырьки предохранительные 948, XI.
Кока 245, XIV.
Кокили 393, XIII.
Коламин 80, XII.
Колер 345, XIII.
Колеса 744, XIII.
Количество движения 194, XIII.
Количество движения результирующее 224, XIII.
Колковый ящик 807, XIII.
Коллаг 461, XII.
Коллектив 940, XIV.
Коллектор 223, XI.
Коллиматоры 850, XII.
Колодец шахтный 574, XV.
Колодка затяжная 772, XIV.
Колодняк 254, XV.
Колодцы томильные 343, XV.
Колокол (барабан) 577, XII.
Колокола 804, XIII.
Колонка отжимная 416, XIII.
Колонны 81, XV.
Колоризация 104, XI.
Колориметрия 754, XIV.
Колорин 758, XI.
Колотильные машины 257, XIII.
Колотые материалы 16, XII.
Колумбит 558, XIV.
Колчедан никелевый 30, XIV.
Колчедан оловянный 45, XV.
Колькотар 655, XI.
Кольца поршневые 674, XIII.
Коляндра 30, XI.
Комбар 819, XIV.

Комбинационные тона 314, XIII.
Коммутатор транзитный 821, XII.
Коммутаторный зал 819, XII.
Компаратор 934, XI; 466, XII; 211, XIV.
Компас висячий 560, XII.
Комплексообразование 426, XIII.
Комплект заготовочный 773, XIV.
Комплект подошвенный 773, XIV.
Композиция 892, XV.
Компонента векторная 655, XIII.
Компонента нормальная 191, XIII.
Компонента тангенциальная 191, XIII.
Компоненты 902, XII; 167, XIII.
Компрессор 684, XIII.
Кональгидрофирит 637, XI.
Конвертирование 805, XII.
Конденсатор 363, XII.
Конденсер 649, XII.
Конденсированное молоко 449, XIII.
Кондиционеры 833, XIII.
Конкреции 189, XV.
Конопля индийская 245, XIV.
Конопляное масло 12, XV.
Конноды 629, XI.
Константа диссоциации 263, XV.
Константан 509, XII.
Континуумы 161, XIII.
Контрабас 806, XIII.
Контрольный стол 827, XII.
Контрсобачка 73, XIV.
Конусы выноса 189, XV.
Конхоида 592, XI.
Концентраты 687, XIV.
Концентрация на столах 700, XIV.
Копировальные приспособления 20, XI.
Коптильня 27, 29, XI.
Копытное масло 142, XI.
Кораблевождение 98, XIV.
Корабль 879, 882, XV.
Корешок 188, XII; 274, XIII.
Кориандровое масло 30, XI.
Кориандрол 95, XII.
Корифин 849, XII.
Корм зеленый 33, XI.
Корм силосованный 38, XI.
Корма грубые 33, XI.
Корма объемистые 33, XI.
Корма сочные 33, XI.
Корнваллит 789, XII.
Корнедробилки 41, XI.
Корн-папир 193, XII.
Коробка буксовая 729, XV.
Коробка огневая 207, XI.
Коробка скоростей 740, XIII.
Коробка смазочная 729, XV.
Королевецкие изделия 255, XIV.
Корпус 57, XIV.
Корпус магнето 365, XII.
Корригирование 544, XV.
Коррозионная среда 80, XI.
Коррозия газовая 99, XI.
Коррозия интеркристаллитная (интеркристаллическая) 73, XI.
Кососветы 200, XV.
Косоуры 76, XII.
Костяная бирюза 131, XI.
Костяная брекчия 125, 130, XI.
Костяная земля 128, XI.
Костяная зола 128, XI.
Костяная чернь 377, XI.
Костяное масло 142, XI.
Костяной уголь 129, XI.
Косяки 922, XIV.
Котел Майера 402, XV.
Котел паровозный 704, XV.
Котел темперировочный 543, XII.
Котел Юнкерса 402, XV.
Котельные установки 289, XI.
Котлы секционные 393, XV.
Кофеин 333, XI; 751, XIII.
Кофейное дерево 332, XI.
Коцы (ковры) 259, XIV.
Кочегарная площадка 255, XI.
Кошели (плоты) 65, XII.
Кошка (корчевание) 114, XI.
Кошма 56, XII.
Коэфициент ассоциации 600, XI.
Коэфициент всестороннего сжатия 396, XIII.
Коэфициент диссоциации 600, XI.
Коэфициент защиты 127, XII.
Коэфициент кручения 397, XIII.
Коэфициент модуляции 400, XIII.
Коэфициент мощности номинальный 767, XIII.
Коэфициент наполнения 292, XIV.
Коэфициент обратной связи 790, XI.
Коэфициент омыления 55, XV.
Коэфициент равнопадаемости 693—694, XIV.
Коэфициент разжижения 302, XI.
Коэфициент растяжения (сжатия) 394, XIII.
Коэфициент сдвига 396, XIII.
Коэфициент усиления лампы 774, XI.
Кран башенный поворотный 342, XI.
Кран велосипедный 343, XI.
Кран литейный 342, XI.
Кран пастенный поворотный 341, XI.
Кран спускной 249, XI.
Краны 898, XII.
Краны катучие 339, XI.
Краны козловые 340, XI.
Краны консольные 340, XI.
Краны мостовые 339, XI.
Краны поворотные 340, XI.
Краны пробные 249, XI.
Кран 395, 758, XI; 548, XII.
Краплак 396, 758, XI.
Краповый цвет 758, XI.
Красильные барки 345, XI.
Красильные котлы 345, XI.
Красильные машины 344, XI.
Красители 381, 525, XI.
Краска 168, XII.
Краски акварельные 362, XI.
Краски восковые 363, XI.
Краски железноокисные 369, XI.
Краски земляные 379, XI.
Краски казеиновые 501, XII.
Краски канифольные 374, XI.
Краски керосиновые 501, XIV.
Краски клеевые 362, XI; 501, XII.
Краски масляно-лаковые 363, XI.
Краски масляные 362, XI.
Краски медовые 362, XI.
Краски нефтяные 374, XI.
Краски силикатные 363, XI; 502, XII.
Краски эмалевые 502, XII.
Красная дубка 260, XIII.
Красная медная руда 764, 789, XII.
Красная медь 799, XII.
Красный железняк 16, XIII.
Красный хром 369, XI.
Краснье 859, XV.
Кратные точки 591, XI.
Крахмальное число 468, XI.
Крашение адсорбционное 489, XI.
Крашение бумаги 552, XI.
Крашение джута 541, XI.
Крашение замши 558, XI.
Крашение искусственного шелка 546, XI.
Крашение искусственной шерсти 544, XI.
Крашение кардной ленты и ровницы 536, XI.
Крашение кожи 555, XI.
Крашение ледяное 490, XI.
Крашение льна 540, XI.
Крашение меха 558, XI; 246, XIII.
Крашение основы 538, XI.
Крашение пеньки 541, XI.
Крашение полульняных тканей 550, XI.
Крашение полушелка 550, XI.
Крашение полушерсти 549, XI.
Крашение пряжи в мотках 536, XI.
Крашение пунцовое 510, XI.
Крашение смешанных волокнистых материалов 548, XI.
Крашение топса 543, XI.
Крашение хлопка 535, XI.
Крашение хромового опойка 558, XI.
Крашение чулок и трикотажа 538, XI.
Крашение шевро 558, XI.
Крашение шелка 544, XI.
Крашение шелковых тканей 545, XI.
Крашение шерсти 542, XI.
Креднерит 535, 789, XII.
Крезалол 561, XI.
Крезилит 561, XI.
Крезол 585, XI.
Крезотин 561, XI.
Крезотиновые кислоты 561, XI.
Крейцкопф 680, XIII.
Крекинг-процесс 566, 570, XI; 465, XIV.
Крекинга кубовые системы 567, XI.
Кремневая кислота 582, XI.
Кремнезем 582, XI.
Кремнефтористоводородная кислота 581, XI.
Кремний четыреххлористый 581, XI.
Кремона диаграмма 157, XIII.
Кренгельс 862, XV.
Кренкит 789, XII.
Креозотовое масло 586, XI.
Кресла 758, XII.
Кривая алгебраическая 591, XI.
Кривая бинодальная 627, XI.
Кривая спиноидальная 627, XI.
Кривая трансцендентная 591, XI.
Кривошины антипараллельные 587, XI.
Крин 844, XV.
Криогеновый коричневый 449, XI.
Криогидратная точка 488, XV.
Криогидраты 488, XV.
Криолит 352, XIV.
Криолитионит 483, XII.
Криофиллит 183, XII.
Кристаллизационная люлька 612, XI.
Кристаллизация мыл 911, XIII.
Кристаллический фиолетовый 454, XI; 13, XIII.
Кристаллолюминесценция 332, XII.
Кристаллооптика 620, XI.
Кристаллореакция 320, XIII.
Кристаллохимический анализ 622, XI.
Критическая температура 623, XI.
Критический коэфициент 624, XI.
Критический объем 623, XI.
Критическое давление 623, XI.
Кровавик 655, XI; 846, XIII.
Кровати 758, XII.
Кровяная мука 639, 645, XI.
Крокус 846, XIII.
Крон (кронглас) 159, XV.
Крон желтый 533, XI.
Крон оранжевый 533, XI.
Крон фиолетовый 378, XI.
Кронпробки 346, XIII.
Кросс 818, XII.
Кроценновый алый 439, XI.
Круг перегибов 136, XIII.
Круг перемен 180, XIII.
Круглик 14, XII.
Кружало 535, XV.
Кружево 260, XIV.
Кружок рассеивания (оптика) 144, XV.
Круповейка 833, XIII.
Крупнин 509, XII.
Крутизна 777, XI.
Кручение 32, XIV.
Крученка 318, XII.
Крушатник 674, XI.
Крюйс-мачта 855, XV.
Крюк 254, XIV.
Крючки ветровые 928, XIV.
Крюммер 734, XI.
Ксантин 750, XIII.
Ксантогеновая кислота 692, XI.
Ксантоны 425, 427, XI; 170, XV.
Ксантопурпурин 396, XI; 931, XIV.
Ксантопурпуринкарбоновая кислота 396, XI.
Ксантофилл 399, XI.
Ксиленол 585, 699, XI.
Ксилидины 698, XI.
Ксилоза 525, XIII.
Ксилофоны 804, XIII.
Кубанит 789, XII.
Кубовое крашение 699, XI.
Куделеприготовительные машины 699, 930, XI.
Кудель 301, XII.
Кудрявомятное масло 54, XIV.
Кужель 699, XI.
Кукурузное масло 463, XII.

Кулисы 234, XV.
Кульмиц 509, XII.
Кумарины 170, XV.
Кумаровая кислота 935, XIV.
Кумарон 169, XV.
Кумыс 292, 450, 476, XIII.
Кунгасы 270, XIV.
Кунжутное масло 736, XI.
Кунцит 183, XII.
Купажирование 89, XII; 345, XIII.
Купоросное масло 578, XIV.
Куприен 789, XII.
Куприт 764, 788, 789, XII.
Купроблюмит 789, XII.
Купрокасситерит 43, XV.
Куприн 776, XII.
Купферрон 776, XII.
Кургашка 826, XIV.
Курка 610, XV.
Куркумин 398, 739, XI.
Куркумовое эфирное масло 739, XI.
Курс корабля 99, XIV.
Куттер 879, 887, XV.
Куфф 888, XV.
Куфф-тьяли 888, XV.
Кюммель 89, XII.

Л

Лаванда 751, XI.
Лавер 230, XII.
Лавис 484, XV.
Лага 688, XV.
Лазы 251, 254, XI.
Лаки 491, XI.
Лаккаиновая кислота 397, XI.
Лаксманнит 789, XII.
Лактаза 480, XIII.
Лактамы 765, XI.
Лактаты 477, XIII.
Лактиды 765, XI; 476, 478, XIII; 934, XIV.
Лактилмолочная кислота 478, XIII.
Лактоза 479, XIII.
Лактол 363, XIV.
Лактоны 934, XIV.
Лампа Люкас 151, XV.
Лампа Манжена 149, XII.
Лампа модуляторная 404, XIII.
Лампа Цейсса 152, XV.
Лампа электронная 401, XII.
Лампа электронная темная 768, XI.
Ламповый приемник любительский 830, XI.
Лампы безэлектродные 217, XV.
Лампы безэлектродные индукционные 861, XI.
Лампы газонаполненные 844, XI.
Лампы накаливания 832, XI.
Лампы неоновые дуговые 858, XI.
Лампы Нернста 837, XI.
Лампы пламенные 225, XV.
Лампы пустотные 839, XI.
Лампы ртутные дуговые 855, XI.
Лампы с вольтовой дугой 852, XI.
Лампы с вольфрамовой нитью 838, XI.
Лампы с металлизированной угольной нитью 837, XI.
Лампы с осмиевой нитью 838, XI.
Лампы с танталовой нитью 838, XI.
Лампы с угольной нитью 836, XI.
Лампы с цирконовой нитью 838, XI.
Лампы тлеющего разряда 862, XI.
Лампы точечные 853, XI.
Лампы электролюминесцирующие 853, XI.
Лангбейнит 448, XII.
Лангит 789, XII.
Ланугиновая кислота 496, XI.
Лапахол 397, 398, XI.
Лапласа теорема 105, XV.
Лапшерезки 471, XII.
Лацы 270, XIII.
Латунное литье 865, XI.
Латунь 82, XI; 796, XII; 708, XIII.
Легенда (кроки) 654, XI.
Лед искусственный 873, XI.
Лед кристаллический 872, XI.
Лед натуральный 873, XI.
Ледебурит 912, XII.
Ледники для посола рыбы 875, XI.
Ледниковый лед 868, XI.
Ледогенератор 872, XI.
Ледоделательная машина 872, XI.
Ледоделательный завод 873, XI.
Ледоколы-паромы 888, XI.
Ледорезы 888, XI.
Ледорезы шатровые 88, XV.
Ледяной пояс 882, XI.
Ледяные формы 872, XI.
Ледяные ящики 883, XI.
Леканоровая кислота 399, 400, XI.
Леквас 267, XIII; 252, XIV.
Леллингит 24, 30, XIV.
Лемниската Бернулли 595, XI.
Лен жменный 300, XII.
Лен заводской мочки 300, XII.
Лен-мочепец 300, XII.
Лен-полутрепок 300, XII.
Лен-стланец 300, XII.
Лен трепаный 301, XII.
Лен-чесанец 301, XII.
Ленточнопильные заводы 32, XII.
Ленточнопильный завод 45, XII.
Ленточнопильный станок 45, XII.
Ленточные машины 324, XII.
Ленты 936, 939, XI.
Ленты штриховые 935, XI.
Леопит 448, XII.
Лепешки (очки) 560, XV.
Лепешки электромагнитные 260, XII.
Ленидин 460, XI.
Ленидолит 183, XII.
Лесная рента 23, XII.
Лесоведение 31, XII.
Лесоводство частное 31, XII.
Лесовозобновление 23, XII.
Лесокатки 33, XII.
Лесоохранение 31, XII.
Лесопильный амбар 35, XII.
Лесосечные формы хозяйства 23, XII.
Лесотаски 33, XII.
Лестница подвесная 947, XI.
Лестницы раздвижные 946, XI.
Лестничная клетка 74, XII.
Летсомит 789, XII.
Лещина 182, XV.
Либетенит 775, 789, XII.
Ликопин 399, XI.
Лимб вертикальный 90, XII.
Лимб горизонтальный 90, XII.
Лиметовое масло 93, XII.
Лимон 93, XII.
Лимонная кислота 935, XIV.
Лимонное искусственное масло 924, XI.
Лимоннокислое брожение 92, XII.
Лимонный сироп 93, XII.
Лимонный сок 93, XII.
Линарит 789, XII.
Линейное увеличение 143, XV.
Линза анастигматическая 548, XV.
Линза асферическая 551, XV.
Линза асферо-торическая 553, XV.
Линза Барлоу 942, XIV.
Линза бифокальная 555, XV.
Линза катральная 551, XV.
Линза отрицательная 546, XV.
Линза план-торическая отрицательная 553, XV.
Линза план-торическая положительная 553, XV.
Линза положительная 546, XV.
Линза пунктальная 548, 550, XV.
Линза рассеивающая 546, XV.
Линза собирающая 546, XV.
Линза сферо-торическая 552, XV.
Линза сферо-цилиндрическая очковая 552, XV.
Линза трифокальная 555, XV.
Линза цилиндрическая очковая 551, XV.
Линии сингулетные 389, XII.
Линиодиаграф Хьюса 583, XI.
Линкруста 157, XII.
Линоксин 154, 633, XII; 21, XV.
Линотип 64, 79, XIV.
Линтерные машины 160, XII.
Липкость 681, XII.
Лирокопит 789, XII.
Лиссель 856, 863, XV.
Литавры 803, XIII.
Литая сталь 211, XII.
Литера 58, XIV.
Литионит 183, XII.
Литионпиперазин 185, XII.
Литиофиллит 183, 535, XII.
Литник 172, XII.
Литографские машины 206, XII.
Литографские станки 194, XII.
Литье черное 749, XIV.
Лихтенберга фигура 307, XV.
Лицевальные машины 171, XIV.
Лицевание 171, XIV.
Лицензионный договор 220, XII.
Лоанда 863, XI.
Лобик 270, XIII.
Ловительное приспособление 227, XII.
Ловчие пояса 233, XII.
Лодки варповальные 65, XII.
Ложа (часть ружья) 504, XV.
Ложки 804, XIII.
Ложные пожары 631, XII.
Локомошен 696, XV.
Локсодромия 99, XIV.
Ломатпол 397, 398, XI.
Ломы-пешни 869, XI.
Лонгсалинг 859, XV.
Лопарь (копер) 14, XI.
Лопасти 883, XI.
Лопаты пневматические 87, XIII.
Лосевая рофдуга 275, XIV.
Лот 57, XII.
Лот электрический 262, XII.
Лотлинь 262, XII.
Лотофлавин 385, 387, XI.
Лоция 98, XIV.
Лошадиная сила 764, XIII.
Луга 33, XI.
Луговодство 34, XI.
Лузга 648, XII.
Луна 301, XIII.
Луна призматическая 558, XV.
Луна телескопическая 558, XV.
Луна ткацкая 303, XIII.
Лутеолин 385, 387, XI.
Луч 272, XII.
Лучепреломление магнитное двойное 396, XII.
Лучеиспускание 184, XI.
Лучи каналовые 281, XII.
Лучи катодные 278, XII.
Лучи молекулярные нейтральные 282, XII.
Лучи отрицательные 279, XII.
Лучи положительные 281, XII.
Лучи электронные 279, XII.
Лучистая руда 789, XII.
Лущение 732, XIV.
Льдодробилки 893, XI.
Льняное масло 12, XV.
Люверсы 644, XV.
Люгер 879, 887, XV.
Люки 254, XI.
Люта 818, XIII.
Люфтклозеты 505, XIV.
Люцифераз 339, XII.
Люциферин 339, XII.
Лючки 166, 217, XI.
Либ 480, XIII.

М

Магнезит 404, 447, XII; 16, XIII.
Магнезия 374, XI; 446, 447, XII.
Магнесиликаты 851, XIV.
Магнийорганические соединения 924, XII.
Магнитная восприимчивость 345, XII.
Магнитная машина 540, XV.
Магнитная проницаемость 345, XII.
Магнитные бури 764, XIV; 625, XV.
Магниты постоянные 356, XII.
Магниты элементарные 346, XII.
Мазут 634, XII; 465, 467, XIV.
Маканные изделия 481, XII.
Маклурин 394, XI.
Макроструктура 709, XI.
Малакограф 490, XII.
Малакометр 490, XII.
Малахит 774, 788, 789, XII.
Маллардит 525, 535, XII.
Малоновый эфир 497, XII.
Малярные работы 498, XII.
Манандонит 183, XII.
Манганаты 527, XII.
Манганизм 519, XII.
Манганин 544, XIV.
Манганит 520, 522, 527, 535, XII.
Манганобрусит 535, XII.
Манганозит 519, 535, XII.
Манганокальцит 535, XII.
Мандола 818, XIII.
Мандолина 817, XIII.
Мандолина-пикколо 818, XIII.
Манеры 265, XIV.
Маниока 480, XI.
Манна 511, XII.
Манна брианconская 162, XII.
Маннаны 512, XII.
Манноза 525, XIII.
Маннановая кислота 512, XII.
Манносахарная кислота 512, XII.
Мантисса 235, XII.
Мануали 797, XIII.
Марганцевая белая краска 533, XII.
Марганцевая кислота 523, XII.
Марганцевая обманка 526, XII.
Марганцевый блеск 526, XII.
Марганцовомедная руда 789, XII.
Маргарин 452, XIII.
Мареграф 548, XII.
Мареметр 548, XII.
Марена 395, XI.
Марзаны 56, XIV.
Марзит 789, XII.
Марквардтова масса 867, XIV.
Маркшейдерские задачи 560, XII.
Маркшейдерский план 551, 560, XII.
Мартеновская мастерская 593, XII.
Мартеновская печь 616, XII.
Мартеновский процесс 601, XII.
Мартин-гик 856, XV.
Марши 74, XII.
Маск-материал 630, XII.
Маскировка декоративная 629, XII.
Маскировка растительная 628, XII.
Маскировка химическая 631, XII.
Масла авиационные (разные марки) 640, XII.
Масла светлые 642, XII.
Масла черные 643, XII.
Маслина 9, 10, XV.
Масло (коровье) 661, XII.
Масло кукурузное 478, XI.
Масло кухонное 11, XV.
Масло линалое 95, XII.
Масло монополь 925, XIII.
Масло морское 640, XII.
Масло пальмовое 581, XV.
Масло пальмоядерное 581, XV.
Масло салатное 11, XV.
Масло столовое 11, XV.
Масло цистерное 11, XV.
Масло швейное 639, XII.
Маслобойки 664, XII.
Маслосбиватель 544, XII.
Маслянокислое брожение 679, XII.
Масляные батареи 470, XIV.
Маслиные стержни 167, XII.
Массикот 367, XI.
Мастикс 697, XII.
Масштаб времени 701, XII.
Масштаб высот 702, XII.
Масштаб линейный 700, XII.
Масштаб поперечный 701, XII.
Масштаб численный 700, XII.
Материнизированное молоко 449, XIII.
Материальная точка 161, XIII.
Матрица 75, XIV.
Матрица квадратная 102, XV.
Матрицы слепые 81, XIV.
Матричная корзина 88, XIV.
Матричная рама 75, XIV.
Махе единица 750, XI.
Маховик 820, XV.
Махорка 246, XIV.
Мацун 450, XIII.
Мачта 585, XV.
Машина дублирная 851, XII.
Машина лопаточная (для отливки) 262, XIII.
Машина лудлов 93, XIV.
Машина мерильно-дублирная 851, XII.
Машина-орудие 738, XII.
Машина полировальная 669, XI.
Машина-приемник 738, XII.
Машина разводная 262, XIII.
Машина солильная 348, XI.
Машина стригальная 256, XIII.
Машина транспортирующая 738, XII.
Машина трансформирующая 738, XII.
Машинные передатчики 402, XIII.
Машины газоопальные 65, XV.
Машины гидравлические отбойные 89, XIII.
Машины для мерсеризации 856, XII.
Машины закладочные (горные) 96—97, XIII.
Машины опальные 65, XV.
Машины погрузочные 91, XIII.
Машины тарелочные 546, XII.
Меггер 54, XV.
Мегомит 275, 283, XIII.
Мегомметр 52, XV.
Меготаль 275, 283, XIII.
Медвежина (крушина) 674, XI.
Медвяная роса 761, XII.
Медиатор 818, XIII.
Меднал 760, XIII.
Медная окалина 771, 799, XII.
Медная пенка 789, XII.
Медная слюда, 789, XII.
Медное число 85, XII.
Медные духовые инструменты 801, XIII.
Медный блеск 789, 791, XII.
Медный колчедан 789, 791, XII; 444, XIII.
Медный купорос 770, 789, 791, XII.
Медь 82, XI.
Медь самородная 788, 789, XII.
Медь черная 802, XII.
Межень 830, XII.
Мезголовитель 230, XII.
Мездрение 240, 260, 563, XIII; 667, XIV.
Мездрильная машина 241, XIII.
Мездряк 260, XIII; 667, XIV.
Мезоторий радиоактивный 503, XIII.
Меланин 271, XIII.
Меле 815, XIV.
Мелкоплодник 300, XIII.
Меловики 341, XIII.
Меловка 511, XI.
Мембрана полупроницаемая 257, XV.
Менилит 64, XV.
Мениск 625, XI; 546, XV.
Ментоспирин 849, XII.
Мера накала 770, XI.
Мера точности 566, XV.
Мережка 261, XIV.
Мерея искусственная 264, XII.
Мерильные ленты 852, XII.
Меркаптали 853, XII.
Меркаптаны 168, XV.
Меркаптиды 852, XII.
Меркаптолы 853, XII.
Меркурохром 925, XII.
Мерлушка 826, XIV.
Мертвецы (сваи) 52, XII.
Мертвый груз (лыжи) 297, XII.
Метаазотная кислота 577, XIV.
Метаарсениты 16, XIV.
Метакремневая кислота 582, XI.
Метаксин 157, XII.
Металл защитный 78, XI.
Металлорганические соединения 167, XV.
Металлофоны 804, XIII.
Метаморфизм 189, XV.
Метамышьяковая кислота 18, XIV.
Метамышьяковистая кислота 16, XIV.
Метамышьяковистокислый цинк 17, XIV.
Метан 639, XV.
Метанол 939, XII; 911, XIV.
Метаоловянная кислота 28, XV.
Метасиликат натрия 353, XIV.
Метасоматизм 91, XII.
Метастаннаты 28, XV.
Метахлорное олово 33, XV.
Метацентр 269, 270, XV.
Метацентрическая высота 270, XV.
Метацентрический радиус 270, XV.
Метеорологические элементы 934, XII.
Метил 167, 639, XV.
Метил-α-бромэтилкетон 15, XIII.
Метиларсеноксид 24, XIV.
Метилацетат 941, XII.
Метилвиолет 13, XIII.
Метиленовый голубой 446, XI.
Метиленовый зеленый 446, XI.
Метилионон 924, XI.
Метилмеркаптан 853, XII.
Метилнафталин 360, 363, XIV.
Метилпентозы 525, XIII.
Метилформиат 852, XIII.
Метилэозин 459, XI.
Метод деформаций 159, XIII.
Метод перемещений 159, XIII.
Метод сил 159, XIII.
Метод синоптический 936, XII.
Метод смешанный (перемещений) 159, XIII.
Метод средних величин 936, XII.
Метопы 174, XV.
Механизация окраски 504, XII.
Механизм двукоромысловый 587, XI.
Механизм двукривошипный 587, XI.
Механизм кривошипно-коромысловый 587, XI.
Механизм кулачный 728, XI.
Механизм наматывающий 649, XIII.
Механизм натягивающий 649, XIII.
Механизм очищающий 649, XIII.
Механизм перфорирующий 69, XIV.
Механизм спарный 587, XI.
Механизм толкательный 727, XI.
Механизм четырехзвенный шарнирный 587, XI.
Механизмы многозвенные 106, XIII.
Мецкалин 245, XIV.
Миаргирит 881, XIV.
Миканит 279, XIII.
Микапитовая бумага 279, XIII.
Миканитовые гильзы 279, XIII.
Микартон 278, XIII.
Микафолий 279, 280, XIII.
«Микро» 294, XIII.
Микроанализ 319, XIII.
Микробия 288, XIII.
Микрокюри 749, XI.
Микрометод 697, XII.
Микрометр безличный 903, XV.
Микрон 25, XIII.
Микроскоп панкратический 309, XIII.
Микроскоп поляризационный 309, XIII.
Микроскоп простой 271, XII; 301, XIII.
Микроскоп сложный 303, XIII.
Микрофон-адаптер 311, XIII.
Микрофон газовый 318, XIII.
Микрофон двойной 314, XIII.
Микрофон конденсаторный 315, XIII.
Микрофон ленточный 311, XIII.
Микрофон пьезоэлектрический 318, XIII.
Микрофон световой 317, XIII.
Микрофон угольный 312, XIII.
Микрофон электродинамический 311, XIII.
Микрофон электромагнитный 311, XIII.
Миксит 789, XII.
Миллерит 553, XIV.
Милликюри 749, XI.
Миллимикрокюри 749, XI.
Миллиотип 388, XIII.
Миллитермия 769, XIII.
Мильна машина 109, XI.
Мина 357, 358, XIII.
Миндаль 330, XIII.
Миндальная кислота 935, XIV.
Миндальные отруби 118, XI.
Минералы 331, XIII.
Минор 103, XV.
Минос 908, XI.
Минутники 559, XV.
Миопия (близорукость) 544, XV.
Миосальварсан 29, XIV.
Мир сферический де-Ситтера 363, XV.
Мир цилиндрический Эйнштейна 362, XV.
Мирабилит 346, 353, XIV.
Мирбановое масло 576, XIV.
Мирна 25, XIII.
Миристодилаурин 581, XV.
Миристодипальмитин 581, XV.
Мирицетин 385, 387, 388, XI.
Мировой эфир 485, XII.
Миртилидин 393, XI.
Мисцикель 30, XIV.
Мисцелла 672, XII.
Митральеза 610, XV.

Многосернистый патрий 351, XIV.
Многоугольник силовой 190, XIII.
Мобилометр 492, XII.
Мовеин 444, XI.
Модели 164, XII. 380, 390, XIII.
Модла 250, XIV.
Модуль 172, XV.
Модуль погружения 151, XII.
Модуль разрыва 151, XII.
Модуль сдвига 670, XI.
Модуль упругости 394, XIII.
Модуль Юнга 393, XIII.
Модульоны 175, XV.
Модуляция абсорбцией 401, XIII.
Модуляция балансная 374, 412, XIII.
Модуляция магнитная 402, XIII.
Модуляция на аноде 403, XIII.
Модуляция на сетке 407, XIII.
Модуляция поглощением 401, XIII.
Модуляция расстройкой 402, XIII.
Модуляция смещающим напряжением 408, XIII.
Модуляция частотой 412, XIII.
Моечные машины 529, XV.
Можжевеловое масло 419, XIII.
Мокка (Мокко) 333, XI.
Молекулярная решетка 427, XIII.
Молекулы атомные 425, XIII.
Молекулы гетерополярные 425, XIII.
Молекулы гомеополярные 425, XIII.
Молекулы ионные 425, XIII.
Молескин-сукно 433, XIII.
Молибдаты 440, XIII.
Молибденит 442, 444, XIII.
Молибденкарбонил 918, XIV.
Молибденовая кислота 439, XIII.
Молибденовые руды 439, XIII.
Молибденовый ангидрид 438, XIII.
Молирование 163, XV.
Молоко крахмальное 468, 478, XI.
Молот воздушный 461, XIII.
Молот падающий 710, XI.
Молот паровой 710, XI.
Молот пневматический 461, XIII.
Молотки пневматические отбойные 86, 87, XIII.
Молоты свайные 19, XI.
Молотьба 465, XIII.
Молочная кислота 935, XIV.
Молочные продукты 448, XIII.
Молочный ангидрид 478, XIII.
Молочный сахар 446—447, XIII.
Молы ряжевые 423, XIII.
Молы свайные 423, XIII.
Моль (способ сплава) 50, 69, XII.
Момент вращающий 212, XIII.
Момент инерции 225, 482, XIII.
Момент количества движения 501, XIII.
Момент крутящий 669, XI.
Момент силы 502, XIII.
Момент тока 22, XIII.
Моменты центробежные 226, XIII.
Монакс-комбинатор 388, XIII.
Монарсон 25, XIV.
Монетные сора 509, 521, XIII.
Монжю 528, XIII.
Моноазокрасители 437, XI.
Монозы 524, XIII.
Монокс 583, XI.
Мононитроанилины 573, XIV.
Мононитросоединения 584, XIV.
Монополь-масло 524, XIII.
Монотип 64, 67, XIV.
Мо-пермаллой 423, XII.
Мора круг 202, XIV.
Моренные отложения 189, XV.
Морин 385, 387, 388, XI.
Мориндон 396, XI.
Морозин 123, XI.
Морфолин 170, XV.
Мост разгрузочный 340, XI.
Мостик 76, XIV.
Мостик Кольрауша 547, XIII.
Мостик-меггер 54, XV.
Мосты 293, XV.
Мосты металлические арочные 880, XII.
Мосты металлические балочные 864, XII.
Мотил 918, XIV.
Мотка крестовая 651, XIII.
Мотовило 324, XII; 629, XIV.
Моток 626, XIV.
Моторы 653, XIII.
Моттрамит 789, XII.
Мохр 258, XIV.
Мочильная яма 762, XIII.
Мощность активная 766, XIII.
Мощность действительная 766, XIII.
Мощность заводская 766, XIII.
Мощность индикаторная 765, XIII.
Мощность кажущаяся 766, XIII.
Мощность литровая 766, XIII.
Мощность поминальная 766, XIII.
Мощность реактивная 766, XIII.
Мощность телеграфная 403, XIII.
Мощность телефонная 403, XIII.
Мощность эффективная 765, XIII.
Муар 942, XI.
Мука картофельная 480, XI.
Мука тиковая 480, XI.
Мука тикоровая 480, XI.
Мука тикурован 480, XI.
Мулеты 485, XV.
Мультиграф 388, XIII.
Мультиплекс-машина 545, XII.
Муметалл 421, XII.
Мумия 370, XI; 846, XIII; 517, 518, XV.
Мумфорда питательный автомат 283, XI.
Мунц-металл 83, XI.
Мурексидная реакция 751, XIII.
Мускон 853, XIII.
Мускулин 44, XIV.
Мутули 174, XV.
Муфта Галли 899, XIII.
Муфта глухая 892, XIII.
Муфта карданная 895, XIII.
Муфта коническая затяжная 892, XIII.
Муфта предохранительная 901, XIII.
Муфта расширительная 894, XIII.
Муфта уравнительная 894, XIII.
Муфта электромагнитная 901, XIII.
Муфты кабельные 901, XIII.
Муфты подвижные 894, XIII.
Муфты эластические 894, XIII.
Мыла белые 918, XIII.
Мыла восковые 918, XIII.
Мыла жидкие 937, XIII.
Мыла зеленые 925, 926, XIII.
Мыла канифольные 919, XIII.
Мыла клеевые 937, XIII.
Мыла лощено-белые 918, XIII.
Мыла медицинские 926, XIII.
Мыла мягкие 922, XIII.
Мыла наливные 917, XIII.
Мыла нафтеновые 926, 942, XIII.
Мыла оранienбургские 918—919, XIII.
Мыла пилированные 928, XIII.
Мыла полуядровые 920, XIII.
Мыла прозрачные 922, XIII.
Мыла серебряные 922, XIII.
Мыла туалетные 927, XIII.
Мыла шлифованные 918, XIII.
Мыла экономические 922, XIII.
Мыло 910—942, XIII.
Мылонафт 915, 925, 942, XIII; 366, 668, XIV.
Мыльный клей 917, XIII.
Мычка 315, XII.
Мышьяк белый 946, XIII; 14, XIV.
Мышьяк пятисернистый 22, XIV.
Мышьяк хлористый 22, XIV.
Мышьяковая кислота 946, XIII; 18, XIV.
Мышьяковая мука 15, XIV.
Мышьяковистая кислота 946, XIII; 14, 16, 28, XIV.
Мышьяковистая медь 789, XII.
Мышьяковистое железо 30, XIV.
Мышьяковистокислый кальций 17, XIV.
Мышьяковистокислый натрий 17, XIV.
Мышьяковистый ангидрид 948, XIII; 14, XIV.
Мышьяковистый колчедан 946, XIII.
Мышьяковое стекло 15, 16, XIV.
Мышьяковокислый кальций 20, XIV.
Мышьяковокислый натрий 20, XIV.
Мышьяковокислый свинец 21, XIV.
Мышьяковосвинцовая желтая 27, XIV.
Мышьяковый ангидрид 18, XIV.
Мышьяковый колчедан 30, XIV.
Мышьяковый цвет 31, XIV.
Мюльный початок 648, XIII; 33, XIV.
Мягкие сухари (глина) 843, XIV.
Мягкий припой 37, XV.
Мягкомер 490, XII.
Мягчители 184, XIV.
Мязга 651, XII.
Мялка 929, XI.
Мясоведение 42, XIV.
Мятка 671, XII.
Мятье льна 300, XII.

Н

Набивка ленты 942, XI.
Набойка 569, XII; 55, 264, XIV.
Наборная касса 60, XIV.
Наборная линейка 63, XIV.
Наварка 569, XII.
Навигационная платформа 120, XIV.
Навиграф-ветрочет 105, XIV.
Навой 97, XIV.
Навье гипотеза 149, XIII.
Навье закон 153, XIII.
Нагольные изделия 260, XIII.
Надмолибденовая кислота 439, XIII.
Надсернокислый натрий 353, XIV.
Надуглекислый натрий 353, XIV.
Наждак 107, XI.
Нажор 564, XIII.
Накатка (в металлообработке) 150, XIV.
Накатная машина 149, XIV.
Накипеобразование 150, XIV.
Накладка 207, XII.
Накладки угловые 928, XIV.
Намотка пряжи 34, XIV.
Нантокит 789, XII.
Напильники механические 156, XIV.
Напор полный 291, XIV.
Напорная линия 192, XIV.
Напряжение допускаемое 207, XIV.
Напряжение поверхности нагрева 182, XI.
Напряжение растягивающее 394, XIII.
Напряжение сжимающее 394, XIII.
Напряженное состояние 200, XIV.
Нарезание резьбы 70, XIII.
Нарезка американская 222, XIV.
Нарезка Тюри 226, XIV.
Нарезки Витворта 221, XIV.
Нарезная машина с маятником 242, XIV.
Нарезы 506, XV.
Наринген 383, XI.
Нарост 181, XIV.
Насадка 543, XII.
Насекание 172, XIV.
Насос тепловой 114, XV.
Насосы адгезионные 640, XIV.
Насосы вакуумные 345, XIV.
Насосы вспомогательные центробежные 320, XIV.
Насосы пневматические 330, XIV.
Насосы поршневые 284, XIV.
Насосы центробежные 300, XIV.
Насосы цепные 640, XIV.
Настаивание 717, XII.
Настыль 621, 806, XII.
Натрий водородистый 350, XIV.
Натристая известь 351, XIV.
Натроалунит 353, XIV.
Натропная известь 351, XIV.
Наутофоны 745, XII.
Нафтеновые кислоты 937, XIII.
Нафтены 455, 461, XIV.
Нафтионовая кислота 364, XIV.
Нафтол AS 531, XI; 368, XIV.
Нафтолирование 531, XI.
Нафтолы 435, 491, 511, XI.
Нафтохинонные красители 397, XI.
Невидимоцветные тела 403, XI.
Невиль-Винтера кислота 364, XIV.
Негатив 384, XIV.
Недодавок (канитель) 895, XV.
Нектар 759, 797, XII.
Нектарники 759, 797, XII.
Неоизоментол 848, XII.
Неоментол 848, XII.
Неосальварсан 29, XIV.
Непредельные соединения 400, XIV.
Нерадоль 363, XIV.
Нернста теорема 943, XII.
Нестационарные процессы 115, XIII.
Несущая волна 411, XIII.
Несущая частота 411, XIII; 428, XIV.
Нефелин 353, XIV.
Нефелометр 434, XIV.
Нефтеносные отложения 479, XIV.
Нефтеносные районы 479, XIV.
Нефтеперегонный куб 465, XIV.
Нефтесодержащие породы 479, XIV.
Нефтяные залежи 479, 480, XIV.
Нефтяные кислоты 365, XIV.
Нефтяные месторождения 478, 480, XIV.
Нефтяные остатки 462, XII; 467, XIV.
Нигер 863, XI.
Нигрозины 445, XI.
Нигрол 642, XII.
Никелевая бронза 544, XIV.
Никелевая охра 534, XIV.
Никелевая промышленность 548, XIV.
Никелевые сплавы 544, XIV.
Никелин 509, XII; 24, XIV.
Никелькарбонил 554, 916, XIV.
Никотин 246, XIV.
Никотиновая кислота 556, XIV.
Никотирин 557, XIV.
Ниобаты 557, XIV.
Ниобит 558, XIV.
Нистагмус 233, XV.
Нитрамины 168, XV.
Нитрат натрия 352, XIV.
Нитратор 576, 582, XIV.
Нитрация целлюлозы 586, XIV.
Нитрид бора 851, XIV.
Нитрид кремния 582, XI.
Нитрид меди 767, XII.
Нитрид натрия 351, XIV.
Нитрилы 168, XV.
Нитрит натрия 352, XIV.
Нитрование клетчатки 578, 579, XIV.
Нитрогруппа 576, 584, XIV.
Нитрогуанидин 760, XIII.
Нитрозогруппа 583, XIV.
Нитрозогуанидин 760, XIII.
Нитрозосоединения 583, XIV; 168, XV.
Нитроклетчатка 586, XIV.
Нитрокрасители 429, XI.
Нитроксилолы 698, XI.
Нитроловые кислоты 585, XIV.
Нитромочевина 759, XIII.
Нитросоединения 168, XV.
Нитротолуол 115, XI.
Нитрофоски 354, XIII.
Нитроэкспрессы 506, XV.
Нитрующая смесь 575, 578, XIV.
Нить отвеса 324, XV.
Нихром 106, XI; 546, XIV.
Новокаин 245, XIV.
Новоль 500, XII.
Новоторжковские кожаные изделия 276, XIV.
Ноги (мачты) 734, XII.
Ноды 629, XI.
Нож пружинный 268, XII.
Ножи бильные 929, XI.
Ножницы автоматические 622, XIV.
Ножницы вращающиеся 624, XIV.
Ножницы гильотинные 611, XIV.
Ножницы дисковые 621, XIV.
Ножницы для фасонного материала 617, XIV.
Ножницы качающиеся 622, XIV.
Ножницы летучие 622, XIV.
Ножницы с короткими ножами 612, XIV.
Ножовка параллельная 160, XIV.
Нок 856, XV.
Нолит 558, XIV.
Номера пряжи 304, XII.
Номограмма 243, XII; 629, XIV.
Нонадекан 639, XV.
Нонакарбонил железа 917, XIV.
Нонакозан 639, XV.
Нонан 639, XV.
Нонпарель 57, XIV.
Норденшильдит 43, XV.
Норма выработки 646, XIV.
Норма лабораторная 646, XIV.
Норма цеховая 646, XIV.
Нормальность раствора 641, XIV.
Нормальный вагон 683, XV.
Нормирование 646, XIV.
Нотный стан 653, XIV.
Ночные столы 821, 827, XII.
Нумераторы 657, XIV.
Нумераторы штемпельные 659, XIV.
Нумерация пряжи 626, XIV.
Нутриция 449, XIII.
Нуции 397, 398, XI.
Ньютона закон 204, XIII.
Нюхательные соли 118, XI.

О

Обводнение 832, XII.
Обвязка 925, XIV.
Обдержка 303, XII.
Обжор зольный 564, XIII.
Обезжиривание 262, 269, XIII.
Обжиг на ядро 674, XIV.
Обжиг руд сульфатизирующий 675, XIV.
Обжиг хлорирующий 670, XIV.
Облицовочный камень 684, XIV.
Обломочные породы 189, XV.
Обмуровка 252, XI.
Обогатительные фабрики 715, XIV.
Обогащение воздушное 704, XIV.
Обогащение магнитное 705, XIV.
Обогащение электростатическое 708, XIV.
Обод 16, XII.
Ободки 556, XV.
Обойка 835, XIII; 543, XV.
Обойка наждачная 725, XIV.
Обойная бумага 723, XIV.
Обойная машина 717, XIV.
Оборот пласта 732, XIV.
Обработка красильная 239, XIII.
Обработка скорняжная 240, XIII.
Обработка сырейная 239, XIII.
Обратимые реакции 523, XIII.
Обрубы 56, XII.
Обручи 16, XII.
Обсеменение 628, XII.
Обсерватория астрометрическая 753, XIV.
Обсерватория астрофизическая 753, XIV.
Обсидиан 161, XII.
Обтяжная машина 783, XIV.
Обшивка наружная 884, XI.
Объективы иммерсионные 305, XIII.
Объективы сухие 305, XIII.
Овцы английские 816, XIV.
Овцы грубошерстные 817, XIV.
Овцы длинношерстные 818, XIV.
Овцы короткошерстные 817, XIV.
Овчина романовская 260, XIII.
Овчины меховые щипаные 266, XIII.
Огарки 496, XI.
Огневая линия 183, XI.
Огнеупорные материалы 110, XIV.
Огонь (маяк) 739, XII.
Ограничители 54, XI.
Огузок 270, XIII; 77, XIV.
Одеколон 889, XV.
Одонтолит 131, XI.
Одориметрия 48, XV.
Оживка 511, 546, XI.
Озонатор 887, XIV.
Озониды 170, 886, XIV.
Озонирование воздуха 886, XIV.
Озонная батарея 889, XIV.
Озонный воздушный насос 889, XIV.
Озоны 880, XIV.
Озотетразоны 170, XV.
Озотриазолы 170, XV.
Ойльдаг 461, XII.
Океанография 98, XIV.
Окисление каталитическое 897, XIV.
Окисление контактное 897, XIV.
Окисление углеводородов 898, XIV.
Окислители 899, XIV.
Окислы кремния 582, XI.
Окись какодила 24, XIV.
Окись кобальта 16, XIII.
Окись меди 767, XII.
Окись натрия 350, XIV.
Окись никеля 552, XIV.
Окись олова 26, XV.
Окись осмия 250, XV.
Окись хрома 372, 534, XI.
Окись цинка 16, XIII.
Окна рабочие 568, XII.
Окна садочные 568, XII.
Оконный прибор 928, XIV.
Окраска специального назначения 629, XII.
Окраска фресковая 501, XII.
Округа охраны 353, XIII.
Оксазолы 169, XV.
Оксалат натрия 354, XIV.
Оксалат олова 29, XV.
Оксикислоты 169, XV.
Оксиксилолы 699, XI.
Оксимасляная кислота 934, XIV.
Оксимы 168, XV.
Оксипропионовая кислота 475, XIII.
Оксисоединения 167, XV.
Оксихалкон 386, XI.
Оксихризазин 931, XIV.
Оксон 937, XIV.
Оксониевые основания 168, XV.
Оксоний 939, XIV.
Оксосоединения 168, XV.
Октакозан 639, XV.
Октан 639, XV.
Октодекан 639, XV.
Окуляр компенсационный 305, XIII.
Олеаты 950, XIV.
Олеин 948, 950, XIV.
Олеография 191, XII.
Олеомаргарин 539, XII.
Олефины 456, 461, XIV.
Олибанум 755, XI.
Оливенит 775, 789, XII.
Оливка (очки) 608, XV.
Оливковое (прованское) масло 645, XII.
Олифа казеиновая 501, XII.
Олифа-поволь 21, XV.
Олифы оксидированные 20, XV.
Олифы полимеризованные 499, XII.
Оловянные кислоты 27, XV.
Оловянный камень 444, XIII; 26, 44, XV.
Оловянный колчедан 789, XII.
Ольфакта 48, XV.
Ольфактометр 49, XV.
Ондулятор Крида 59, XV.
Онидин 393, XI.
Опалка 941, XI.
Опалограф 386, XIII.
Опальные машины цилиндрические 65, XV.
Операторы 118, XIII.
Опока 164, XII; 271, XIV.
Опонал 71, XV.
Опорезинотаннол 71, XV.
Опрокиды 95, XIII.
Опрыскиватели 136, XV.
Оптическая деятельность 453, XIV.
Опыливатели 165, XV.
Оранж 438, XI.
Орбаин 260, XIV.
Орган 795, XIII.
Органогенные породы 189, XV.
Орден (архитектурный) 172, XV.
Орех медвежий 182, XV.
Орехи грецкие 181, XV.
Ориентир-буссоль 558, XII.
Орлец 535, XII.
Орогенезис 185, XII.
Оропон 561, XIII; 41, XIV.
Орсейль 764, XI.
Орселиновая кислота 400, XI.
Орсель (орсейль) 345, XIII.
Орсин 399, 400, XI.
Ортизон 757, XIII.
Ортоазотная кислота 577, XIV.
Ортокремневая кислота 582, XI
Ортомышьяковая кислота 18, XIV.
Ортомышьяковистая кислота 16, XIV.
Ортоптер 183, XV.
Ортоскопия 145, XV.
Ортофосфат двунатриевый 354, XIV.
Ортофосфат меди 775, XII.
Оружие духовое 514, XV.
Оружие спортивное 510, XV.
Осадка 879, XI.
Осарсол 29, XIV.

ОБРАЗЕЦ

Осветительная арматура 192, XV.
Осветительная установка 192, XV.
Освещение безопасности 199, XV.
Освещение локализованное 199, XV.
Освещение отраженное 194, XV.
Освещение полуотраженное 194, XV.
Освещение прямое 194, XV.
Освещение рудничное 224, XV.
Освещение створное (маяк) 744, XII.
Осевое давление 313, XIV.
Осмиамовая кислота 253, XV.
Осмибромиды 253, XV.
Осмиевая кислота 251, XV.
Осмиевокислый калий 251, XV.
Осмил 253, XV.
Осмистая кислота 251, XV.
Осмихлориды 253, XV.
Осмол пиевый 942, XIII.
Осмотон 917, XIII.
Осмохлориды 252, XV.
Осмоцианиды 253, XV.
Основной рудный процесс 611, XII.
Особая единичная система 68, XIV.
Остойчивость 529, XIII.
Осцилляционная теория 404, XI.
Осциллятор 102, XIV.
Ось вращения мгновенная 174, 182, XIII.
Ось системы 141, XV.
Ось центральная 211, XIII.
Отбел 516, XIII.
Отбросы уличные 519, XV.
Отвес оптический 554, XII.
Отвесная линия 324, XV.
Отволаживание 262, XIII.
Отвязывающая связь 394, XIV.
Отделочные машины 797, XIV.
Отдушка 892, XV.
Отдушки (для мыла) 96, XII.
Отжиг 70, XIII.
Откатка 255, XIII.
Откатки-горки 539, XV.
Откосы 569, XII.
Отлежка 726, XIV.
Отлив 925—926, XIV.
Отливная машина 67, 73, XIV.
Отливное колесо 83, XIV.
Отмока 240, 260, XIII; 667, XIV.
Отмотка 33, XIV.
Отмочка пряжи 511, XI.
Относительное удлинение 394, XIII.
«Относительность» 352, XV.
Отопительные приборы 415, XV.
Отражатели параболические 210, XV.
Отрепье 301, XII.
Отсадка 695, XIV.
Отсадочные машины 695, XIV.
Отстойник 219, XI.
Отходы 687, XIV.
Отяжелители 184, XIV.
Офортный станок 485, XV.
Офсетные машины 209, XII.
Охлаждающие жидкости 83, XIII.
Охлаждение безмашинное 892, XI.
Охлопок 301, XII.
Охотничье оружие пульпое 505, XV.
Охра 368, XI.
Оцинкование 78, XI.
Очес 288, XV.
Очистка котлов паровых 256, XI.
Очистка литья 177, XII.
Очистка химическая 540, XII.
Очки анизометропические 558, XV.
Очки телескопические 557, XV.
Очки франклиновы 555, XV.
Очко 58, XIV.
Очковые оправы 556, XV.

п-компонент 389, XII.
Паводок 106, XIV.
Пакетирование 259, XII.
Пакля 929, XI; 301, XII.
Паласы 257, XIV.
Палилки 65, XV.
Палладозаминовое соединение 580, XI.
Палубы 884, XI.
Пальмитил хлористый 581, XV.
Пальмитилхлорид 581, XV.
Пальмитин 580, XV.
Пальцы (поперечины) 943, XI.
Панда-мадави 275, XIV.
Пантографирование 606, XV.
Пантофос 203, XV.
Папироса 611, XV.
Папка 195, XII.
Папье-маше 268, XIV.
Пара с неполными связями 103, XIII.
Парабановая кислота 750, XIII.
Параболоид-конденсор 307, XIII.
Парадоксы 491—492, 499, XV.
Паракоричневый 532, XI.
Паракрасный, 435, 530, XI.
Параллельные реакции 523, XIII.
Парамагнетизм 347, XII.
Парамагнитные вещества 345, XII.
Парамагнитные материалы 417, XII.
Парамолибдаты 441, XIII.
Пара-мыло 925, XIII.
Паранитранилиновый красный 530, XI.
Пара-нитроанилин 573, XIV.
Парафиновый гач 635, XV.
Парафины 454, 461, XIV.
Парафуксин 453, XI.
Парк инвентарный 677, XV.
Парк исходный 677, XV.
Парк наличный 677, XV.
Парк пассажирских вагонов 684, XV.
Парк товарных вагонов 682, XV.
Паркетные заводы 689, XV.
Паровоз промышленного типа 748, XV.
Паровоз узкоколейный 749, XV.
Паромеры 321, XI.
Пароперегреватель 708, XV.
Паропровод высокого давления 439, XV.
Паропроизводительность 182, XI.
Паросборник 197, XI.
Парсек 628, XV.
Парты 758, XII.
Парты (строительн.) 172, XV.
Парчевое производство 896, XV.
Пассиватор 907, XV.
Пассивность 72, XI.
Пассир 511, XI.
Пастель 361, 363, XI.
Пастеризация 293, 448, XIII.
Патринит 789, XII.
Патрон-вальцовка 475, XII.
Патронники 498, XV.
Патрубки 251, XI.
Пахтанье 449, XIII.
Педали 797, XIII.
Пеканы 181, XV.
Пектаза 761, XIII.
Пектин 761, XIII.
Пектиновая кислота 761, XIII.
Пектиновое брожение 761, XIII.
Пектиновое вещество 761, XIII.
Пектоза 761, XIII.
Пектозиназа 761, XIII.
Пеларгон-альдегид 947, XIV.
Пеларгонидин 391, 393, XI.
Пеленг 99, XIV.
Пеллотин 245, XIV.
Пелот 791, XIII.
Пелюр 189, XII.
Пемза 161, XII.
Пенетрация 491, XII.
Пенетрометр 490, XII.
Пенное число 935, 938, XIII.
Пенные аппараты (красильные) 356, XI.
Пенсиэ 556, XV.
Пентадекан 639, XV.
Пентакарбонил железа 917, XIV.
Пентакозан 639, XV.
Пентан 639, XV.
Пентасульфид натрия 351, XIV.
Пентатриаконтан 639, XV.
Пентоды 767, XI.
Пентозы 525, XIII.
Пенье (ватка) 938, XI.
Пептонизация белков 292, XIII.
Перборат натрия 354, XIV.
Перга 797, XII.
Пергидрид 757, XIII.
Переводы на камень 197, XII.
Перевязь 925, XIV.
Перегонные машины 324, XII.
Перегрев пара 835, XV.
Передаточный механизм 838, XII.
Передача 738, XIII.
Передир 832, XIII.
Перекись марганца 375, XI; 901, XIV.
Перекись натрия 350, XIV.
Перекись свинца 901, XIV.
Перекладины 922, XIV.
Переключатели шнуровые 821, XII.
Перемотный станок 149, XIV.
Перемочка льна 761, XIII.
Переносье 556, XV.
Перепады 293, XV.
Переплетение атласное 939, XI.
Переплетение саржевое 939, XI.
Переплеты металлические (окна) 927, XIV.
Переплеты оконные 924, XIV.
Переплеты подъемные 926, XIV.
Переплотка 59, XII.
Пересечка 307, XII.
Переходные цвета 265, XV.
Переходы 293, XV.
Перечес 303, XII.
Перечномятное масло 52, XIV.
Периклаз 445, XII.
Перила 74, XII.
Перилловое масло 13, XV.
Перископическая форма 547, XV.
Перкаглицерин 477, XIII.
Перкарбонат натрия 353, XIV.
Перкина синтез 735, XI.
Перколяционный процесс 815, XII.
Пермаллой 421, XII; 545, XIV.
Пермангапат калия 901, XIV.
Перманганаты 528, XII.
Пероемиат калия 251, XV.
Перроны 42, XIII.
Персилит 789, XII.
Персио 764, XI.
Персульфат аммония 900, XIV.
Персульфат натрия 353, XIV.
Перт 862, XV.
Перфораторы коловратные 87, XIII.
Перфорирующие приспособления 657, XIV.
Перхлорат натрия 352, XIV.
Песколовители 229, XII.
Пескомет 166, XII.
Пестрая медная руда 789, XII.
Пестрядильщики 265, XIV.
Петалит 183, XII.
Петинка 626, XIV.
Петит 57, XIV.
Пехштейн 161, XII.
Печатание тканей 678, XIV.
Печать металлографская 921, XII.
Печи 381, XV.
Печи камерные газовые 21, XIII.
Печи камерные непрерывнодействующие 21, XIII.
Печи кольцевые газовые 21, XIII.
Печи коптильные 28, XI.
Печи периодические 21, XIII.
Печи электрические 708, XI.
Печь мартеновская 566, XII.
Печь отражательная 803, XII.
Пианино 788, XIII.
Пиано-репродукторы 794, XIII.
Пигменты 402, 484, XI.
Пикель 243, XIII.
Пикеты 289, XV.
Пикриты 115, XI.
Пикроэритрин 400, XI.
Пилокарпин 245, XIV.
Пинавердол 461, XI.
Пинацианол 461, XI.
Пинит 30, XI.
Пинкофин 758, XI.
Пипера машина 109, XI.
Пиперидин 642, XV.
Пиразин 170, XV.
Пиразолы 169, XV.
Пирантрон 427, XI.
Пиридазин 170, XV.
Пиридин 170, 642, XV.
Пиримидины 170, XV.
Пиритная плавка 802, XII.
Пироарсениты 16, XIV.
Пироген-индиго 449, XI.
Пироколлодий 587, XIV.
Пироксилин 587, 588, 589, 592, XIV.
Пиролюзит 520, 535, XII; 16, XIII.
Пиролюминесценция 332, XII.
Пиромагнезит 344, XII.
Пирометаллургия, меди, 800, XII.
Пиромышьяковая кислота 18, XIV.
Пиромышьяковистая кислота 16, XIV.
Пирон 170, XV.
Пиросфера 219, XII.
Пирофорическая двуокись осмия 250, XV.
Пирохлор 558, XIV.
Пирохроит 519, 535, XII.
Пирродиазолы 170, XV.
Пиррол 169, XV.
Пирролидон 765, XI.
Пирротин 547, XIV.
Пирсона квадрат 451, XIII.
Питатели 95, XIII.
Питатель транспортирующий 929, XI.
Пиури (Piuri) 395, XI.
Плавление шихты 618, XII.
Плазмолиз 259, XV.
Пламеметы 829, XIV.
Планки бильные 929, XI.
Планки-вкладыши 84, XIV.
Плантаж 743, XIV.
План-форма 546, XV.
Планшет 846, XII.
Пластинка 836, 841, XII.
Пластичность 184, XIV.
Пластодробитель 738, XIV.
Платинит 545, XIV.
Платформы 683, XV.
Плафоны потолочные 224, XV.
Плашка 246, XV.
Плектр 818, XIII.
Пленки защитные 72, XI.
Плетешок 262, XIV.
Плечо 168, XIII.
Плечо пары 613, XV.
Плечо статической остойчивости 273, XV.
Плимсолл круг 121, XIV.
Плинт квадратный 176, XV.
Плита выносная 175, XV.
Пловучие запани 52, XII.
Плоскость фокальная 142, XV
Плоты 54, XII.
Площадки 74, XII.
Плуг шведский 269, XII.
Плуги дренажные 771, XII.
Плуги луговые 269, XII.
Плумбостаннин 43, XV.
Плюр 189, XII.
Плюсование 358, XI.
Плюсовка 358, XI.
Плюсы 358, XI.
Пневматические бочки 506, XIV.
Поваренная соль 916, XIII.
Повеллит 441, XIII.
Поверхностная активность 643, XV.
Поверхность нагрева 182, XI.
Поверхность плавания 279, XV.
Поверхность экранная 184, XI.
Поворотный круг 136, 178, XIII.
Погодоведение 938, XII.
Под (подина) 568, 622, XII.
Поджаривание 672, XII.
Подкостыльная лыжа 299, XII.
Подметально-поливочные машины 523, XV.
Подметальные машины 523, XV.
Подмылье 498, XI; 925, XIII.
Подогреватели 676, XII; 116, XV.
Подоконник 921, XIV.
Подошвопришивная машина 796, XIV.
Подпертник 862, XV.
Подражательное окрашивание 628, XII.
Подреберник 195, XII.
Подрешетка 687, XV.
Подсед 564, XIII.
Подсолнечное масло 13, XV.
Подстрелы (упоры) 52, XII.
Подступенки 75, XII.
Подушки (на плотах) 55, XII.
Подферменники 877, XII.
Подшерсток 273, XIII.
Подъем судна 879, XI.
Поковки 706, XIII.
Покрытия керамические 79, XI.
Пол 74, XII.
Полветра (галфинд) 876, XV.
Поле сил 195, XIII.
Полевой шпат 16, XIII.
Полет парящий 96, XIII
Ползун 738, XII.
Ползун цилиндрический 104, XIII.
Полианит 520, XII.
Поликремневые кислоты 582, XI.
Полилактилмолочные кислоты 478, XIII.
Полилитионит 183, XII.
Полимеризованные масла 18, XV.
Полиметиновое строение (теория) 406, XI.
Полиметиновые красители 398, XI.
Полимолибденовая кислота 439, XIII.
Полинитросоединения 584, XIV.
Полиоксиантрахиноны 929, XIV.
Полисульфиды натрия 351, XIV.
Полное внутреннее отражение 452, XV.
Половики 704, XII.
Полоз 16, 293, XII.
Полоида 129, XIII.
Полоса частот 429, XIV.
Полубромистая медь 766, XII.
Полубрусовки 161, XIV.
Полувагоны 683, XV.
Полугудроновые масла 476, XIV.
Полугудроны 476, XIV.
Полуда 253, XIV.
Полуквадра 688, XV.
Полуквадрат 57, XIV.
Полукруг висячий 560, XII.
Полумерсеризация 857, XII.
Полуопал 64, XV.
Полупар 741, XIV.
Полупиритная плавка 802, XII.
Полусернистая медь 765, XII.
Полусухари (глина) 843, XIV.
Полуэрс 816, XIV.
Полы плиточные 686, XIV.
Полюс поворота 178, XIII.
Полюсная уздечка 645, XV.
Полюсное отверстие 644, XV.
Полюсные наконечники 358, XII.
Поля ассенизации 508, XIV.
Поля сравнения 328, XII.
Поляризация 426, XIII.
Полярная молекула 425, XIII.
Помады 717, XII.
Помол 656, XII; 831, 832, XIII.
Помпы пожарные 884, XI.
Помпы трюмные 884, XI.
Помпы циркуляционные 884, XI.
Порог абсолютный 568, XV.
Порог относительный 568, XV.
Порог чувствительности 568, XV.
Порох бездымный 592, XIV.
Поручни 74, XII.
Порфиры кварцевые 161, XII.
Поршневые тиски 76, XIV.
Поршни 715, XIII.
Постав 835, XIII.
Потазоты 354, XIII.
Поташ 916, XIII.
Потенциал 195, XIII.
Потенциал вылета 769, XI.
Потенциал кинетический 221, XIII.
Потерянная сила 201, XIII.
Потолок 74, XII.
Правка 269, XIII.
Предохранительный разрядник 364, XII.
Предпряжа 306, XII.
Прель 270, XIII.
Прерибрейкер (плуг) 269, XII.
Прерыватели 361, XII.
Пресбиопия 554, XV.
Прессы автоматы 20, XIII.
Прессы мыльные 935, XIII.
Прессы пакетировочные 260, XII.
Прибор 56, XIV.
Прибор регистрирующий 321, XI.
Привешивание 544, XI.
Пригар 614, XII.
Приемка (аппарат) 96, XII.
Приемник 738, XII.
Призматические камеры 755, XIV.
Прикатывание почвы 738, XIV.
Приклад 505, XV.
Приладка 208, XII.
Примулин 449, XI.
Принцип виртуальных работ 215, XIII.
Принцип возможных перемещений 215, XIII.
Принцип инерции 189, XIII.
Принцип наименьшего действия 220, XIII.
Принцип неопределенности 118, XIII.
Принцип относительности 352, XV.
Припас шамотный 869, XIV.
Приной 777, XII.
Припуск 779, XII.
Прицельное приспособление 866, XI.
Пробельный материал 56, XIV.
Пробивка 250, XIII.
Проблеск 217, XV.
Провал 664, XIV.
Прованское масло 645, XII.
Проводник 137, XII.
Прогибомер 620, XIII.
Прогорькание масла 43, XI.
Прогревание руды 611, XII.
«Продавливание» (осмос) 258, XV.
Продел 666, XI.
Продувка 250, XI.
Проезжая часть (мосты) 889, XII.
Проем 880, XII.
Проем оконный 920, XIV.
Прожектор потолочный 223, XV.
Прожекторы ангарные 222, XV.
Прожекторы лобовые 212, XV.
Прозол 564, XIII.
Проморка 252, XIV.
Промысел подносный 269, XIV.
Проницаемость 774, XI.
Пропан 639, XV.
Пропарник 667, XI.
Пропашный клин 741, XIV.
Пропионал 760, XIII.
Прореживание 25, XII.
Проскурина 574, XI.
Простокваша 450, XIII.
Пространственный заряд 803, XIV.
Пространство водяное 182, XI.
Пространство изображения 141, XV.
Пространство паровое 182, XI.
Пространство предмета 141, XV.
Пространство топочное 182, XI.
Проступь 75, XII.
Протектор 79, XI.
Противооткатное приспособление 865, XI.
Протирка 688, XIV.
Протоплазма 44, XIV.
Протрава кислая 494, 518, XI.
Протрава метахромовая 516, XI.
Протрава серная 518, XI.
Протрава хромовая 512, XI.
Протравление 249, XIII; 540, XV.
Проходка выработок 86, XIII.
Проходной аппарат 358, XI.
Прочистка 25, XII.
Пружина спиральная 296, XII.
Пряжа 304, XII.
Прямоточные машины (паровые машины) 799, XV.
Псевдомалахит 775, XII.
Псевдонитролы 585, XIV.
Псиломелан 522, 535, XII.
Пуансон 513, XIII.
Пудриклозеты 504, XIV.
Пульвератор 737—738, XIV.
Пулька 316, XII.
Пульсометр 529, XIII; 328, XIV.
Пунктирная манера 190, XII.
Пурин 750, XIII.
Пурпурин 396, 419, 421, XI; 931, XIV.
Пурпуринкарбоновая кислота 396, XI.
Путанина (кудель) 700, XI.
Пушки пневматические 805—806, XII.
Пушки электронные 280, XII.
Пушнина 268, XIII.
Пыж 51, XII.
Пыльца 797, XII.
Пьедесталы 172, XV.
Пьеза 769, XIII.
Пюс 530, XI.
Пюртнерс 855, XV.
Пятиокись ниобия 557, XIV.
Пятихлористый молибден 442, XIII.

Р

R-кислота 364, XIV.
Рабдионит 789, XII.
Работа элементарная 192, XIII.
Рабочая площадка 946, XI; 594, XII.

Равнобочник шарнирный 588, XI.
Равнодействующая пара 614, XV.
Радиация проникающая 121, XI.
Радикалы свободные 401, XIV.
Радиолюминесценция 332, XII.
Радиопередача многократная 380, XIII.
Радиоприем многократный 381, XIII.
Радиоприем направленный 194, XIV.
Радиоторий 503, XIII.
Разбивка 240, XIII.
Разбои (станки) 258, XIV.
Разборный аппарат 85, XIV.
Разводка (льнопрядение) 312, XII.
Разгон осциллятора 310, XV.
Раздвижные клинья 85, XIV.
Разжижитель 499, XII.
Разливочное помещение 594, XII.
Размотка пряжи 318, XII.
Разогрев печи 616, XII.
Разрешающая сила объектива 799, XIV.
Разрешающая способность микроскопа 308, XIII.
Разрывная мощность 688, XII.
Разрывная сила тока 688, XII.
Рама мотоцикла 721, XIII.
Рама эффективная 36. XII.
Рамазин 385, 387, XI.
Рамнетин 385, 387, XI.
Рамноза 525, XIII.
Рамные заводы 32, XII.
Рампа 235, XV.
Рамы оконные 922, XIV.
Ранг 102, XV.
Рангоут 855, XV.
Рантоводитель 796, XIV.
Рантовые машины 795, XIV.
Рапид-краситель 584, XIV.
Рапорт 721, XIV.
Раскачивание амплитуды тока 366, XIII.
Раскладка 309, XII.
Раскладки тяжелые 324, XII.
Раскладочная машина 309, XII.
Раскреповки 178, XV.
Раскрытие мотора 653, XIII.
Распределители (в магнето) 363, XII.
Распылители (аппараты) 343, XIII.
Распылители (аэрографы) 500, XII.
Распылитель (наконечник) 136, XV.
Рассев 833, XIII.
Растворимое стекло 916, XIII.
Растворимые масла 71, XIII.
Растворимые сверлильные масла 83, XIII.
Растворитель 499, XII.
Растворы изоосмотические 262, XV.
Растворы изотонические 262, XV.
Рафинация масла 655, XII.
Рационализация 646, XIV.
Рашпили 159, XIV.
Рашпильная насечка 166, XIV.
Рванка 301, XII.
Реакция связи 200, XIII.
Реалы 61, XIV.
Реальгар 370, XI; 21, 30, XIV.
Револьвер 304, XIII.
Регенеративная система 470, XIV.
Регенераторы 574, XII.
Регенерация 746, XIV.
Регулирование линий 123, XII.
Регулитор сценический 236, XV.
Регуляторы перегрева 267, XI.
Реддингит 535, XII.
Редуктор 512, XI; 131, XIII.
Редуцирование 396, XV.
Резистин 508, XII.
Резорufин 445, XI.
Резьба на кости 272, XIV.
Реи 57, XII.
Рей 856, XV.
Реип 396, XI.
Рейка делений 71, XIV.
Ректометр 851, XII.
Релаксация 341, XV.
Релея закон 65, XV.
Рельс обескровливания 636, XI.
Релятивистская система 162, XIII.
Ремарка 193, XII.
Ремедиум 508, XIII.
Ремень плоточный 292, XII.
Ремни посковые 292, XII.
Рентгенолюминесценция 332, XII.
Реомойка 703, XIV.
Реонин 457, XI.
Рефлектор 274, XII.
Рефракс 865, XIV.
Рефракция вершинная 545, XV.
Рефракция зальная 756. XIV.
Решетка (забор) 871, XIV.
Решетка ионная 605, XI.
Решетка охладительная 224, XI.
Решетка пространственная 603, XI.
Решетки гексагональные 604, XI.
Решетки кубические 604, XI.
Решетки моноклинные 604, XI.
Решетки ромбические 604, XI.
Решетки ромбоэдрические 604, XI.
Решетки тетрагональные 604, XI.
Решетки триклинные 604, XI.
Решетки трубные 179, XI.
Решоферы 676, XII.
Рибекит 654, XI.
Рибоза 525, XIII.
Рида диаграмма 275, XV.
Риполин 502, XII.
Риттингера закон 694, XIV.
Риф-бант 866, XV.
Рифлуары 161, XIV.
Риф-сезень 866, XV.
Ровница 306, XII.
Ровничная машина 310, XII.
Рог рыбы-меч 132, XI.
Родамины 451, 458, XI.
Роданид меди 767, XII.
Родановая медь 770, XII.
Родерталь 388, XIII.
Родоксантин 399, XI.
Родолы 458, XI.
Родонит 535, XII.
Родохрозит 535, XII.
Розамины 451, 458, XI.
Розанилин 450, XI.
Розиндулин 444. XI.
Розоловая кислота 454, XI.
Рометалл 423, XII.
Ронсотип 388, XIII.
Роспись хохломская 251, XIV.
Россев 649, XII.
Рост литеры 59, XIV.
Рота-принт 386, XIII.
Роштейн 548, XIV.
Рояль 788, XIII.
Рубашка 609, XV.
Рубиадин 396, XI.
Рубин 107, XI.
Рубка проходная 25, XII.
Рубка светового прироста 25, XII.
Руда красная свинцовая 655, XI.
Руда хромовая свинцовая 655, XI.
Рудничная стойка 14. XII.
Рудничный газ 930, XII.
Рудный процесс 612, XII.
Ружье (магазинка) автоматическое 492, XV.
Ружье гладкоствольное 491. XV.
Ружье казнозарядное 492, XV.
Ружье нарезное 491, XV.
Ружье (магазинка) неавтоматическое 492, XV.
Ружье (одностволка) магазинное 492, XV.
Ружье (одностволка) однозарядное 492, XV.
Ружье шомпольное 492, XV.
Рулежка (лыжи) 295, XII.
Рулетки 720, XIV.
Рулетта 176, XIII.
Руслень 859, XV.
Русская печь 379, XV.
Руфигаллол 418, 421, XI; 931, XIV.
Руфиопин 931, XIV.
Рушанек 256, XIV.
Рычаг 738, XII.
Рюбель-бронза 865, XI.

С

σ-компонент 389, XII.
Садка 562, XIII.
Садка меда 760, XII.
Садка руды 585, XII.
Саксофон 801, XIII.
Салиментол 849, XII.
Салинг 859, XV.
Салициловая кислота 935, XIV.
Сало каталитаторное 669, XII.
Саломас 915, XIII.
Салон 883, XI.
Салфетка прессовая 653, XII.
Салфеткосниматель 654, XII.
Сальварсан 29, XIV.
Самарскит 558, XIV.
Самонакладчик 96, XII.
Самоочищение водоемов 331, XIII.
Самоочищение почвы 331, XIII.
Самоциркуляция рассола 894, XI.
Сандарак 21, XIV.
Santонин 363, XIV.
Сапонификат 949, XIV.
Сапфир 107, XI.
Сарколемма 44, XIV.
Сатураторы 341, XIII.
Сатурация 340, XIII.
Сахар солодовый 498, XII.
Сахар фруктовый 867, XI.
Сбоина (солома) 469, XIII.
Сборка навесная 899, XII.
Сварка водяным газом 151, XI.
Сварка обечаек 150, XI.
Сверление дыр (для труб) 167, XI.
Сверхпианино 799, XIII.
Свет заливающий 206, XV.
Светильник 193, XV.
Световая партитура 237, XV.
Световая телефония 155, XV.
Световые знаки 222, XV.
Светопрочность 499, XII.
Светосила 800, XIV.
Свеча курительная 890, XV.
Свечи (фильтр) 340, XIII.
Свечи «композиционные» 638, XV.
Свечи парафиновые 638, XV.
Свинец 85, XI.
Свинец сернокислый 365, XI.
Свинец хлористый 365, XI.
Свинца нитрат 900, XIV.
Свинцовые белила 17, XIII.
Связи анкерные 203, XI.
Связи геометрические 173, XIII.
Связи кинематические 173, XIII.
Связь контрольная 376, XIII.
Седло (очки) 556, XV.
Сезень 866, XV.
Селенистая медь 789, XII.
Сельфактор 318, XII; 31, XIV.
Семикарбазид 759, XIII.
Семикарбазоны 759, XIII.
Сепараторы кровяные 645, XI.
Сепараторы магнитные 705, XIV.
Сепараторы спиральные 691, XIV.
Серебро мусивное 44, XV.
Серебро сусальное 44, XV.
Серебряномедный блеск 789, XII.
Серная кислота 900, XIV.
Сернистая медь 768, XII.
Сернистокислый натрий 353, XIV.
Сернистый черный 449, XI.
Серный колчедан 444, XIII.
Сесквитерпены 94, XII.
Сет 68, XIV.
Сет-барабан 72, XIV.
Сет-клин 76, XIV.
Сигнал звуковой (маяк) 744, XII.
Сигнатура 59, XIV.
Сиенна 368, XI.
Сикативы 500, XII; 13, XV.
Сикрит 115, XI.
Сила движущая 200, XIII.
Сила инерции 201, XIII.
Сила инерции центробежная 201, XIV.
Сила потенциальная 195, XIII.
Сила связи 200, XIII.
Сила тормозящая 192, XIII.
Силаны 581, XI.
Силикагель 582, XI.
Силикаты 582, XI.
Силикаты натрия 353, XIV.
Силикометан 581, XI.
Силикоэтан 581, XI.
Силициды 580, XI.
Силициды молибдена 442, XIII.
Силовое поле 195, XIII.
Силунд 582, XI.
Силы антипараллельные 208, XIII.
Силы внешние 217, XIII.
Силы внутренние 217, XIII.
Силы центральные 192, XIII.
Сильвинит 346, XIV.
Сименс (S) 389, XIII.
Сименс-мартеновское производство 566, XII.
Синтония 617, XI.

Сингулярные точки 904, XII.
Синильщик 266, XIV.
Синитор 266, XIV.
Синтетическое стекло 755, XIII.
Синтин 942, XII; 906, XIV.
Синтол 942, XII; 906, XIV.
Синькали желтое 651, XI.
Синяя окись молибдена 440, XIII.
Сирены 745, XII.
Система (льнопрядения) 311, XII.
Система (металлографии) 902, XII.
Системы сил 204, XIII.
Сита 830, XIII.
Сито плоское 647, XII.
Ситро 345, XIII.
Сифон-рекордер 58, XV.
Скарификаторы 734, XI; 266, 268, XII.
Скаты колесные 729, XV.
Склады топлива 298, XI.
Скополамин 244, XIV.
Скородит 20, XIV.
Скорости ортогональные 177, XIII.
Скорость секториальная 168, XIII.
Скорц (ковры) 259, XIV.
Скоция 176, XV.
Скрап мелкий 603, XII.
Скрап-процесс 253, 610, XII.
Скропер 266, XII.
Скринка 805, XIII.
Сливки 451, XIII.
Сливки искусственные 452, XIII.
Сливкоотделение 658, XII.
Сливочное масло 42, XI.
Слюда литинистая 183, XII.
Слюдяная башня 287, XIII.
Смазки графитные 461, XII.
Смесители холодные 610, XI.
Смесь мучная 467, XII.
Смет 862, XIII; 520, XV.
Сметана 451, XIII.
Смолы нефтяные 457, XIV.
Смолье 254, XV.
Смолье-подсочка 254, XV.
Смычок 814, XIII.
Снеговая шуба 893, XI.
Снеготаялки 530, XV.
Снопосвет 235, XV.
Снятие затылков зубцов 74, XIII.
Сода кальцинированная 916, XIII.
Сода каустическая 916, XIII.
Соевое масло 13, XV.
Соколовушки 230, XII.
Соли для ванн 118, XI.
Солидоген 504, XI.
Солидол 460, XII.
Солка пряжи 510, XI.
Соломоловители 229, XII.
Соломотряс каскадный 468, XIII.
Соломотряс клавишный 468, XIII.
Соломотряс пальчатый 468, XIII.
Соль Грегори 540, XIII.
Соляровое масло 467, XIV.
Сонар 799, XIII.
Сопротивление магнитное 435, XII.
Сор живой 532, XV.
Сор мертвый 532, XV.
Сорбоза 525, XIII.
Сорбузин 399, XI.
Сорбция 919, XIV.
Сореля цемент 693, XI.
Сортимент 13, XII.
Сортировка по цвету 542, XV.
Сортировки (углеобогатительные фабрики) 690, XIV.
Состояние нонвариантное 626, XI.
Софиты 234, XV.
Сочленение незамкнутое 103, XIII.
Сочленения кинематические 102, XIII.
Спайность 621, XI.
Спаниолитмин 764, XI.
Спарник 587, XI.
Спасательная помпа 884, XI.
Спекание руды 612, XII.
Спектр вторичный 144, XV.
Спектр резонансный 334, XII.
Спектрограф 754, XIV.
Спектрограф массовый 432, XIII.
Спектроскопия молекулярная 428, XIII.
Спектры пассивные 415, XII.
Спекулярит 656, XI.
Спелость отенении 285, XII; 741, XIV.
Спелость шкурки 273, XIII.
Спессартин 535, XII.
Спинка 270, XIII.
Спинодаль 627, XI.
Спираль гиперболическая 597, XI.
Спираль логарифмическая 597, XI.
Спиросид 29, XIV.
Спиртокислоты 933, XIV.
Спирты 167, XV.
Сплав в однорейсовых судах 51, XII.
Сплав молевой 50, XII.
Сплав первоначальный 51, XII.
Сплав плотовой 50, 54, XII.
Сплав россыпью 50, XII.
Сплав транзитный 51, XII.
Сплотки (бревен) 58, XII.
Сподумен 183, XII.
Справочный стол 825, 827, XII.
Спрыски 137, XV.
Спуск ручной 305, XII.
Средник 925, XIV.
Стабилизатор 296, XII.
Стабилизация магнитная 441, XII.
Стабилизация структурная 440, XII.
Стадия 688, XIV.
Стаканчик 620, XII.
Стаксель 864, XV.
Стали жароупорные 105—106, XI.
Стали ковапые 420, XII.
Стали легированные конструкционные 420, XII.
Стали магнитные 429, XII.
Стали углеродистые 430, XII.
Стали хромоникелевые аустенитные 106, XI.
Сталь вольфрамовая 430—431, XII.
Сталь высокохромистая 83, 105, XI.
Сталь высокохромоникелевая 84, XI.
Сталь динамная 420, XII.
Сталь кислотоупорная 546, XIV.
Сталь кобальтовая японская 432, XII.
Сталь кобальт-хромистая 432, XII.
Сталь кремникелевая 547, XIV.
Сталь легированная 68, XIII.
Сталь листовая электротехническая 425, XII.
Сталь литая 420, XII.
Сталь мягкая 105, XI.
Сталь нержавеющая 546, XIV.
Сталь никелевая 445, XIV.
Сталь силикохромовая 105, XI.
Сталь силикохромоникелевая 106, XI.
Сталь твердая 105, XI.
Сталь хромистая 431, XII.
Сталь хромоникелевая 546, XIV.
Станина 665, XIII.
Станиоль 35, XV.
Станнат калия 27, XV.
Станнат меди 786, XII; 27, XV.
Станнат натрия 27, XV.
Станнат хрома 28, XV.
Станнаты 27, XV.
Станнин 43, XV.
Станнит 789, XII.
Станноацетат 29, XV.
Станок паркетопригонный 690, XV.
Станок строгальный 690, XV.
Станок фуговочный 691, XV.
Станции фильтровальные 890, XIV.
Старица 826, XIV.
Стартер 744, XIII.
Статика 162, 204, XIII.
Створка 925, XIV.
Стеарин 581, XV.
Стеклильная машина 797, XIV.
Стекло гунделахово 867, XIV.
Стекло жидкое 583, XI.
Стекло покровное 304, XIII.
Стекло предметное 304, XIII.
Стекловидная мышьяковистая кислота 15, XIV.
Стелечный упор 785, XIV.
Стеллит 437, XIII.
Стен 769, XIII.
Стенки плоские 177, XI.
Стеньга 855, XV.
Степень диссоциации 263, XV.
Стержни 177, XII.
Стерилизатор 887, 889, XIV.
Стерилизация 292, 293, XIII.
Стерилизованное молоко 448, XIII.
Стесненное падение 694, XIV.
Стилобат 173, XV.
Стилотип 789, XII.
Стильб 207, XV.
Стоварсол 29, XIV.
Стойка 101, 665, XIII; 81, XV.
Стойки качающиеся 82, XV.
Стокезит 43, XV.
Стол кормовой 40, XI.
Столики самоварные 758, XII.
Столики туалетные 758, XII.
Столики чайные 758, XII.
Столы качающиеся 476, XII.
Столы обеденные 758, XII.
Столы письменные 758, XII.
Столы школьные 758, XII.
Стригальные машины 941, XI.
Стрингер 884, XI.
Строкоотливная машина 79, 86, XIV.
Стромейерит 789, XII.
Стропила 677, XI.
Стропы 644, XV.
Строчка 261, XIV.
Струги 265, XII.
Стружкоразбивателя 163, XIV.
Стукотип 388, XIII.
Стукса закон 694, XIV.
Стулья 758, XII.
Ступени 74, XII.
Субстанция световая 111, XIII.
Суда роторные 889, XV.
Суконный красный 439, XI.
Сукцинены, 457, XI.
Сульфат закисной меди 767, XII.
Сульфат натрия 916, XIII; 353, XIV.
Сульфат олова 29, XV.
Сульфат четырехвалентного олова 31, XV.
Сульфгидрильная группа 852, XII.
Сульфид кремния 582, XI.
Сульфид натрия 351. XIV.
Сульфид олова 29, XV.
Сульфиды 168, XV.
Сульфиды молибдена 442, XIII.
Сульфиды мышьяка 21, XIV.
Сульфиновые кислоты 168, XV.
Сульфиновые основания 168, XV.
Сульфоновые кислоты 168, XV.
Сульфонцианин 439, XI.
Сульфоны 168, XV.
Сульфопон 216, XII.
Сумахи 257, XIV.
Суренное масло 644, XII.
Сурик 517, XV.
Суррогат мыльный 915, XIII.
Сурьмяномедный блеск 789, XII.
Суточная амплитуда 935, XII.
Суточный ход 935, XII.
Сухарики (строительные) 175, XV.
Сухая кровь 639, 645, XI.
Сухое молоко 449, XIII.
Сухопарник 197, XI.
Сучильные аппараты 939, XI.
Сушила 261, XIII.
Сушилка Ангеле 474, XI.
Сушилка фестонная 546, 554—555, XI.
Сушилки 648, XI.
Сушилки шахтные 671, XII.
Сушки 500, XII.
Сфера дальней точки 548, XV.
Сферические линзы 545, XV.
Сходá 832, XIII.
Сцепление 743, XIII.
Сшикит (шмикит) 525, XII.
Счетные вальцы 239, XII.
Счетчик суммирующий 321, XI.
Сыворотка кровяная 639, 640, XI.
Сычужный фермент 480, XIII.
Съемка полигонная 552, XII.

Т

Табак 246, XIV.
Табакерки лукутинские 268, XIV.
Табачная лента 610, XV.
Тагилит 775, 789, XII.
Такелаж бегучий 862, XV.
Такелаж стоячий 859, XV.
Таксородин 399, XI.
Тальи 258, XIV.

© ГПНТБ

Тальреп 859, XV.
Тамбурин 803, XIII.
Тангиры 190, XII.
Танк-паровоз 692, XV.
Танталит 558, XIV.
Таниока 480, XI.
Тарар 835, XIII.
Тарелки (деталь) 804, XIII.
Тарнак 508, XII.
Тартразин 430, XI.
Тартрат олова 31, XV.
Тахограф 712, XII.
Тахотип 388, XIII.
Твердость кристаллов 621, XI.
Твердый раствор 903, XII.
Текко 157, XII.
Теклость 273, XIII.
Текстимат 260, XIV.
Тележка 36, XII.
Телеметры 625, XIII.
Телепатин 245, XIV.
Телескопы башенные 755, XIV.
Телит 43, XV.
Тело отсчета 161, XIII.
Темпера 362, XI.
Температура каплепадения 460, XII.
Температура размягчения 460, XII.
Темперирование 726, XIV.
Тенакль 62, XIV.
Тенардит 353, XIV.
Тения 174, XV.
Тенксы 152, XII.
Теннантит 789, XII.
Тенор 806, XIII.
Тенорит 767, 788, 789, XII.
Тент 719, XI.
Теодолит 555, XII.
Теодолит магнитный 760, XIV.
Теорема о взаимности деформаций 158, XIII.
Теорема о взаимности работ 158, XIII.
Теория квантов 427, XIII.
Теория локальных элементов 70, XI.
Теория относительности 352, XV.
Теория сооружений 146, XIII.
Теория упругости 146, XIII.
Теплоемкость молярная 428, XIII.
Теплоизолирующие материалы 111, XIV.
Теплота плавления 489, XV.
Теплота растворения 489, XV.
Термаллой 424, XII.
Терменвокс 799, XIII.
Термия 769, XIII.
Термодинамич. активность 600, XI.
Термолюминесценция 332, XII.
Термомикрофоны 317, XIII.
Термосифон 705, XV.
Термы 349, XIII.
Терпентин лиственничный 162, XII.
Терпинеол 255, XV.
Терция 57, XIV.
Тестокаты 469, XII.
Тетрадекан 639, XV.
Тетразины 170, XV.
Тетразокрасители 438, XI.
Тетразолы 170, XV.
Тетракарбонил железа 917, XIV.
Тетракарбонил никеля 916, XIV.
Тетракозан 639, XV.
Тетранитроанилин 574, XIV.
Тетрасульфид натрия 351, XIV.
Тетратриаконтан 639, XV.
Тетрафенилмочевина 757, XIII.
Тетраэдрит 789, XII.
Тетраэтилмочевина 758, XIII.
Тетраэтилсвинец 925, XII.
Тетрозы 525, XIII.
Тефроит 535, XII.
Техника осветительная 191, XV.
Техника освещения 191, XV.
Техника световая 191, XV.
Технология меха 240, XIII.
Тиазины 170, XV.
Тиазолы 169, XV.
Тиалдины 170, XV.
Тизер 305, XII.
Тиллы 257, XV.
Тильманса метод 51, XIV.
Тиндализация 910, XV.
Тиндалиметр 435, XIV.
Тиоальдегиды 168, XV.
Тиоарсенат натрия 948, XIII.
Тиоарсенаты 22, XIV.
Тиоарсениты 22, XIV.
Тиоиндиго 413, 448, 525, XI.
Тиокарбамид 758, XIII.
Тиокарбанилид 758, XIII.
Тиокетоны 168, XV.
Тиокислоты 168, XV.
Тиоксантоны 425, 427, XI.
Тиомочевина 758, XIII.
Тиониевые соединения 939, XIV.
Тионин 446, XI.
Тиоспирты 852, XII; 168, XV.
Тиофен 169, XV.
Тиоэфиры 168, XV.
Типар-машина 94, XIV.
Типограф (машина) 64, 79, 88, XIV.
Типографская система 56, XIV.
Типографский металл 75, XIV.
Тировка 861, XV.
Тиролит 789, XII.
Титр (номер) 628, XIV.
Товарное зерно 532, XV.
Ток несущий 369, XIII.
Токи блуждающие 624, XV.
Токи магнитных бурь 625, XV.
Тол 115, XI.
Толкатели 94, XIII.
Толуол 642, XV.
Томпак 864, XI.
Тональная передача 430, XIV.
Топ 855, XV.
Топенант 862, XV.
Топс 355, 543, XI.
Тор 176, XV.
Торий 503, XIII.
Тормоза 744, XIII.
Торос 881, XI.
Точки перегиба 591, XI.
Травление 484, XV.
Травление камня 193, XII.
Травосеяние полевое 34, XI.
Травы кормовые 33, XI.
Траектории напряжений 208, XIV.
Трактор водяной 67, XII.
Трактриса 596, XI.
Транзитный обмен 821, XII.
Транзитный стол 826, XII.
Транспирация 919, XIV.
Трауматол 561, XI.
Трафаретки 500, XII.
Трахилион 174, XV.
Треншлейдер Япа 469, 473, XI.
Трепание льна 300, XII.
Треста 929, XI.
Третник 778, XII.
Треугольник 804, XIII.
Трехвалки 380, XI.
Трехокись молибдена 438, XIII.
Трехокись натрия 350, XIV.
Трехповодковая группа 106, XIII.
Трехсернистый молибден 442, XIII.
Треххлористый молибден 441, XIII.
Трещетки 538, XV.
Триазины 170, XV.
Триазолы 170, XV.
Триаконтан 639, XV.
Триангуляционные пункты 72, XV.
Триболюминесценция 332, XII.
Триглифы 174, XV.
Тридекан 639, XV.
Трикозан 639, XV.
Триметилентрисульфид 170, XV.
Триметилметан 639, XV.
Триммер 45, XII.
Тринитроанилин 574, XIV.
Триоды 767, XI.
Триозы 525, XIII.
Триоксиметилен 170, XV.
Трипальмитин 580, XV.
Триплет 389, XII.
Триплоидит 535, XII.
Трипшкеит 789, XII.
Трисазокрасители 439, XI.
Трисель-мачта 856, XV.
Тристеарин 642, XV.
Трисульфид натрия 351, XIV.
Трифан 183, XII.
Трицианиды 170, XV.
Тропеолин 438, XI.
Тротил 586, XIV.
Трубичка 640, XI.
Трубка анкерная дымогарн. 203, XI.
Трубки дымогарные 204, XI.
Трубки кипятильные 210, XI.
Трубки неоново-ртутные 856, XI.
Трубки неоновые 856, 860, XI.
Трубопроводы 417, XV.
Трубчатка 472, XIV.
Трубчатые батареи 472, XIV.
Трубы 168, 170, XI; 430, XV.
Трубы (паропровод) 844, XV.
Трубы волнистые жаровые 161, XI.
Трубы волнистые циркуляционные 170, XI.
Трубы жаровые 160, 176, 198, 200, XI.
Трубы цельнотянутые 180, XI.
Трюмсель 863, XV.
Трюм-стеньги 855, XV.
Трясилки 930, XI.
Тубафоны 804, XIII.
Тубус 304, XIII.
Тумбы 633, XV.
Тунговое масло 12, XV.
Турбомика 279, XIII.
Тургор 259, XV.
Турмерик 739, XI.
Тьялк 887, XV.
Тюбы (туннели) 36, XIII.
Тяга 307, XI.
Тягомер дифференциальный 298, XIII.
Тяжник верхний 36, XIV.

У

Угар 301, 614, XII; 906, 912, XIV.
Угар (металлов) 508, XIII.
Угарный газ 906, XIV.
Угертии (машина) 94, XIV.
Углеводороды ароматические 456, XIV.
Углеводороды непредельные 456, XIV.
Углеродистые соединения 166, XV.
Углеродные цепи 167, XV.
Угловое увеличение 143, XV.
Угол диэлектрич. потерь 545, XIII.
Угол дрейфа 100, XIV.
Угол отсечки тока 788, XI.
Угол сдвига 396, XIII.
Угол трения 124, XIII.
Уголки жесткости 735, 865, XII.
Уголок 63, XIV.
Уголь крановый 758, XI.
Угольные ямы 883, XI.
Ударный механизм 502, XV.
Удельная проводимость 51, XV.
Удельное испускание 770, XI.
Удельное сопротивление 52, XV.
Узлы 103, XII.
Уковка 707, XI.
Укрывистость 499, XII.
Уксуснокислая медь 775, XII.
Улитки 36, XIV.
Ультраконденсор 307, XIII.
Ультрамарин 368, 372, 373, 378, XI; 917, XIII.
Ультрамикроскоп 307, XIII.
Ультрацентрифугирование 432, XIII.
Умбра 375, XI.
Уморение 559, XI.
Ундекан 639, XV.
Унтриаконтан 639, XV.
Унэйкозан 639, XV.
Управляющее напряжение 774, XI.
Упругал линия 155, XIII.
Упругость тела объемная 396, XIII.
Уравнение Аллена 694, XIV.
Уравнение состояния раствора 260, XV.
Ураты 750, XIII.
Уреабромин 757, XIII.
Уреаза 752, XIII.
Уреиды 756, 760, XIII.
Уретаны 752, XIII.
Уровнемер 548, XII.
Урфельгиит 789, XII.
Усадка 162, XII.
Усадка металла 392, XIII.
Усиление мостов 627, XIII.
Ускорение 168, 169, 171, 172, 180, XIII.
Условие Петцваля 145, XV.
Условия синусов 144, XV.
Устои 880, XII; 73, 75, XV.
Утиный нос (погрузочная машина) 91, XIII.
Утлегарь 856, XV.
Уток шенплевый 940, XI.
Уточницы (ружья) 494, XV.
Ушаки 943, XI.

Ф

Фагот 800, XIII.
Фаза, 902, XII.
Файнштейн 548, XIV.
Файрфильдит 535, XII.
Фактор пустотности 778, XI.
Фалунит 30, XI.
Фалы 862, XV.
Фальэрц 789, XII.
Фаматинит 789, XII.
Фанера клееная 16, XII.
Фармацевтические мышьяковые препараты 925, XII.
Фасовка 120, XI.
Фасоны (арматурн. детали) 845, XV.
Фатлес машина 109, XI.
Фациальные условия 477, XIV.
Фелука 888, XV.
Феназины 170, XV.
Феназон 170, XV.
Фенантренхинон 428, XI.
Фенантридин 170, XV.
Фенгер 791, XIII.
Фениларсеноксид 24, XIV.
Фенилмышьяковая кислота 25, XIV.
Фенилозазоны 880, XIV.
Фенилрозиндулин 443, XI.
Фенилфенопирилий 390, XI.
Феноксазины 170, XV.
Фенолокислоты 933, XIV.
Фенолфталеин 455, 459, XI
Фенолы 167, XV.
Фентиазины 170, XV.
Феофитин 401, XI.
Фергюсонит 558, XIV.
Фермент сычужный 446, XIII.
Ферментация 289, XIII.
Фермы решетчатые 866, XII.
Фермы сквозные 866, XII.
Ферринатрит 353, XIV.
Ферромагнетизм 349, XII.
Ферромагнетики 346, XII.
Ферромагнитные материалы 417, XII.
Ферроманганин 508, XII.
Ферроникель 545, XIV.
Ферроцианид калия 651, 653, XI.
Фибриллы 44, XIV.
Фиделитивность 815, XI.
Физетин 385, 387, XI.
Фиксаналы 642, XIV.
Фиксатор 892, XV.
Фиксотип 388, XIII.
Филе 262, XIV.
Филлоксантин 399, XI.
Филлородин 399, XI.
Фильда трубки 219, XI.
Фильтрование 340, XIII.
Фильтры свечные 340, XII .
Фильц 485, XV.
Финишер (машина) 557, XIII.
Фиолетовая медная 787, XII.
Фисалин 399, XI.
Фитотехника 31, XII.
Флаванилин 461, XI.
Флавантрон 426, XI.
Флавилий 390, XI.
Флавиндулин 442, 444, XI.
Флавон 384, 386, XI; 170, XV.
Флавонол 384, 386, XI.
Флавонон 386, XI.
Флавоны 170, XV.
Флавопурпурин 419, 420, XI; 931, XIV.
Флавэозин 457, XI.
Флагшток 855, XV.
Флейты 800, XIII.
Флейцы 500, XII.
Флинт (флинглас) 195, XV.
Флоксин 459, XI.
Флоретин 383, XI.
Флорол 585, XI.
Флоры 884, XI.
Флотация 715, XIV.
Флуктуации 626, XI.
Флуоресцеин 459, XI.
Флюатирование 768, XIII.
Флюоресценция 335, XII.
Флюорид натрия 352, XIV.
Фозерит 535, XII.
Фок 863, XV.
Фольбортит 789, XII.
Фольга оловянная 35, XV.
Фонарь 239, XV.
Фонари буферные 212, XV.
Фордевинд 876, XV.
Фордун 860, XV.
Формазиловые соединения 168, XV.
Формиаты 847, 849, XIII.
Формовка 162, 168, XII.
Формолит 463, XIV.
Формолитовая реакция 463, XIV.
Формы 265, XIV.
Форпрессование 672, XII.
Фортепиано 788, XIII.
Форточки 928, XIV.
Фосфазот 755, XIII.
Фосфаты меди 775, XII.
Фосфаты натрия 354, XIV.
Фосфид меди 767, XII.
Фосфиды олова 33, XV.
Фосфин 457, XI; 168, XV.
Фосфоресценция 335, XII.
Фосфорномолибденовая кислота 440, XIII.
Фосфороскоп 335, XII.
Фосфорохальцит 789, XII.
Фотография работы 647, XIV.
Фотолитография 201, XII.
Фотолюминесценция 332, XII.
Фотометр освещенности 327, XII.
Фотонаборные машины 94, XIV.
Фот 195, XV.
Фоулеров раствор 28, XIV.
Фрагаррол 427, XIV.
Фракция 699, XIV.
Фрамуга 925, XIV.
Франгулоэмодин 396, XI.
Франкенит 45, XV.
Франкировальн. машины 658, XIV.
Франклинит 535, XII.
Франксит 43, XV.
Фрезерование почвы 737, XIV.
Фрезол 642, XII.
Фрейбергит 789, XII.
Фрейндлиха уравнение 487, XI.
Фрео-аппарат 388, XIII.
Фригус 641, XII.
Фриделит 535, XII.
Фризы 721, XIV.
Фруктоза 867, XI; 525, XIII.
Фталазин 170, XV.
Фталеины 451, 459, XI.
Фтористый кремний 581, XI.
Фтористый натрий 352, XIV.
Фторосиликаты 581, XI.
Фуга 639, XII.
Фукоза 525, XIII.
Фуксин 450, 453, XI.
Фуксонимин 450, XI.
Фулярдная машина 358, XI.
Фумаровая кислота 496, XII.
Фундаментная рама 657, XIII.
Фундаменты судовых котлов 285, XI.
Фундук 182, XV.
Фуран 169, XV.
Фурка 235, XV.
Фурфуран 169, XV.
Футшток 262, XII.
Фухтель 533, XV.

Х

Н-кислота 364, XIV.
Халконы 383, XI.
Халькантит 770, 789, XII.
Халькозин 789, XII.
Халькоменит 789, XII.
Халькопирит 789, XII.
Халькотрихит 764, XII.
Халькофанит 535, XII.
Халькофиллит 789, XII.
Ханкока машина 697, XIV.
Характеристики линий передач 121, XII.
Хвалевка 736, XI.
Хелидонин 244, XIV.
Хемилюминесценция 332, XII.
Хиназолины 170, XV.
Хинализарин 419, 421, XI; 931, XIV.
Хинальдин 460, XI.
Хинизарин 419, XI; 930, 931, XIV.
Хинная кислота 935, XIV.
Хиноидное строение (теория) 404, XI.
Хиноксалины 170, XV.
Хинолин 460, XI; 170, XV.
Хиноны 168, XV.
Хинофталон 460, XI.
Хиноцианин 461, XI.
Хиолит 352, XIV.
Хладни фигуры 842, XII.
Хлопок коллодионный 578, XIV.
Хлорат натрия 352, XIV.
Хлористая медь 765, XII.
Хлористое олово 29, XV.
Хлористый калий 916, XIII.
Хлорная медь 769, XII.
Хлорноватая кислота 901, XIV.
Хлорноватокислый натрий 352, XIV.
Хлорооловянная кислота 32, XV.
Хлороосмиат аммония 249, XV.
Хлороосмиаты 253, XV.
Хлороосмиты 252, XV.
Хлорофилл 401, XI.
Хлороформ 641, XV.
Холин 80, XII.
Хребстик 270, XIII.
Хризаазин 419, 420, XI; 931, XIV.
Хризин 385, 387, XI.
Хризоидин 434, 437, 532, XI.
Хризокол 789, XII.
Хризолит 952, XIV.
Хризофановая кислота 396, XI.
Хризофенин 438, XI.
Хром баритовый 368, XI.
Хром прочножелтый 438, XI.
Хром цинковый 368, XI.
Хромакс-бронза 82, XI.
Хромат меди 775, XII.
Хромат натрия 353, XIV.
Хромирование 78, 515, XI.
Хромистый железняк 16, XIII; 851—852, XIV.
Хромит 868, XIV.
Хромкарбонил 918, XIV.
Хромовая кислота 900, XIV.
Хромовокадмиевая желтая 367, XI.
Хромовые плюсы 513, XI.
Хромогены 403, XI.
Хромолитография 192, XII.
Хромон 170, XV.
Хромотроп 434, 438, XI.
Хромотроповая кислота 364, XIV.
Хромофорная теория 403, XI.
Хромофоры 403, XI.
Хромрубин 455, XI.
Хронометражное наблюдение 649, XIV.

Ц

Цапфа 65, XII; 674, XIII; 310, XV.
Цевье (часть ложи) 505, XV.
Целики 665, XIV.
Целлитазоли 547, XI.
Целлюлоид 758, XIII.
Цемент линолеумный 153, XII.
Цементация 814, XII.
Цементит 913, XII.
Центр масс 207, XIII.
Центр тяжести 161, 207, XIII.
Центр ускорений 181, XIII.
Центрады 555, XV.
Централит 758, XIII.
Центробежки 760, XII.
Центроида 129, 176, XIII.
Цеолиты 353, XIV.
Цепная линия 596, XI.
Цепь сигнальная 376, XIII.
Цепь четырехзвенная 103, XIII.
Церезин 881, XIV.
Церий 503, XIII.
Церулеины 459, XI.
Цианамид кальция 752, XIII.
Цианантрон 428, XI.
Цианидин 390, 391, 393, XI.
Цианин 390, XI.
Цианистая медь 766, XII.
Циануровая кислота 752, XIII.
Циклогексан 368, XIV.
Циклогексанол 367, XIV.
Циклоида 595, XI.
Циклон 648, XII.
Циклопентан 367, XIV.
Циклопентанон 367, XIV.
Циклопропан 367, XIV.
Цикореол 335, XI.
Цикорий 334, XI.
Цилиндр двуручный 263, XII.
Цилиндр рабочий 668, XIII.
Цилиндрит 43, 45, XV.
Цилиндровые крышки 682, XIII.
Цилиндры 712, XIII.
Цинвальдит 183, XII.
Циннамаль 32, XI.

Цинолин 170, XV.
Цинубель 686, XV.
Циркаллит 867, XIV.
Циркона окись 868, XIV.
Циркулянт 106, XV.
Цистерны 683, XV.
Цистерны креновые 883, XI.
Цитраль 923, 924, XI; 94, 95, XII.
Цитрат олова 31, XV.
Цитрон-мелисса 52, XIV.
Цицеро 57, XIV.
Цыновки 704, XII.

Ч

Часы паровые 321, XI.
Чеканка 517, XIII.
Челены 54, XII.
Челеста 805, XIII.
Черево 270, XIII.
Черлядь 374, XI.
Черная дубка 260, XIII.
Черные кружки 511, XIII.
Черни палладиевая 578, XV.
Чесанец 699, XI.
Чесание машинное 303, XII.
Чески 241, XIII.
Четвертной вал 176, XV.
Четырехстволки 493, XV.
Четыреххлористый молибден 441, XIII.
Чечевидная руда 789, XII.
Чиалит 64, XV.
Чикаго-красители 440, XI.
Чин (архитектурн.) 172, XV.
Числа проницаемости 491, XII.
Число Рейнольдса 434, XV.
Чистильная машина 523, XV.
Чих 257, XIV.
Чихкилим 257, XIV.
Чок 493, XV.
Чортова кожа 433, XIII.
Чугун 420, XII; 545, 546, XIV.
Чугун в чушках 612, XII.
Чугун ковкий 421, XII.
Чугун перегорелый 254, XII.
Чугун перлитный 914, XII.
Чугун серый 421, XII.
«Чума» олова 901, XII.

Ш

Шабер 191, XII; 274, XIII.
Шаблон 21, XI; 164, XII; 390, 393, XIII.
Шагренировальная парезная машина 242, XIV.
Шагренировальный прокатный пресс 242, XIV.
Шагренирование 264, XII.
Шайбы кулачные 684, XIII.
Шакша 41, XIV.
Шакшевание 41, XIV.
Шамот 869, XIV.
Шампунь 118, XI.
Шарнажи 185, XV.
Шарнир шаровой 104, 895, XIII.
Шарниры 556, XV.
Шатун 678, 712, XIII.
Шахтная машина 287, XIII.
Шахтовка-щитовка 42, XII.
Шашка 193, XII.
Шварц-пресс 386, XIII.
Швацит 789, XII.
Шнингтурбина 929, XI; 300, XII.
Шнырялка 535, XV.
Шелушилки 649, XII.
Шёнит 448, XII.
Шеретовка 724, XIV.
Шерсть шлаковая 335, XIII.
Шестерни 715, XIII.
Шеффера кислота 364, XIV.
Шиберы 580, XII.
Шины 310, XV.
Ширилки 856, XII.
Широкосветы 200, XV.
Шитье по вырези 261, XIV.
Шитье по перевити 261, XIV.
Шитье торжковское 263, XIV.
Шифер шаблонный 683, XI.
Шихта 169, 566, XII.
Шишки (литье) 167, XII.
Шишки (лот) 57, XII.
Шкала логарифмическая 632, XIV.
Шкала натуральная 631, XIV.
Шкала потенциальная 632, XIV.
Шкала проективная 632, XIV.
Шкала функциональная 632, XIV.
Шкаторина 862, 866, XV.
Шкафы книжные 758, XII.
Шкафы коптильные 29, XI.
Шкафы платяные 758, XII.
Шкафы-холодильники 877, XI.
Шкот 862, XV.
Шкуры тонкие 273, XIII.
Шлагтов 859, XV.
Шлак 620, XII.
Шлаковатая медная руда 789, 791, XII.
Шлаковики 574, XII.
Шлейф 299, XV.
Шлифовка мыла 920, XIII.
Шлифы 914, XII.
Шлодеры 100, XIII.
Шлюзы 293, XV.
Шлюзы золотопромывальные 701, XIV.
Шлюп 887, XV.
Шлюффы 844, XIV.
Шмальта 373, XI.
Шмальтин 24, XIV.
Шмикит (сцмикит) 525, XII.
Шпек 344, XIII.
Шоопирование 78, XI; 858, XII.
Шоттово стекло 867, XIV.
Шпагат 931, XI.
Шпалорезный завод 46, XII.
Шпалы 16, XII.
Шпангоут 878, 884, XI.
Шпат горький 343, XII.
Шпат марганцевый 535, XII.
Шпатели 500, XII.
Шпациевые кольца 89, XIV.
Шпации 883, XI; 56, XIV.
Шпилера 791, XIII.
Шпильки 933, XI.
Шпингалет 928, XIV.
Шпинель 849, 851, XIV.
Шпоны 56, XIV.
Шпор 855, XV.
Шприцы 137, XV.
Шпули уточные 941, XI.
Претера способ 789, XV.
Шрифт 182, XII; 60, XIV.
Шрифтообламыватель 77, XIV.
Шрот 677, XII.
Шрубер-машины 529, XV.
Штаг 860, XV.
Штамп 780, XIV.
Штамп-машины 471, XII.
Штамповочные машины 472, XII.
Штейн 548, XIV.
Штемпельные приспособления 657, XIV.
Шток 680, XIII.
Штопферы 100, XIII.
Штуцеры 506, XV.
Шхуна 879, 886, XV.

Щ

Щека (лестницы) 74, XII.
Щелок подмыльный 912, XIII.
Щелочи 263, XV.
Щетка 941, XI.
Щиток переносный 235, XV.

Э

Эвкайрит 789, XII.
Эврофен 561, XI.
Эвтектич. точка 902, XII; 488, XV.
Эвтектоидная точка 905, XII.
Эжектор 504, XV.
Эжектор мусорный 288, XI.
Эзельгофт 859, XV.
Эйкозан 639, XV.
Эйконоген 363, XIV.
Эйксантон 394, XI.
Эйксинит 558, XIV.
Эйлан 678, XIV.
Эйлит 789, XII.
Эйхронт 775, 789, XII.
Экономический пролет 133, XII.
Экранирование 781, XI.
Эксальтон 853, XIII.
Эксосмос 258, XV.
Экспрессы 506, XV.
Экстензометр 624, XIII.
Экстирпаторы 734, XI.
Экстрактор 504, XV.
Экстракты красовые 758, XI.
Элаидиновая кислота 947, XIV.
Элаидиновая реакция 947, XIV.
Элаиновая кислота 946, XIV.
Элеваторные салазки 83, XIV.
Элеваторы поперечные 34, XII.
Электрическая сварка 151, XI.
Электродвижущая сила индукции 434, XII.
Электрокардиограф 301, XV.
Электрокурьер 825, XII.
Электролитическая медь 799, XII.
Электролитич. окисление 902, XIV.
Электролюминесценция 332, XII.
Электрон 406, XII.
Электрострикция 393, XIV.
Элементы матричные 116, XIII.
Эллипс инерции 497, XIII.
Эллаговая кислота 398, XI.
Эллипсоид инерции 500, XIII.
Эллипсоид напряжений 200, XIV.
Эло-машина 388, XIII.
Эмали 104, XI.
Эман 750, XI.
Эмеральдин 254, XIII.
Эмплектит 789, XII.
Эмульсии 116, XI.
Эмульсионные составы 502, XII.
Энаргит 789, 791, XII.
Энгранер 724, XIV.
Эндосмос 258, XV.
Энергия кинетическая 194, XIII.
Энкаустика 363, XI.
Энос-машина 388, XIII.
Эозин 459, XI.
Эосфорит 535, XII.
Эпигенит 789, XII.
Эпициклоиды 595, XI.
Эриохромцианин 455, XI.
Эритрозин 459, XI.
Эритролеин 764, XI.
Эритролитмин 764, XI.
Эритрооксиантрахинон 931, XIV.
Эрстед 209, XIV.
Эссенции 344, XIII.
Эстакада 871, XI.
Эстораль 849, XII.
Этан 639, XV.
Этерификация целлюлозы 586, XIV.
Этиларсеноксид 24, XIV.
Этиленмолочная кислота 475, XIII.
Этилиденмолочная кислота 475, XIII.
Этилмеркаптан 853, XII.
Этилмышьяковая кислота 25, XIV.
Этилформиат 852, XIII.
Этилэозин 459, XI.
Этиопорфирин 401, XI.
Эфинит 789, XII.
Эфиры внутренние 764, XI.
Эфиры простые 167, XV.
Эфиры сложные 168, XV.
Эхо-лоты 262, XII.
Эшинит 558, XIV.

Ю

Ювелирные изделия 271, XIV.
Юглон 397, 398, XI; 363, 371, XIV.
Юлианит 789, XII.
Юмы 320, XII.
Юферсы 859, XV.

Я

Яблочная к-та 496, XII; 935, XIV.
Ядрица 666, XI.
Ядро (мыловарение) 912, XIII.
Якобиан 109, XV.
Якобсит 535, XII.
Якоря 57, XII.
Ял 887, XV.
Ялпаит 789, XII.
Ямы угольные 287, XI.
Яра-яра (эфир) 427, XIV.
Ярданш 68, XI.
Ярлык 820, XII.
Ярь-медянка 371, XI; 775, XII.
Яхта 886, XV.

ЭТИ СО РАН