ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Л. К. МАРТЕНС

ТОМ ДВАДЦАТЫЙ
САДЫ-ГОРОДА—СИТА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»
МОСКВА ✧ ОГИЗ РСФСР ✧ 1933

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО - ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

XX том сдан в производство 1 октября 1932 г.;
подписан к печати 25 мая 1933 г.

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

В XX томе ТЭ помещено 912 иллюстраций в тексте, семь вкладок к статьям: «Самолетная радиостанция»—1, «Самолетостроение»—2, «Сварка»—1, «Светильник»—1, «Свинцовые бронзы»—1, «Сепаратор»—1.

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

16 типография треста «Полиграфинига», Москва, Трехпрудный пер., 9.
Уполномоченный Главлита Б 28881. Гиз 12. Э-00 г. Заказ № 1143.
Бумага 72×108/16. 29 печ. листов × 99 500 зн. Тираж 25 500 экз.

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

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

Зам. Глав. Редактора—инж. **Б. Э. Шпринк.**
Пом. Глав. Редактора—**А. А. Дашкевич.**

Председатель Правления—**Б. П. Рогачев.**
Ученый Секретарь—**Н. П. Ракицкий.**

НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ

Ельцина Н. М.; инж. **Знаменский А. А.**; **Мельников И. И.**; инж. **Мушенко И. Н.**; **Никаноров В. М.**; инж. **Павлушков Л. С.**; **Ракицкий Н. П.**; **Севастьянов И. А.**; **Татаринов Б. Н.**; инж. **Фрязиновский И. А.**; инж. **Шпринк Б. Э.**

Зав. библиографией: инж. **Таубман С. И.**; Технический Редактор: **Никаноров В. М.**

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ СЕКТОР

Руководитель Произв. Сектора: **Кузьминский К. С.**; Зам. руковод. Произв. Сектора: **Татиев Д. П.**; **Маркус В. А.**; Технический редактор по иллюстрациям: **Тавастшерна В. Я.**; Зав. Технической Редакцией при типографии: **Дмитриев М. М.**; Технические Редакторы при типографии: **Кондаковский Г. В.**; **Сакмаров Н. Г.**; Зав. Корректорской: **Кулешов Н. З.**; Зам. Зав. Корректорской: **Опер А. Н.**; Старший корректор: **Бокшицкая Л. И.**

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.
дм²	» дециметры.
см³	» сантиметры.
мм³	» миллиметры.
т	метрич. тонны (1 000 *кг*).
ц	центнеры (100 *кг*).
кг	килограммы (1 000 *г*).
г	граммы.
дг	дециграммы (0,1 *г*).
сг	сантиграммы (0,01 *г*).
мг	миллиграммы (0,001 *г*).
μг	микрограммы (0,001 *мг*).
к	караты (200 *мг*).
кл	килолитры (1 000 *л*).
гл	гектолитры (100 *л*).
дкл	декалитры (10 *л*).
л	литры.
дл	децилитры (0,1 *л*).
сл	сантилитры (0,01 *л*).
мл	миллилитры (0,001 *л*).
тм	тоннометры.
кгм	килограммометры.
т/м²	тонны на кв. метр.
кг/см²	килограммы на кв. сантим.
м/сек	метры в секунду.
п. м	погонные метры.
рег. т	регистровые тонны.

II. Математич. обозначения.

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

III. Международные символы.

а) Единицы.

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

б) Величины.

$t°$	температура обыкновен.
$T°$	» абсолютная.
$t°_{кип.}$	» кипения.
$t°_{пл.}$	» плавления.
$t°_{заст.}$	» застывания.
$t°_{отв.}$	температура отвердевания.
$t°_{крит.}$	» критическая.
atm	атмосфера техническая.
Atm	» барометрич.
I	сила тока.
Q	электрич. заряд, количество электричества.
E	электродвижущая сила.
V, U	напряжение, потенциал.
A	работа.
W	энергия.
N	мощность.
T	период колебания.
f, ν	частота.
ω	угловая скорость, угловая частота.
Ω	боковая частота.
λ	длина волны.
φ	сдвиг фазы.
L	самоиндукция.
C	емность.
R	сопротивление активное (ваттное).
ε	диэлектрич. постоянная.
μ	магнитн. проницаемость.
ϱ	удельное сопротивление.
σ	удельная проводимость.
δ	декремент затухания.
Φ	магнитный поток.
H_{Br}	твердость по Бринелю.
A_{c_1}, A_{c_2}, A_{c_3} / A_{r_1}, A_{r_2}, A_{r_3}	критич. точки 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 $t_2°$.
$[\alpha];[\alpha]_D$	угол вращения плоскости поляризации.
C_{H^+};	[H⁺] концентрация водородных ионов.
pH; P_H	водородный показатель.
$^1/_1\ N$	нормальный раствор.
$n^{t°}_D$	коэф. преломления.

IV. Основные сокращения.

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

фр.—франки.
шилл.—шиллинги.
млн.—миллионы.
млрд.—миллиарды
ч.—часы.
м., мин.—минуты.
ск.—секунды.
°Bé—градусы Боме.
°Э.—градусы Энглера.
Градусы температ. шкал:
°К—Кельвина.
°С, °Ц.—Цельсия (100°-ной).
°Р.—Реомюра.
°Ф.—Фаренгейта.
t°—темп-ра по 100-ной шкале (С).
t° Р.—температура по Реомюру.
t° Ф.—температура по Фаренгейту.
абс. ед.—абсолютная единица.
ат. в.—атомный вес.
Aufl.—Auflage.
B.—Band, Bände.
v.—volume, volumes.
вкл.—включительно.
гг.—годы, города.
д.—деревня, долгота.
д. б.—должно быть.
ж. д., ж.-д.—железная дорога, железнодорожный.
з.-европ.—западноевропейский.
з-д—завод.
изд.—издание.
ин-т—институт.
Jg.—Jahrgang.
кпд—коэфициент полезного действия.
к-рый—который.
к-та—кислота.
Lfg—Lieferung.
м—мета (хим.).
м. б.—может быть.
м. г.—минувшего года.
меш (mesh)—число отверстий в ситах на лин. дюйм.
мн-к—многоугольник.
мол. в.—молекулярный вес.
нек-рый—некоторый.
о—орто (хим.).
об-во—общество.
о-в—остров.
п—пара (хим.).
р.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).
цром-сть—промышленность.
проф.—профессор.
SK—зегеровские конуса.
С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.
с.-з., ю.-в.—северо-западный, юго-восточный.
стр.—страницы.
т.—том, томы.
t.—tome, tomes.
T.—Teil, Teile.
тв.—твердость.
т-во—товарищество.
темп-ра—температура.
т. н.—так называемый.
тр-к—треугольник.
уд.—удельный.
уд. в.—удельный вес.
ур-ие—уравнение.
У. П.—Урочное положение.
u. ff.—und folgende.
ф-ия—функция.
ф-ка—фабрика.
ф-ла—формула.
H.—Heft, Hefte.
хим. сост.—химический состав.
ц. т.—центр тяжести.
Ztg—Zeitung.
Ztrbl.—Zentralblatt.
Ztschr.—Zeitschrift.
ш.—широта.
эдс—электродвижущая сила.
эфф.—эффективный.
Ан. П.—английский патент.
Ам. П.—американский »
Г. П.—германский »
Р. П.—русский »
Сов. П.—советский »
Ф. П.—французский »
B.—Berlin.
Brschw.—Braunschweig.
L.—London.
Lpz.—Leipzig.
Mch.—München.
N. Y.—New York.
P.—Paris.
Stg.—Stuttgart.
W.—Wien.
Wsh.—Washington.
Л.—Ленинград.
М.—Москва.
П.—Петроград.
СПБ—Петербург.

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

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

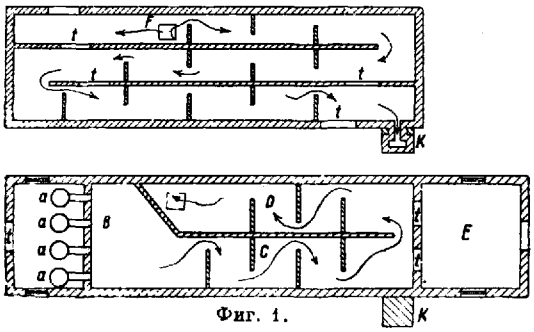
С

САДЫ-ГОРОДА, см. *Город-сад*.

САЖА, продукт, получаемый при неполном сгорании органических соединений в виде аморфного, сильно раздробленного углерода с примесью некоторого количества посторонних веществ (адсорбированных газов, золы, влаги и т. д.). Для получения С. обычно употребляются вещества, богатые углеродом, например смолы, каменноугольные и буроугольные масла, нефть и ее погоны, мазут, углеводородные газы и др. В присутствии избытка воздуха эти вещества сгорают ярким светлым пламенем, образуя лишь газо- и парообразные продукты (CO_2 и H_2O). Если же воздуха для горения недостаточно, то пламя получается мутное, красноватое, и значительная часть углерода выделяется из газообразных продуктов в виде С. Для получения наибольшего выхода сажи теоретически необходимо столько воздуха, чтобы его хватило лишь для сгорания водорода и других составных частей газообразных продуктов, кроме углерода. В действительности расход воздуха превышает теоретический, так как при малом количестве воздуха получается очень слабое горение и низкая темп-ра, вследствие чего часть исходного материала не успевает сгореть и осаждается затем вместе с С., понижая ее качество. Наоборот, при значительном избытке воздуха часть углерода сгорает в CO_2 и CO и понижает таким образом выход С. Поэтому правильное регулирование притока воздуха оказывает, помимо других условий производства (качества сырья, аппаратуры, способа получения и т. д.), большое влияние на качество и выход продукта. С. как продукт разложения газообразных веществ отличается от других черных красок, т. н. черней, получаемых путем прокаливания без доступа воздуха различных органич. материалов (костей, древесины и т. д.), очень малым содержанием золы (до 0,1—0,5%), в то время как черни содержат, в зависимости от их происхождения, до 8%, а в некоторых случаях даже до 80% и более золы (напр. жженая кость). С. является пигментом наиболее стойким к действию химич. реагентов (кислот, щелочей, различных газов и т. д.), света, $t°$, погоды и других влияний; она незначительно отражает свет; обладает сильной адсорбирующей способностью, которая обусловливает хорошую укрывистость краски, большой маслоемкостью (требуется 180—190% масла по отношению к весу пигмента) и слабой высыхаемостью приготовленной из нее краски. Благодаря высокой дисперсности С. легко образует коллоидные растворы и применяется как краска в полиграфич. промышленности, в малярной технике, живописи, в производстве лаков, пластических масс, для изготовления туши и других целей. Большое количество сажи расходуется также в резиновой, электротехнической и других отраслях промышленности при изготовлении самых разнообразных изделий. В зависимости от применения к С. предъявляют различные требования в отношении качества и физических свойств.

Обычно различают следующие виды сажи: 1) печную, или пламенную, 2) ламповую, 3) газовую и как особую разновидность газовой С.—ацетиленовую. Печная, или пламенная, С. является по сравнению с другими видами дешевой и наименее чистой С. Низкий сорт печной С. получается при сжигании осмола (пней хвойных деревьев); эта С. содержит много маслянистых примесей и мало укрывиста. Немного лучше по качеству С., получаемая из обезвоженной смолы, пека, угля и других материалов. Более высокие сорта сажи получаются из жидких нефтяных и каменноугольных масел с высокой $t°_{кип.}$, например мазута, зеленого и креозотового масел. Кроме исходного материала большое значение имеет также и способ получения С. В прежнее время С. получали сжиганием материала (смола, жир и т. д.) в закрытом помещении с постоянным запасом воздуха. На это требовалось много времени, и С. получалась очень низкого качества, так как вместе с С. осаждались и продукты сухой перегонки. Затем перешли к установкам, позволявшим производить отдельно получение и осаждение С. Простейшим устройством такого рода служила круглая кирпичная камера, вверху которой подвешивался на веревке железный конусообразный колокол, касающийся нижним концом стенок камеры. Сажа, получаемая сжиганием материалов в топке, расположенной около камеры, осаждалась на стенках камеры и счищалась на пол при опускании колокола. Недостаток такого устройства заключался в том, что С. не успевала осесть в камере и уносилась в значительном количестве вместе с продуктами горения наружу. Поэтому в настоящее время для осаждения С. применяют длинные каналы или камеры (фиг. 1). Продукты горения из топок *a* поступают в нижний этаж двухэтажной камеры, разделенный перегородками на отдельные помещения *B*, *C* и *D*, затем через отверстие *F*

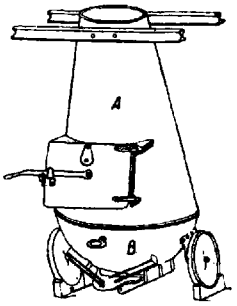
проходят в верхний этаж и, совершив т. о. длинный зигзагообразный путь, выходят через дымовую трубу *K*. Благодаря постоянному изменению скорости и направления газов, а также очень длинному пути (до 5 000 *м* и больше) происходит почти полное осаждение С. в камерах, из к-рых ее через известные промежутки времени переводят через отверстие *F* и двери *t* в нижний этаж и затем в помещение *E*, где С. упаковывают в бочки. Чтобы задержать С., увлекаемую вместе с продуктами горения в трубу (что является крайне нежелательным и в санитарно-гигиенич. отношении), перед выходом из камеры устанавливают раз-



Фиг. 1.

личного рода фильтры: рамы с натянутым полотном, металлич. сетки, жалюзи и специальные улавливатели, напр. спиральные дефлекторы Вернера и Сименса и др. Камеры кладутся из гладкого камня с заделкой швова н чистом цементном растворе, чтобы устранить загрязнение С. песком, пылью и т. д. Ближайшие к топке камеры выкладывают огнеупорным кирпичом. Стены нижнего этажа строят пустотелыми, что уменьшает расход материала и предохраняет камеры от охлаждения. Камеры снабжают железными ставнями, к-рые служат для выпуска газов при взрыве в камере; взрывчатые смеси образуются из воздуха и продуктов горения при неправильном ведении производства или вследствие каких-либо других причин. Устройство топок зависит от сжигаемого материала. Для твердого топлива (дерева, торфа и т. д.) употребляются шахтные печи; выделяющуюся при горении подсмольную воду собирают в приемник, расположенный под топкою. Нафталин, смолу и другие материалы предварительно нагревают до плавления и затем спускают при помощи воронки в топку или на горячие железные листы. Жидкое топливо (нефть, масла и др.) предварительно освобождают от воды и сжигают в пустотелых, охлаждаемых внутри водой чашках.

В настоящее время применяют также чугунные печи (фиг. 2), у которых нижняя часть *B* установлена на колесах, а верхняя *A* подвешена на бадках. Материал загружается в нижнюю часть печи, к-рая снабжается заслонкой для регулирования воздуха. Благодаря такому устройству печь легко заменяется новой в случае ее ремонта, чистки и т. д. Установки обычно имеют одну общую камеру для осаждения С. и ряд топок, которые соединяются с камерой посредством каменных каналов. Для конденсации продуктов сухой перегонки над топкой иногда помещают железный колпак или пропускают каналы через холодную камеру. Регулирование воздуха, имеющее очень важное значение для работы, производится при помощи заслонок, одна из которых находится в топке, а другая—при выходе газов в трубу (для регулирования скорости движения газов в камере). Количество воздуха и сила тяги в камере находятся в зависимости от рода и качества топлива, времени года, топографич. расположения з-да, а также от *t*° отходящих газов, погоды, силы и направления ветра и многих других условий. При работе чаще всего руководствуются окраской пламени и дыма, а также измеряют тягу и производят анализ продуктов горения; теплоту отходящих газов обычно не используют. Самый процесс работы ведется след. обр.: после закрытия всех дверей и окон разжигают в топке огонь и регулируют количество воздуха. Когда в камере накопится достаточно С. (обычно через несколько дней), сжигание прекращают, камеру открывают для охлаждения и удаления из нее продуктов горения, после чего счищают С. мягкими щетками и выгребают из камеры в помещение для упаковки. Количество и качество С. из отдельных помещений камеры получаются различные. Больше всего С. осаждается в нижнем этаже, но по качеству эта С. является наиболее загрязненной продуктами сухой перегонки и другими примесями. В верхних помещениях камеры осаждается меньше С., но зато она более чистая и мелкая. При значительном содержании продуктов сухой перегонки С. становится тяжелой, сырой, плотной, приобретает неприятный запах, плохо затирается со связывающими веществами и плохо сохнет, вследствие чего является непригодной к употреблению и должна подвергаться особой очистке, или **кальцинированию**. Последнее состоит в прокаливании С. без доступа воздуха в узких железных барабанах; продукты сухой перегонки при этом разлагаются и улетучиваются через отверстия вверху барабанов. Выход С. по Вагнеру из смолистых деревьев в среднем составляет 5—6%, из пека 13—15%, из каменноугольной смолы 15—25%, из нафталина 30—40%, из каменноугольных масел 45% и выше. Лучшие сорта С. известны под названием **голландской сажи**.



Фиг. 2.

Получение печной С. в СССР до последнего времени производилось гл. обр. кустарями из осмола и березовой коры (бересты) очень примитивным способом. Продукты горения вместе с С. поступали из топки по каналу в камеру, в к-рой подвешивался полотняный полог. Лучшая С. осаждалась вверху холста, более грубая—внизу. С. сбивали с холста ударами палки и затем упаковывали в бочки. В настоящее время С. получается сжиганием каменноугольных масел (завод ГЭТ), нефти и других жидких материалов. Для некоторых целей применения (например в электротехнической промышленности) требуется С. тяжелая и в то же время чистая. Последнее достигается по Вегелину действием на пламя сжатого газа. При этом пламя суживается, получается более высокая *t*° и частицы углерода уплотняются. Печная С.—легкий, рыхлый порошок от темнокоричнево-черного до серовато-черного цвета. Уд. в. 1,6÷1,7. Вес 1 *л* ок. 40 *г*. Содержание золы в хо-

роших сортах С. не д. б. более 0,1%. При сжимании в руке С. должна снова рассыпаться в порошок. Печная С. находит применение: как черная малярная краска для окраски гл. обр. машин, в смеси с белилами часто применяется для получения серых красок, напр. «дикой» для окраски вагонов и других целей; как дешевая типографская краска для газет, обоев, книг и т. д.; в электротехнич. промышленности для изготовления углей, электродов, футеровки электрич. печей и т. п.; вместо графита в качестве примеси к смазочным маслам для повышения их вязкости; в различных производствах как краска и наполнитель, напр. в производстве клеенки, резины, ваксы.

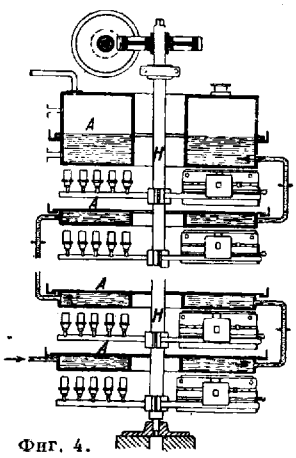
Ламповая С., или ламповая копоть, в отношении глубины цвета, чистоты состава, тонкости и других свойств принадлежит к более высоким по качеству продуктам. Ее получают сжиганием жидких минеральных масел (соляр. масла, дистиллатов керосина и т. д.) в лампах с фитилями, по принципу устройства мало отличающихся от применяемых в домашнем обиходе. Раньше для получения С. употребляли также негодные в пищу растительные масла или животные жиры (ворвань и др.). Лампы снабжаются регуляторами для притока воздуха и установки фитилей, благодаря чему легко осуществляется контроль за процессом горения. Всасывающая способность фитилей должна соответствовать сжигаемому материалу. Последний не должен содержать кислых веществ и других примесей, действующих на горелки или загрязняющих фитили. Питание ламп для равномерности горения производится из общего резервуара *A* (фиг. 3), в к-ром высота горючего поддерживается также на одном уровне при помощи автоматич. регулятора. Над каждой лампой *B* помещается железная труба, изогнутая под тупым углом, для отвода С. и продуктов горения в камеру. Камеры для осаждения ламповой С. отличаются от вышеописанных (для печной С.) значительно меньшими размерами; они состоят из 2 или 3 отделений. Передняя часть камеры каменная и служит для охлаждения газов и С., к-рая затем улавливается в следующих отделениях при помощи рам с натянутой тканью, мешков и других приспособлений. В Англии хорошие сорта С. получаются по способу Мартина и Грефтона; С. перед поступлением в уловители проходит через две параллельные железные трубы с расположенными между ними ящиками, где она охлаждается и отчасти осаждается. Другая часть сажи, наиболее высокого качества, осаждается в уловителях, представляющих собою железные трубы, соединенные друг с другом последовательно вверху и внизу, с помещенными внутри их полотняными мешками. Благодаря такому устройству получаются различные сорта С. Кроме осаждения С. в камерах применяется также и другой метод—осаждение С. на холодной металлич. поверхности. Для этого служит напр. следующее устройство: над коптящим пламенем ламп помещают вращающийся металлич. полый цилиндр, охлаждаемый внутри водою. С. осаждается на поверхности цилиндра и счищается затем при помощи ножа. Для задержания С. продукты горения перед выпуском в трубу пропускают через небольшую камеру. Выход ламповой С. из масел составляет в среднем ок. 20%. Ламповая С.—очень нежный и тонкий порошок глубокого черного цвета. Уд. в. ее 1,7—1,8. Зола и эмпиревматич. вещества почти отсутствуют. Такая С. обладает очень хорошей кроющей и красящей способностью; с маслом дает матовые окраски, чем отличается от газовой С. Ламповая С. употребляется гл. обр. как краска для полиграфич. промышленности. Обыкновенные сорта ламповой С. служат для получения типографских и литографских красок, приготовления типографской туши, хороших масляных красок, в производстве цветной бумаги и т. д.; более высокие сорта применяются как художественные и иллюстрационные краски, для получения лаков, чертежной туши, для черчения оптич. инструментов и других ценных предметов. К обыкновенной типографской С. в общем предъявляют следующие требования: содержание влаги не более 5%, золы не более 0,1% (песок должен отсутствовать), ацетонового экстракта не более 0,1%; цвет и кроющая способность—по стандарту; количество летучих веществ до 8—10%.



Фиг. 3.

Газовая сажа, получаемая сжиганием естественных и искусственных газов, представляет наиболее ценный вид С. Наибольшее количество ее вырабатывается в США из натуральных газов, содержащих 46÷94% CH_4, 5÷22% H_2 и 4÷40% этана и этилена (наиболее важных составных частей для получения С.). Сжигание газа производится в горелках с лавовыми наконечниками, которые насаживают на газовые трубы диаметром около 3 *см*. Для осаждения С. в США применяют следующие способы: 1) канальный способ, по которому С. осаждается на системе движущихся желобов, 2) дисковый способ—на системе малых и больших дисков, 3) роликовый способ—на вращающихся цилиндрах. Наибольшее распространение имеет канальный способ, по к-рому получается до 90% всей газовой С. З-ды, работающие по этому способу, состоят из ряда длинных зданий, построенных из углового и листового железа, вдоль к-рых проходят одна или две газовые трубы. Внутри зданий располагаются рельсы, по к-рым при помощи особого механизма движется взад и вперед на расстоянии 1÷1,5 *м* рама с прикрепленными к ней 8 рядами желобов (из корытного железа). Ширина желоба ок. 18 *см*. Указанное расстояние рама проходит в 5÷7 мин. С., получаемая при сгорании газа в горелках, находящихся под желобами, осаждается на их нижней поверхности, счищается во время движения рамы при помощи неподвижно укрепленных скребков и поступает затем на проходящий внизу конвейер. После этого С. просеивается через сито или отсеивается посредством электрич. вентилятора и упаковывается в бочки, мешки или пакеты. З-д, имеющий ок. 40 000 горелок, дает в сутки 1,5÷2,5 *т* С. При дисковом способе употребляются диски, представляющие собою чугунные кольца с внешним диам. 90÷115 *см* и внутренним 50÷80 *см*. Вместо больших дисков применяются также сплошные железные круги с отверстиями для выхода продуктов горения. Диски скрепляются между собою стальными тросами по нескольку штук в один ряд. Под каждым диском помещаются трубы с отверстиями для горелок. Установки м. б. двух видов: или с вращающимися дисками, делающими один оборот в 8÷12 мин., или с вращающимися го-

релками. Сажу удаляют с поверхности дисков стальными ножами в ящики, из к-рых они поступают на конвейер. Дисковый способ дает С., мало отличающуюся от С., получаемой канальным способом, но дисковый способ имеет некоторые преимущества в отношении простоты оборудования, к-рое легко м. б. разобрано и перенесено в другое место. При роликовом способе для осаждения С. служат полые чугунные цилиндры 1÷2,5 *м* длиною и 22 *см* диаметром, располагаемые вдоль здания рядами по 3 цилиндра на оси. Цилиндры вращаются над газовыми трубами и прикрываются для регулирования тяги железными листами. Выход С. более низкий, но дает С. более высокого качества, в виду чего ее применяют гл. обр. в полиграфич. промышленности. Выход и качество С., кроме состава газов, зависят от погоды, силы нагнетания газа, присутствия в нем воды и масел, расположения горелок и расстояния их от осаждающих поверхностей, скорости движения последних, регулирования воздуха и других условий. Из 1 000 $м^3$ газа получается 19÷24 *кг* С., что составляет в среднем ок. 3% общего количества углерода, содержащегося в газе. Лучшие сорта америк. газовой С. известны под различными названиями: микронекс (Micronex), арроублэк (Arrou-Black) и др. С целью более рационального использования газов в США применяют также и другие способы получения С.— путем разложения газов действием высокой $t°$ и давления (термич. способ), электрич. искры (электротермич. способ) и т. д. Такая С., известная под названием термакс (Thermax), отличается от обычной газовой С. своим сероватым цветом. Способы, основанные на разложении газов, дают очень высокие выходы и применяются также для получения ацетиленовой С. (см. ниже). В странах, где не имеется природных газов, применяют газы, добываемые искусственным путем из каменного или же бурого угля, нефти, смолы и других минеральных остатков, а также генераторный и водяной газы, газы доменных печей и даже воздух, карбюрированный бензином или бензолом. Получение из них С. производится в ограниченных количествах, т. к. она не в состоянии конкурировать по цене с С. из естественных газов. Установки для газификации сходны с установками для получения светильного газа. Жидкие материалы разлагают в нагретых ретортах, куда они поступают в виде непрерывной струи, после чего получаемые газы отделяют от жидких веществ, промывают водою в скрубберах, сушат известью и собирают в газгольдере.



Фиг. 4.

Аппараты для получения С. весьма различны, напр. в Германии применяют аппараты Тальвитцера, Дрейера и др. Аппарат Дрейера (фиг. 4) состоит из нескольких рядов металлич. сосудов *A*, наполненных водою. Между сосудами при помощи полой вертикальной оси *H*, служащей одновременно для подачи газа, приводятся во вращение трубы с насаженными на них горелками. С. осаждается на стенках сосудов, а тепло, получающееся при горении газа, используется для нагревания воды, которая переходит из одного сосуда в другой (образующих в совокупности паровой котел); половина получаемой т. о. энергии затрачивается на работу самого аппарата, к-рый при 168 горелках сжигает в 24 ч. ок. 400 $м^3$ газа и дает 30÷40 *кг* С.

В СССР имеются значительные месторождения природных газов в Бакинском, Грозненском и других районах. Кроме того источниками для получения С. могут служить газ коксовых печей, газы, получаемые путем газификации угля (подмосковного), торфа и других материалов. В настоящее время начата постройка сажевого з-да в г. Майкопе с производительностью ок. 400 *т* С. в год. Газовая С.—наиболее чистый и тонкий продукт глубокого черного цвета. Величина частиц ее чрезвычайно мала (0,05—0,1 μ). Уд. в. 1,9—2,0. Зола отсутствует или встречается только в виде следов. Количество летучих веществ (CO_2, O_2, H_2, CO и др.) у хороших сортов С. не превышает 5%. Кроющая способность хорошая; с маслом газовая сажа дает блестящие окраски. Применяется гл. обр. в резиновой промышленности, в особенности для изготовления шин, подошв и других изделий, а также в полиграф. промышленности и для приготовления черных лаков, граммофонных пластинок и т. д.

Ацетиленовая С. получается разложением ацетилена или смеси его с другими газами на углерод и водород: $C_2H_2 = 2C + H_2$. Разложение газа производится б. ч. при помощи высокой $t°$ или электрической искры. До введения последнего метода, предложенного впервые Бертело в 1896 г., ацетиленовая С. получалась путем непосредственного сжигания ацетилена в горелках, специально устроенных с целью устранения образования взрывчатых смесей. По способу Махтольфа, применяемому в Германии, ацетилен нагнетается с необходимым количеством воздуха в специальные цилиндры из литой стали, после чего через смесь пропускают электрич. искру. Газообразные продукты, образующиеся при взрыве, выталкивают сажу в особый приемник, где она охлаждается и где ее собирают. Как побочный продукт при этом получается чистый водород. Для получения ацетиленовой сажи целесообразно употреблять смеси ацетилена с CO_2 или CO, т. к. при этом повышается выход С. Реакция протекает по следующим ур-иям:

$$C_2H_2 + CO = 3C + H_2O;$$
$$2C_2H_2 + CO_2 = 5C + 2H_2O.$$

Из приведенных ур-ий видно, что помимо углерода, содержащегося в ацетилене, выделяется также углерод из CO_2 или CO, после того как кислород их затрачен на сжигание водорода в воду. В действительности выход углерода получается несколько меньше, напр. по первому ур-ию вместо 3 эквивалентов получается только 2,5, так как часть углерода при высокой $t°$ снова вступает в реакцию с парами воды, образуя CO и H_2. Для воспламенения смеси ацетилена с CO начальное давление не должно быть менее 6 *atm*. Кроме этих газов предложены также смеси ацетилена с хлорированными углеводородами: хлористым этиленом и др., причем как побочный продукт после взрыва получается HCl:

$$2C_2H_2 + C_2Cl_4 = 6C + 4HCl.$$

Для получения смесей не требуется, чтобы ацетилен и другие газы были совершенно чистыми или свободными от азота, напр. ацетилен получается из карбида, CO и CO_2 сжиганием кокса, а также из известковых печей при производстве карбида. Выход С. очень близок к теоретическому: 1 $м^3$ ацетилена дает в среднем 1 000 *г* С., в то время как теоретич. содержание углерода в 1 $м^3$ газа при 15° и 760 *мм* давления равно 1 018 *г*. Ацетиленовая С. по химическому составу представляет почти чистый углерод. Уд. в. до 2,25. По блеску и глубине цвета превосходит хорошие сорта америк. газовой С., но встречаются также сорта и с более серым оттенком. Ацетиленовая сажа является наиболее дорогой и применяется гл. обр. для изготовления блестящих лаков (для кожи), туши, дорогих печатных красок, твердой медицинской резины, граммофонных пластин и других изделий.

Кроме натуральной С., получаемой при неполном сгорании органич. веществ, в продаже находятся сорта С., получаемые другим путем, напр. финляндская С. получается посредством механич. измельчения прокаленного угля; С. из газовой смолы, содержащая до 32% углерода, обладающего свойствами С., получается как остаток после промывки смолы тяжелыми и легкими маслами; сажа из торфа получается путем особой обработки и очистки торфа от примесей и т. д. Все получаемые т. о. сорта С. вследствие более низкого качества не могут во многих случаях заменить натуральную С. и применяются гл. обр. в качестве красок при грубых работах.

При исследовании С. определяют: 1) цвет, 2) кроющую способность, 3) красящую способность, 4) объемное число, 5) содержание золы, 6) влагосодержание, 7) количество летучих веществ, 8) количество эмпиревматич. веществ, 9) примеси, употребляемые для подцветки (органич. красители, берлинская лазурь), и др.

Лит.: Беленький Е. Ф., Производство минеральных красок и лаков, М.—Л., 1931; Захаров П. С., К производству сажи в СССР из естественных и искусственных газов, «ЖХП», 1930, *5—6*; его же, Производство сажи из натуральных газов в США, там же, 1929, *7—8*; Кривошеин К., Сажа, «Резинов. пром.», М., 1931, *8*; Химич. и физич. свойства летучих веществ в разных сортах сажи, там же, 1929; Фарберов М., Сажа и ее применение в резиновом производстве, там же, 1930, *1—2*; Шах-Назаров, «Америк. техника», Нью Йорк, 1930, *1*; Михайлов С. Н., Производство минеральных и земляных красок, П., 1915; Gentele J. W., Lehrbuch d. Farbenfabrikation, 3 Aufl., B. 1—3, Brschw., 1906—09; Köhler H., Die Fabrikation des Russes und d. Schwärze, 3 Aufl., Brschw., 1912; Rose Fr., Die Mineralfarben u. die durch Mineralstoffe erzeugten Färbungen, Lpz., 1916; Thieme, Die Russerzeugung in d. Patentliteratur, «Farben-Zeitung», B., 1913; Ueber die moderne Gewinnung v. Russ, «Elektrochem. Ztschr.», B., 1913, p. 61; Abscheidung v. Kohlenstoff aus Flammen durch Elektrizität, «Ztschr. f. physikal. Chemie», Lpz., 1912, B. 78, p. 490; «Ztschr. f. Elektrochemie», Halle a/S., 1912, B. 18, p. 131; Ullm. Enz., 2 Aufl., B. 6; Wagner H., Die Körperfarben, Stg., 1928; Zellner, Die künstlichen Kohlen, B., 1903; Zerr G., Rübencamp R., Handb. d. Farbenfabrikation, 4 Aufl., B., 1930; Hadert H., Handb. d. Druckfarben, B., 1931. **П. Черенин.**

САКАЛОИД (Sakaloid), группа искусственных пластических материалов, получаемых из сахаристых продуктов процессом полимеризации, разработанным Артуром С. Фордом (1922—1931 гг.); согласно опубликованным сведениям о свойствах С. предвидится весьма широкое применение его в самых различных отраслях промышленности. Исходным сырьем в производстве С. могут служить сахароза, декстроза, левулоза, патока и даже сахарный тростник. В связи с огромным экономич. значением, признаваемым за данным открытием, процесс полимеризации исходного сырья держится автором и патентодержателем (Бен. Греем) в секрете. Поэтому пока м. б. указаны лишь основные этапы молекулярного осложнения сахаристых веществ; в общих чертах эти этапы те же, что и в прочих случаях конденсации искусственных смол и других подобных продуктов. С. сперва представляет густую весьма вязкую, упругую массу, растворимую, плавкую и способную прессоваться. После подобной обработки С. становится жестким и упругим, может гнуться и тянуться в нити подобно каучуку; он удобно разрубается, разрезается на листы и обрабатывается на токарном станке. На обсуждаемой стадии С. носит название резинового стекла (Rubber-glass). Стадия эта контролируема, и сакалоид при известном видоизменении процесса может быть на неопределенно долгое время задержан на ней. Резиновое стекло вполне прозрачно и бесцветно, но при окрашивании может получать любой цвет, равномерно распространяемый по всему объему. При полировке материал принимает высокий глянец. На следующей стадии процесса С. обладает твердостью, может тянуться, обрабатываться на токарном станке и сверлиться любым способом. Из С. в этой стадии может выделываться порошок, который далее способен прессоваться подобно обычным пластикам, но от действия нагрева он утрачивает термопластичность, и дальнейший нагрев уже не размягчает его, а лишь сообщает большую твердость. И в этой стадии С. вполне прозрачен и бесцветен, напоминая по виду плавленый кварц, к к-рому близок также и по оптич. свойствам—по показателю преломления и прозрачности в отношении ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Во всех своих видах С. (по сообщению изобретателя) абсолютно не горюч; будучи помещен в пламя, он не выделяет паров, а лишь обугливается. Кроме того С. обладает хорошими диэлектрич. свойствами. С. способен смешиваться с нитро- и ацетатцеллюлозой, причем снижаются не только производственные расходы, но и горючесть продукта.

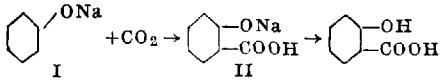
Применения сакалоида пока не проверены промышленно; предварительно же намечаются весьма многочисленные, а именно: в производстве склеивающих составов, лаков и красок (сэкалак), искусственного волокна для пряжи и тканей—подобно искусственному шелку (сэкатайн), прозрачного упаковочного материала любой толщины (сэкатекс), обоев, картона, пленок для рентгенографии и других фотографических целей, обладающих преимуществом большей прозрачности, бесцветности и невоспламеняемости, материала для беспроводной или проводной передачи изображений—телегравюры, искусственной кожи (напр. для обуви), прозрачных коробок и ящиков, кровельной черепицы, оптич. линз, призм и пластин, а также других оптич. приспособлений, в особенности, когда требуется прозрачность в отношении ультрафиолетовых и инфракрасных лучей, различных поделок (гребней, пуговиц и т. п.) и предметов роскоши. Экономич. значение С. связано, кроме технич. свойств С., с перепроизводством сахара в З. Европе и Америке и с ростом запаса сахара на складах при отсутствии перспективы сбыта. Основанная держателем патентов А. С. Форда Б. Греем «Компания промышленных продуктов из сахара» («The Industrial Sugar Products Corporation») предполагает выпускать С. примерно по $9^1/_2$ центов за 1 фн. (~17,5 к. за 1 *кг*).

Лит.: «Сорена», М., 1932, вып. 1, стр. 174; «Plastics», N. Y., 1931, 7, p. 448; «The International Sugar Journal», L., 1931, v. 33, p. 375, 513, 539; «Herald Tribune», 1931, Mai; «Die deutsche Zuckerindustrie», B., 1931, B. 56, *41*, p. 1021, 10 Oktober. **П. Флоренский.**

САНСАУЛ, оджар, сазак (Haloxylon ammodendron, сем. Chenopod.), дерево; достигает высоты 3—6 *м*, стержневой корень С. великолепно развит (до 20 *м*). С.—растение, характерное для песков и солончаков Ср. Азии. Дре-

весина С. отличается твердостью, но хрупка, а потому как поделочный материал не годится; уд. в. выше 1. Местное население ценит С. как хорошее топливо. Заросли С. хорошо скрепляют почву, задерживая движение сыпучих песков. После вырубки С. возобновляется с трудом, хотя дает поросль от пня; при искусственном древонасаждении С. возможно разводить посадкой 2—3-летних сеянцев.

САЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА, *о*-оксибензойная кислота, важнейшая из ароматич. оксикислот. Впервые получена в 1838 г. Р. Пириа окислением салицилового альдегида. Строение ее было доказано в 1853 г. Кольбе, к-рый произвел также синтез С. к. из фенолята натрия и CO_2; эта реакция до настоящего времени используется и для технич. получения С. к. нагреванием в автоклавах фенолята натрия с CO_2 при 140°. В свете новых исследований механизм этого синтеза представляется след. обр.: фенолят натрия (I), присоединяя при высоких температурах CO_2, образует фенолятнатрий-*о*-карбоновую кислоту (II), из к-рой при помощи минеральных кислот выделяют С. к.



С. к. по способу Шмидта получается след. обр. В автоклав с мешалкой вносят 94 ч. чистого кристаллич. фенола, 40 ч. чистого едкого натра и 65 ч. воды. Раствор упаривают при 100° и постоянном перемешивании под уменьшенным давлением до тех пор, пока смесь не превратится в сухой порошок; последний вносят в автоклав и нагревают на масляной бане 120—140°, одновременно впуская из баллона CO_2 до тех пор, пока не прекратится поглощение газа; эта реакция занимает обычно 3—4 часа. По охлаждении извлекают порошок из автоклава, растворяют его в возможно меньшем количестве воды и подкисляют крепкой соляной к-той. Выделившуюся С. к. отсасывают, промывают небольшим количеством воды (для удаления примеси фенола) и очищают перегонкой с перегретым паром или перекристаллизовывают из горячей воды, осадив предварительно примеси нагреванием с раствором хлористого олова $SnCl_2$ по способу П. Гофмана. Из 94 ч. фенола получается 125 ч. чистой С. к. Газообразная CO_2 может быть заменена твердой, а NaOH поташом. Для окончательной очистки С. к. применяют сублимацию, к-рую надо проводить осторожно, т. к. при сильном нагревании С. к. разлагается на фенол и CO_2.

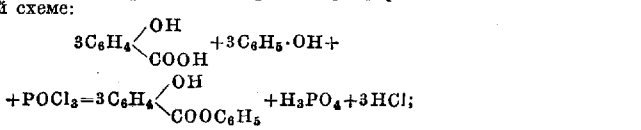
С. к. представляет игольчатые кристаллы с $t°_{пл.}$ 159°, растворяющиеся в 500 ч. воды при 15° и в 15 ч. кипящей воды, в 2,5 ч. спирта, в 2 ч. эфира, в 80 ч. хлороформа (значительно лучше—в горячем хлороформе). С. к. летуча с водяными парами. С хлорным железом $FeCl_3$ С. к. дает фиолетовое окрашивание (в отличие от фенола—не только в водном, но и в спиртовом растворе). Салициловая кислота—сильное дезинфекционное средство, имеющее то преимущество перед фенолом, что лишено запаха и вкуса и не ядовито для высших организмов. С. к. является также средством для консервирования пищевых продуктов, хотя, вследствие того, что она расстраивает пищеварение, в некоторых странах применение ее для этих целей запрещено.

Салициловые препараты. С. к. имеет большое применение в химико-фармацевтич. промышленности как сырье для получения ряда лекарственных препаратов, в красочной промышленности—для получения азокрасок и в парфюмерной—для получения душистых веществ.

Ацетилсалициловая к-та $CH_3·CO·O·C_6H_4·COOH$, см. *Аспирин*.

Салициловокислый натрий $HO·C_6H_4·COONa$, важный антиревматический препарат, получается следующим путем: 16,5 ч. С. к. растворяются в 60 ч. 97%-ного спирта при 60—70° и при этой же $t°$ в раствор вносят небольшими порциями (в течение 3—4 час., при помешивании) 10 ч. чистого двууглекислого натрия; из раствора отгоняют 35 ч. спирта; выделившуюся массу охлаждают, отсасывают, высушивают при 35—40° и пропускают через сита. Кристаллич. порошок; 1 ч. растворяется в 1 ч. воды и в 6 ч. спирта.

Салол, фениловый эфир С. к. $HO·C_6H_4·CO·OC_6H_5$, получается из С. к., фенола и хлорокиси фосфора по следующей схеме:



69 ч. С. к. и 48 ч. фенола сплавляют в колбе на масляной бане при $t°$ 135° и приливают небольшими порциями 28 ч. хлорокиси фосфора. Когда заметно уменьшится выделение HCl, реакционную смесь вливают в большое количество холодной воды. Салол выделяется в виде масла, к-рое несколько раз промывают водой, после чего оно застывает в кристаллич. массу. Продукт отсасывают, высушивают и перекристаллизовывают из метилового спирта. Выход—99 ч. чистого салола. Белый порошок или ромбические таблицы, $t°_{пл.}$ 42—43°, $t°_{кип.}$ 172—173° (12 *мм*), применяются для дезинфекции кишечника.

Салофен, *п*-ацетаминофениловый эфир С. к. $HO·C_6H_4·CO·O·C_6H_4·NH·CO·CH_3$, получают смешиванием 13,4 ч. чистого *п*-ацетаминофенола и 19 ч. салола и отгонкой выделившегося фенола в вакууме при 20 *мм* и $t°$ 210—225°. После отгонки фенола остаток охлаждается и перекристаллизовывается из 96%-ного спирта. Листочки, плохо растворимые в горячей воде, легко—в спирте и эфире; $t°_{пл.}$ 187—188°. Применяется как средство против головной боли.

Метилсалицилат $HO·C_6H_4·CO·OCH_3$, главная составная часть *гаультериевого масла* (см.). Синтетически получается нагреванием смеси 2 ч. С. к., 2 ч. метилового спирта и 1 ч. серной к-ты. Бесцветная или слабо желтоватая пахучая жидкость; $t°_{кип.}$ 224°; уд. в. 1,185—1,189. Применяется в медицине, в парфюмерии. Этилсалицилат $HO·C_6H_4·CO·OC_2H_5$ получается этерификацией С. к.; жидкость, уд. в. 1,137; $t°_{пл.}$ +1,3°, $t°_{кип.}$ 234—235° [743 *мм*]. Применяется в парфюмерии. Амилсалицилат $HO·C_6H_4·CO·OC_5H_{11}$, бесцветная жидкость; $t°_{кип.}$ 250°; уд. в. $D^{15}=1{,}065$; почти нерастворим в воде, легко растворим в спирте, эфире и хлороформе; применяется в парфюмерии.

Аминосалициловая кислота $C_6H_3(COOH)^1(OH)^2(NH_2)^5$ имеет применение в красочной промышленности; $t°_{пл.}$ 344°.

В СССР С. к. и ее препараты производятся по способу Шмидта на салициловом з-де Химфармобъединения (б. Госмедторгпром) в размерах, удовлетворяющих потребности СССР. Техническую С. к. вырабатывает также Рубежанский з-д Анилобъединения. В 1931 г. в СССР получено 320 *т* сублимированной С. к. и салициловых препаратов, в 1932 г.—450 *т*. Производство С. к. и ее препаратов в дореволюционной России началось лишь в 1915 г. в полулабораторных размерах; значительное же развитие оно получило только после Октябрьской революции в связи с развитием химической промышленности и химизацией СССР. В настоящее время производство советских салициловых препаратов может считаться вполне освоенным, и в этом отношении СССР совершенно не зависит от капиталистических стран.

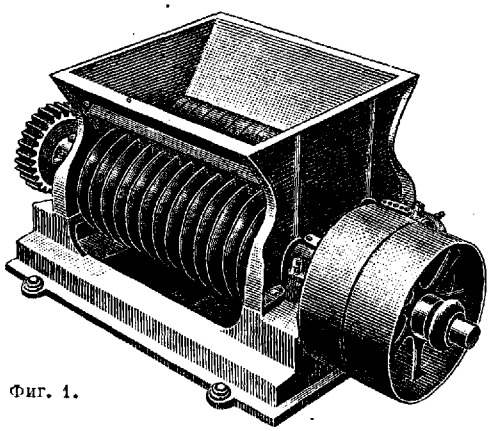
Лит.: Кацнельсон М., Приготовление синтетич. химико-фармацевтич. препаратов, 3 изд., Л., 1932; Schwyzer J., Die Fabrikation pharmazeutischer u. chemisch-technischer Produkte, Berlin, 1931; Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, 7 Aufl., B. 3, B., 1923; Сов. П. 2744/27; 11060/29; 12341/29; 15593/30; 17225/30; 18752/31; Г. П. 426 (1877); 29934 (1884); 6511 (1892).

М. Кацнельсон.

САЛОТОПЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО. Пищевое сало в зависимости от метода получения делится на первый сок (олеосток по америк. терминологии) и пищевое сало (кашное). Первый сок идет на выработку олеомаргарина (олеоойль), а пищевое сало применяется непосредственно для жарения и печения.

Производство первого сока. Сырьем для первого сока служит весь комплект сала-сырца, снимаемого с туши (сальник, сало: околопочечное, мошеночное, отточное, средостенное, кишечное, с сычуга, с летошки, с рубца, с проходника и с сердца). Необходимым условием для получения готового продукта вполне удовлетворительного качества является прежде всего бережное и внимательное отношение к сырцу со стороны бойцов и съемщиков сала: абсолютно недопустимо бросание сырца на пол и загрязнение его в крови, каныге и пр.; кроме того сырец должен быть направлен

в салотопенный цех немедленно после убоя животного и пущен в переработку безусловно в свежем виде. Сало-сырец, как содержащее значительное количество белковых веществ и влаги, при лежании быстро портится, и вытопленное из такого сырца сало получается дурного вкуса, темного цвета, неприятного запаха и с большим содержанием свободных жирных к-т. Для возможности быстрой доставки сырца салотопенные з-ды обычно строят на территории боен, а усовершенствованные крупные мясоперерабатывающие предприятия устраивают

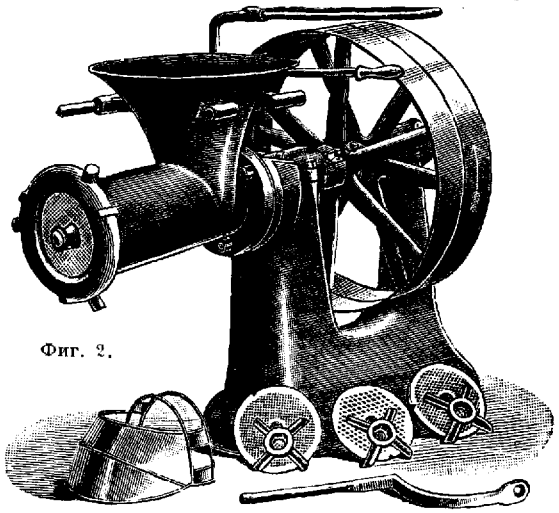


Фиг. 1.

салотопенные цехи в одном корпусе с убойным залом. В тех случаях когда все-таки сырец приходится хранить нек-рое время (максимально 48 часов), его помещают в холодильник, где следует поддерживать $t°$ в 1—2° при хорошей вентиляции и усиленной циркуляции воздуха (4-кратный обмен в час). Для хранения сырца в течение непродолжительного времени (6—8 ч.) применяют специальные чаны с холодной проточной водой. Чаны делают деревянные и внутри выкладывают оцинкованным железом.

На крупных предприятиях сырец доставляется в приемную салотопенного цеха при помощи подъемников и транспортеров. После доставки сырца производят его сортировку для отбора наиболее загрязненного и испорченного сала, к-рое откладывают в отдельную корзину и направляют в отделение для вытопки технич. сала. Пищевой сырец подвергается затем тщательной оборке, т. е. происходит удаление прирезей мяса, концов кишок, пузырей и всяких других посторонних примесей. Все эти быстро загнивающие примеси способствуют разложению жира и вместе с тем ухудшают вкус, запах, цвет сала и повышают его кислотность. После оборки сырец направляют к куттеру, где происходит предварительное грубое измельчение сала. Это измельчение облегчает последующую промывку сырца. Куттер (фиг. 1) имеет два одинаковой длины вала, вращающиеся со скоростью 225 об/м. На одном из валов насажены круглые ножи, входящие в то же число выемок на другом валу. Сало режется на куски и полосы весом в 250 *г*. Производительность таких куттеров 1 000—2 000 *кг* сырца в 1 ч. Измельченное сало поступает затем в промывку для удаления остатков крови, грязи и т. п. Промывка может производиться в деревянных чанах проточной водой. Наиболее эффективная промывка достигается во вращающихся барабанах, т. к. при постоянном движении все частицы сырца приходят в тесное соприкосновение с водой. Барабан представляет собою наклонный к плоскости пола и медленно вращающийся цилиндр с сетчатой поверхностью. Продырявленная ось цилиндра служит одновременно и трубопроводом для воды. Из куттера, обычно непосредственно присоединенного к промывному барабану, сало попадает в открытый приподнятый конец цилиндра. Сало, проходя внутри вращающегося цилиндра, обильно поливается брызгами воды через ось барабана. Вода вместе с грязью стекает через сетчатую поверхность барабана в корыто, расположенное под барабаном, а сало-сырец медленно движется по наклонной поверхности цилиндра к нижнему его концу, где оно вываливается в ящик из оцинкованного железа, в к-ром с сырца стекают остатки воды. Промывная вода направляется в жироуловитель, а оттуда в канализацию. Производительность барабанов в среднем 1 500 *кг* сырца в 1 ч. Занимаемая площадь составляет 4,1 × 1,25 *м*; длина цилиндра 3 *м*; ⌀ его 0,75 *м*; ⌀ отверстий поверхности цилиндра 8 *мм*; потребная мощность 10 HP; число об/м. барабана 18.

После промывки сырец направляется при помощи транспортеров или в тележках по подведенным путям на охлаждение в холодной воде при $t°$ 3—4°. Как показывает практика, тщательное охлаждение сырца улучшает вкус и запах первого сока и несколько повышает выход его. Охлаждение производится в деревянных чанах или путем добавления льда или при помощи циркуляции охлаждающего рассола по змеевикам, расположенным в днище чана. Охлаждение продолжается обычно 6—8 ч. По окончании охлаждения сырец выгружают из чанов на стол с перфорированной столешницей, где с сырца стекает вода. После этого сырец направляют к салорезке для окончательного измельчения. Задачей измельчения сырца

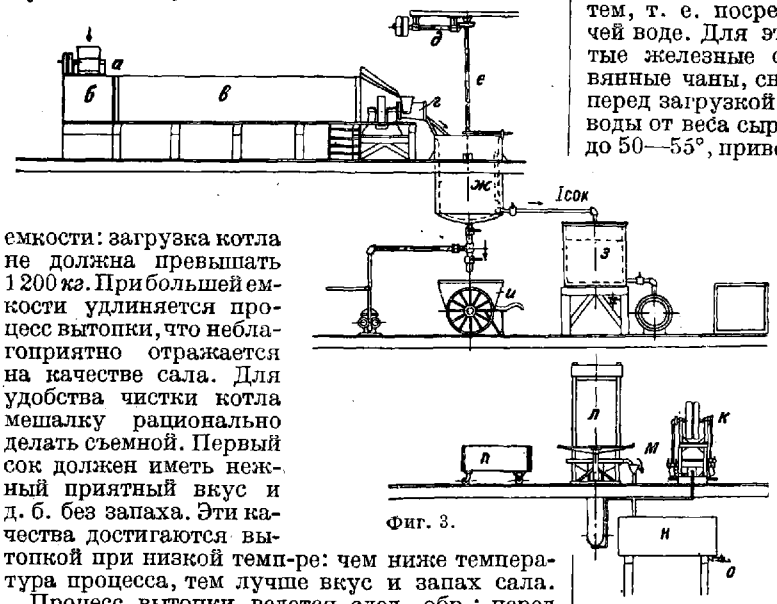


Фиг. 2.

является облегчение выделения жира из клеток. Механич. разрушение (разрывание) клеток имеет огромное значение, т. к. прежде всего увеличивает выход жира, а кроме того позволяет вести процесс вытопки при низкой $t°$, превышающей всего лишь на несколько градусов $t°_{пл.}$ жира.

Для окончательного измельчения применяют в о л ч к и (фиг. 2). Производительность таких салорезок 600—2 000 *кг* сырца в час; потребная мощность от 5 до 15 HP.

Измельченное сало поступает в котел для вытопки. Наилучшие результаты в отношении качества сала дает сухой метод вытопки при разогревании горячей водой рубашки котла. Для этой цели применяют открытые котлы, снабженные рубашкой и мешалкой (фиг. 3). Нагревание котла происходит путем циркуляции горячей воды в рубашке. Воду, циркулирующую в рубашке, можно нагреть паром в самой рубашке, но для более правильного проведения процесса и для поддержания необходимой $t°$ рациональнее воду нагреть в какой-нибудь коробке и уже горячую воду впустить в рубашку. Лучше всего устанавливать котлы небольшой емкости: загрузка котла не должна превышать 1 200 *кг*. При большей емкости удлиняется процесс вытопки, что неблагоприятно отражается на качестве сала. Для удобства чистки котла мешалку рационально делать съемной. Первый сок должен иметь нежный приятный вкус и д. б. без запаха. Эти качества достигаются вытопкой при низкой темп-ре: чем ниже температура процесса, тем лучше вкус и запах сала.



Фиг. 3.

Процесс вытопки ведется след. обр.: перед загрузкой котла пускают в рубашку горячую воду (при 70—80°), приводят в действие мешалку и начинают постепенно, маленькими порциями, грузить сырец. После загрузки котла на $^1/_3$ делают перерыв минут на 10 и разбрасывают на поверхности содержимого мелко измолотую поваренную соль, примерно 5—7 *кг*. Когда масса примет вид кашицы, вновь начинают постепенную загрузку сырца. После загрузки $^2/_3$ опять разбрасывают такое же количество соли и снова минут на 10 прекращают загрузку. После дачи всего количества сырца при $t°$ массы в 50—55° в течение 25—30 мин. заканчивается вытопка первого сока. По окончании процесса останавливают мешалку, вновь разбрасывают по поверхности содержимого котла соль (5 *кг*) и оставляют массу в покое минут на 20—30. Добавление соли производится во избежание образования эмульсии. Соль, соединяясь с частицами воды, находящейся в расплавленном жире во взвешенном состоянии, образует рассол и опускается на дно, увлекая за собою нити соединительной ткани. Тем самым происходит осветление и очистка сала. Мощность, необходимая для работы мешалки, равна 2,5—3 HP; число оборотов мешалки равно 13—15 об/мин. Процесс вытопки продолжается 2—$2^1/_2$ ч., а вместе с загрузкой и выгрузкой 3—$3^1/_2$ ч.

Выделившийся первый сок сливают при помощи шарнирной трубы в отстойник (двустенный цилиндрич. котел, снабженный конусом); в рубашке циркулирует горячая вода. Отстаивание продолжается 5—6 час. и происходит при постоянной $t°$ в 50°. При недостаточном отстаивании сало получается со значительным содержанием воды, неомыляемых веществ и посторонних примесей. Остаток от вытопки первого сока вытапливается при более высокой $t°$ (75—80°); при этом получается пищевое сало, к-рое сливается в отдельный отстойник. Т. о. на каждый топочный котел необходимо иметь 3 отстойника: 2 для первого сока (процесс вытопки 3,5 часа, отстаивание 6 час.) и 1 для пищевого сала. Шквара, полученная после вытопки остатка первого сока, передается в отделение для технического сала.

Первый сок можно получить и мокрым путем, т. е. посредством вытопки сала в горячей воде. Для этой цели применяются открытые железные одностенные котлы или деревянные чаны, снабженные мешалкой. В котел перед загрузкой сырца прибавляют около 30% воды от веса сырца, нагревают ее острым паром до 50—55°, приводят в действие мешалку и грузят постепенно, небольшими порциями, сырец. Во время самого процесса вытопки $t°$ регулируют впуском острого пара. Этот способ значительно уступает сухому, так как регулирование $t°$ затруднено. При несоблюдении же температурных условий получается либо ухудшение вкуса и запаха сала либо все содержимое котла превращается в довольно стойкое эмульсионное соединение, разделение которого сопряжено с большими трудностями. Кроме того при сухом методе происходит гораздо лучшее использование емкости котла.

Полученный тем или иным способом первый сок после отстаивания м. б. слит в тару и в таком виде пущен в продажу. Но на крупных предприятиях этим процесс производства не ограничивается: первый сок подвергается прессованию на гидравлич. прессах для получения олеомаргарина. Последний, имеющий более низкую $t°_{пл.}$, чем первый сок, является прекрасным сырьем для производства маргарина. Процессу прессования предшествует кристаллизация первого сока. Кристаллизация достигается тем, что тщательно отстоенный от воды и примесей первый сок помещается в специальную камеру, где сало должно находиться в течение определенного времени при постоянной $t°$ (30—32°). При этой $t°$ тристеарин и трипальмитин, вернее триглицериды, содержащие предельные жирные к-ты, затвердевают в виде маленьких кристалликов, к-рые равномерно пронизываются маточным раствором (триолеином). Камера для кристаллизации должна содержаться в абсолютной чистоте и д. б. расположена т. о., чтобы не ощущалось резкого влияния внешнего воздуха и $t°$ внутри камеры не зависела бы от состояния погоды. Постоянная $t°$ в камере достигается обогревом ее при помощи ребристых труб. Различают 2 способа кристаллизации: американский и немецкий. На америк. предприятиях для кристаллизации первый сок наливают в тележки-ящики, сделанные из дерева, вместимостью 400 *кг*. Тележки закатываются в камеру, и процесс кристаллизации происходит при температуре 31° в течение 4 суток.

Значительно более выгодной является кристаллизация по способу, практикующемуся на герм. з-дах, а именно в ванночках из оцинкованного железа вместимостью 25 *кг*. При таком способе процесс кристаллизации продолжается всего 24—30 ч.; при этом кроме значительного сокращения времени процесса почти вдвое уменьшается и потребная площадь камеры. Ванны устанавливаются на стеллажах одна над другой т. о., чтобы край нижестоящей несколько выступал над краем вышестоящей ванны. Каждая ванна имеет горизонтальный вырез в боковой стенке. Расплавленный жир, попадая в верхнюю ванну, наполняет ее до края выреза и, переливаясь через вырез, льется в следующую нижестоящую ванну, наполняет эту последнюю и переливается через вырез в нижестоящую, и т. д. Подача первого сока производится при помощи насоса, к-рый направляет расплавленный жир в деревянный или оцинкованный жолоб, расположенный поверх стеллажей над верхним рядом ванн, а отсюда при помощи отводов с кранами первый сок разливается по ваннам.

При процессе кристаллизации необходимо точно соблюдать требуемую $t°$. Если $t°$ высока, то много твердых частей сала остается в растворе и отпрессованный олеомаргарин получается слишком твердым и салистым. Если $t°$ низка, то олеомаргарин отжимается с трудом и выход его получается небольшой. По окончании кристаллизации ванны снимаются со стеллажей, устанавливаются на тележку и по подведенным путям подаются в помещение для прессования. Скристаллизовавшийся первый сок закладывается в салфетки и таким путем получаются пакеты. В среднем можно принять ширину пакетов в 25—35 *см*, а длину в 30—40 *см*.

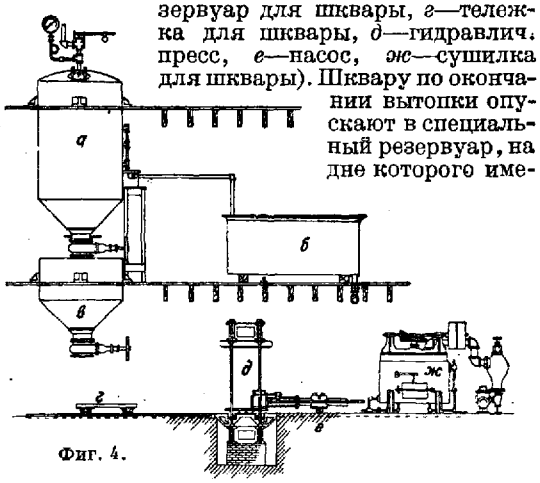
Загрузка. Приготовление пакетов и загрузка пластин гидравлич. пресса производятся при помощи специального стола с вращающейся столешницей; в этом столе имеются 4 углубления в форме пакета. Между каждыми 2—3 пакетами прокладывается пластина из оцинкованного железа, служащая для выравнивания давления. Пластины перед помещением их в пресс нагреваются в теплой воде до 30—31°. Это нагревание предотвращает охлаждение сала, а кроме того позволяет вести процесс отжатия при $t°$, почти равной $t°$ процесса кристаллизации. Если обогрева пластин не производить, то первый сок во время загрузки пресса сильно охлаждается, а в холодное время года может случиться, что жир настолько затвердеет, что всякое прессование становится невозможным. Отжатие олеомаргарина должно производиться постепенно и медленно. Максимальное давление 150 *atm*. Полный период работы пресса составляет 2—2,5 ч. (вместе с загрузкой и выгрузкой). Наилучшим выходом олеомаргарина считается 65% (от первого сока) и олеостеарина (или прессового сала) 35%. В среднем получается 60% олеомаргарина и 40% стеарина. Отжатый олеомаргарин направляется в прямоугольные приемные резервуары, где нагревается до 40—45°, а затем переливается в бочки и отправляется в камеры хранения. При 10—12° олеомаргарин может храниться продолжительное время. После 3—4-суточного хранения олеомаргарин приобретает зернистую структуру. Снимаемые после окончания прессования с салфеток пресса четырехугольные пластинки стеарина 4—5-*мм* толщины получаются несколько влажными. Для просушивания пластинок их помещают в специальную камеру, где их просушивают и охлаждают при $t°$ 7—10° при хорошей вентиляции и циркуляции воздуха. После просушивания стеарин пакуется в бочки при помощи вращающихся конусообразных валиков, плотно уминающих стеарин и не допускающих проникновения между его слоями воздуха. Воздух и влага являются причинами появления на стеарине темных и серых пятен, сильно обесценивающих продукт. Хранить стеарин следует при 4—5°. Применяется стеарин для приготовления компаундов (смешанных жиров—имитация свиного сала), для кондитерских целей, мыловарения и т. п. Этим процесс производства олеомаргарина заканчивается. На фиг. 3 дана схема производства: *а*—куттер, *б*—промывной барабан, *в*—барабан для охлаждения, *г*—салорезка (волчок), *д*—трансмиссия, *е*—мешалка, *жс*—открытый сосуд для вытопки сала, *з*—отстойник, где происходит осветление сала, *и*—тележка, *к*—гидравлический насос, *л*—гидравлич. пресс, *м*—выход маргарина, *н*—приемник маргарина, *о*—выпускной кран, *п*—приемник олеостеарина.

Пищевое сало. Сырьем для получения пищевого сала служат те части сырца, к-рые не идут на вытопку первого сока, напр. всякие мелкие обрезки: обрезки со щековины, с диафрагмы, обрезки при зачистке языков, сало от разрубки туш. Кроме того пищевое сало получается из остатка от вытопки первого сока (как описано выше). На предприятиях, не вырабатывающих первый сок, для производства пищевого сала идут все те части сырца, какие на крупных з-дах направляются для получения первого сока. До настоящего времени в СССР довольно распространенным способом выработки пищевого сала является мокрый метод в огневых котлах. Последние представляют собою открытые железные котлы с приделанными деревянными «наделками», служащими продолжением котла. Вытопка происходит путем кипячения сырца с водой. Процесс вытопки продолжается в зависимости от размеров котла 16—24 ч. Чрезмерная длительность процесса, далеко не безупречное качество продукции, низкие выходы топленого сала, выделение дурно пахнущих газов—в достаточной степени характеризуют этот метод вытопки. Несколько более совершенной является вытопка паровым способом в открытых одностенных котлах: более высокий выход продукции и сокращение продолжительности процесса до 7—8 ч.

Современная техника предусматривает вытопку пищевого сала двумя способами: сухим паровым методом в открытых котлах и мокрым—путем непосредственного действия острого пара под давлением 2,5 *atm* в закрытых котлах. Вытопка по первому способу происходит в таких же котлах, как и выработка первого сока, т. е. двустенных котлах, снабженных мешалкой, с той только разницей, что в рубашку котла впускается не горячая вода, а пар под давлением 3 *atm*. Сырец перед вытопкой промывается и измельчается; загрузка котла сырцом происходит постепенно. Во время самого процесса вытопки содержащаяся в сырце вода начинает испаряться и выделяемые пары придают содержимому котла вид кипящей массы. Перемешивание массы и действие пара продолжаются до тех пор, пока из котла не перестанут выделяться пары воды. Процесс перетопки продолжается 3—4 ч. По окончании процесса сало

сливают в отстойник. По второму методу вытопку производят в автоклаве. Последний представляет собой вертикальный цилиндрич. котел. Высота его д. б. немного больше двойного диаметра. Для загрузки имеется лаз в верхней части автоклава. Дно у котла коническое, высота конуса вдвое меньше диаметра котла. В днище имеется для выпуска шквары спускная труба с краном ⌀ 250—300 *мм*. Для спуска воды служит кран на высоте 150 *мм* от дна; для спуска сала имеются 2 крана: один помещен на расстоянии $^1/_3$ высоты от дна, а другой на 200 *мм* выше. Для впуска пара служит труба диаметром 37 *мм*. Автоклав соединен с конденсатором, в к-ром сгущаются выделяющиеся во время вытопки газы и пар. Сырец перед началом процесса тщательно промывается; измельчение его необязательно. Перед загрузкой автоклава сырцом на дно его кладут слой костей для предупреждения закупорки парового и спускного кранов, расположенных у дна. Затем в котел дают воду с тем, чтобы она заполнила конус, и грузят сырец. Закрывают люк котла, открыв в то же время вентиль трубы для выхода воздуха, и впускают в автоклав острый пар. Когда из этой трубы покажется пар, вентиль закрывают и поднимают давление в котле до 2,5 *atm*. Процесс вытопки продолжается 4—5 ч. В результате процесса получается эмульгированная смесь жира, воды и шквары. После окончания вытопки спускают постепенно давление и дают смеси отстояться в течение часа. После этого спускают сало в жироотделитель, имеющий два отделения: в одно из верхнего крана сливают более чистое сало, в другое из нижнего—сало с бо́льшим содержанием воды. Если загрузка автоклава была произведена правильно, то линия раздела между салом и водой, количество к-рой увеличивается во время процесса вытопки за счет конденсации пара, располагается между двумя боковыми кранами. Если линия раздела пришлась ниже крана, то в котел добавляют воды, чтобы поднять уровень сала до спускного крана. Если же воды получилось слишком много, то часть ее спускают. Из жироотделителя сало переводят в отстойник для окончательного осветления. Шквару спускают через нижний кран, на дне, и передают ее в отделение для технич. сала или подвергают высушиванию. В последнее время америк. предприятия начинают применять сухой метод вытопки в закрытых котлах, работающих под вакуумом (подробнее—ниже, при описании вытопки технич. сала). Качество сала, получаемого при этом методе, выше, чем при мокром способе: меньшее содержание влаги и более низкая кислотность сала. Вытопка происходит путем впуска пара под давлением 3 *atm* в рубашку котла и продолжается 3—4 ч.

Техническое сало. Хотя все сало-сырец д. б. направлено на вытопку пищевого сала, все же неминуемо получение и технич. жира. Сырьем для получения технич. сала служат: случайно загрязненный сырец, лежалый сырец с специфич. запахом разложения, сальная оборка, получаемая при сортировке пищевого сырца (концы кишок, прирези мяса и т. д.), обрезь и жилка, поступающие с консервных и колбасных з-дов, жир, снимаемый с жироуловителей, мелкие крошки и кусочки сала, собираемые при уборке помещений, разорванные части кишок, дыхательное горло, обрезки щековины и языка, мясига с кож (сало и мясо, получаемые при «обрядке» кож), брыжжейка, пленки, получаемые при окончательной зачистке желудков, и наконец конфискаты—целые туши или части туш, или паренхиматозные органы, забракованные при осмотре ветеринарным надзором. Не считая кустарной вытопки технич. сала в огневых котлах или полукустарной—в одностенных паровых котлах, наиболее распространенным методом является получение технич. сала в автоклавах (мокрый способ). Процесс перетопки протекает аналогично описанному выше производству пищевого сала с тою только разницей, что вытопка происходит при более повышенном давлении, а именно 3—3,5 *atm*, и продолжается 8—9 ч. (фиг. 4: *а*—автоклав, *б*—чан для сала, *в*—резервуар для шквары, *г*—тележка для шквары, *д*—гидравлич. пресс, *е*—насос, *жс*—сушилка для шквары). Шквару по окончании вытопки опускают в специальный резервуар, на дне которого имеется змеевик. Здесь она подогревается, причем происходит некоторое выделение сала. После удаления жира шквара подвергается прессованию на гидравлическом прессе, а затем сушится в специальных сушилках. Отжатия на прессе можно и не производить, т. к. прессование в отношении выделения жира, получаемого мокрым способом, никакого эффекта не дает. Прессование может нек-рыми предприятиями применяться для удаления воды из шквары, что ускоряет ее высушивание. Высушенная шквара представляет собою кормовой продукт для птиц и свиней.



Фиг. 4.

Сушилки бывают двух видов: горизонтальные (барабанные) и вертикальные. Барабанная сушилка состоит из двустенного барабана, внутри которого вращается мешалка. Сушилка соединена с вакуум-насосом. Сушка производится путем впуска пара в рубашку при непрерывном перемешивании и под разрежением. Барабанный тип сушилок применяется на крупных предприятиях. Длина барабана составляет 5 *м*, диаметр 1,4 *м*; производительность—ок. 400 *кг* шквары в час; потребная мощность 30 Hp. Вертикальная сушилка представляет собою двустенный аппарат с мешалкой. Сушку также производят и под вакуумом. Потребная мощность в зависимости от загрузки колеблется в пределах от 6 до 15 Hp. Содержание воды в шкваре, отстоенной в приемном резервуаре, составляет 60—65%, в сухой шкваре 7—9%. Содержание жира в сухой шкваре при мокром способе 10—12%.

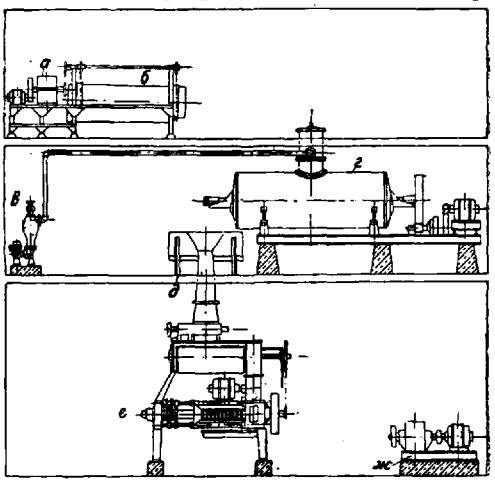
Мокрый способ значительно уступает сухому методу. При сухом салотоплении продолжительность процесса несколько меньшая (5 ч.). Благодаря тому что процесс вытопки идет па-

раллельно с высушиванием влаги, получаемый жир не содержит воды, тогда как в автоклавном сале содержание влаги составляет 0,8—0,9%, что в дальнейшем может служить причиной порчи сала. Шквара, получаемая при мокром способе, очень влажна и требует специальной сушки для переработки ее в кормовое средство (влажная шквара чрезвычайно быстро портится); шквара же, получаемая при сухом методе, не содержит влаги. Ценность шквары при автоклавном методе несколько понижается, т. к. при действии острого пара протеины, растворимые в воде, разрушаются, а шквара после сухого способа содержит большее количество протеинов. Расход пара при сухом методе примерно на 30% меньше, чем при получении жира с помощью острого пара. При сухом салотоплении в жире содержится меньше свободных жирных к-т. Шквара от сухого салотопления содержит меньшее количество жира (7—8%). Наконец одним из наиболее существенных преимуществ является возможность переработки при сухом способе конфискатов, что устраняет необходимость для переработки сложной и дорогой специальной утилизационной установки.

Аппарат для вытопки по сухому методу представляет собою закрытый горизонтальный цилиндрич. котел, снабженный паровой рубашкой и мешалкой. Переработка технич. сала производится след. обр.: сырье измельчается на куттере, после чего оно поступает на промывку в промывной барабан. Измельчение сырья не является особой необходимостью, но для сокращения времени процесса оно желательно. Измельченный материал поступает на конвейер, который подает его к аппарату для вытопки. Сырье загружается через отверстие люка котла. Когда котел заполнен, в рубашку его впускается пар под давлением 5 *atm*, приводится в движение мешалка и начинается процесс вытопки. Выделение жира из соединительной ткани и клеток происходит за счет пара, получаемого из влаги, содержащейся в сырце. Через 2 часа после начала процесса пускают в действие вакуум-насос, дающий разрежение внутри аппарата и подсушивающий материал. Весь процесс продолжается 5 час. По окончании процесса переработки содержимое котла выгружается в специальный приемный резервуар с паровой рубашкой, где жир отделяется от твердого остатка. Тепло в этом резервуаре необходимо для лучшего отделения жира и для облегчения отжатия сала во время последующего прессования. Жир из резервуара стекает в отстойник, в к-ром сало отстаивается в течение нескольких часов. Твердый остаток попадает в загрузочную воронку, а оттуда при помощи элеватора подается к магнитному сепаратору для удаления случайно попавших железных частей. Отсюда масса самотеком поступает в коробку при прессе, в к-рой происходит нагревание шквары; из коробки материал попадает в непрерывнодействующий пресс. После прессовки шквара направляется для измельчения на дезинтегратор. Измельченная шквара окончательно подсушивается простым раскладыванием на полу, а затем упаковывается в мешки (фиг. 5, где *а*—куттер, *б*—промывной барабан, *в*—вакуум-насос, *г*—котел для вытопки, *д*—приемник, *е*—пресс, *жс*—дезинтегратор).

Выходы топленого сала. Из 100 ч. пищевого сырца от скота средней упитанности получается: первого сока 60% (в среднем), пищевого сала 15% (из шквары), технич. сала 5%, сухой шквары 10% (при мокром способе 5—7%). Из технич. сырья получается технич. сала: из сырца 40—50%, из обрези 15—18%, из мясиги 15—20%, из конфискатов 6—8%, шквары сухой 20—25%.

Техно-экономические показатели. Расход пара: 1) на первый сок с выработкой олеомаргарина 0,65 *кг* на 1 *кг* сырца;



Фиг. 5.

2) на пищевое сало: а) сухой паровой метод 0,75 *кг* (в открытых котлах), б) мокрый, в автоклаве 1,1 *кг*, в) сухой способ под разрежением 0,8 *кг*; 3) на технич. сало: а) в автоклаве 1,8 *кг*, из них на вытопку 1,4 *кг* и на сушку шквары 0,4 *кг*, б) сухое салотопление 1,1 *кг*; 4) огневая вытопка: а) расход топлива на 1 *т* сырца—угля 110 *кг* или дров березовых 240 *кг*, б) расход воды: на промывку 2 *м*³ и на охлаждение 0,6 *м*³ на 1 *т* сырца; на мытье котлов и отстойников 0,3—0,4 *м*³.

Лит.: Ланговой С. П., Технология жиров, Лекции, читанные в Московском технич. училище, ч. 1, Москва, 1911; Фритч Ж., Животные жиры, перевод с франц., Москва, 1929; Корнилов Н., Кашное сало, Москва, 1903; Readings in Packing House Practice, v. 1 a. 2, Chicago, 1924; Clemen R., Byproducts in the Packing Industry, Chicago, 1927; Hamel G. T., Sous-produits primaires des abatoirs américains, Meulan (Seine-et-Oise), 1912; Löffl K., Technologie d. Fette u. Öle, Brschw., 1926; Ubbelohdes Handbuch d. Chemie und Technologie d. Öle u. Fette, 2 Aufl., B. 1—2, Lpz., 1929—30; Hefter G., Technologie d. Fette u. Öle, B. 1—3, B., 1921.

Е. Миркин.

САЛФЕТОЧНАЯ ТКАНЬ, технич. ткань, применяемая в маслобойном деле для завертывания мезги (размолотых семян) в пакет перед помещением между стальными плитами пресса. Салфетка служит также для предварительного фильтрования выходящего масла и для удобства вынимания жмыха после прессования. В виду того что салфетка подвергается очень сильному давлению пресса до 400 *atm*, она должна обладать высокими механич. свойствами: крепостью и удлинением при разрыве. Лучшим материалом для производства С. т. является пряжа из хорошо вымытой верблюжьей шерсти, гл. обр. гривы, сработанная по английскому камвольному способу. Наиболее часто применяется пряжа № 4 и 6 по английской системе нумерации. Крепость одиночной нити пряжи № 4 при зажимной длине в 20 *см* д. б. не менее 1 650 *г*, удлинение 20%. Неравномерность пряжи допускается 10%. Пряжа работается на рогулечных ватерах, хотя и менее производительных

чем кольцевые, но дающих более гладкую и более крепкую пряжу. Пряжа крутится в 4—5 концов на крутильных ватерах. Крученая пряжа № 4/4 должна иметь при зажимной длине 200 *мм* крепость—8 000 *г*, удлинение—35%; для крученой пряжи № 4/5 крепость—10 000 *г* и удлинение—40%. С. т. изготовляется двух типов:

Заправка сукна стандарт и дюрабль.

№	Пряжа	Число зубьев	Число ниток основы	Вес основы на 100 *м* ткани	Усадка основы, %	Число прокидок на 1″	Вес утка на 100 *м* ткани	Вес 100 *м* ткани в *кг*
	«Стандарт»—ординарные ткани							
10	Основа 4/5	64	384	41,5	18	7	40	81,5
12		74	442	50,5	18	7	47,5	98
13		79	474	54	18	7	52	106
14	Уток 4/28	85	510	58	18	7	56	114
15		91	546	62,2	18	7	59,8	122
16		97	582	66,3	18	7	63,7	130
	«Стандарт»—двойные ткани							
10	Основа 4/5	64	768	66,6	20	6,5	31,4	98
12		74	884	79,8	20	6,5	37,2	117
13		79	948	86,5	20	6,5	40,5	127
14	Уток 4/20	85	1 020	93,2	20	6,5	43,8	137
15		91	1 082	99,7	20	6,5	46,8	146,5
16		97	1 164	106	20	6,5	50	156
	«Дюрабль»—двуслойная ткань							
10	Основа 4/4	—	—	—	—	—	—	—
12		62	496	59,8	25	15	45,2	105
13		67	536	65,0	25	15	49,0	114
14	Уток 4/8	72	576	70,2	25	15	53,8	123
15		78	621	75,0	25	15	56,5	131,5
16		82	656	80,0	25	15	60,0	140

стандарт—однослойная и дюрабль—двуслойная. С. т. «стандарт» по плотности основы бывает: ординарная—6 ниток в зуб берда и двойная—12 ниток в зуб берда. **В. Линде.**

САМОВОЗГОРАЕМОСТЬ углей, торфа, полукокса и др. подобных материалов, свойство их под влиянием кислорода воздуха нагреваться и в дальнейшем процессе окисления загораться. На практике эта склонность к самовозгоранию проявляется довольно часто при хранении в штабелях, перевозке, особенно в трюмах пароходов, по соседству с котельным и машинным отделениями. В Чикаго в 1927 г. было ок. 100 случаев самовозгорания углей на складах. По данным «Fuel Research Board» при перевозке 160 млн. *т* угля в последние годы из 336 пожаров на 272 пароходах 14% пришлось на долю случаев самовозгорания угля. Особенно часты случаи самовозгорания бурых углей и полукоксов из них, длиннопламенных, газовых и фрезерного торфа; угли других марок устойчивее, особенно антрацит, но и для последнего наблюдалось самовозгорание на ряде складов. Так, в октябре 1931 г. на складе Всесоюзного теплотехнич. ин-та наблюдалось самовозгорание антрацита марки АРШ после десятидневного хранения в куче высотой около 3 *м*. Из числа очень неустойчивых в этом смысле углей можно привести (по данным хранения НКПС) угли: челябинский, усьвенский, ткварчельский и т. д. Самовозгорание вызывается совместным действием ряда физич. и химич. факторов при наличии определенной поверхности, при известной группировке комплекса атомов и изоляции развивающегося тепла. Уже при обыкновенной $t°$ начинается процесс выветривания угля, торфа и т. п. С внешней стороны этот процесс характеризуется распадом кусков на более мелкие, иногда поверхность их покрывается белесоватым налетом солей. Процесс начинается с поглощения кислорода, причем скорость окисления весьма различна. Иногда окисление протекает настолько медленно, что даже за год лежания невозможно обнаружить определенных изменений в составе и свойствах этих материалов, в других случаях наблюдается быстрое самонагревание, приводящее к пожару. Уголь может самовозгораться и при медленном окислении при наличии ряда благоприятных для этого условий: 1) достаточной поверхности окисления (при угольной мелочи и пыли), 2) малой потери тепла, 3) при каком-нибудь внешнем воздействии (например подогреве извне), трении при перевозке.

После первой стадии окисления, адсорбции, с увеличением веса начинается вторая стадия окисления (для нек-рых свежедобытых углей уже при $t°$ ок. 30°; эта $t°$ тем выше, чем геологически старше уголь). При этом кислород окисляет органич. массу, отщепляя продукты окисления в виде воды, углекислоты и окиси углерода, что вызывает уменьшение веса угля. Часто оба процесса идут почти одновременно, параллельно, причем самонагревание зависит от сорта угля, продолжительности воздействия и $t°$, при к-рой количество выделенного тепла начинает превышать потери его в окружающую среду. Либих считал причиной самовозгорания углей наличие серного колчедана в присутствии воды и воздуха, но уже Рихтерс в 1868 г. доказал ошибочность такого взгляда. С одной стороны, известен ряд углей с малым содержанием сернистых соединений, склонных к самовозгоранию; древесный уголь не содержит их, между тем наблюдались случаи самовозгорания его мелочи. С другой стороны, многие сорта с большим процентом серы оказываются стойкими при хранении, напр. богхеды подмосковного бассейна. По Гладштейну кизеловские угли, имеющие из всех углей Союза максимальное содержание пиритной серы (до 8%), стойки при хранении, по данным НКПС по крайней мере в условиях климата Урала (в то же время кизеловский уголь самовозгорался на складе в Керчи в 1931 г.). Можно считать установленным, что серный колчедан оказывает известное влияние и способствует окислению углей, но этот фактор является второстепенным (Парр, Стадников).

Ряд англ. работ был посвящен изучению окисляемости витрена, дюрена, кларена и фюзена. По Г. Л. Стадникову можно принять за правило, что скорость окисления углей обратно пропорциональна проценту углерода. Вообще же элементарный состав, как и общий, т. е. процент выхода летучих и кокса на горючую массу, не всегда дает правильную характеристику склонности к самовозгоранию, к-рая в значительной степени связана с количеством ненасыщенных органич. соединений. Ряд авторов поэтому рекомендует определять последнюю количеством галоидов, адсорбируемых углем (Фер, Фишер, Денштедт, Бюнц и др.). Влияние жизнедеятельности бактерий подчеркивается рядом исследователей особенно для торфа, но повидимому этот фактор не играет решающей роли. По вопросу о влиянии влаги на скорость окисления мнения разноречивы. На практике же имеются наблюдения относительно ускорения самовозгорания углей, сложенных в штабели в дождливую погоду. По

вопросам изменяемости и С. углей имеется обширная литература, исчисляемая за границей многими сотнями названий, однако полной ясности, как видно из кратких приведенных данных, до сих пор не имеется. Поэтому для каждого сорта, марки и пласта угля необходимо опытное изучение склонности к самовозгоранию, чтобы заранее знать, как они будут вести себя при хранении и перевозке и какие методы хранения для них наиболее целесообразны. Последнее особенно необходимо для углей СССР, очень мало изученных в этом отношении, в связи с развертыванием промышлен. строительства, созданием сети гигантов-комбинатов и теплоэлектроцентралей, при необходимости переброски громадных количеств угля на большие расстояния, измеряемые многими сотнями *км*. Такое изучение м. б. проведено очень разнообразными методами, причем от правильного выбора их и проведения в строго определенных условиях зависит получение ценных и сравнимых результатов. Секцией по хранению углей при НТС каменноугольной промышленности принят комбинированный метод: проведение параллельного изучения углей в опытных штабелях и лабораторными приемами, причем способы исследования стандартизованы.

Объем определений лабораторными методами. А) По антрацитам и тощим углям: 1) $t°$ самовозгорания, 2) поглотительная способность по отношению к кислороду, 3) иодное число, 4) теплотворная способность. Б) По спекающимся углям: 1) $t°$ самовозгорания, 2) теплотворная способность, 3) спекаемость, 4) иодное число, 5) поглотительная способность по отношению к кислороду, 6) элементарный состав (углей, идущих на коксование). В) По углям длиннопламенным и газовым: 1) теплотворная способность, 2) $t°$ самовозгорания, 3) спекаемость, 4) поглотительная способность по отношению к кислороду, 5) иодное число, 6) полукоксование. Г) Бурые угли: 1) $t°$ самовозгорания, 2) теплотворная способность, 3) поглотительная способность по отношению к кислороду, 4) гуминовые кислоты до и после окисления, 5) битумы, 6) элементарный состав, 7) иодное число, 8) полукоксование. Д) Для торфов то же, что и для бурых углей. Необязательные определения: а) обработка проб кислотами (H_2SO_4 и HNO_3) с измерением выделяющейся при этом теплоты, б) учет изменения веса и продуктов его разложения при хранении, в) изучение адсорбционной способности углей, г) для торфов—проба по Гаврилову. Эти определения имеют в виду дать комплекс характеристик не только в отношении С. и уменьшения теплотворной способности, но и стойкости в смысле коксуемости. В пробах, отобранных из штабелей, надлежит определять: содержание негорючей части, влажность, содержание летучих веществ, серы и теплотворную способность и для нек-рых—элементарный состав. На основе полученных данных возможно будет применять рациональные методы хранения и принятие защитных мер. В качестве таковых надлежит для различных углей установить: возможные сроки хранения в зависимости от климатич. условий и времени года, размеры штабелей, способ укладки их, способы контроля за состоянием углей при хранении и т. д. Всес. теплотехнич. ин-т на основе экспериментальных работ, пользуясь $t°$-ными кривыми, получающимися при пропуске через уголь кислорода, в приборах Бюнца-Денштедта или Эрдмана, предложил разбивку углей на 5 классов.

Классификация углей (по данным Всесоюзного теплотехнического института, 1932 г.).

Классы	Прибор Бюнца-Денштедта			Прибор Эрдмана			Степень опасности С.
	100°	135°	150°	100°	135°	150°	
I	—	—	Не показывают подъема $t°$	—	—	Не показывают подъема $t°$	Безопасны
II	—	—	Подъем $t°$	—	—	—	Почти безопасны
III	—	Подъем $t°$	Быстрый подъем $t°$	—	Подъем $t°$	Подъем $t°$	Сравнительно опасны
IV	Подъем $t°$	Быстрый подъем $t°$	—	Подъем $t°$	Подъем $t°$	—	Опасны
V	Быстрый подъем $t°$	—	—	Подъем $t°$	Быстрый подъем $t°$	—	Очень опасны

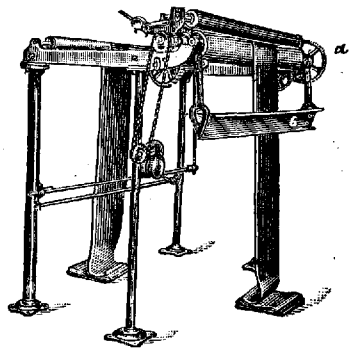
При хранении на складах каменных углей, склонных к самовозгоранию, надлежит придерживаться общих указаний по рациональному хранению, к-рые сжато можно формулировать так (по Хеслему): 1) Складывать равномерно куски и мелочь, не давая большим кускам образовывать воздушные каналы, через которые воздух получает возможность проникать внутрь кучи. 2) При отсутствии циркуляции воздуха в штабеле или при вентиляции, настолько сильной, что ею парализуется разогревание, можно делать штабели любой высоты, обычно берут ее не больше 3,5—4,5 *м*. 3) Не рекомендуется выкладывать штабель в жаркую погоду вблизи возможных источников подогрева. 4) Надлежит вести наблюдение за штабелями и измерять $t°$ ($t°$ в 60—65° сигнализирует опасность). 5) Особо опасные угли хранить не более 10—15 дн. Измерение $t°$ производят термометрами или термопарами, помещенными на разных глубинах и в разных местах штабелей; удобны особые приборы сигнализаторы: в крайнем случае судят о повышении $t°$ по саморазогреву кома, вставленного в штабель. Иногда прибегают к прокладке внутри штабеля плотных вентиляционных каналов для охлаждения воздухом или водой или хранят уголь в сухих ямах. Для тушения возникающих пожаров рекомендуются баллоны с жидкой CO_2 или аммиаком, запаянные легкоплавким сплавом. К защитным методам относится также хранение угля под водой или в атмосфере инертных (например дымовых) газов. Худлер в 1915 г. предложил покрывать штабель слоем смолы для предохранения от соприкосновения с воздухом; рекомендуют также нанесение изолирующей корки, напр. из извести, золы, сырой торфяной крошки для фрезерного торфа и т. д. В последнее время начали применять уплотнение наружных слоев штабелей угля путем укатки их. Такие способы для каменных углей СССР только начинают применяться в отдельных случаях. Эти методы дадут в слу-

чае успеха возможность вместо обычных у нас штабелей в 1—2 *м* довести их до 6—8 *м* и выше в зависимости от степени хрупкости угля. Стандартная высота штабелей в Англии 2,31 *м*, Германии—2,5 *м*, в США—3,5 *м*, но иногда наблюдаются случаи укладки штабелей до 25 *м*.

Лит.: Parr S. W., Effects of Storage upon the Properties of Coal, «Bull. Univ. Illinois», Illinois, 1917, v. 14; Hock H. H., Safe Storage of Coal, «Techn. Pap. Bureau of Mines», Washington, 1920; Hock H. H., The Storage of Bituminous Coal, «Engineering Station Univ. of Illinois», Illinois, 1918, Circul. *6*; Davies J. D. a. Reynolds D. A., Spontaneous Heating of Coal, «Techn. Pap. Bureau of Mines», Washington, 1928, *409*; Hoskin A. J., A Study of Spontaneous Combustion in Storage of Coal, «Experiment Station Indiana», 1928, Bull. *30*; Стадников Г. Л., Химия угля, т. 2, М.—Л., 1932; Fuchs W., Chemie der Kohle, B., 1931; Wheeler R. V. a. Woolhause T. C., Effect of Oxidation on Coal, «Fuel», № 9, 1932, *2*; Francia W. a. Morris K. M., «Bull. Bur. of Mines», Wsh., 1931, *44*, p. 340; Denustedt M. und Schaper L., Die Gefahren der Kohle-Selbstentzündung, «Ztschr. angew. Chemie», 1913, p. 2635; Richters E., Die Änderungen der Kohle beim Lagern, «Dinglers Polytechn. Journ.», 1870, B., 1925, p. 315, 449, B. 196, p. 317; Цейтлин Д. П., Значение рационального хранения углей СССР, «Материалы к первой всесоюзной конференции по изменяемости углей при хранении», под ред. Д. П. Цейтлина и др., М.—Л., 1932; Шахно А., Опыт изучения изменяемости русских каменных углей при хранении их в штабелях, «Изв. Тепл. ин-та», М., 1925, *11—13*; Вильямс В. и Любовцова М., Сравнительная оценка способности к самовозгоранию углей Подмосковного бассейна, «Топливное дело», 1922, *10*; Гладштейн А., Изменение коксующей способности углей в связи с процессами окисления и выветривания, «Уголь и железо», 1928, *38*; Караваев и Чудновский А., Об изменении подмосковн. угля при нагревании при невысокой темп-ре в атмосфере нейтрального газа, «Изв. Тепл. ин-та», М., 1927, *9/32*; Кузнецов М., Лабораторные испытания коксующихся углей Донбасса на их способность к самовозгоранию, «Изв. Тепл. ин-та», М., 1927, *7/30*; Караваев и Рапопорт И., Ископаемые угли Кузнецкого бассейна, там же, 1930, *8/51*; Гладштейн А., Характеристика устойчивости ряда донецких углей, «Уголь», 1930, *58*; Крым В., Об окисляемости ископаемых углей, «Химия твердого топлива», 1930, *4*; Пентегов Б. и Нянковская Р., Способности углей к самовозгоранию, там же, 1931, *11—12*; Шахно А. и др., Опыт изучения изменяемости углей СССР лабораторными методами, «Материалы к первой всесоюзной конференции по изменяемости углей при хранении», под редакцией Д. П. Цейтлина и др., М.—Л., 1932; Пентегов Б. и Нянковская Р., К характеристике изменяемости ископаемых углей, там же, 1932; Фридман В. и Урбанович Р., Адсорбция, как одна из характеристик устойчивости угля при хранении, там же, 1932; Гладштейн А. и Берман А., Роль пирита в процессах окисления и самовозгорания углей, там же, 1932; Гладштейн А., Метод для определения степени устойчивости, спекания и способности, там же, 1932; Михайловский И., Челябинские угли и причины их самовозгорания, там же, 1932; Федоров В., Изменяемость донецких коксующихся углей при хранении, там же, 1932; Федоров В. и Войтова Е., Изменяемость донецких углей при штабельном хранении в районе Москвы, там же, 1932; Попов Д., Результаты опытов 1930 по хранению углей, там же, 1932; Габинский Я., Исследование процесса выветривания углей и практика хранения углей в Америке и вывод для промышленности СССР, там же, 1932; Долгов В. и Комаров Н., Методные классификации каменных углей по их способности к самовозгоранию, «На угольном фронте», 1930, *8*; «Материалы о работе всесоюзной конференции по изменяемости углей при хранении», М.—Л., 1932; Пентегов Б., К общей физико-химико-технич. характеристике углей Дальнего Востока, «Химия твердого топлива», 1931, *8*; Шахно А., О проблеме изменяемости углей СССР, там же, 1932, *2—3*; Крым В., О лабораторных методах определения склонности углей к самовозгоранию, там же, 1932, *2—3*; Рогаткин К., К вопросу об изменяемости кузнецких углей при хранении, «Журн. хим. пром.», М., 1928, *9—10*; Пентегов Б., Адсорбция, как общая характеристика ископаемых угля и торфа, «Труды Дальневост. ун-та», Владивосток, 1929.

А. Шахно.

САМОКЛАД, самотаск, качалка, машина для раскладывания сухой или мокрой ткани равномерными петлями в стопки по одному или несколько кусков. С. устанавливают при выходе многих машин, напр. сушильных барабанов, водяных каландров, ворсовальных и браковочных машин и т. п., причем скорость прохождения ткани через С. одинакова со скоростью движения ткани в означенных машинах. Иногда самоклады устанавливаются отдельно и могут служить для перепуска ткани из этажа в этаж. Самоклад состоит из одного или двух валов*а* (см. фигуру), служащих для протаскивания ткани, и качающейся от эксцентрика рамы, снабженной на конце принудительно вращающимися направляющими ткань роликами или же планками *б* для раскладывания ткани.

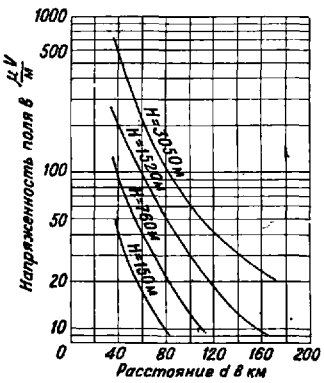


Лит.: Зворыкин А. и Фролов С., Ситец, Ив.-Вознесенск, 1925; Шапошников В. Г., Общая технология волокнистых и красящих веществ, 2 изд., Москва—Киев, 1926.

Э. Фукс.

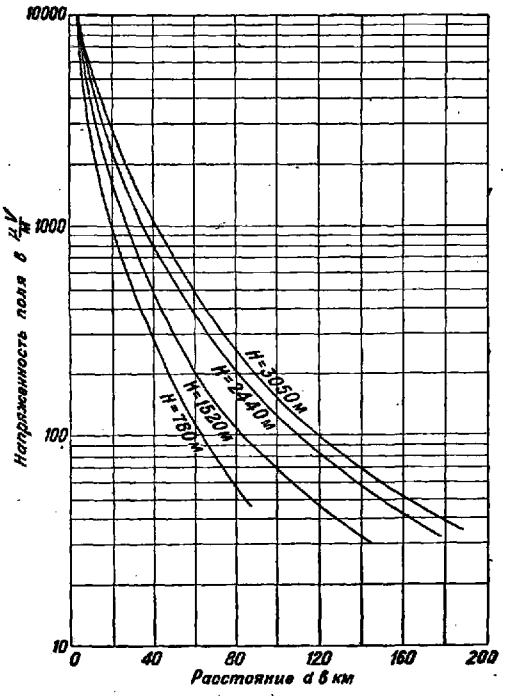
САМОЛЕТНАЯ РАДИОСТАНЦИЯ, радиоустановка, монтируемая на самолете, главн. образом для целей *беспроволочной связи* (см.) самолета с землей и между самолетами; при этом радиосвязь м. б. двусторонней, если самолет снабжен приемно-передающей радиостанцией, и односторонней, в случае установки на самолете только приемного или только передающего устройства. К С. р. иногда относят также и радионавигационные приборы, как то: *радиокомпасы* (см.), *пеленгаторы* (см.), специальные устройства для приема сигналов *радиомаяков* (см.) и самоориентирующих радиостанций (см. *Направленное радио*) и др.—в случае монтажа этих приборов на самолетах; об этих приборах—см. *Техника высокой частоты*, радионавигация. С. р., основные части которой соответствуют таковым же всякой *радиостанции* (см.), в то же время характеризуется целым рядом специфич. особенностей. Эти свойства, отличительные для С. р. и вообще для радиосвязи с самолетами (и дирижаблями), м. б. классифицированы в нижеследующих категориях.

Распространение электромагнитных волн и дальность действия С. р. Излучаемые или принимаемые С. р. волны подчиняются общим законам распространения электромагнитной энергии (см. *Ультракороткие волны*): а) длинные волны: в то время как при распространении по морю коэф. *а*, учитывающий поглощение волн в ф-ле Остина-Когена, остается приблизительно постоянным для суши на основании измерений на самолетах [1], он меняется от 0,0118 (для λ=450 *м*) до 0,0027 (для λ=2 000 *м*). Напряженность поля *E* при приеме как на земле, так и в воздухе сигналов от С. р. характеризуется в ф-ии от *H*—высоты полета и *d*—расстояния кри-



Фиг. 1.

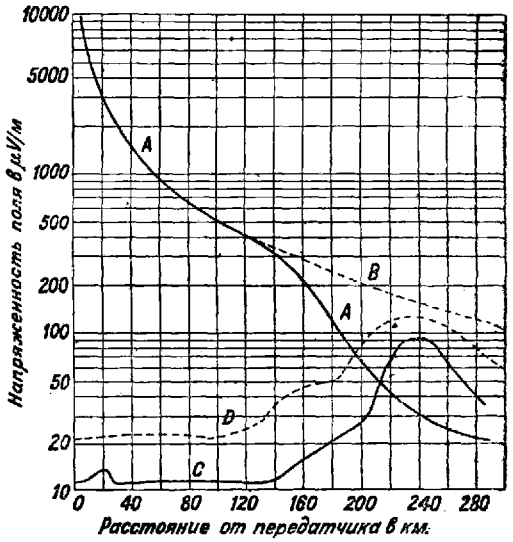
выми [2]: на фиг. 1—для приема на земле, λ=119 *м* (f=2 525 кц.) и на фиг. 2—для приема на самолете, λ=199 *м* (f=1 510 кц.); мощность С. р.,



Фиг. 2.

имевшей свисающую антенну,—ок. 50 W. Те же авторы [2] определили (фиг. 3) зависимость E от d в случае полета в гористой местности при приеме λ=923 *м* (f=325 кц.). На фиг. 3 кривая *A*—наблюдавшаяся напряженность поля, пунктир *B*—вычисленная напряженность поля для плоской местности, кривая *C*—профиль местности, пунктир *D*—высота полета. По измерениям D. V. L. (Герм. эксперим. ин-т авиации) для уверенного телеграфного приема в случае установки приемной С. р. в изолированной от самолетных помех кабине достаточно иметь E=5 μV/*м*. В зависимости от выбираемой предельной величины E получаются различные дальности действия С. р.; для примера в табл. 1

духе, вполне аналогичны тем же при приеме на земле, поскольку идет речь о приеме сигналов на каком-то определенном расстоянии. Однако радиоприем во время полета имеет несколько характерных особенностей. 1) *Зоны молчания* (см.) в полном смысле не существуют, имеют место лишь зоны ослабления приема; то же явление наблюдается [4, 5, 6] и при радиоприеме в обратном направлении—на земле от самолета. 2) Пока немногочисленные измерения приводят к следующим результатам (для маломощных С. р.) приема на расстояниях до 1 000 *км*: а) волны с λ<38 *м* (f>7 900 кц.) дают ясно выраженные зоны ослабления, причем они лучше проходят на бóльших расстояниях; б) при λ=40—46 *м* (f=7 500—6 500 кц.) зоны ослабления встречаются редко, уверенность связи бóльшая на малых расстояниях; в) при λ > 50 *м* (f< < 6 000 кц.) зон ослабления не наблюдалось. 3) Напряжение на выходе приемника падает резко в пределах первого *км* полета, а затем



Фиг. 3.

остается при полете приблизительно постоянным, если не считаться с кратковременными явлениями *замирания* (см.), до нек-рого критич.

Табл. 1.—Дальности действия самолетной радиостанции.

f в кц.	λ в *м*	$I_{ант.}$ в А	Момент тока антенны *M*, метр-амп.	Дальность по суше в *км*			Дальность по морю в *км*		
				$E=1\frac{\mu V}{м}$	$E=3\frac{\mu V}{м}$	$E=5\frac{\mu V}{м}$	$E=1\frac{\mu V}{м}$	$E=3\frac{\mu V}{м}$	$E=5\frac{\mu V}{м}$
500	600	1,5	13,5	265	205	175	1 055	685	540
333	900	1,2	8,45	305	210	175	870	505	370

приводятся цифры дальности (телеграфной) для одной С. р. (λ=600 *м* и 900 *м*), работающей с 70-*м* свисающей антенной. Что касается расстояния, на к-ром можно пеленгировать С. р., то последнее, как обычно (см. *Техника высокой частоты*), зависит от момента тока С. р., ее расстояния от пеленгаторов и допустимой ширины угла минимума. В случае установки радиокомпаса на самолете встречаются такие же, как и на морских судах, местные ошибки; девиация нередко доходит до 12—15° [3].

β) Короткие волны. Опыты приема *коротких волн* (см.) на С. р. на d=500—1 000 *км* показали, что результаты, получаемые в воз-

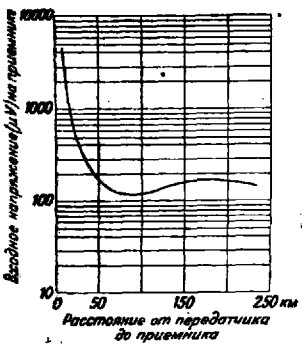
расстояния—$d_{кр.}$, после чего сильный прием резко переходит в более слабый (см. табл. 2);

Табл. 2.—Величина $d_{кр.}$ в функции от λ для самолетной радиостанции.

f в кц.	λ в *м*	$d_{кр.}$ в *км*
8 100—7 500	37—40	800
6 000	50	600
5 700—5 500	53—55	400

при этом радиосвязь практически не зависит от высоты полета. 4) В согласии с предыдущими

выводами герм. исследователей находятся результаты, полученные америк. учеными [7] по изучению распространения волны $\lambda=50$ *м*, излучавшейся С. р. ($P=3$ W, тональные колебания); существуют три зоны: а) прием в первой определяется прямой волной, замираний нет, но существует сильная зависимость приема от высоты полета и резкое падение E с удалением (фиг. 4); б) прием в третьей зоне зависит полностью от отраженной волны, сила его не зависит от расстояния, но зато имеют место сильные замирания; в) между первой и третьей зонами вторая зона, не имеющая резко характерных отличий; как в третьей, так и во второй зонах на больших d величина E не зависит от высоты полета. Методы борьбы с замираниями на С. р. не отличаются от обычных; однако в виду крайней ограниченности веса и габаритов С. р. лучше все возможные по этому вопросу мероприятия предпринимать на земных радиостанциях, если это возможно (связь С. р. с землей).



Фиг. 4.

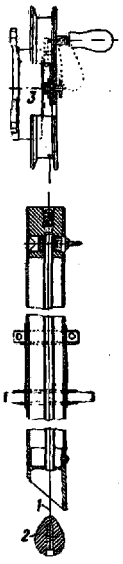
Источники энергии. Следующие требования предъявляются обычно к источникам энергии для С. р.: 1) доставлять энергию как радиоприборам, так и другим потребителям (электрооборудование) на самолете; 2) служить источником энергии для радиопередатчика даже при вынужденном прекращении работы главного двигателя самолета; 3) иметь максимальную степень надежности и простоту обслуживания в работе при минимуме веса и габаритов. Мощность, потребляемая радиопередатчиком,—обычно около 50% полной мощности, требуемой на электрорадиооборудование самолета. Приемник почти всегда имеет автономное питание: анодное—от гальванических элементов и накала—от аккумуляторов. В США, а теперь и в Зап. Европе для анодного питания приемников применяют часто небольшие умформеры (динамоторы), питаемые от общей сети самолета (постоянного или переменного тока). В общем для среднего самолета мощность источника электроэнергии определяется цифрами 700—1 000 W. Эта энергия м. б. получена на само-

Табл. 3.—Сравнение методов питания самолетной радиостанции для общей мощности $P=700$ W.

Показатели	Ветрянка				Привод от главного двигателя				Вспомогательный мотор с генератором	
	С генератором		Комбинация генератора и динамотора *1		Динамотор (умформер) *2 с высоким напряжением		Генератор двойного тока (постоянного)	Альтернатор *3 (150 пер/ск.)		
	*4	*5	*4	*5	*4	*5			*4	*5
Вес всех приборов в *кг* . .	35	33	60	65	71	76	43	42	73	68
Эквивалентный вес в *кг* . . .	26,5	26,5	32	32	20	22,5	15	15	0	0
Эффективн. вес	61,5	59,5	92	97	91	93,5	58	57	73	68
Кпд, %	~60	~60	~50	~50	~60	~50	~55	~55	—	—
Преимущества	1) М. б. использованы генераторы и постоянного и переменного тока; 2) не требуется регулятора напряжения; 3) легкая приспособляемость к самолету любого типа; 4) автоматическая вентиляция генератора; 5) не занимает места в кабине		Все преимущества, имеющиеся в предыдущем методе, а также: 1) работа и при вынужденной посадке; 2) не требуется зарядного генератора		Возможность работать некоторое количество времени и при вынужденной посадке самолета		1) Малый эффективн. вес, т. к. требуется только одно преобразование энергии; 2) не занимает места в кабине	1) Отсутствие регулятора напряжения; 2) не занимает места в кабине	1) Полная готовность к работе при всех условиях; 2) автономность радиостанции; 3) не требуется регулятора напряжения	
Недостатки . .	Может работать только при полете		1) Очень велик вес; 2) сложная электропроводка		1) Большие вес и габариты; 2) трудность обслуживания—надзора		1) Помехи радиоприему от регулятора напряжения; 2) прекращается подача энергии вместе с остановкой главного двигателя	Невозможна радиопередача при вынужденной остановке главного двигателя	1) Опасность пожара в случае нетщательной установки и обслуживания; 2) трудность установки в большинстве существующих самолетов; 3) потеря двигателем мощности на больших высотах	

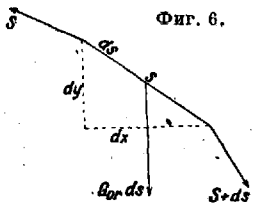
*1 Генератор с двумя обмотками низкого напряжения и одной—высокого, с целью дать возможность работать от батареи в случае вынужденной посадки. *2 Главный двигатель вращает зарядный генератор, работающий на батарею ок. 65 Ah; от тока последней приводится в движение однокорный умформер, дающий энергию высокого напряжения. *3 Альтернатор работает на выпрямитель, заряжающий батарею. *4 Постоянного тока. *5 Переменного тока (800 пер/ск.).

лете от следующих первичных источников: 1) ветрянка (небольшой воздушный винт), на продолженной оси к-рой помещается динамомашина; в Германии и Англии более распространены двухлопастные, во Франции и США—однолопастные ветрянки (вкл. лист, *1*); теперь применяются почти исключительно саморегулирующиеся ветрянки, отдающие почти постоянную мощность, независимо от скорости самолета; 2) привод от главного двигателя самолета; 3) вспомогательный мотор (автономное питание). Доставляемая этими источниками энергия м. б. преобразована в постоянный или переменный (потом выпрямляемый) ток (табл. 3). В этой таблице подсчеты [8] сделаны для электрич. мощности в 700 W [приблизительно считая 300 W на низком напряжении в 12—18 V для накала и электрооборудования самолета и 400 W—для анодного питания (ок. 1 000—1 200 V)]; в цепь низкого напряжения включена буферная батарея (40—60 Ah); цифры «эквивалентного веса» учитывают уменьшение величины полезной нагрузки (оплачиваемого веса) самолета вследствие уменьшения мощности главного двигателя. Общая тенденция в последнее время — использование для целей электрорадиооборудования мощности главного двигателя. При применении генераторов постоянного тока следует принимать меры к устранению обертонов (гармоник) [9].



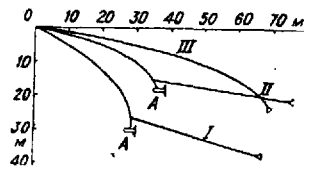
Фиг. 5.

Антенны. Отличием антенн С. р. от обычных *антенн* (см.) является отсутствие *заземления* (см.) и возможность пренебречь влиянием земли при больших высотах полета.



Фиг. 6.

а) Длинные волны. Применяются для связи почти исключительно свисающие (выпускные) антенны, состоящие из тонкого гибкого металлич. канатика с грузиком (фиг. 5) на конце, свободно свисающим с самолета; антенна выпускается и вбирается через выводную трубу с помощью лебедки (*1* — антенна, *2* — груз, *3* — изолированный шнур). Форма, какую принимает такая антенна при полете, играет важнейшую роль для внешнего действия С. р. При выборе осей координат и обозначениях согласно фиг. 6 [10] получаем ур-ия равновесия для линейного элемента *ds* антенны.



Фиг. 7.

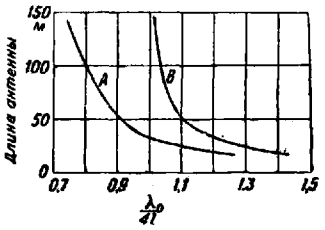
$$\frac{d}{ds}\left(S\frac{dx}{ds}\right)ds + f_1(c_w,\ q,\ D,\ ds) = 0,$$

$$\frac{d}{ds}\left(S\frac{dy}{ds}\right)ds + G_{Dr}\,ds - f_2(c_a,\ q,\ D,\ ds) = 0,$$

где c_a—коэф., учитывающий подъемную силу и c_w—коэф., учитывающий сопротивление элемента ds, q—статическое давление, D—диам. антенного канатика, G_{Dr}—вес 1 *м* последнего, S—механич. напряжение антенны в точке *s*. Ф-ии f_1 и f_2 учитывают зависимость сопротивления и подъемной силы от скорости и параметров антенны. Решение этих уравнений для свисающих антенн обычных размеров дает при весе троса около 1 *кг* величину общего сопротивления их W_A=2,4 *кг* и вертикальн. натяжения G_A = 0,17 *кг* при скорости самолета около 130 *км/ч*. Канатик обычно из фосфористой бронзы, диам. 1,4—2,5 *мм*, длиной 50—100 *м* с сопротивлением на разрыв σ_B—ок. 60 *кг/мм²*; вес грузика (часто яйцевидной формы)—0,3—1 *кг* (нормально 0,4 *кг*). Для внешнего действия С. р. необходимо, чтобы вертикальная составляющая момента тока антенны была наибольшей; для этого (предложено в 1931 г.) [11] помощью добавочного груза *A* (фиг. 7) 1) часть антенны, примыкающую к выводной трубе, где сила тока — наибольшая, делают более вертикальной (повышение h_∂) и 2) остальную часть антенны получают более горизонтальной, что увеличивает емкость. На фиг. 7 представлена форма, принимаемая антенной (с длиной каждой половины в 40 *м*) во время полета; канатик ⌀ 1 *мм*; *I* антенна: вес—1,8 *кг*, скорость полета 140 *км/ч*; *II* антенна: вес—2 *кг*, скорость полета—250 *км/ч*.

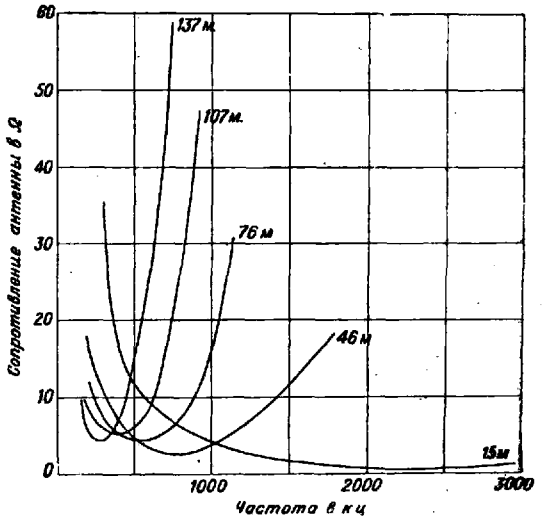


Фиг. 8.



Фиг. 9.

Параметры антенн [12]. Действующая высота h_∂ для антенны в 70 *м* с одним грузиком на конце (антенна *III*) ~ 8 *м*, при конструкции антенн *I* и *II*—ок. 23 *м*. Характеристика изменения статической емкости C_A и собственной длины волны λ_0 в зависимости от длины антенны показана на фиг. 8. Волновой



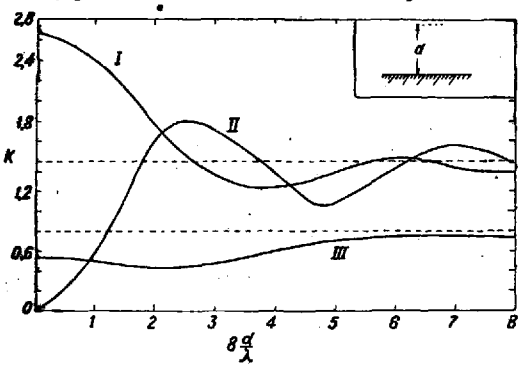
Фиг. 10.

коэфициент $a = \left(\frac{\lambda_0}{4l}\right)$ в ф-ии от длины антенны дан на фиг. 9: кривая *A*—для трехмоторного самолета Форда, *B*—для дирижабля Лос Анжелес. Сопротивление антенны радиостанции для трехмоторного самолета дано в зависимости от частоты на фиг. 10.

Излучение антенн. Сопротивление излучения (см. *Излучение и прием*) антенны С. р. как находящейся в свободном пространстве определяется ф-лой [13]

$$R_s = 60\pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 K,$$

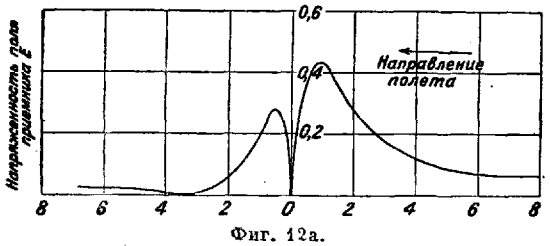
причем для диполя в свободном пространстве $K = \frac{4}{3}$. На фиг. 11 даны зависимости, частично опытно проверенные [14], K от величины $\frac{8a}{\lambda}$ для вертикального диполя (кривая *I*), горизонтального (кривая *II*); обе зависимости рассчитаны



Фиг. 11.

при предположении бесконечной проводимости земли; кроме того кривая *III* дает величину K для случая плохо проводящей почвы. Т. к. свисающую антенну можно считать составленной (фиг. 7) из вертикального и горизонтального диполей (угол наклона эквивалентного диполя при скорости 130 *км/ч* измеряется напр. цифрой 17,5°), то R_s для нее следует подсчитывать по значениям K, лежащим между кривыми *I* и *II*; опыты в согласии с этими вычислениями дают почти удвоение действующей высоты при полете самолета над водой (условия кривой *I*).

Направленное действие. Т. к. диполь в направлении своей оси не излучает, то при приеме на открытую антенну сигналов пролетающей С. р. имеет место зависимость по кривой фиг. 12а, прием в тех же условиях на

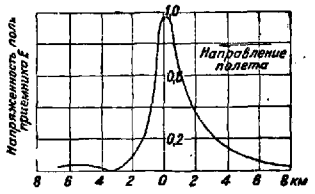


Фиг. 12а.

замкнутую антенну характеризуется кривой фиг. 12б. Напряженность поля от С. р. со свисающей антенной в ф-ии углов, определяющих положение самолета F (фиг. 13) с его антенной SS и пункта приема B, дается ф-лой

$$E = \frac{k}{b} \cos^m \beta \, (\sin \alpha - \cos \alpha \operatorname{tg} \beta \cdot \cos \varphi),$$

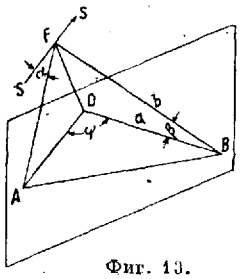
где k (коэф. пропорциональности)—ф-ия момента тока M и длины волны λ; $m = 2$ для приема на земле на открытую антенну (вертикальную); $m = 1$ для случая приема на замкнутую (вертикальную же) антенну. Практически только на близких расстояниях ($\beta > 5°$) наблюдается направленность вида такой же Г-образной антенны (см. *Антенна*, фиг. 10), на дальних же расстояниях направляющее действие отсутствует [15]. При приеме на С. р. направленность может получиться вследствие того, что существует угол наклона фронта волны γ,—фронт волны более не вертикален, а наклонен вперед на величину, зависящую от проводимости σ и диэлектрич. коэф-та ε почвы и λ. В этом случае истинная напряженность поля, принимаемого на С. р., определится ф-лой:



Фиг. 12б.

$$E_{ист.} = E_{верт.} \cos \gamma \, (\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \varphi).$$

Значительно реже используются в С. р. еще 2 типа длинноволновых антенн: 1) замкнутые, применяемые пока исключительно для радионавигационных целей, и 2) жесткие антенны. Последние можно классифицировать на 3 группы: а) монтированные на крыльях или внутри крыльев самолета, б) устанавливаемые в виде системы проводов, натянутых между отдельными выступающими точками самолета, в) стержневые, являющиеся основным типом для приема сигналов радиомаяков. Оба первых вида выполняются или в виде симметричных вибраторов (б. ч. для коротких волн) или в форме антенна-противовес, причем последним является металлич. масса самолета. Емкость таких антенн колеблется от 5 до 20 *см* на 1 *м* длины их; действующая высота большинства жестких антенн—порядка 1 *м*. В длинноволновой связи жесткие антенны находят применение благодаря их высоким конструктивным и эксплоатационным свойствам сравнительно со свисающей антенной, затрудняющей выполнение самолетом сложных фигур, требующей вбирания при посадке и т. д.



Фиг. 13.

β) Короткие волны. Наиболее употребительными типами антенн являются: жесткая, формы симметрич. вибраторов (*диполей*, см.), стержневая (вертикальный диполь) и (реже) свисающая, возбужденная на гармониках. У большинства этих антенн имеет место резко выраженное направленное действие. 1) Диаграмма направленности горизонтального диполя в горизонтальной плоскости определяется уравнением [16]

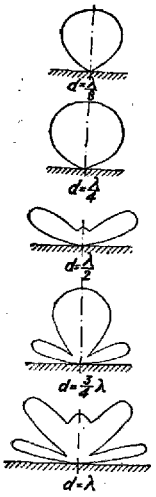
$$E = \text{Const} \cdot \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \sin \varphi\right)}{\cos \varphi},$$

где φ—угол, составляемый радиусом-вектором с нормалью к дипольной антенне; форма ее, опытно подтвержденная, близка к фигуре восьмерки (две соприкасающиеся окружности) и остается неизменной вне зависимости от высоты полета. Все же диаграмма в вертикальной пло-

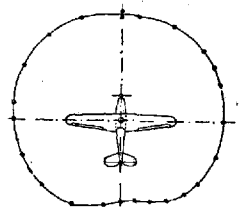
скости сильно меняет свои очертания по мере приближения самолета к земле. На больших высотах (или в случае полета над неотражающей волны почвой) диаграмма направленности—окружность, через центр которой проходит ось диполя. Если считать землю полностью отражающей (что ближе к действительности), то уравнение направленности

$$E = \text{Const} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} d \sin\delta\right),$$

где δ—угол возвышения (между радиусом-вектором и осью симметрии), а d—высота полета. На фиг. 14 даны измеренные диаграммы направленности в вертикальной плоскости для различных $\frac{d}{\lambda}$, хорошо подтверждающие [17, 18] предыдущую ф-лу. 2) Диаграмма направленности в горизонтальной плоскости вертикального диполя (реализуемого на С. р. в виде вертикального стержня высотой до 4 *м*) была бы окружностью, если бы металлич. части самолета располагались симметрично вокруг такого диполя; т. к. эта симметрия всегда отсутствует, то форма окружности искажается (фиг. 15), причем в направлении хвоста самолета получается ослабление напряженности поля (излучаемого или принимаемого) на 25%. Та же диаграмма в вертикальной плоскости резко меняет [13] свои формы в зависимости от свойств

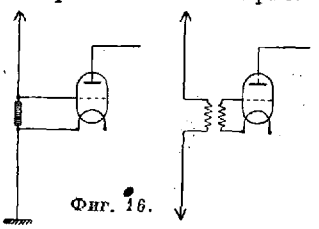


Фиг. 14.

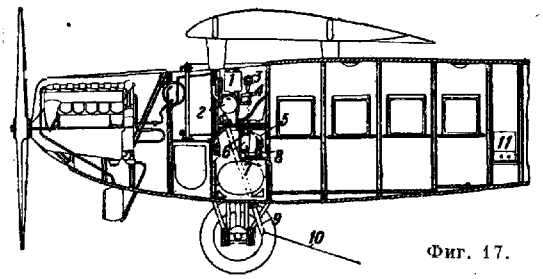

Фиг. 15.

земли: 1) не отражающая, 2) отражающая с той же фазой (совершенный проводник), 3) отражающая с противоположной фазой (совершенный диэлектрик). 3) При возбуждаемой гармониками с в и с а ю щ е й а н т е н н е возможно при большей высоте полета с влиянием земли не считаться; тогда диаграмма направленности имеет формы кривых со многими максимумами и минимумами [16], что проверено на опыте [19]. О сопротивлении излучения дипольных антенн—см. *Излучение и прием* [ф-лы (15) и (17)]. Расположение антенн С. р. вне габаритов самолета вызывает увеличение вредного воздушного сопротивления последнего при полете. Однако и жесткие (18 *м*) и свисающие (70 *м*) антенны при скорости 130 *км/ч* дают [10] увеличение сопротивления лишь на 5—7 *кг*, что соответствует в среднем уменьшению скорости ок. 1%. На вкладном листе, 2 показано расположение дипольной (горизонтальной) и стержневой (2 *м*) антенны на самолете Юнкерса.

Конструкции С. р. Выбор диапазона волн для связи помощью С. р. окончательно практикой еще не установлен; как общую тенденцию можно отметить использование длинных волн для связи на расстояния лишь на несколько сотен *км*; на бо́льшие—почти исключительно короткие волны. Иногда (Австрия, США с 1931 г.) применяется смешанная связь: передача с земли на самолет—длинными волнами, обратно—короткими волнами. О применении на С. р. ультракоротких волн и о соответствующих конструкциях—см. *Ультракороткие волны*. Выбор рода сигналов (телеграф и телефон) для самолетной радиосвязи также еще не решен [20], однако пока телеграфная связь, требующая для почти 100%-ной понимаемости на самолете всего лишь E = около 5μV/*м*, доминирует в большинстве государств над телефонной, при к-рой для приема с 40%-ной понимаемостью слогов необходимо поле ок. 200 μV/*м*. Наибольшие трудности в радиосвязи С. р. возникают при приеме на самолете особенно коротких волн. Здесь к общим условиям приема на подвижных радиостанциях [21] добавляются сильные радио- и акустич. помехи, особенно от системы зажигания мотора и вообще от электрооборудования самолета; о средствах для подавления этих помех—см. *Экранирование*. Кроме общих требований ко всякому радиоприемнику для самолетного одним из важнейших является добавочное—нечувствительность к сотрясениям [22]; т. к. действие последних наиболее резко сказывается в микрофонном эффекте, то необходимо в схеме приемников уменьшать усиление на звуковой частоте за счет увеличения усиления радио- или промежуточной частоты. Главная особенность конструкций приемных (для телеграфа) С. р., особенно коротковолновых,—необходимость добиться при приеме возможно высшего постоянства частоты биений, для чего обычно 1) или применяют особо жесткую механич. конструкцию всего прибора, в частности кожуха и вращающегося конденсатора, 2) или используют схему кварцевого гетеродина. По тем же причинам предпочтительны вообще в С. р. экранированные лампы, т. к. при них отпадает необходимость в *нейтродинировании* (см.) и коррекциях при сотрясениях. Примером технич. требований к самолетным радиоприемникам (длинноволновым) являются следующие нормы США [23]: 1) приемник должен давать такую силу звука, чтобы была возможна уверенная связь на расстоянии 160 *км*; считается для этого в диапазоне 600—1 300 *м* (230—500 кц.) необходимым, чтобы приемник при $E_{вход.}$=10 μV для сигналов с 30%-ной модуляцией давал $P_{вых} \geq 6$ mW; 2) избирательность д. б. такова, чтобы при расстройке на 10 кц. усиление падало до 0,1 первоначального; 3) настройка одной ручкой; 4) выходная мощность д. б. неискаженной до 125 mW; 5) выходное полное сопротивление 2 000—4 000 Ω, телефон д. б. приключен через трансформатор, предохраняющий радиста; 6) равномерное усиление звуковых частот от 40 до 3 000 ц.; 7) полное подавление звуковых частот свыше 3 000 ц. В коротковолновых приемниках С. р. требования менее установившиеся: 1) связь с антенной (обыкновенно апериодическая): при стержневой антенне применяют несимметричную связь (фиг. 16, слева), при дипольной — симметричную (фиг. 16, справа); 2) схемы: а) простой регенератор (автодин) м. б. использован лишь при приеме сильных сигналов на близких расстояниях; б) для приема телеграфных знаков возможна схема лампового приемника, без обратной связи, с гетеродином;

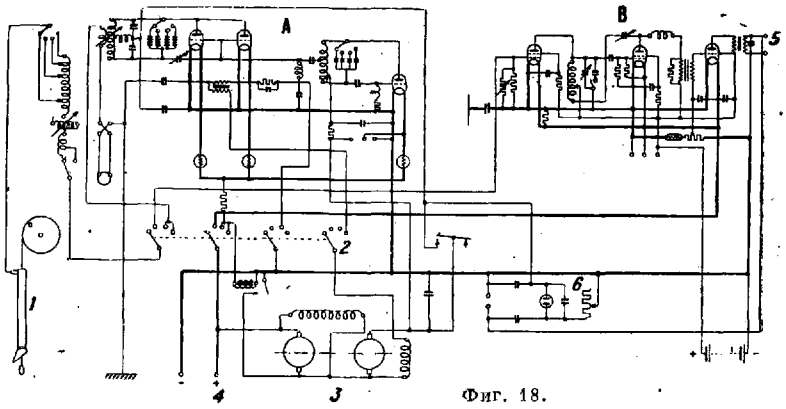

Фиг. 16.

в) регенератор с усилением радиочастоты находит широкое применение; если требуется прием только телефона, то часто возможно отказаться при хорошем усилении вовсе от *обратной связи* (см.), чем облегчается конструкция приемника; г) супергетеродин также широко распространен; промежуточная частота не д. б. более 1 000 кц.; гетеродин д. б. особо жестко механически сконструирован; при тесноте в рабочем диапазоне частот полезно включение селектора; д) супергетеродин с гетеродином, контролируемым кварцем [24]; е) суперрегенератор применяют редко; ж) приемник с тональным модулированием [25] для телеграфного приема незатухающих колебаний; колебания звуковой частоты, получаемые от отдельного тонального генератора, подаются ритмично с принимаемыми сигналами в слуховые телефоны радисту. В качестве передатчиков для С. р. могут быть использованы любые схемы ламповых генераторов и ламповых радиопередатчиков (искровые передатчики, широко во время войны 1914—18 гг. распространенные, теперь совершенно вытеснены ламповыми). Так же как и в приемниках, условия работы С. р. в полете налагают целый ряд добавочных требований, гл. обр. к конструкции таких передатчиков. Как характерный пример приводится часть технич. правил США, предъявляемых к длинноволновым передатчикам С. р.: 1) после 2-часовой непрерывной работы под полной нагрузкой повышение $t°$ для отдельных частей не должно превосходить определенных пределов; 2) передатчик должен выдерживать, как испытательное, двойное рабочее напряжение + 1 000 V; 3) д. б. произведена поверка на отсутствие искрения и эффекта короны в темном помещении при получасовой работе передатчика; 4) передатчик должен выдержать 12-часовую работу в обычном эксплоатационном режиме; 5) передатчик не должен требовать никаких изменений настройки для регулировки после пятидесятичасового испытания на сотрясение.



Фиг. 17.

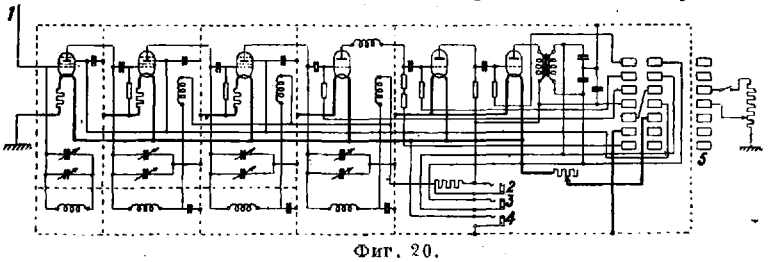
При монтаже С. р. широко используются механич. (реже электрические) приспособления (гибкий вал, трос Боудена и др.), позволяющие не только радисту, но и пилоту вести управление приборами радиостанции и на расстоянии (из кабины пилота). На вкл. л., *3*, *а* и *б* дан фотоснимок такой системы гибкого вала для одного из америк. приемников. Общее расположение на Юнкерсе W 33 германской С. р. Телефункен (длинноволновой) показано на вкл. л., *4*, *а* и *б*, станция размещена в двух местах: 1) в кабине пилота (на фиг. *4б*): *2*—ключ для телеграфирования и главный переключатель, *4*—приемник,



Фиг. 18.

Наименование приборов	Вес кг	Размеры
Одноякорный умформер	3,00	
Передатчик	4,70	
Амперметр	0,35	
Приемник	2,97	
Телефон со шлемом	0,37	
Ящик с батареей	3,90	
Ключ	0,88	
Лебедка	2,60	
Выдвижная труба	1,30	
Устройство для управления на расстоянии	0,60	

Фиг. 19.

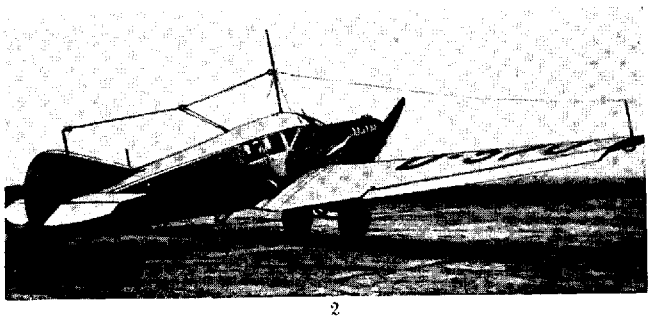


Фиг. 20.

6—антенная лебедка, 7—выводная труба антенны, 8—рукоятки для управления на расстоя-



1



2



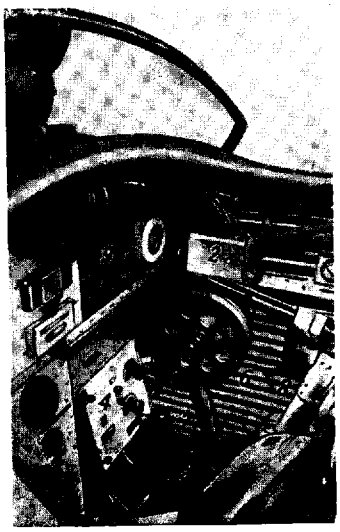
3а



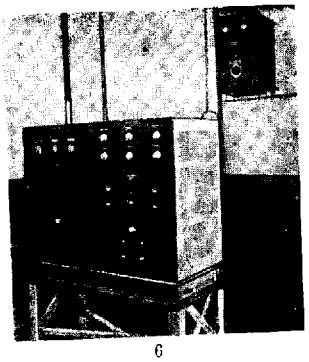
3б



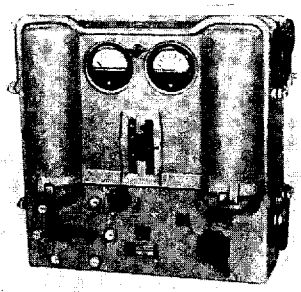
4а



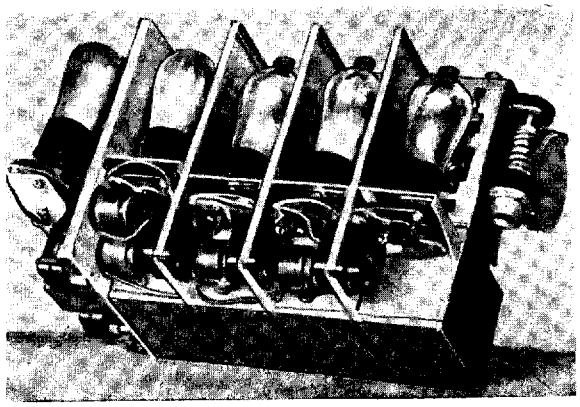
4б



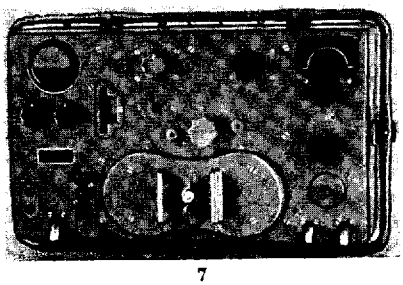
6



8



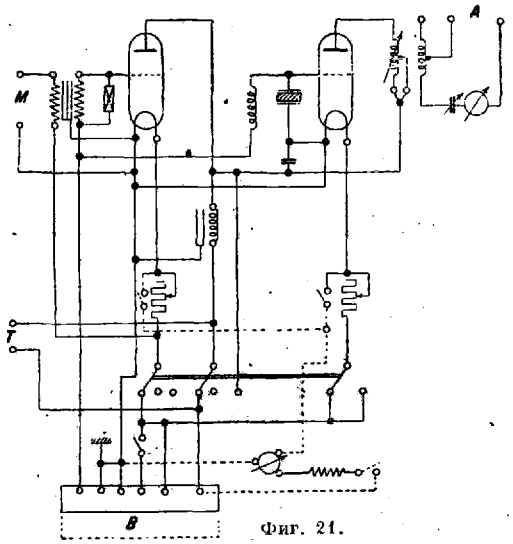
5



7

нии, *9*—антенный амперметр; 2) в багажном отделении (на фиг. *4а*): *1*—умформер, *3*—передатчик, *5*—анодная батарея для приемника, *8*—тросы для управления на расстоянии. Дальность действия этой радиостанции указана была в табл. 1. Расположение С. р. фирмы Лоренц, устанавливаемой на самолете Дорнье-Меркур, дано на фиг. 17, где *1*—приемник, *2*—лебедка антенны, *3*—боуденовский трос, *4*—ключ, *5*—передатчик, *6*—ящик с реле, *7*—ящик с батареей, *8*—умформер, *9*—выводная труба антенны, *10*—антенна, *11*—самолетная батарея; схема ее представлена на фиг. 18, где А—передатчик, В—приемник, *1*—антенна, *2*—ключ, *3*—умформер, *4*—самолетная батарея, *5*—телефон, *6*—приспособление для подслушивания. Представление о весах и габаритах отдельных частей С. р. дает фиг. 19.

Баланс энергии для передатчиков С. р. следует рассматривать как ф-ию двух величин: одной обычной—длины волны λ и второй—



Фиг. 21.

характерной для случая питания от батареи умформера (от напряжения E_6 этой батареи). В табл. 4 приведен для примера баланс энергии одного из длинноволновых передатчиков (типа S 284 F) в ф-ии от λ, в табл. 5 приведен такой же баланс (другого передатчика) в зависимости от E_6; обе таблицы относятся к телеграфному режиму работы.

Америк. авиационные об-ва ставят на почтовых самолетах длинноволновые телефонные приемники, служащие кроме целей обычной связи и для приема сигналов радиомаяков; антенна к ним стержневая, высотой 2 *м*; внешний вид приемника с диапазоном 600—1 100 *м* (500—270 кц.) дан на вкл. л., *5* (справа видно приспособление для управления приемником на расстоянии помощью гибкого вала), а схема его (3—V—2)—на фиг. 20, где *1*—стержневая антенна, *2*—миллиамперметр, *3*—телефон, *4*—вольтметр, *5*—прибор управления. Коротковолновые С. р. в силу указанных выше причин строятся преимущественно на малые мощности (P_A = 1,5—30 W). Для примера на фиг. 21 приведена схема телефонно-телеграфной герм. передающей С. р. с кварцевой стабилизацией для λ = 40—105 *м* (f = 7 500—2 900 кц.) мощностью ок. 2 W; напряжение накала 4,8 V, анодное—200 V; ток анодов—40—60 mA; раз-

Табл. 4.—Баланс энергии передатчика самолетной радиостанции, питаемого от ветрянки, в зависимости от длины волны.

f, кц.	λ, *м*	Γ_k, V	I_k, A	P_k, W	E_a, V	I_a, A	P_a, W	P_a+P_k, W	$P_{ветр.}$, W	$I_{A_{max}}$, A	R_A, Ω	R_{A_k}, Ω	$P_{Ak_{max}}$, W	$\eta=\frac{P_{Ak_{max}}}{P_a}$, %	$P_{A_{max}}$, W	$\eta=\frac{P_{A_{max}}}{P_{ветр.}}$, %
667	450	13,8	8,3	128	1 510	0,128	193	321	1 100	2,30	5,3	12,1	61	33	28	2,5
482	650									2,21	5,0	15	73	38	24,4	2,2
316	950									2,33	4,2	15,1	81	42	22,8	2,1
222,2	1 350									1,92	3,9	14,5	60	47	14,4	1,3

E_k—напряжение накала, I_k—сила тока накала, P_k—мощность накала; E_a, I_a и P_a—те же величины в анодной цепи постоянного тока; $P_{ветр.}$—мощность, получаемая от ветрянки; $I_{A_{max}}$ и $P_{A_{max}}$—максимальные силы тока и мощность в антенне; R_A—сопротивление антенны; R_{A_k}—то же для антенной цепи; P_{A_k}—мощность в ней же.

Табл. 5.—Баланс энергии передатчика самолетной радиостанции, питаемого от батареи умформера, в зависимости от напряжения батареи (R_A=Const=4,4 Ω).

E_6, V	$I_{умф.}$, A	I_k, A	$I_{умф.}+I_k$, A	I_r, mA	E_r, V	I_A, A	P_r, W	P_A, W	$\eta=\frac{P_A}{P_a}$, %	λ, *м*
10	6,93	1,47	8,40	120	235	0,65	28,2	1,85	6,55	897,8
11	7,65	1,58	9,23	110	258	1,10	36,1	5,31	14,7	900,5
12	7,90	1,70	9,60	115	283	1,20	41,1	6,35	15,4	901,7
13	8,00	1,81	9,81	146	305	1,25	44,5	6,88	15,4	902,5
15	8,05	2,02	10,67	161	340	1,36	51,9	8,18	14,9	903

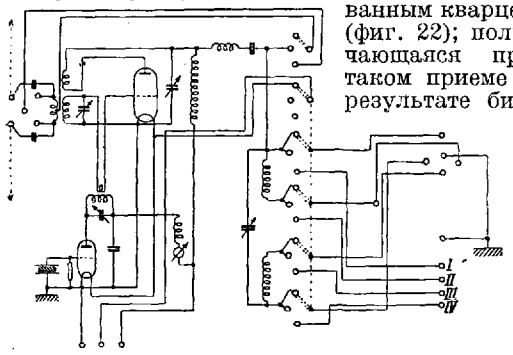
I_k—сила тока накала; E_a, I_a и P_a—те же величины в анодной цепи постоянного тока; I_A и P_A—сила тока и мощность в антенне; E_6—напряжение батареи; $I_{умф.}$—сила тока в умформере.

меры передатчика 45×36×18 *см*³, вес — 18 *кг* (на фиг. 21 *М*—микрофон, *Т*—ключ, *В*—батарейный ящик, *А*—антенна). В последнее время намечается переход к более мощным С. р. порядка 20 W; на вкл. л., *6* приведен вид С. р. в 30 W мощностью; вес его 14,5 *кг*, а габариты 40×38×26,5 *см*³. В табл. 6 даны дальности действия для телеграфного режима одной англ. коротковолновой С. р. мощностью ок. 30 W, весом ок. 31 *кг*, с посторонним возбуждением, работающей как телефоном, так и телеграфом; прием производился на земле на трехламповый приемник (1—V—1); вес его 31 *кг*, а с питанием около 45 *кг*.

Табл. 6.—Дальность действия телеграфом 30 W коротковолновой самолетной радиостанции.

Длина волны в *м*	Дальность в *км*	
	Днем	Ночью
60	0—240	0—400
55	0—320	0—480
50	0—480	0—640
45	0—64 и 320—480	начиная с 320 *км*
40	начиная с 400 *км*	начиная с 480 *км*

О конструкциях приемных С. р. для коротких волн дает представление фиг. 7 вкладного листа; в этом приемнике 1 градус шкалы конденсатора соответствует только 4 кц., благодаря чему облегчается настройка даже при сильных сотрясениях самолета; он не имеет непрерывного диапазона частот, а сконструирован лишь на отведенные международными соглашениями для самолетной связи полосы передачи (25—28 *м*; 32,7—36,5 *м*; 43,6—49 *м*; 51,5—60 *м*; 63—75 *м*); вес его—11,5 *кг* при размерах 35×33×23 *см*³; схема 2—V—2, причем усиление радиочастоты — на экранированных лампах. Стремление получить на С. р. при минимальном весе прием коротких и длинных волн привело к конструкции конвертеров: коротковолновая часть (весом ок. 2 *кг*, объемом ок. 5 *дм*³) таких приборов обыкновенно состоит из регенератора с гетеродином, стабилизованным кварцем (фиг. 22); получающаяся при таком приеме в результате биений промежуточная частота выбирается т. о., чтобы она соответствовала той длинной волне, на к-рую настроена вторая половина конвертера, являющаяся длинноволновым обычным приемником; при приеме длинных волн коротковолновая часть просто отключается.



Фиг. 22.

Радиостанции для дирижаблей малого радиуса действия не отличаются по своей конструкции от С. р.; однако малая и в широких пределах меняющаяся скорость полета таких воздушных судов б. ч. исключает применение пропеллерного привода (ветрянок) для снабжения энергией радиостанции; электрогенератор поэтому соединяется непосредственно с одним из главных моторов. О радиостанциях для больших дирижаблей дает представление описание радиооборудования «Графа Цеппелина» (см. *Дирижабль*).

Примером наиболее полного использования всех возможностей, предоставляемых радиотехникой для самолетов, может служить радиооборудование, устанавливаемое на строящемся исключительно на средства, собранные советской общественностью, агитационном самолете (с полезным грузом до 7 *т*) «Максим Горький». Все радиоустановки, предположенные к размещению на самолете «Максим Горький», распределяются по следующим категориям: 1) для радиосвязи, 2) радионавигационные, 3) телевизионные и 4) радио и широковещательные. Территориально это радиооборудование располагается в четырех кабинах (отсеках): 1) передающий центр, 2) приемный центр, 3) микрофонная камера и 4) штурманская рубка. В передающем центре будут размещены следующие установки: 1) коротковолновый передатчик с дальностью действия до 2 000 *км*; 2) радиотелефонный передатчик на средних волнах (для возможности радиовещания на наиболее доступном для радиослушателей диапазоне частот) с дальностью 100—300 *км* в зависимости от типа приемника на земле; 3) передатчик ультракоротковолновый телевизионный (около 10 000 точек) с предполагаемой дальностью действия до 200 *км*. Запроектировано устройство на самолете засъемочной кинокамеры. Там же устанавливается и проявительное устройство с тем, чтобы заснятые кадры местности, над которой пролетает самолет «Максим Горький», через 10—30 ск. уже можно было передавать по радио телевизионным передатчиком. Так как энергопитание на таком гиганте-самолете будет от автономной центральной электрической станции, снабженной бензиновым двигателем типа Форда, причем электросеть в основном будет переменного тока, то в том же отсеке будет установлено и соответствующее выпрямительное устройство для питания передатчиков и усилителей. Предоставляемая площадь позволяет расположить в этом же отсеке и электрич. часть громкоговорящей установки. Площадь покрытия звуком через громкоговорители, устанавливаемые на самолете, определяется примерно в 10 *км*².

В приемном центре располагаются 4—5 радиоприемников: приемники для связи, коротковолновые на два диапазона с двумя комплектами сменных катушек, приемник метеосводок, приемник телевизионный, приемник для радиотрансляций, приемник для общей прессы и приспособление к приемникам для приема штриховых изображений. Энергопитание предположено через ряд специальных двигателей-генераторов (комплект батарей предположен только для дежурного приемника). Микрофонная камера представляет собой небольшую, особо звуконепроницаемую камеру, из которой будут производиться передача речей для широковещания с самолета, радиовещание и т. д. В штурманской рубке вместе с целым рядом навигационных специальных устройств будут размещены следующие радионавигационные приборы: пеленгатор (возможно автоматический), маячный приемник (для приема сигналов от радиомаяков, направляющих курс самолета) и специальное оборудование для слепой посадки самолета на аэродром в условиях невидимости

места посадки. Из деталей радиооборудования, выходящих за пределы габаритов названных четырех кабин, можно отметить: акустическую часть громкоговорителей специальной формы и 8 антенн: 3 свисающие, 3 жесткие и 2 диполя (один для коротких, другой для ультракоротких волн). При оборудовании предусмотрены меры, дающие возможность самолету и при вынужденной посадке дать о себе знать по радио, хотя и с несколько уменьшенной дальностью передачи и приема.

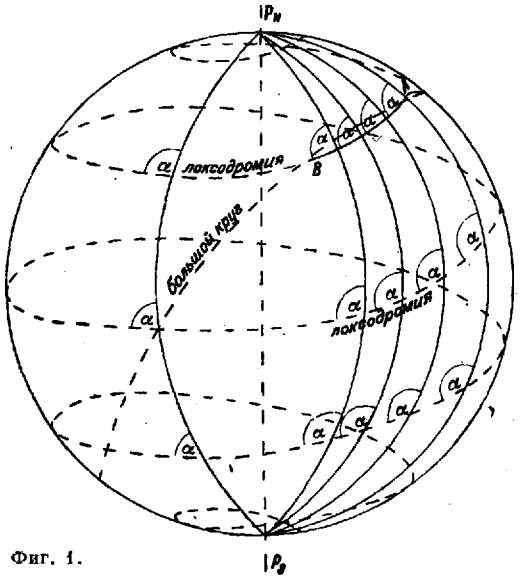
В большинстве случаев С. р. держат связь со специально устраиваемыми для работы с самолетами на земле аэродромными радиостанциями. По схемам и конструкции они ничем не отличаются от обычных радиостанций. В то время как передающие станции (в среднем мощностью $P_A = 0{,}5—1{,}5$ kW) располагаются на расстоянии 1—2 *км* от аэродрома во избежание помех как полетам (высокие мачты), так и аэродромным приемникам (сильное поле передатчика), приемные станции устанавливаются почти всегда непосредственно на аэродроме. Диапазон волн длинноволновых передатчиков обычно 500—2 400 *м* (600—125 кц.); антенны Т-образные или Г-образные; передача сигналов производится из помещения приемной радиостанции. Приемные радиостанции предназначены обычно для *многократного приема* (см.); связь между аэродромными станциями—б. ч. быстродействующими буквопечатающими аппаратами (Моркрума и др.). Примером радиооборудования аэродрома могут служить установки Кройдонского (близ Лондона) аэропорта: 1) в 4 *км* от последнего находится передающий центр из 4 передатчиков на волны 800—2 000 *м* (375—150 кц.) мощностью по 4 kW; 2 обслуживают С. р., 1—связь с аэродромами, 1—резервный; 2) на аэродроме расположен только приемный центр, по схеме *гониометра* (см.). На вкл. л., *8* изображен 400-ваттный аэродромный америк. передатчик для связи с С. р.; при 100%-ной модуляции он состоит из кварцевого генератора с темп-рным контролем, усилителя звуковой частоты, удвоителя частоты, модулятора и мощного усилителя. Приемники С. р. не только осуществляют связь с аэродромными и другими С. р., они принимают во время полета также сведения о погоде и т. д., распространяемые метеорадиостанциями, располагаемыми вдоль пути воздушных линий. В США такие станции отстоят одна от другой на 350 *км*; мощность их—2 kW в антенне, волны 546—3 000 *м* (550—100 кц.); передача м. б. всеми тремя видами.

Лит.: [1] Fassbender H., Eisner F. u. Kurlbaum G., Untersuchung über die Ausbreitungsdämpfung elektromagnetischer Wellen u. die Reichweiten drahtloser Stationen in Wellen bereich 200 bis 2000 m., «Elektrische Nachrichtentechnik», B., 1930, B. 7; [2] Jones R. a. Ryan F., Air Transport Communication, «JAIEE», v. 49, N. Y., 1930; [3] Franck, Mesures radiogoniométriques en avion, «L'onde Électrique», P., 1924, t. 3; [4] Plendl H., Die Anwendung von kurzen Wellen im Verkehr mit Flugzeugen, «Ztschr. für techn. Phys.», B., 1927, B. 11; [5] Fassbender H., Die Vorzüge des Kurzwellenverkehrs mit Flugzeugen, Luftfahrtforschung, B. 1, B., 1928; [6] Krüger H. u. Plendl H., Zur Anwendung der kurzen Wellen im Verkehr mit Flugzeugen: Versuche zwischen Berlin u. Madrid, «Ztschr. für Hochfrequenztechnik», B., 1928, B. 31; [7] Drake F. a. Wilmotte R., On the Daylight Transmission Characteristics of Horizontally a. Vertically Polarized Waves from Airplanes, «Proceedings of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1929, v. 17; [8] Miner J., Power Equipment for Aircraft Radio Transmitters, ibid., 1931, v. 19, *1*; [9] Euler K., Beiträge zur oberwellenfreien Gleichstrommaschine, «Arch. f. Elektrotechnik», B., 1930, B. 24; [10] Liebers F., Ueber den Wiederstand von Flugzeugantennen u. die dadurch verursachte Vergingerung der Flugleistungen, B. 1, Luftfahrtforschung, B., 1928; [11] Eisner F., Sudeck G., Schröer R. u. Zinke O., Vergrösserung der effektiven Höhe von Flugzeugschleppantennen, «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», B., 1931, B. 37; [12] Hyland L., The Constants of Aircraft Trailing Antennas, «Proceedings of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1929, v. 17; [13] Strutt M. J. O., Strahlung von Antennen unter dem Einfluss der Erdbodeneigenschaften, «Annalen der Physik», B., 1929, B. 1; [14] Sudeck G., Ueber die Sendecharakteristik von Flugzeugschleppantennen, «Ztschr. für Hochfrequenztechnik», B., 1930, B. 35; [15] Eisner F., Fassbender H. u. Kurlbaum G., Leistungs- und Strahlungsmessung an Flugzeug- und Bodenstationen, ibid., B., 1928; [16] Abraham M., Die elektrischen Schwingungen um einen stabförmigen Leiter, behandelt nach der Maxwellschen Theorie, «Annalen der Physik», B., 1928, B. 66; [17] Yagi H., Beam Transmission of Ultra Short Waves, «Proceedings of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1928, v. 16; [18] Lange E., Note on Earth Reflection of Ultra Short Radio Waves, ibid., N. Y., 1929, v. 17; [19] Bergmann L., Messungen im Strahlungsfelde einer in Grund- und Oberschwingungen erregten stabförmigen Antenne, «Annalen der Physik», B., 1927, B. 82; [20] Eigner F., Über die Zweckmässigkeit der Telegraphie und Telephonie im Flugfunkverkehr mit Berücksichtigung neuer experimenteller Untersuchungen, Cinquième Congrès International de la Navigation Aérienne, 1931; [21] Krüger K., Ueber Kurzwellenempfang in beweglichen Stationen, «Ztschr. f. techn. Phys.», B., 1929, B. 10; [22] Brintziger W., Handel H. u. Vichmann H., Erschütterungstörungen bei ortsbeweglichen Empfängern, «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», B., 1931, B. 38; [23] Proposed Regulations Requiring Approval by Department of Commerce of Radio Carried in Licensed Aircraft, «Air Commerce Bulletin», Wsh., 1930, v. 2; [24] Handel P., Krüger K. u. Plendl H., Quarzsteuerung von Kurzwellenempfängern, «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», B., 1929, B. 34; [25] Runge W., *Ein Kurzwellenempfänger für transozeanischen Schreib*betrieb, «Telefunken-Ztg», Berlin, 1929, B. 10, H. 52.—Fassbender H., Hochfrequenztechnik in der Luftfahrt, B., 1932; Niemann E., Funkentelegraphie für Flugzeuge, Handbuch der Flugzeugkunde, B. 9, B., 1921; Furnival E. H., Typical Wireless Apparatus Used on British and European Airways, «Proceedings of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1929, v. 17; Poste d'avions, hydravions et aéronefs, type A. V. L. 10, «Bull. Soc. Franc. Radio-Électrique», Paris, 1921, t. 3; Fassbender H. u. Eigner F., Der gegenwärtige Stand der Technik und der Betriebsorganisation des deutschen Flugfunkwesens, «ETZ», B., 1930, B. 51; Nelson E., Ryan F., The Provision of Radio Facilities for Aircraft Communication, «Journal of the Automotive Engineers», N. Y., 1930, v. 26; Walls H., The Civil Airways and Their Radio Facilities, «Proc. Inst. Radio Eng.», N. Y., 1929, v. 17; Drake F., An Aircraft Radio Receiver for Use with Rigid Antenna, ibidem, New York, 1929, v. 17; Betriebsordnung für den internationalen Flugfunkdienst nebst Ausführungsbestimmungen für den deutschen Flugfernmeldedienst, «Nachrichten für Luftfahrt», Berlin, 1929, Band 10.

В. Баженов.

САМОЛЕТОВОЖДЕНИЕ, проведение самолета по заданной траектории пути, раздел практич. применения методов аэронавигации (см. *Аэронавигация* и *Навигация*). В зависимости от цели полета заданной траекторией пути являются: прямая линия между пунктом отправления и назначения (при перелетах), ломаная линия—полет через ряд отдельных пунктов (воздушные линии), ряд параллельных маршрутов на строгом расстоянии друг от друга (аэросъемка), прямая от произвольной исходной точки через заданную цель (при бомбометании). Прямой между двумя пунктами на земной поверхности является дуга большого круга, проведенного через эти пункты; она называется ортодромией. Ортодромия является кратчайшим путем между любыми пунктами земной поверхности, но имеет для С. то большое неудобство, что пересекает меридианы под разными углами, в силу чего затруднено пользование компасом. В виду указанного обычно вместо прямолинейной траектории задаются полетом по кривой, обладающей тем свойством, что она пересекает меридианы под постоянным углом (фиг. 1). Эта кривая называется локсодромией. Угол пересечения меридианов локсодромией, придерживаясь к-рого самолет придет к пункту назначения, называется путевым углом. Этот угол отсчитывается

так же, как и азимуты, от N (севера) вправо до 360° и обозначается обычно через α. Путевой угол между какими-либо отдаленными пунктами можно определять прямой, нанесенной на карте, лишь в том случае, когда она составлена в определенной *картографической проекции* (см.); для этой цели специально выработана меркаторская проекция. В этой проекции издаются специальные аэрокарты для целей С. В СССР в настоящее время приходится пользоваться для перелетов на большие расстояния: в европ. части—военнодорожной картой


P_N
P_S
α
α
α

применяются при С. особые диференциальные альтиметры, показывающие отклонение от высоты во время полета. Обычно высоту в 300—500 *м* набирают в районе места вылета, а ос-

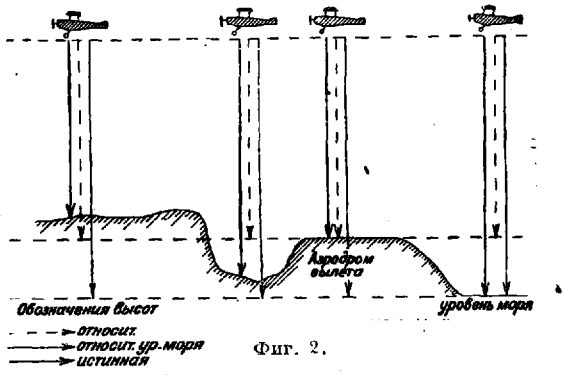
Табл. 1.—Аэронавигационное оборудование самолетов.

Наименование	Назначение
Пилотажное	
Путевой компас	Для сохранения взятого курса
Указатель скорости	Для сохранения заданной воздушной скорости
Высотомер	Для указания заданной высоты и для обозначении безопасности при облачности, тумане, ночном полете
Указатель кренов и поворотов	Для сохранения устойчивости при полетах в тумане, облаках и темной ночью
Навигационное	
Главный компас	Для производства навигационных измерений и контроля за выполнением заданного курса
Главный указатель скорости	Для измерения воздушной скорости и контроля сохранения заданной воздушной скорости
Главный высотомер	Для определения высоты полета, атмосферного давления, контроля сохранения заданной высоты полета
Навигационный визир	Для измерения углов сноса, путевой скорости, курсовых углов при пеленгации и вертикальных углов при определении дистанций
Ветрочет	Для решения навигационного тр-ка скоростей
Часы с секундомером	Для измерения путевого времени, отсчетов времени при астрономич. ориентировке и при визирных промерах
Термометр для наружного воздуха	Для измерения $t°$ при расчете истинной высоты и воздушной скорости
Секстант	Для измерения высот светила

тальную попутно в направлении пути. 5) Определение аэронавигационных элементов и контроль пути следования: а) определение воздушной скорости v самолета, т. е. скорости его движения относительно воздушной среды, б) определение путевой скорости u, слагающейся из воздушной скорости v и скорости w ветра (см. *Ветрочеты*, фиг. 1). Угол β, составленный меридианом и направлением путевой скорости, называется фактическим путевым углом. Угол ε между направлением путевой скорости и направлением ветра называется углом ветра. Разность между фактическим путевым углом и курсом самолета дает угол, называемый углом сноса самолета. При С. следует различать следующие режимы скоростей: максимальная, с к-рой самолет может пройти определенное расстояние в кратчайший срок при полной мощности двигателя и минимальном угле атаки; крейсерская, или наивыгоднейшая, при к-рой самолет пролетит наибольшее расстояние при данном запасе горючего, летя с наивыгоднейшим углом атаки и соответствующим ему числом оборотов двигателя; экономическая, при к-рой самолет может продержаться наибольшее время при данном запасе горючего; эта скорость получается при минимальной затрате мощности мотора и определенном для этой мощности экономич. угле атаки. Воздушная скорость самолета рассчитывается по ф-ле

$$v = \sqrt{\frac{\delta g}{C_y \gamma}},$$

где δ—нагрузка на 1 $м^2$ несущей поверхности самолета, g—ускорение силы тяжести, C_y—коэф. подъемной силы данного самолета, γ—плотность воздушной среды (весовая). Отсюда видно, что воздушная скорость зависит от конструкции данного самолета, угла атаки, плотности воздуха, а следовательно и от высоты полета. Различают истинную, относительную и стандартную высоты полета; истинной высотой полета называется длина отвесной линии от самолета до земной поверхности; относительной высотой полета может служить место земной поверхности, высота к-рой принята за нуль, напр. высота аэродрома отправления, и наконец высота от уровня моря называется стандартной высотой. На фиг. 2 показаны все три вида



Фиг. 2.

высоты полета самолета. Вместо определения ветра по величине и направлению обычно ограничиваются измерением угла сноса. Вместо определения путевой скорости и одного угла сноса пользуются также методом графич. нахождения точки ветра по двум углам сноса. Воздушная скорость определяется по проверенному указателю скорости полета, причем в его показания также вносятся поправки по следующей ф-ле

$$v' = v\sqrt{\frac{p'T'}{pT}}, \qquad (7)$$

где v'—истинная воздушная скорость, v—отсчет по указателю скорости, p—фактич. давление атмосферы в *мм* рт. ст., p'—расчетное давление шкалы указателя скорости, T—фактич. *абсолютная температура* (см.), T'—расчетная абсолютная темп-ра. Измерение и наблюдение угла φ сноса, а также путевой скорости производится при помощи специальных визиров. В отдельных случаях при наличии крупной масштабной карты в местности, богатой опознаваемыми по карте ориентирами, эти данные могут быть приближенно определены по карте и по времени прохождения ориентиров, встречающихся на траектории полета. На основании указанных аэронавигационных элементов определяют угол, к-рый должна составлять ось самолета с заданным направлением пути, для того чтобы фактический путевой угол равнялся заданному. Этот угол называется углом упреждения ω. Необходимые расчеты и определение угла ω производят при помощи специальных приборов или приспособлений (см. *Ветрочеты* и *Навиграф*). Зависимость

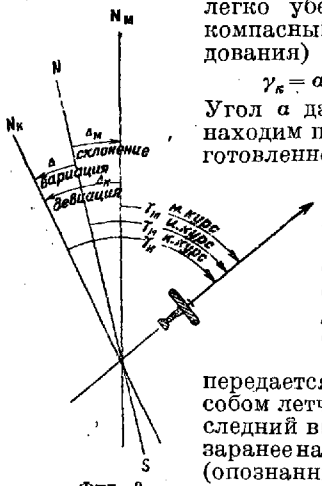
между углом упреждения ω и углом сноса φ, путевой скоростью w_φ и воздушной скоростью v выражается ф-лой:

$$\sin\omega = \frac{w_\varphi}{v}\sin\varphi. \qquad (8)$$

Эта ф-ла находится аналитически или графически при помощи номограмм или при помощи ветрочета. Угол между направлением оси самолета и меридианом называется курсом самолета, причем при отсчете от истинного географич. меридиана курс называется истинным и обозначается через γ, при отсчете от магнитного меридиана—магнитным $\gamma_м$, при отсчете по компасу—компасным $\gamma_к$. Угол между истинным (географическим) меридианом и магнитным называется склонением $\Delta_м$, угол между магнитным меридианом и стрелкой компаса называется девиацией и обозначается через $\Delta_к$ (фиг. 3).

Основной целью расчетов является определение того компасного курса следования, под к-рым следует вести самолет для полета с заданным путевым углом α. Построив эти углы, легко убедиться, что этот компасный курс (курс следования) равняется

$$\gamma_к = \alpha \pm \omega \pm \Delta_м \pm \Delta_к.$$



Фиг. 3.

Угол α дан по заданию, $\Delta_м$ находим по отметкам на подготовленной к полету карте, $\Delta_к$ отсчитывают по кривой девиации *компаса* (см.). Расчет курса следования ведется летчиком-наблюдателем, аэрофотосъемщиком или же аэронавигатором и передается тем или иным способом летчику, после чего последний выводит самолет на заранее намеченный ориентир (опознанный на карте объект местности, лежащий на траектории пути). Летчик и наблюдатель должны с этого момента вести контроль пути следования, состоящий в наблюдении за неизменностью показания компаса, в отсутствии сноса относительно курсовой линии в визире, служившей раньше для измерения сноса, а при полете по курсу следования повернутой на угол упреждения, в прохождении ориентиров местности (по времени и положению), в соблюдении «створов» ориентиров, т. е. положения их: на одной линии, параллельной траектории полета (основные створы); на линии, перпендикулярной к траектории пути (траверсные створы), а также створов, заранее отмеченных на карте (вспомогательные створы). При отсутствии указанных выше данных контроль ведется путем прокладки на карте траектории пути на основании скорости и времени полета и изменений курса. б) Определение местоположения самолета. Местоположение самолета, отмеченное на карте на основании указанных расчетных данных, м. б. найдено путем определения позиционных линий. Позиционными линиями м. б.: а) путь самолета, б) линия пеленга, в) линия створа, г) окружность дистанций, д) линейный ориентир на местности, е) сомнерова линия (линия на земной поверхности, с к-рой одно и то же небесное светило в один и тот же момент наблюдается на определенной высоте), ж) параллель, з) меридиан. Нахождение самолета вблизи характерного объекта на местности называется фактич. местом. Место определения путем пересечения двух видов позиционных линий в любых комбинациях, кроме 1—1, 7—7, 8—8, называется счислимым местом. Это место неточно, и действительное местоположение самолета следует при первой возможности восстановить путем наблюдения (обсервованное место). Наиболее точное определение местоположения самолета—это прохождение его над ориентиром, когда ориентир находится на отвесной линии под самолетом (точка надира). В остальных случаях местоположение самолета определяют путем измерения расстояния до ориентира (дистанция) или наблюдением направлений на ориентиры (пеленги) и определением своего места засечками на основании ряда пеленгов или изменений пеленгов в зависимости от скорости полета (см. *Пеленгатор*). При дальних перелетах, при отсутствии карт, при полете над морем, при ночных полетах применяют специальные методы астрономич. ориентировки: широта и долгота определяются по измерению высоты солнца или звезд и расчету времени. Ошибкой в определении места самолета считается расстояние от его фактич. места до исчисленного, к-рое называется радиусом ошибки. Точность счислимого места зависит от точности измерения, вычисления и нанесения на карту тех позиционных линий, к-рые послужили для определения места, будучи взяты в вышеперечисленных комбинациях. По имеющимся опытным данным окончательная средняя точность в нанесении позиционных линий м. б. представлена в следующем виде (табл. 2).

Табл. 2.—Окончательная средняя точность в нанесении позиционных линий.

Определение места	Ошибка
Путь полета	±2° (ошибки в путевом угле)
Дальность (по путевой скорости)	±0,03 общей длины пути
	для 200 км
Дистанция (по высоте полета)	±0,1 высоты полета (если известен рельеф места)
Пеленг	±2°
Сомнерова линия	±10 км от фактич. места самолета
Меридиан (долгота)	±8 мин. (±10 км в наших широтах)
Параллель (широта)	±8 мин. (±10 км в наших широтах)

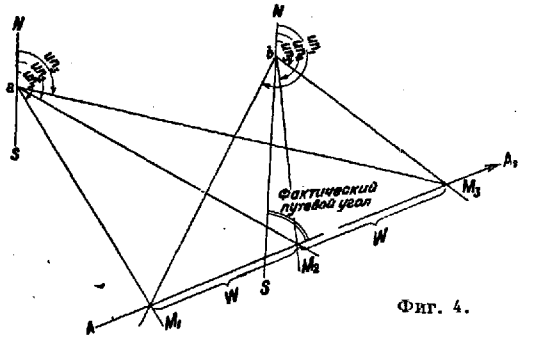
С. во время ночных полетов имеет свои особенности, т. к. базироваться на видимости земных ориентиров (кроме световых точек)—дорог, лесов и даже рек—приходится не всегда. В ясную лунную ночь земная поверхность видна достаточно хорошо как летом, так и зимой. В безлунную же ночь земля не видна летом и очень плохо видна зимой. Характеристика видимости представлена в табл. 3.

В местности, бедной или вовсе не имеющей световых ориентиров (во время войны неприятельская территория), для создания светящихся точек на земной поверхности применяют светящиеся навигационные бомбы, к-рые, упав на землю, дают в течение некоторого времени свет, что позволяет произвести необходимое

Табл. 3.—Характеристика видимости.

Фазы луны и состояние облачности	Видимость в баллах	Видимость земной поверхности с 1 000 м
Ясно (полная луна)	6	Хорошо видны реки, большие проселочные дороги, хорошо отличается лес от пахоты и луга. Удовлетворительно видны ж. д.
Разорванная редкая облачность (при полной луне)	5	Хорошо заметны реки и большие дороги. Удовлетворительно отличима местность. Плохо видны ж. д.
Ясно (три четверти луны)	4	Вполне удовлетворительно заметны реки. Удовлетворительно видны большие дороги. Местность отличима с трудом. Очень плохо видны ж. д.
Разорванная редкая облачность (при трех четвертых луны)	3	Удовлетворительно видны реки, плохо—большие дороги. Ж. д. не видно. Местность отличима с трудом
Сплошная густая облачность (при полной луне)	2	Плохо видны реки, больших дорог не видно, местность не отличима
Безлуние	1	С большим трудом можно отличить водное пространство

измерение. 7) При С. за облаками, при невидимости земли, навигационная служба почти невозможна. Только лишь ряд способов счисления пути и метод астрономич. ориентирования отчасти разрешают задачу С. Полет может происходить над разорванными облаками и над сплошными днем и ночью. При наличии разорванных облаков ведение самолета облегчается наличием окон, через к-рые, видя земную поверхность, можно производить навигационные измерения. Основным методом контролирования пути при полетах над разорванными облаками следует считать способ поверки путевого угла путем измерения угла сноса. Кроме того весьма удобно производить поверку пеленга или измерять дистанцию до ориентира наблюдаемого в окно облака и находящегося в стороне от самолета. При полете в условиях сплошной сблачности, если полет происходит днем, счисление возможно по элементам, измеренным до полета над облаками, контролирование же производится при помощи астрономич. наблюдений. Таким способом м. б. метод при помощи линии Сомнера в направлении, перпендикулярном к направлению на светило. Поэтому при полетах с курсом, близким к E и W, наблюдая солнце на востоке или западе, можно получить долготу места и т. о. получить путевую скорость самолета. Подобный способ можно использовать при полетах в любом направлении, учитывая поворот позиционной линии, вследствие движения солнца. Наблюдая солнце в направлении, перпендикулярном к направлению полета, можно получить позиционную линию, дающую возможность определить с некоторой точностью правильность выполнения пути по направлению. При ночных полетах за облаками ведение самолета значительно облегчается применением способов расчета широты и долготы места по звездам. В больших перелетах очень важно применять способ расчета астрономич. элементов до начала полета. Этот способ значительно ускоряет процесс работы по определению места самолета относительно земной поверхности. Наличие при ночных полетах *аэромаяков* (см.) позволяет проверять местоположение самолета с большой точностью. В последнее время большие успехи достигнуты для целей определения положения места самолета радиопеленгацией (см. *Пеленгатор*). Удачные результаты дали опыты С. при помощи электрич. кабеля, протянутого по земле и создающего электромагнитное поле переменного напряжения, воспринимаемое особым радиоприемником на самолете. Последний метод особенно ценен для С. в условиях посадки на аэродром, закрытый туманом, когда при помощи электрич. кабеля отмечены границы аэродрома. 8) Навигация при полетах над морем может иметь место при С. а) при видимости берегов и б) над открытым морем. Особенностью С. над морем является отсутствие на поверхности моря визированных точек, поэтому вывод самолета на курс и особенно контроль пути над морем значительно усложняются. Во всех полетах при невидимости берегов прокладка пути на карте производится исключительно по прямой, что значительно упрощает навигационные расчеты. При полетах вблизи берегов прокладка пути производится в большинстве случаев визированием береговых объектов, которые м. б. использованы для контроля пути. Контроль пути производится пеленгованием и измерением дистанций и поверкою путевого угла путем измерения угла сноса. Наивыгоднейшим способом пеленгования являются по возможности близкие



Фиг. 4.

друг к другу объекты пеленгования. Вывод самолета на курс следования во всех полетах производится на основании измерений ветра, произведенных над сушей в точке отправления. При этом необходимо иметь в виду отличие береговых ветров от ветров в открытом море. Примером определения местоположения самолета путем пеленгования на два ориентира *a* и *b* может служить следующая схема (фиг. 4), где точка M_1—местоположение самолета в момент пеленгования, M_2—повторное пеленгование, M_3—пеленгование через тот же промежуток времени, что и M_2. Соединив эти точки прямой, имеем фактич. направление путевого угла полета и т. о. имеем возможность проверить правильность выполнения заданного путевого угла. Кроме того, зная время между моментом пеленгования и измерив расстояние по карте между двумя полученными точками, можно рассчитать путевую скорость самолета. Измерение угла сноса над морем производится или с помощью навигационной бомбы, дающей на водяной поверхности визирную точ-

ку в виде зеленого пятна, или приближенно, по гребням волн, при наличии их на поверхности моря. При пользовании навигационной бомбой необходимо учитывать то, что отставание сброшенной бомбы приведет к падению бомбы не на линии пути. Измеренные углы сноса всегда отличаются от действительных углов сноса на тех же курсах. Ошибка уменьшается с увеличением вертикального угла бомбы, т. е. по мере удаления от бомбы (фиг. 5).



Фиг. 5.

Известный успех достигнут по определению высоты полета по наблюдениям отражения радиоволн с передатчика на самолете радиоальтиметрами. Особое значение имеет устойчивость пути самолета и точность пилотажа. В этом направлении широкие опыты поставлены с применением различных жироскопич. приборов (см. *Волчок*) как для целей стабилизации положения самолета, так и его пилотирования (жиро-пилоты).

С. при аэросъемочных работах занимает свое особое место как по применяемым методам и технике, так в особенности по предъявляемым к нему чрезвычайно высоким требованиям. В то время как для обыкновенных перелетов отклонения в несколько *км* не имеют большого значения, при аэросъемке необходимо сохранять расстояние между съемочными маршрутами с точностью нескольких сот *м*. Не менее строги при аэросъемке требования к сохранению заданной высоты полета (3 500—4 500 *м*) с точностью ± 25 *м*. Кроме того при аэросъемке от С. требуется сохранение вертикальности оптич. оси установленного на самолете аэрофотоаппарата. Особые трудности представляет прокладка параллельных маршрутов в районе, где отсутствуют карты, годные для этой цели. Расстояние между маршрутами выдерживается $^1/_2$—3 *км* при крупных и средних масштабах съемки (1 : 2 000—1 : 25 000) и 3—12 *км* при мелкомасштабных съемках.

Лит.: Стерлигов В., Руководство по воздушной навигации, М.—Л., 1930; Спирин И. Т., Воздушная навигация, Москва, 1931; Hilding Bey K., Astronomical Methods in Aerial Navigation, «Reports of the National Advisory Committee for Aeronautics», Wsh., 1928; Dumbleton J. E., Principles a. Practice of Aerial Navigation, L., 1920. **В. Цвет-Колядинский.**

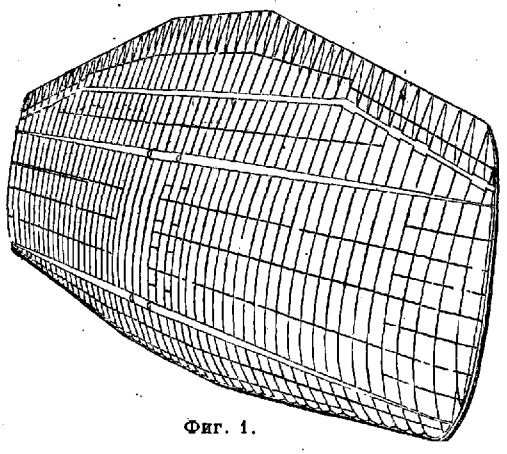
САМОЛЕТОСТРОЕНИЕ, совокупность процессов, связанных с производством и эксплоатацией летательных аппаратов—*аэропланов* (см.), *гидроаэропланов* (см.). Самолеты различаются как по роду *аэродромов* (см.) для взлета и посадки (на морские, сухопутные и амфибии), так и по назначению (на гражданские и военные) и тоннажу (на малые—до 4—5 *т*, средние—до 12—15 *т* и большие—свыше 15 *т* полетного веса). В процессе развития С. за последние годы выявились следующие тенденции. а) Специализация типов самолетов и узкая специализация заданий для отдельных типов как гражданских, так и военных самолетов. б) Увеличение тоннажа современных самолетов, доходящего у гидросамолетов до 52 *т* (ДоХ) и у сухопутных до 30 *т* (Са 90 РВ). в) Повышение мощности и числа моторов: до 7 200 HP при 12 моторах (ДоХ) у гидросамолетов и до 6 000 HP при 6 моторах у сухопутных (Са 90 РВ) самолетов. г) Улучшение аэродинамич. свойств самолетов, а также устойчивости и управляемости как общим улучшением форм самолета, так и принятием мероприятий, уменьшающих лобовое сопротивление частей установки: обтекатели на колеса, безосное и одноподкосное шасси, капоты NACA и кольца Тауненда, убирающиеся шасси, металлич. винты и пр. д) Улучшение удобств для пассажиров и экипажа путем устройства закрытых кабин, применение закрытых башенных установок для стрелков на военных самолетах. е) Преобладание монопланных схем и конструкций из дуралюминия и высококачественных сталей для средних и больших самолетов, а для малых — конструкций смешанного типа из дерева и стали, причем у военных самолетов, особенно у истребителей, наиболее часто применяется бипланная и полуторапланная схемы, сочетающие хорошие аэродинамич. качества и малый вес конструкции с большей маневренностью. ж) Широкое применение тормозных колес, упрощающее руление и сокращающее длины разбега и пробега, и замена костыля хвостовым колесом. з) Применение шасси с масляной амортизацией, дающей мягкую посадку и снижающей перегрузки при посадке, а следовательно вес конструкции самолета. и) Возрастающее применение разного типа разрезных крыльев, увеличивающих безопасность полета. к) Улучшенное оборудование самолетов приборами, радио, прожекторами для ночных посадок, автопилотами для ночных полетов и полетов в облаках.

По специализации своих заданий гражданские самолеты м. б. подразделены на следующие 6 типов. 1) Малые пассажирские самолеты для перевозки небольшого количества пассажиров на ограниченные расстояния местных воздушных линий. Их тоннаж до 1,5 *т*; мощность 100—200 HP; нагрузка 0,4—0,5 *т*. 2) Пассажирские самолеты среднего размера применяются на всех воздушных линиях, не требующих больших нагрузок и особой дальности полета. Экипажа и пассажиров обычно берется 7—9 ч.; тоннаж 3—5 *т*; мощность 300—600 HP; нагрузка 0,90—1,2 *т*. 3) Многомоторные пассажирские самолеты благодаря наличию нескольких моторов обладают большей надежностью и регулярностью полетов и вытесняют постепенно одномоторные самолеты. Они имеют 2—4 мотора мощностью 500—2 200 HP, берут 11—32 чел. и имеют тоннаж 6—15 *т*. Кабины пилота и пассажиров отличаются всеми удобствами. 4) Пассажирские самолеты для международных воздушных линий в настоящее время только вырабатываются как тип. Они покрывают большие расстояния (1 000—2 000 *км*) с очень большой платной нагрузкой, например самолет Ю38 на линии Берлин—Лондон (около 1 000 *км*) берет 6 *т* нагрузки при 22 *т* полетного веса; гидросамолет ДоХ покрывает расстояния 2 000 *км* при платной нагрузке ок. 5 *т* и полетном весе в 50 *т*. 5) Транспортные самолеты появились сравнительно недавно и приспособлены к перевозке емкого большого груза. Они отличаются большой кубатурой своей кабины и устройствами для облегчения погрузки и разгрузки. 6) Почтовые самолеты применяются для быстрой переброски на большие расстояния сравнительно небольших грузов. Остальные гражданские самолеты: для аэрофотосъемки, для борьбы с

вредителями и пр. обычно переделываются из вышеуказанных типов.

Переходя к военным самолетам, нужно отметить, что диференциация их типов еще бо́льшая, чем у гражданских, т. к. военное командование ставит перед ними в настоящее время еще более определенные и узкие задачи. Различаются: истребители одноместные, двухместные, многоместные, дневные и ночные; штурмовики (самолеты для атаки), разведчики, двухместные, трехместные; бомбардировщики легкие и тяжелые; торпедоносцы; гидроразведчики различного тоннажа; школьные и тренировочные самолеты. Из всех указанных типов военных самолетов наибольшее значение, по мнению некоторых военных авторитетов (инж. Дуэ и др.), получили в последние годы самолеты большого тоннажа, к-рые ими квалифицируются как «наступательная» авиация, в то время как более мелкие самолеты отнесены ими к «оборонительной» авиации. Для повышения летных данных военных самолетов на «боевых» высотах в настоящее время широко применяются высотные моторы с *наддувом* (см.), сохраняющие номинальную мощность до боевых высот, обычно до 3 000—5 000 *м*. При разборе схем военных самолетов можно видеть, что у малых самолетов, особенно истребителей, до сих пор в большом применении бипланная или полуторапланная схема, сочетающая хорошие аэродинамические качества, малый вес конструкции крыльев с высокой маневренностью самолета. Самолеты же большого и среднего тоннажа очень часто делают монопланными с подкосами или без них.

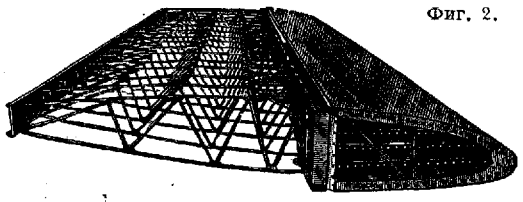
Крылья самолета. Монопланные крылья обычно строятся металлическими, гл. обр. из дуралюминия; из дерева встречаются монопланные крылья для малых самолетов и только Фоккер применял их также и к большим самолетам (фиг. 1). Крыло Фоккера двухлонжеронное и обшивается тонкой фанерой. Металлич. монопланные крылья в последнее время строят иногда однолонжеронными, причем профиль крыла в этом случае



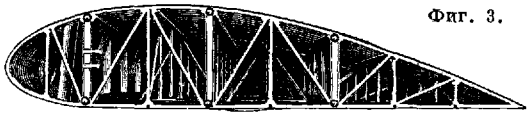
Фиг. 1.

берется с малым перемещением центра давления, а лонжерон располагают на 28—30% средней хорды крыла (фиг. 2). Изгиб крыла воспринимается лонжероном, а на кручение работает также и металлич. зашивка носка крыла, благодаря чему достигается экономия веса. Весьма распространенной является конструкция крыла с тремя лонжеронами и жесткой обшивкой крыла (фиг. 3). Монопланные крылья больших самолетов обыкновенно строят многолонжеронными с жесткой обшивкой; так, крыло самолета Ю38 имеет 6 лонжеронов. Бипланные и полуторапланные коробки крыльев делаются б. ч. из дерева, имеют два лонжерона и обтягиваются полотном целиком или частично, когда напр. носок крыла и нижняя его часть подшиваются тонкой фанерой. Но у ряда военных самолетов, особенно английских, бипланные крылья — металлические, преимущественно из высококачественной стали, при этом обтяжка крыла полотняная. Дуралюминий в настоящее время реже ставят на бипланные крылья вследствие того, что он не дает преимуществ в весе сравнительно с деревом и сталью. Лонжероны монопланных крыльев благодаря наличию обычно толстого профиля делают ферменного типа, клепанными из профилей и листового материала или из труб. Лонжероны бипланных и полуторапланных крыльев, имеющих почти всегда сравнительно тонкий профиль, строят из замкнутых сечений профилированного металла. Деревянные лонжероны делают обычно коробчатого сечения с полками из сосны или спруса и с боковыми стенками из березовой или спрусовой фанеры. Нервюры крыльев толстого

Фиг. 2.



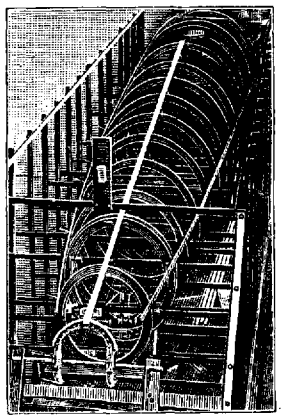
Фиг. 3.



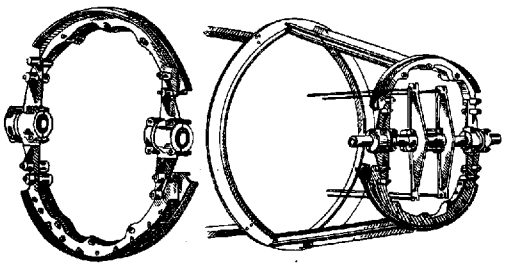
профиля делают ферменной конструкции, как дающие наименьший вес, причем в металлич. самолетах их клепают из тонкостенных труб или же из профилей. Нервюры среднего или тонкого профиля в металлич. конструкциях изготовляют штампованными из листового металла с отбортованными вырезами для облегчения. Деревянные нервюры делают или ферменными из брусков с кницами из фанеры или же с ребром из листовой фанеры и полками из сосны, спруса или липы. Внутренняя расчалка крыльев с жесткой (металлической или фанерной) обшивкой, напр. крыло самолета Стоутфорд или самолета Фоккер Д16, осуществляется самой обшивкой, в то время как при полотняном покрытии она обыкновенно состоит из распорных усиленных нервюр и прутковых растяжек. Наружную расчалку бипланных коробок крыльев в настоящее время делают исключительно из профилированных лент-расчалок обтекаемого сечения. В тех случаях, когда ставятся жесткие подкосы, они бывают из труб обтекаемого сечения.

Фюзеляжи. Наиболее выгодным в аэродинамич. смысле является фюзеляж-монокок, деревянный или металлический, в к-ром жесткая обшивка (из фанеры или листового дуралюминия) целиком работает, в то время как стрингеры и шпангоуты только подкрепляют ее, давая ей местную устойчивость и

жесткость (фиг. 4 и 5). Помимо выгодной аэродинамической формы фюзеляж-монокок дает еще бо́льшую сравнительно с обычным фюзеляжем внутреннюю кубатуру благодаря полному отсутствию поперечных и продольных ферм и расчалок. Близко по указанным выше качествам к монококу подходит тип рамчатого фюзеляжа, набор к-рого состоит из поперечных жестких рам и боковых лонжеронов со стойками и подкосами, зашитыми жесткой, гофрированой и гладкой обшивкой, устойчивость к-рой поддерживается еще дополнительными стрингерами и профилями. Деревянные рамчатые фюзеляжи в настоящее время встречаются очень редко и состоят из поперечных клеенных из фанеры или набранных из брусков с фанерными кницами рам и лонжеронов с раскосами, зашитыми фанерой. Самым употребительным типом фюзеляжа надо считать ферменный тип, где остов набирают в виде пространственной фермы из стержней, соединенных или на заклепках и болтах или же, в случае стержней из труб, сваренных в узлах. Стержни фермы фюзеляжа делают в большинстве случаев из труб высококачественной стали или дуралюминия или же (реже) берут из профилированной стали или дуралюминия, причем в этом случае соединение стержней в узлах делают на болтах или заклепках. В том случае, когда для фермы фюзеляжа берут хромомолибденовые или углеродистые стальные трубы, то соединение в узлах производят сваркой. Обтяжка ферменных фюзеляжей—из полотна, и только в тех местах, к-рые д. б. доступны осмотру, ставят специальные люки из дуралюминия.



Фиг. 4.

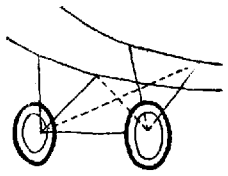


Фиг. 5.

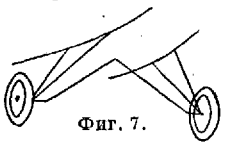
Управление самолетом среднего и большого тоннажа чаще встречается штурвальное. В целях нек-рой экономии веса колонку штурвала делают ординарной, а штурвал—перекидным (фиг. 2, вкл. л.) от первого пилота ко второму, причем передача от штурвала к проводке осуществляется с помощью цепи, а часть штурвала иногда вырезается для лучшего обзора (фиг. 1, вкл. л.). Управление ручкой сохраняется только на самолетах малого тоннажа и на малых военных самолетах (истребителях и разведчиках). Ножное управление делается двойное на больших самолетах и ординарное только на одноместных. Обычно применяют педали, сваренные из труб или клепанные из дуралюминия (напр. у самолета Ю38). Только малые самолеты, и очень редко средние, имеют ножное управление рычажного типа. У современных самолетов ножное управление регулируется под длину ног пилота путем передвигания по длине самолета или поворачивания вокруг поперечной оси. Лодки и поплавки гидросамолетов в настоящее время в подавляющем числе случаев делают из дуралюминия в виду выгодности в весовом отношении; только для малых самолетов применяют иногда дерево и фанеру. В последнее время Англия и США начинают для постройки лодок применять также и нержавеющую высококачественную сталь, не подвергающуюся коррозии. Набор лодки состоит из шпангоутов и водонепроницаемых переборок, килевой балки и ряда продольных стрингеров. Все это зашивается листовым (обычно гладким) дуралюминием. Водонепроницаемыми переборками лодки делятся на несколько отделений для защиты от потопления при пробитии или повреждении обшивки. Особое внимание поэтому также обращается на прочность конструкции и на заделку редана как наиболее нагруженной части днища лодки, подвергающейся ударной нагрузке при посадках на волну (см. *Гидроаэроплан*). Управление большими гидросамолетами сосредоточено в специальных кабинах пилота, напр. в DoX помимо кабины с двойным управлением имеется рубка, где установлены стол с картами, радио и управление моторной группой. Поплавки имеют также набор, состоящий из шпангоутов, водонепроницаемых переборок, киля и стрингеров. Зашивка у металлич. поплавков ведется листовым дуралюминием, в деревянных же—водоупорной фанерой. Шпангоуты дуралюминиевых поплавков делают из профилей или из труб, склепанных в узлах с помощью книц, причем водонепроницаемая переборка зашивается сплошным дуралюминиевым листом. Для удобства эксплоатации крепление поплавков к шасси обычно делают легко и быстро съемным путем устройства особых узлов. Обшивку поплавков в верхней части снабжают люком, по одному в каждом отсеке, для выливания попавшей воды и для осмотра поплавка.

Моторные установки современных самолетов крайне разнообразны, начиная от самых обычных для одномоторных самолетов и кончая целыми центральными силовыми установками на больших самолетах. По типу конструкции моторные установки бывают стержневые из труб, соединенных в узлах на болтах, на заклепках, или же сварные и рамчатые, клепанные из листового дуралюминия и профилей. Наибольшим распространением пользуются моторные установки первого типа из стальных труб, обычно хромомолибденовых или углеродистых, соединенных в узлах на сварке и косынках (фиг. 6, вкл. л.). Соединение стержней в моторных установках на болтах и клепке встречается теперь реже. Рамчатые моторные установки применяются только в дуралюминиевых конструкциях самолетов и клепаются из профилей с обшивкой или даже без нее из плоского или гофрированого дуралюминия. *Радиаторы* (см.) моторов с водяным охлаждением делают сотовыми, из тонкостенных медных или электронных трубок. На малых самолетах их ставят выдвижными, а на средних и больших—стационарными с жалюзи. При постановке таких радиаторов на малых самолетах для

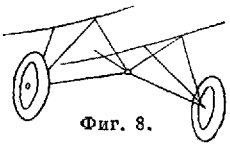
усиления эффективности их часто заключают в особые туннели из листового дуралюминия. На гоночных самолетах применяют плоскостные радиаторы, очень выгодные в аэродинамич. отношении. Моторы воздушного охлаждения для улучшения обтекания и во избежание переохлаждения заключаются в особые капоты с индивидуальными обтекателями на головки цилиндров (фиг. 3, вкл. л.) или же в капоты с особым кольцевым капотиком—«кольцом Тауненда», дающим более значительное (до 25—30%) уменьшение лобового сопротивления сравнительно с предыдущим типом (фиг. 4, вкл. л.). Наименьшее лобовое сопротивление дает капот типа NACA (фиг. 5, вкл. л.), который применяется у гражданских самолетов, для военных же этот тип менее применим вследствие ухудшения обзора пилота. Моторные установки больших самолетов вписывают в крыло, как у самолета Ю38, или же выносят из самолета и крепят под крыло, как у самолетов Рорбах «Роланд» и Фоккер (фиг. 7, вкл. л.). В больших гидросамолетах моторы располагают обычно над крылом, на установках из труб или клепаных профилей и защитых листовым дуралюминием. Такая моторная установка, давая аэродинамические выгоды, кроме того повышает еще мореходность удалением концов лопастей винта от воды.



Фиг. 6.

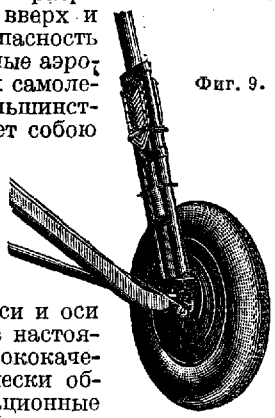


Фиг. 7.



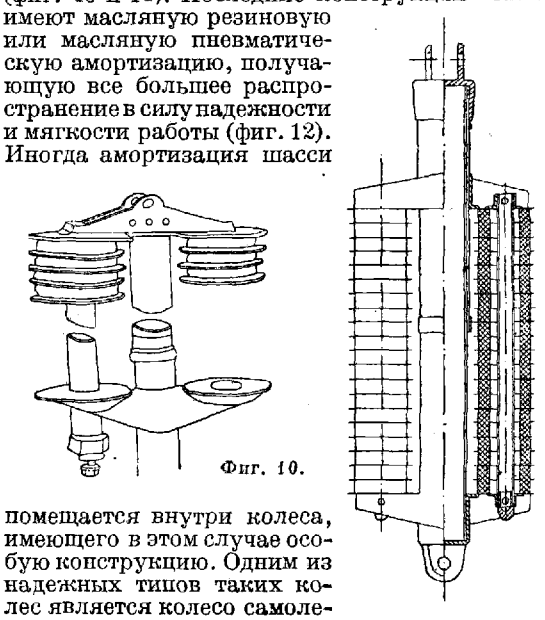
Фиг. 8.

Ш а с с и современных самолетов в связи с увеличением тоннажа и повышением посадочной скорости конструктивно совершенствуется и развивается, переходя от простейшего типа шасси со сплошной осью, встречающейся у малых, преимущественно военных, самолетов (фиг. 6), к шасси с разрезной осью или полуосями, поднятыми вверх и дающими бо́льшую безопасность при посадках на неровные аэродромы. Шасси больших самолетов в подавляющем большинстве случаев представляет собою полуосную схему, раздельно крепящуюся к крыльям непосредственно или к подкосам крыльев, причем последняя схема применяется иногда и у малых самолетов (фиг. 7 и 8). Полуоси и оси шасси обычно делают в настоящее время из труб высококачественной стали, термически обработанными, амортизационные подкосы—из стальных (чаще высококачественных) труб, а задние подкосы—иногда из дуралюминиевых труб.

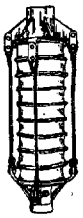


Фиг. 9.

А м о р т и з а ц и я современных самолетов является весьма важным фактором в уменьшении веса самолета, т. к. она дает возможность понизить перегрузки при посадке и тем снизить веса фюзеляжа, шасси и костыля. Применение для этой цели амортизационного шнура теперь встречается очень редко (фиг. 9). Довольно распространенной является амортизация из пластинчатой резины, которая работает на сжатие (фиг. 10 и 11). Последние конструкции шасси имеют масляную резиновую или масляную пневматическую амортизацию, получающую все большее распространение в силу надежности и мягкости работы (фиг. 12). Иногда амортизация шасси помещается внутри колеса, имеющего в этом случае особую конструкцию. Одним из надежных типов таких колес является колесо самолета Брегэ 19, литое из электрона, с амортизацией из резиновых шнуров (фиг. 13). На самолетах большого тоннажа устанавливают колеса большого диаметра (фиг. 8, вкл. л.) или же сдвоенные колеса по типу самолета Ю38 на особой траверсе, литой из электрона (фиг. 10, вкл. л.), или по типу самолета Са 90 РВ, расположенные рядом (фиг. 9, вкл. лист). К о л е с а часто снабжаются тормозами с механич., гидравлич. или пневматич. приводом. Нек-рое распространение получили колеса с пневматиками низкого давления особенно для установки взамен костыля; они хорошо амортизируют и поглощают почти всю энергию удара при посадке без добавочного амортизатора (фиг. 14). Колеса для уменьшения лобового сопротивления снабжают специальными обтекателями хорошей аэродинамич. формы. У а м ф и б и й шасси делают подъемным для возможности посадки на воду. Подъемное (или, вернее, убирающееся) шасси в настоящее время делают для уменьшения лобового сопротивления.

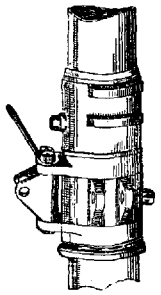


Фиг. 10.



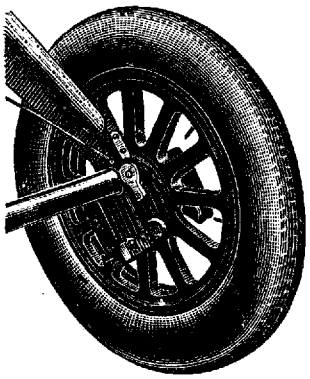
Фиг. 11.

Амортизация костыля, такая же как на шасси, делается обычно из пластинчатой резины, т. к. амортизационный шнур для этой цели в настоящее время редко применяется. Для более мягкой амортизации костыля иногда применяют и масляно-пневматическую амортизацию. Довольно большое распространение, как выше указывалось, получило применение вместо костыля хвостовых колес нормального типа с тормозом, с балло́нами низкого давления или со сплошным резиновым ободом (фиг. 14). Х в о с т о в о е о п е р е н и е современных самолетов, особенно большого тоннажа, иногда делают бипланной схемы, причем конструкция его в этом случае аналогична коп-



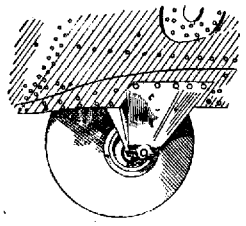
Фиг. 12.

струкции крыла, однако чаще встречается хвостовое оперение монопланного типа, обычно из дуралюминия с обтяжкой или из гофрированного дуралюминия или из полотна.

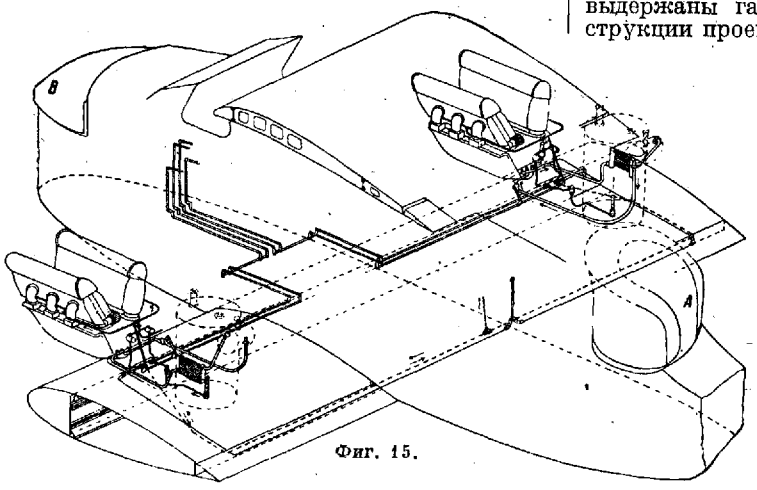


Фиг. 13.

Вооружению военных самолетов отдается весьма большое внимание со стороны конструкторов и строителей. Вооружение стремятся сделать для боя с дальних дистанций и насколько возможно смассировать огонь для достижения большей вероятности попадания во время воздушного боя. На одноместных самолетах (типа истребитель) обыкновенно ставятся 2, реже 4 и как исключение 6 пулеметов, стреляющих синхронно через винт. В США принято из двух установленных пулеметов один иметь крупного калибра—12,7 *мм*, другой же обычного; это позволяет открывать бой с большого расстояния без ущерба для аэродинамики самолета (фиг. 12, вкл. л.). Для наводки на цель самолет обычно снабжается двумя прицелами, кольцевым и оптическим (см. *Прицельные приспособления*). На двухместных самолетах, а также на многоместных, помимо пулеметов, стреляющих через винт, ставятся еще 2 или более пулеметов на кольцевых установках—турелях у наблюдателя, позволяющих обеспечивать максимально возможную сферу обстрела, удобное перемещение и наводку (фиг. 11, вкл. лист). Для защиты хвоста самолета, обычно наиболее слабого места в обстреле самолета,



Фиг. 14.



Фиг. 15.

применяются или опускающиеся из фюзеляжа во время полета вращающиеся башни с сидящим в них стрелком с одним или двумя пулеметами, или же в хвосте делается специальная установка в виде гнезда, но уже не вращающаяся. На средних и тяжелых самолетах почти всегда предусматривается установка артиллерийских орудий малого калибра. В связи с тем, что при скоростях современных самолетов работа на турелях весьма затруднительна из-за задувания и трудности поворота пулеметов, турель с пулеметами и стрелок заключаются в особую башню *A*, позволяющую стрелку свободное маневрирование и наводку пулеметов (фиг. 15). Бомбардировочные самолеты помимо пулеметного вооружения снабжены также бомбами (см. *Авиабомба*), к-рые подвешиваются на наружных держателях самых разнообразных типов (см. *Бомбодержатель*). Для уменьшения лобового сопротивления головки бомб иногда закрываются специальными обтекателями и бомбы размещаются внутри фюзеляжа. Кроме бомб на торпедоносцы подвешиваются торпеды, которые крепятся на специальных держателях на низу фюзеляжа. Для воздушной съемки позиции противника военные самолеты снабжены установкой фотографических аппаратов самых различных типов.

Разработка опытного образцового самолета. Работа по опытному самолету начинается с получения задания, в к-ром излагаются назначение самолета, его нагрузка, требуемые от него летные данные. Первоначально для выявления размерности и характера самолета прорабатывают эскизный проект, в к-ром производится изыскание рациональной размерности и типа самолета, делается общая компановка самолета. Отдельные конструкции его делают в $^1/_5$ н. в. для малых и в $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ н. в. для самолетов большого тоннажа. Далее производят ориентировочный аэродинамич. расчет (см. *Аэродинамика*), подбор органов управления, а также площади хвостового оперения и балансировку самолета (см. *Устойчивость самолета*). Все это сопровождается общим видом самолета в $^1/_{20}$ н. в. для малых и в $^1/_{50}$—$^1/_{100}$ н. в. для больших самолетов, кратким описанием конструкции самолета и пояснительной запиской по всему эскизному проекту. Для более наглядного представления о конструкции общего вида самолета производят постройку макета самолета, где д. б. выдержаны габаритные размеры и тип конструкции проектируемого самолета. После макета производится проработка предварительного проекта самолета и изготовление конструктивных чертежей для постройки самолета. В это же время (а если возможно, то и ранее) строят и продувают в аэродинамической лаборатории модель самолета и профили крыльев для получения данных как для аэродинамич. расчета и устойчивости, так и для расчета прочности. Модели делают наибольшей допускаемой размерами трубы величины, к-рая обычно для малых самолетов составляет $^1/_8$—$^1/_{10}$ н. в., а для больших $^1/_{20}$—$^1/_{25}$ н. в.

Расчет прочности самолета производится после того, как проект самолета настолько уже проработан, что не только размерчость самолета, но и конструкция его в основных чертах выявилась и определилась. Британское Авиационное министерство для расчета прочности самолета требует представления сле-

Табл. 1.—Статические перегрузки, принимаемые в различных случаях нагружения при статических испытаниях.

Группа	Крылья					Нервюры					Горизонт. хвостовое оперение		Вертик. хвост. оперение	Колесное шасси		Поплавковое шасси				Фюзеляж и моторная установка			
	$A_к$	$B_к$	$C_к$	$D_к$	$E_к$	$A_н$	$B_н$	$C_н$	$D_н$	K_1	C_h	K_6	$E_{ш}$	$F_{ш}$	$G_{ш}$	$E_ж$	$I_ж$	$F_ж$	$G_ж$	$E_{фму}$	$H^3_{фму}$	$A_{фму}$	$C_{фму}$	$H_{фму}$
	n	n	f	n	n	n	n	f	n		k	n	n	n	n	n	n	n	n	n	—	n	—	n
12	5	7	2	5		12	7	2	4		2,25	0,6												
11	5,5	6,5	1,9	4,5		11	6,5	1,9	3,75		2,15	0,6												
10	5,5	6	1,8	4,0		10	6	1,8	3,5		2,10	0,6												
9	5	5,5	1,75	3,5		9	5,5	1,75	3,25		2,00	0,6												
8	5	5,0	1,7	3		8	5,0	1,7	3		1,9	0,6												
7	4,5	4,5	1,5	2,5		7	4,5	1,5	2,5		1,7	0,5												
6	4	4	1,4	2		6	4,0	1,4	2		1,5	0,5												
5	3,5	3,25	1,25	—		5	3,25	1,25	—		1,3	0,5												
4	3—3,5	3—3,5	1,25	—		4	3	1,25	—		1,35	0,4												
3	3,5—4	3,5—4	1,25	—		3	3,5—4	1,25	—		1,4	0,4												
2	4—5,5	4—5,5	1,25	—		2	4—5,5	1,25	—		1,5	0,4												
1	5,5	5,5	1,25	—		1	5,5	1,25	—		1,5	0,4												

$n = \frac{v\ пос.}{100}$ (км/ч)
Меньше 0,8 перегрузка не берется, при v пос. $>$ 120 км/ч по спец. указанию

3

$n = 3 + \frac{v\ пос.}{20}$ (км/ч)
Меньше 7 перегрузка не берется, при пос. ск. $v > 120$ км/ч по спец. указанию

$n = 3 + \frac{v\ пос.}{20}$ (км/ч)
Меньше 7 перегрузка не берется, при пос. ск. $v > 120$ км/ч по спец. указанию

$n = \frac{v\ пос.}{20}$ (км/ч)
Меньше 3 перегрузка не берется, при пос. ск. $v > 120$ км/ч по спец. указанию

4

По графикам амортизации. Меньше 5 перегрузка не берется

См. случаи нагружения на вертикальное хвостовое оперение

14	7,5—7	12	7,5—6	10	6	8	4,5	6	3	4	2	2	1
13		11		9		7		5					

См. случаи нагрузки на горизонтальное хвостовое оперение

3 4

$A_к$—Выход из пикирования на угол наибольшей подъемной силы. $B_к$—Выход из пикирования на крутое планирование. $C_к$—Пикирование. $D_к$—Криволинейный полет на спине. $E_к$—Резкая посадка. $A_н$, $B_н$, $C_н$, $D_н$—Нагрузка на нервюры, соответствующая нагрузке крыльев. $E_{ш}$—Посадка на три точки. $G_{ш}$—Передний удар на оба колеса. $F_{ш}$—Боковой удар на оба колеса. $E_ж$—Посадка на корму. $I_ж$—Посадка на нос. $F_ж$—Посадка с креном. $G_ж$—Передний удар на оба поплавка. $E_{фму}$—Посадка на три точки. $C_{фму}$—Нагрузка на горизонтальное хвостовое оперение сверху, соответствующая случаю пикирования. $H^3_{фму}$—Боковая нагрузка на заднюю часть фюзеляжа, соответствующая случаю K_6. $A_{фму}$—Полет с вертикальным ускорением, соответствующий случаю $A_к$. $H_{фму}$—Боковая нагрузка на переднюю часть фюзеляжа и моторную установку.

дующих данных: а) площадь, размах, хорда, расстояние между крыльями, пролет лонжеронов крыльев и хвостового оперения; б) положение и размеры крыльев, хвостового оперения, киля, элеронов, рулей высоты и направления; в) поперечный угол крыльев и вынос верхнего крыла, угол заклинения крыла, угол установки хвостового оперения и угол наклона линии тяги к горизонту; г) линия земли или ватерлиния на стоянке и линия земли с хвостовым оперением, поднятым до летного положения; д) число лопастей и диаметр винта; е) данные о компенсации органов управления. Кроме того требуются еще весовая характеристика, центровка самолета и основные чертежи конструкции (крыльев, фюзеляжа, хвостового оперения, шасси, моторной установки и управления), достаточно освещающие конструкцию. Согласно советским нормам прочности самолетов различают два класса самолетов: I—гражданских и II—военных. Каждый класс подразделяется на группы, причем гражданские самолеты имеют 4 группы в зависимости от полетного веса. Подобное подразделение в той или иной модификации принято в различных европейских странах и США. Т. к. весь расчет прочности самолета ведется по разрушающим напряжениям, то и коэф-ты перегрузок различных частей самолетов берутся в нормах прочности для разрушающих нагрузок или для статич. испытаний. Предполагается, что коэф. совершенства расчета равен 1,0, и поэтому эти же коэфициенты перегрузок принимаются за расчетные. Каждый класс и каждая группа самолетов имеют свои коэфициенты перегрузок. Нормы перегрузки, установленные во Франции, Италии и США, примерно соответствуют нормам, изложенным в табл. 1 для различных типов самолетов.

К р ы л ь я. Согласно нормам прочности крылья рассчитываются на 4 случая нагрузки. С л у ч а й $A_к$—выход из пикирования на угол первой максимальной подъемной силы. *Крыло моноплана или коробка крыльев биплана* рассматривается в положении первого $C_{y\ max}$. Центр давления, угол атаки и наклон равнодействующей определяются из продувки или же из соответствующего аэродинамич. расчета, предпочтительно по методу Трефца. В нижеследующей табл. 2 приведены положения центра давления случая $A_к$ для распространенных профилей крыла по английским данным 1931 г.

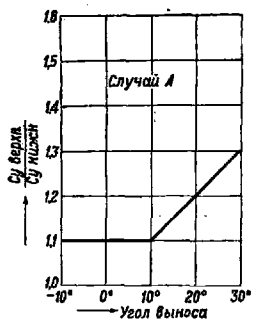
Табл. 2.—Положение центра давления крыла для случая $A_к$.

Профиль крыла	Моноплан	Биплан	$C_{y\ max}$ *
RAF 15	0,280	0,263	0,530
RAF 30	0,240	0,220	0,600
RAF 32	0,330	0,302	0,660
RAF 34	0,250	0,223	0,620
Clark Y	0,280	0,250	—
Clark YH	0,261	0,231	—
Гёттинген 387	0,320	—	—
Гёттинген 436	0,305	0,275	—
M 12	0,250	0,220	—
M 6	0,220	0,191	—

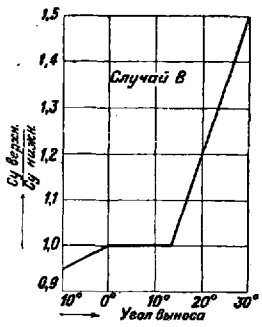
* Для биплана при полном Рейнольдсовом числе.

Для всех крыльев должны строиться кривые распределения нагрузки по размаху, по продувке или же по теории *индуктивного сопротивления* (см.). При отсутствии продувок для

крыльев одинакового профиля и угла установки по размаху нормы допускают упрощения и дают конкретные графики распределения нагрузки (фиг. 16). Распределение нагрузок между верхним и нижним крыльями в случае бипланной коробки согласно нормам производится



Фиг. 16.



Фиг. 17.

по данным специальной продувки модели коробки крыльев или же по указанному выше аэродинамич. расчету. В русских нормах дается для нормальной бипланной коробки график распределения нагрузок.

Случай $B_к$—выход из пикирования на крутое планирование. Положение центра давления и наклон равнодействующей получаются из продувки или из аэродинамич. расчета для угла атаки, при к-ром коэф. подъемной силы C_y составит 0,2 от $C_{y\,max}$, соответствующего случаю $A_к$. При этом, если центр давления находится в первой половине хорды, равнодействующая прикладывается на середину хорды. Распределение нагрузки по размаху берется по продувке или же по аэродинамич. расчету. Как и в случае $A_к$, нормы допускают упрощения и дают конкретные графики их. Распределение между верхним и нижним крыльями нагрузок принимается по продувке или аэродинамич. расчету. Только для чистого биплана нормы дают график этого распределения (фиг. 17).

Случай $C_к$—пикирование. В этом случае принимается, что подъемная сила равна нулю. Крылья испытывают нагрузку, дающую скручивающий их момент, и лобовую нагрузку. Скручивающий момент вычисляется по ф-ле

$$M = f\frac{C_m}{C_{xc}+C_{xв}}\cdot G\cdot t$$

и лобовое сопротивление по ф-ле

$$X = f\frac{C_{xкр.}}{C_{xc}+C_{xв.}}\cdot G,$$

где f—коэф. безопасности по нормам, C_m—коэф. момента крыльев, $C_{xкр.}$—коэфициент лобового сопротивления крыльев, C_{xc}—коэфициент лобового сопротивления самолета, $C_{xв}$—коэфициент лобового сопротивления винта, G—полетный вес самолета, t—средняя хорда продувки. Коэфициенты C_m и $C_{xкр.}$ обыкновенно берут из продувки или из аэродинамического расчета для угла атаки, при к-ром $C_y=0$. Коэфициент C_{xc} включает в себя коэфициенты сопротивления всех частей самолета кроме винта. Коэф. сопротивления винта $C_{xв}$, отнесенный к площади крыльев, определяется по ф-ле

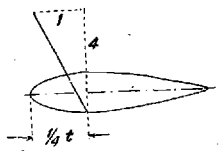
$$C_{xв} = C_p\frac{F}{S}\cdot a;$$

$F=\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)$ — ометаемая винтом площадь; D—диаметр винта; d—диам. втулки или кока; S — площадь крыльев; $a = z\frac{b_{ср.}}{D}$ — средняя относительная ширина лопасти и винта; z—число лопастей; $b_{ср.}$—отношение развернутой поверхности лопасти к радиусу; C_p—коэф. отрицательной тяги винта, вычисляемый по ф-ле

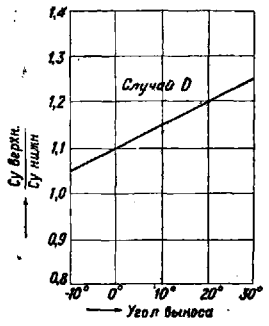
$$C_p = 0{,}26 + 0{,}2\,(0{,}9 - h),$$

где $h=\frac{H}{D}$ — относительный шаг винта. Если винт переменного шага, то он берется на радиусе R=0,35 D. По размаху нагрузка распределяется пропорционально хорде. Распределение нагрузки между крыльями берется пропорционально площадям крыльев.

Случай $D_к$—криволинейный полет на спине. Положение и направление равнодействующей определяются из продувки при первом наименьшем значении коэф-та подъемной силы C_y. Если этот коэф. меньше ($-0{,}3\,C_{y\,max}$) случая $A_к$, то данные берутся для коэфициента C_y= 0,3 $C_{y\,max}$ случая $A_к$. При невозможности иметь продувку для случая $D_к$, равнодействующую берут на $^1/_4$ хорды от передней кромки крыла (фиг. 18). Распределение нагрузки по размаху одинаково со случаем $B_к$. Распределение нагрузки между крыльями бипланной коробки берется по продувкам или по аэродинамич. расчету. В случае чистого биплана пользуются графиком, взятым из норм прочности (фиг. 19).

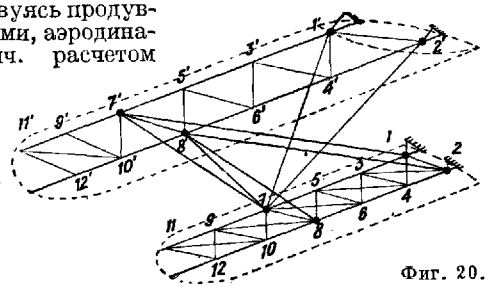


Фиг. 18.



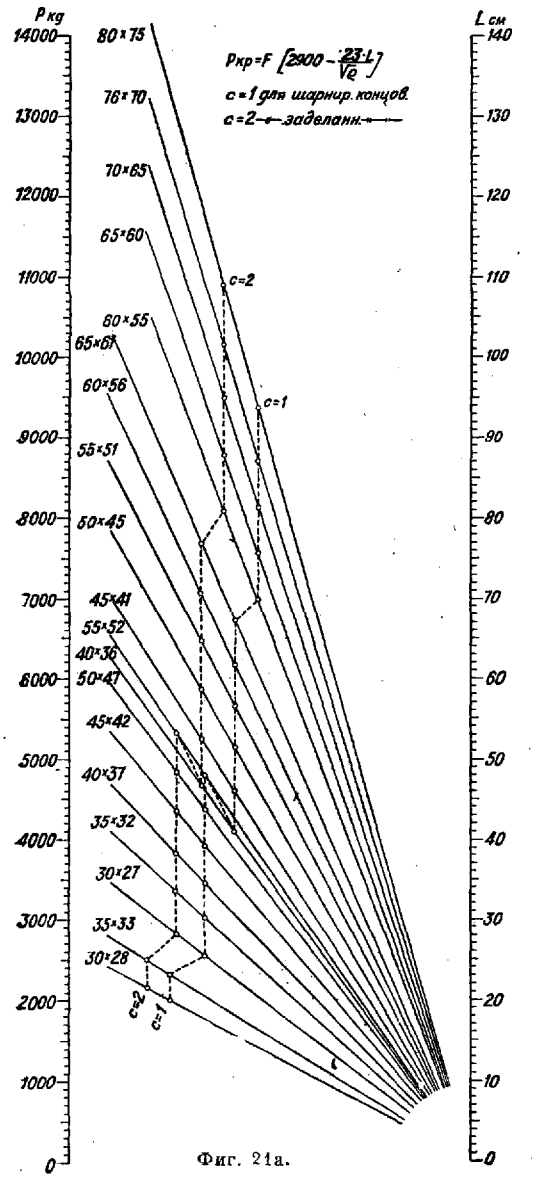
Фиг. 19.

Случай $E_к$—резкая посадка. В этом случае крылья испытывают нагрузку, кратную собственному весу и агрегатам в крыльях. Распределение по размаху соответствует действительному распределению весов крыла и агрегатов. Начиная расчет крыла, прежде всего определяют расчетную нагрузку на него для данного случая; для этого берут полетный вес самолета, уменьшают его на вес крыльев, т. к. собственный вес крыльев в летных случаях разгружает крылья, и умножают на перегрузку данного случая, взятую по нормам. Руководствуясь продувками, аэродинамич. расчетом или же—в случае чистого биплана—графиками, приведенными в нормах, распределяют найденную расчетную нагрузку сначала между крыльями, а затем и по размаху крыла, учитывая при этом соответствующие указания норм, приведенные выше. Т. к. полученная нагрузка косая, то ее разлагают на нормальную к хорде крыла и на тангентную по хорде, строят рас-



Фиг. 20.

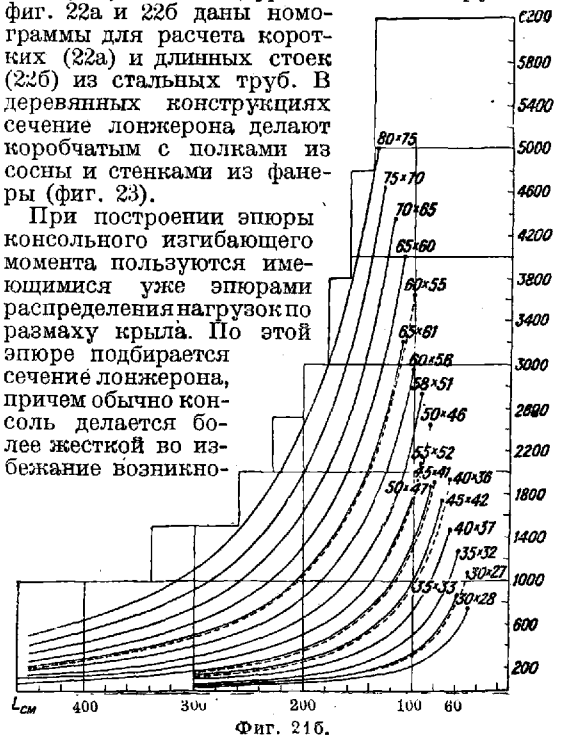
пределения нагрузок по размаху крыльев и находят узловые нагрузки, к-рые сводят в особую таблицу. Обычно бипланные коробки крыль-



Фиг. 21а.

ев статически неопределимы, за исключением случая, когда несущая и обратная расчалки находятся в одной плоскости. Поэтому при решении обычно методом Максвелла и Мора приходится выбрасывать лишний стержень. За лишний стержень проще всего принимать диагональную стойку 7—8′ (фиг. 20). Выбросив его, рассчитывают пространственную ферму коробки крыльев целиком или же разбивают ее на две вертикальные фермы и две горизонтальные и находят усилия в стержнях фермы без лишнего стержня. Подставив далее вместо лишнего стержня единичную силу (обычно ± 1 000 *кг*) и рассчитав, как указано выше, снова ферму коробки крыльев, получают усилия в стержнях фермы для второго состояния. После этого составляют таблицу для решения статич. неопределенности, причем во внимание берут только стержни наружной и внутренней расчалок, т. к. жесткость остальных стержней фермы значительно более. Решив ур-ия, находят усилия в лишнем стержне 7—8′, а затем и действительные усилия в стержнях фермы коробки крыльев. Расчетное усилие в стержнях фермы обычно определяют с учетом не полной разгрузки от лишнего стержня, а с коэф-том 1,25, когда эта разгрузка догружает стержень, и 0,75, когда она разгружает. Делается это для страховки от возможных неточностей расчета. Составив таблицу расчетных усилий в стержнях фермы, подбирают сечение их, пользуясь для этой цели приведенными выше нормированными коэф-тами прочности. В тех случаях, когда ставятся параллельно два стержня (двойная расчалка), расчетное усилие каждого стержня берут равным $^2/_3$ полного расчетного усилия, учитывая этим неравномерность загрузки стержня в работе. При подборе сечений проволочных расчалок внутри крыла необходимо кроме того учесть коэф. заделки C концов их, к-рый в среднем принимают (найденный опытным путем) равным 0,70. Стойки коробки крыльев, обычно трубчатые, обтекаемого сечения, подбирают по специальным номограммам на продольный изгиб (фиг. 21 и 22), причем коэф. заделки для них берется $C=1,0$, т. к. концы их закреплены шарнирно в узлах. Распорки внутри крыльев в тех случаях, когда они делаются из труб, подбираются по специальным номограммам на продольный изгиб круглых труб. Подобрав внутреннюю и внешнюю расчалки, стойки и распорки, переходят к подбору сечения лонжеронов, при этом подбор сечения начинают с консоли лонжерона. На фиг. 21а и 21б изображены номограммы для расчета коротких (21а) и длинных (21б) стоек из дуралюминиевых труб. На фиг. 22а и 22б даны номограммы для расчета коротких (22а) и длинных стоек (22б) из стальных труб. В деревянных конструкциях сечение лонжерона делают коробчатым с полками из сосны и стенками из фанеры (фиг. 23).

При построении эпюры консольного изгибающего момента пользуются имеющимися уже эпюрами распределения нагрузок по размаху крыла. По этой эпюре подбирается сечение лонжерона, причем обычно консоль делается более жесткой во избежание возникно-



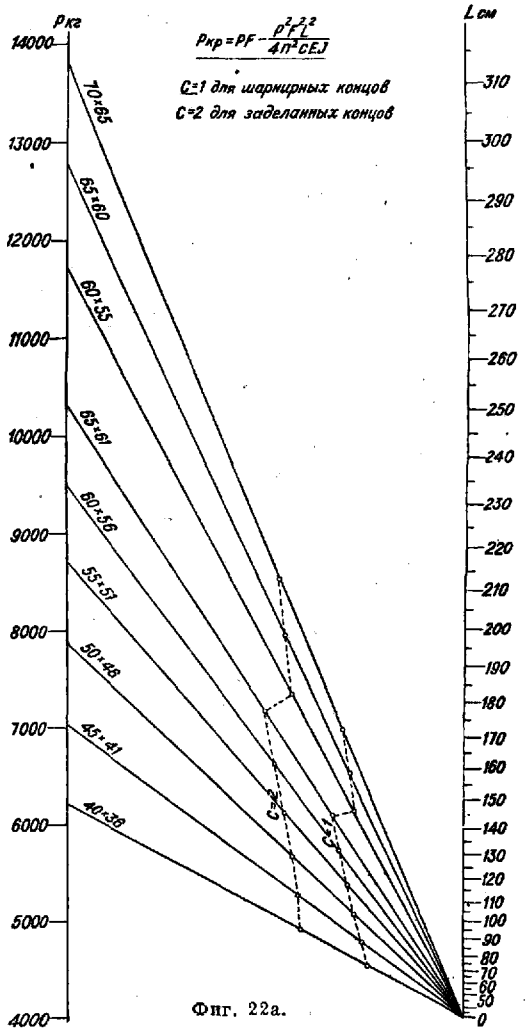
Фиг. 21б.

вения вибраций концов крыльев. Это достигается тем, что допускаемое напряжение на изгиб для сосны берется не 600, а 550—530 *кг/см*^{2}.

Кроме того при подсчете момента сопротивления сечения фанерные стенки не принимаются во внимание. Нижняя полка лонжерона, работающая в определяющих случаях на растяжение, только в случаях $C_к$, $D_к$ и $E_к$ работает на сжатие. Вследствие этого ее можно делать более тонкой, чем верхнюю полку, обычно 60—70% толщины верхней полки. Найдя обычным путем нормальное напряжение в полках, делят на него допускаемое напряжение и находят коэф. запаса в полках. Допускаемое напряжение для сосны вычислено по ф-ле, приведенной у Niles'a:

$$\sigma_д = 400 + (600\,\Phi - 400)\,\frac{\sigma_{изл.}}{\sigma_{сумм.}},$$

где Φ—коэф. формы, взятый по прилагаемому ниже графику; $\sigma_{сумм.}$—напряжения в полке от



Фиг. 22а.

изгиба поперечными силами и сжатие от продольной силы (фиг. 24). Для консоли $\sigma_{доп.}$ по предыдущему будет равно

$$\sigma_{доп.} = 400 + (550\,\Phi - 400) = 550\,\Phi.$$

Фанера боковых стенок лонжерона проверяется на скалывание от перерезывающих сил по обычной ф-ле

$$T = \frac{Q \cdot S}{J \cdot 2\delta},$$

где S и J берутся с учетом фанеры. Напряжения на скалывание фанерных стенок лонжерона, имеющих направление слоев фанеры под углом в 45° к направлению усилий, берут не свыше 130—150 *кг/см²*. Эту поверку желательно провести в сечениях по болтам внутренней расчалки. Подобрав сечение консоли лонжеронов, переходят к подбору сечений пролетной части их. Т. к. в пролете действуют по лонжеронам осевые силы, величина к-рых переменна по панелям внутренней расчалки, то прежде всего находят среднюю сжимающую осевую силу в пролете, на нее и ведут в дальнейшем расчет. Строят эпюру изгибающего момента в пролете от поперечных нагрузок. К нему добавляют или вычитают, смотря по знаку, мо-

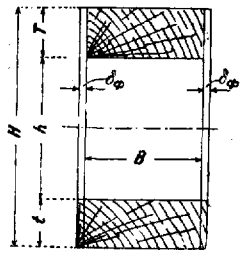


Фиг. 22б.

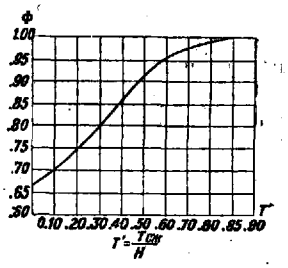
мент, изгибающий от эксцентриситета крепления лонжерона в узлах:

$$M_э = P_ф \cdot Э,$$

где $P_ф$—осевая сила, а $Э$—величина эксцентриситета. Строят суммарную эпюру этих двух изгибающих моментов. Обычно масштаб длин при этом берется $\lambda = {}^1/_{20}$ или ${}^1/_{10}$ н. в., а масштаб момента 200 *кг/см* в 1 *мм*. Практика работы в США показывает целесообразность просчета с уменьшенным консольным моментом до 20% для большей жесткости пролета, особенно при несимметричных нагрузках коробки крыльев. Имеющийся суммарный момент изгибающий д. б. исправлен на сжатие лонжеронов осевой силой. Это делают или аналитич. путем по формулам, приведенным в руководстве Niles'a «Aeroplane Design» или же графически — методом



Фиг. 23.



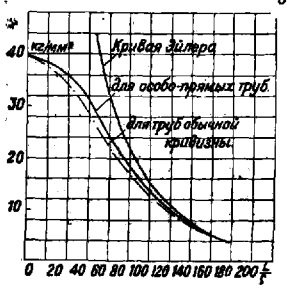
Фиг. 24.

Miss Hough или же методом «кругов Ченцова». Пользуясь этими методами, находят дополнительный момент изгибающий от действия осевой силы, а отсюда и суммарный в пролете, по

к-рому проверяют принятое для расчета сечение лонжерона. Для этой цели находят нормальные напряжения в полках лонжерона от изгиба $\sigma_{изг.}$, затем нормальные напряжения от осевой силы $\sigma_{сж.}$ и, суммируя их, получают $\sigma_{сумм.}$. Взяв по графику коэф. формы сечения лонжерона, находят допускаемое напряжение по ф-ле:

$$\sigma_{доп.} = 400 + (600\,\Phi - 400)\,\frac{\sigma_{изг.}}{\sigma_{сумм.}}.$$

Деля допускаемое напряжение на $\sigma_{сумм.}$, получают запас прочности в данном сечении. Поверка сечения фанеры на срез производится, как ранее было указано. В том случае, когда лонжероны крыльев не деревянные, а дюралюминиевые или же стальные, в указанном выше методе берутся напряжения, допускаемые для данного металла и для данной формы сечения. Форма сечения определяет допускаемое напряжение на продольное сжатие. Дать общие указания в этом случае очень трудно, поэтому обычно их находят из статических испытаний образца лонжерона данного пролета. Однако можно указать, что закрытое сечение дюралюминиевого лонжерона с толщиною стенки, не меньшей, чем $\delta \geqslant \frac{B}{30}$, где B—свободная ширина полки, имеет допускаемое напряжение 2 000—2 500 *кг/см²*. Трубчатые сечения лонжеронов с отношением $\frac{D}{\delta} \geqslant 30 \div 35$ имеют допускаемое напряжение 2700—3000 *кг/см²* (фиг. 25 и 26). На фиг. 25 изображен график для расчета лонжерона из дюралюминиевых труб, на фиг. 26—из стальных труб. Во всем остальном подбор сечения металлич. лонжерона остается одинаковым с таковым же для деревянного.

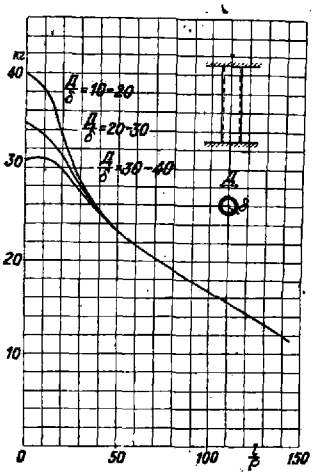


Фиг. 25.

Элероны. Нормы дают для расчета элеронов ф-лу, определяющую среднюю разрушающую нагрузку:

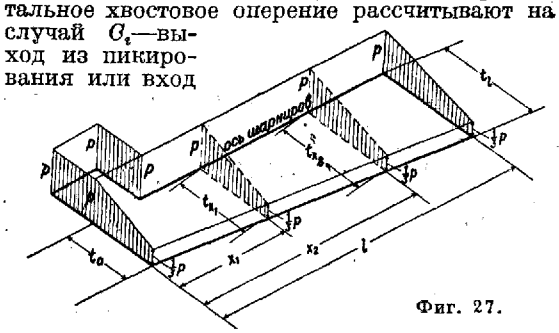
$$P_{ср.} = 0{,}0525 v_{max}^2;$$

здесь v_{max} — максимальная горизонтальная скорость у земли для высотного мотора конечно на номинальной мощности. Максимальное значение $P_{ср.} \geqslant 125$ *кг/м²*. Распределение нагрузки по размаху и по хорде элерона, а также по балансирной части его берут по графику норм (фиг. 27). Среднюю расчетную нагрузку на элерон сравнивают с таковой же крыла в данном месте и, если она менее, то нагрузку на элерон берут по крылу. По эпюре нагрузки определяют нагрузку по нервюрам элерона, реакцию в опорах и моменты, изгибающий и крутящий, элерона, по к-рым и подбирают сечения лонжерона, нервюр и стрингеров элерона.



Фиг. 26.

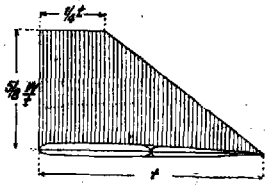
Хвостовое оперение. Горизонтальное хвостовое оперение рассчитывают на случай C_t—выход из пикирования или вход в него. Статическая нагрузка в этом случае определяется по следующей формуле



Фиг. 27.

$$P = k \cdot \frac{C'_m}{C_{xc}+C_{xв}} \cdot G \cdot \frac{t_{ср.}}{l},$$

где k—коэф. безопасности по нормам; l—расстояние от ц. т. до центра давления оперения; C'_m—коэф. момента всего самолета без хвостового оперения, определяемый из продувки модели или, в случае отсутствия ее, из случая $C_к$—крыльев. Распределение нагрузки по хорде берется по графику норм (фиг. 28). Нагрузка по размаху распределяется пропорционально хорде. На компенсаторах величина нагрузки одинакова с нагрузкой на шарнире. Нагрузка, определенная по приведенной выше ф-ле случая C_t, проверяется еще на случай K_t по следующей ф-ле


Фиг. 28.

$$P = 2\varrho \cdot C_h \cdot S_{гх}(1{,}4 \cdot v_{пос.})^2,$$

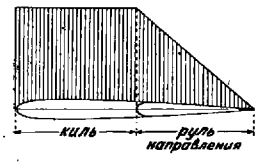
где ϱ—плотность воздуха берется равной $^1/_8$, $S_{гх}$—площадь горизонтального оперения, $v_{пос.}$—посадочная скорость в *м/сек*, C_h—коэф. подъемной силы берется по нормам. Эту нагрузку оперение должно выдержать как сверху, так и снизу. Для расчета берется наибольшая из двух указанных случаев нагрузка. Как и при расчете элерона, строят эпюры нагрузки по нервюрам оперения, по ним определяют узловые нагрузки на лонжероны стабилизатора и руля высоты. По узловым нагрузкам находят изгибающие моменты для лонжеронов стабилизатора, а по ним подбирают сечения лонжеронов. Конструктивно получают обыкновенно сечения лонжеронов бо́льшие, чем по расчету, а напряжения в них—меньшие допускаемых. Это полезно делать потому, что стабилизатор получается более жесткий и стойкий против вибраций. Нервюры стабилизатора б. ч. берутся из конструктивных соображений и потому заведомо прочными. Если стабилизатор имеет расчалку или подкосы, то сечение их подбирается обычным порядком. Лонжерон руля высоты кроме момента изгибающего испытывает еще момент кручения из-за несовпадения центра нагрузки с осью его. Момент крутящий находят из эпюры нагрузок на нервюры. Сечение лонжерона руля высоты подбирают, исходя из этих двух моментов. В расчетах руля высоты самолетов большого тоннажа учитывают также влияние прогиба лон-

жеронов стабилизатора на изгиб лонжерона руля высоты. Для этой цели за лишнее неизвестное берут величину прогиба, составляют ур-ие статич. неопределимости и находят уточненное значение момента, изгибающего лонжерон руля высоты, с учетом прогиба лонжеронов стабилизатора.

Вертикальное хвостовое оперение: случай $K_{вх}$. Статич. нагрузка вычисляется по ф-ле

$$P = 2\varrho \cdot C_h \cdot S_{вх}(1{,}4\, v_{пос.})^2;$$

обозначения те же, что и у горизонтального оперения; $S_{вх}$—площадь вертикального оперения. Нагрузка распределяется по хорде согласно графику, приведенному на фиг. 29. Нагрузка по размаху распределяется пропорционально хорде. На компенсаторах нагрузка в каждой точке равна нагрузке по оси шарниров. Расчет ведется так же, как и в случае горизонтального оперения. Размеры сечения лонжеронов киля и руля направления в большинстве случаев задаются из конструктивных соображений и только поверяются на изгиб и кручение. Необходимо определять как для рулей высоты, так и для руля направления угол закручивания. По германским нормам прочности угол закручивания рулей и элеронов при половинной статической нагрузке не должен превышать амплитуду отклонения более, чем на 7,5%.

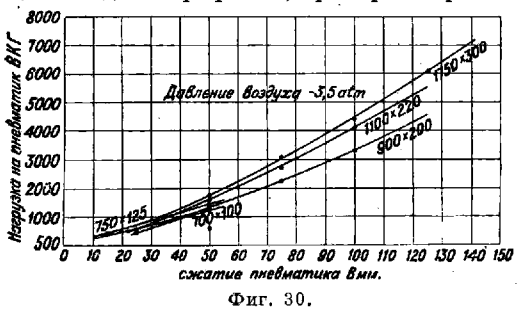


Фиг. 29.

Шасси. При расчете перегрузок шасси исходят из мощности амортизации его, вследствие чего сначала подбирают амортизацию. Согласно нормам амортизация шасси (включая и пневматики) должна при полном ходе оси поглотить работу A:

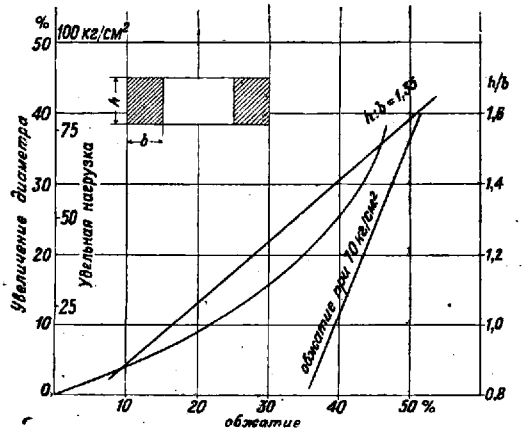
$$A = 0{,}0075\, M v_{пос.}^2,$$

где M—масса самолета; $v_{пос.}$—посадочная скорость в *м/сек*. При нормально предварительной затяжке амортизация должна начать работать при действии на нее усилий, бо́льших, чем при стоянке. При замене пневматиков на лыжи амортизация остается одна и та же. Из центровки самолета берут вес самолета, приходящийся на колесо, а по нем определяют массу самолета, действующую на колесо при посадке. Вычисляют по массе самолета работу A, к-рая д. б. поглощена амортизацией шасси. Работа, поглощаемая пневматиком, берется или по статич. испытаниям пневматика или же по соответствующим сводным графикам, примером к-рых может служить график колес Пальмера (фиг. 30). Эта работа вычитается из найденной ранее полной работы A, а остаток A_0 д. б. поглощен полностью амортизацией шасси. Предварительную



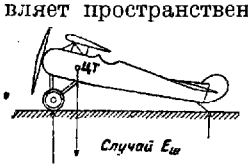
Фиг. 30.

затяжку берут обычно равной 1,10 усилия по амортизации на стоянке. По предварительной затяжке определяют потребную площадь пластины резины, для чего берут удельное давление на резину 16—18 *кг/см*², учитывая износ таковой при эксплоатации. По графику отдельных нагрузок (фиг. 31) подбирают количество пластин

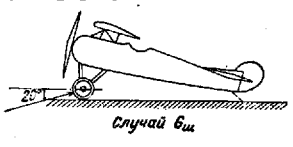


Фиг. 31.

резины, необходимых для поглощения работы A_0, причем принимают коэф. перегрузки при посадке обычно равным $n = 5{,}0$. Необходимо учитывать коэф. формы резины, для чего надо каждый раз перестраивать график удельных нагрузок резины, если отношение $\frac{h}{в} \neq 1{,}35$. Для этого пользуются наклонной кривой сжатия при 70 *кг/см*² при переменном $\frac{h}{в}$. Расчет масляной амортизации более сложен и поэтому здесь не приводится. Когда амортизация шасси подобрана, ход оси колес определен, строят эпюру кинематики шасси при посадке и полном сжатии амортизации. Т. к. шасси представляет пространственную ферму, то ее можно



Фиг. 32.



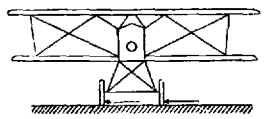
Фиг. 33.

решать графически и аналитически обычными методами на следующие случаи. Случай $E_ш$—посадка на три точки. Перегрузка берется согласно подобранной амортизации, но не менее 5,0. Шасси проверяется на посадку и две точки (колесо и костыль), перегрузка при этом берется равной $\frac{n}{2}$ случая посадки на три точки. Ферма шасси решается со сжатой амортизацией (фиг. 32). Случай $G_ш$—передний удар на оба колеса. Самолет находится в положении стоянки на земле. Сила удара проходит через ось колес шасси и направлена спереди и снизу под углом 20° к горизонту. Шасси также проверяется на передний удар на одно колесо в том же положении, перегрузка при этом берется равной половине случая $G_ш$ (фиг. 33). Случай $F_ш$—боковой удар на оба колеса. Сила прикладывается к ободам колес. Перегрузка берется по ф-ле

$$n = \frac{v_{пос.}}{100},$$

причем $v_{пос}$ в *км/ч*. Перегрузка менее 0,8 не бе-

рется. Шасси проверяется на случаи бокового удара на одно колесо, перегрузка берется равной $\frac{n}{2}$ (фиг. 34). Решив ферму шасси на все 6 случаев, находят усилия в стержнях шасси и моменты, изгибающие ось или полуоси шасси, и все это сводят в таблицу. В этой таблице определяют расчетные усилия, на которые подбирают сечение стержней шасси по графикам и по ф-лам Эйлера и Джонсона для продольного изгиба. В случае тормозного шасси при решении фермы шасси к оси прикладывают тормозной момент, вызывающий обычно изгибающие и скручивающие моменты в стержнях шасси. Т. к. методика расчета в этом случае сильно меняется с конструкцией и схемой шасси, то она здесь не приводится.



Фиг. 34.

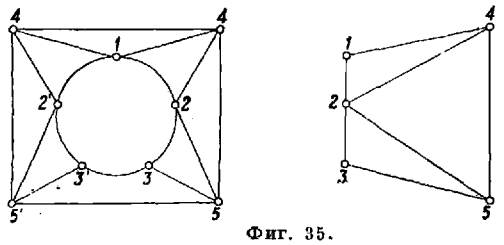
Фюзеляж рассчитывают на следующие случаи. Случай $E_{фму}$—посадка на три точки. Нагрузка приложена к колесам шасси и костылю и равна $P=n \cdot G$, где перегрузка n берется из случая $E_ш$ шасси. Случай $C_{фму}$—случай пикирования. Нагрузку прикладывают к горизонтальному оперению и берут по нормам для горизонтального оперения. Рассчитывают только хвостовую часть фюзеляжа, принимаемого защемленным в месте крепления крыльев. Случай $H^з_{фму}$—боковая нагрузка на хвостовую часть фюзеляжа. Берут нагрузку на вертикальное оперение на случай $K_в$. Случай $A_{фму}$—полет с вертикальным ускорением, соответствующим случаю $A_к$. Нагружают только переднюю часть фюзеляжа и моторную установку нагрузкой по ф-ле

$$P = n_0 \cdot G_{пф},$$

где $G_{пф}$—вес передней части самолета и мотора с моторной установкой и оборудованием, n_0—коэфициент перегрузки по нормам. Случай $H_{фму}$—боковая нагрузка на переднюю часть фюзеляжа и моторную установку. Нагрузка берется по ф-ле

$$P = n \cdot G_{пф},$$

где n—коэф. перегрузки по нормам для этого случая. Типы и конструкции моторных установок весьма разнообразны, поэтому здесь можно только указать общие приемы решения ферм, наиболее часто встречающихся. Прежде всего вычисляется нагрузка на моторную установку, для чего все грузы, опирающиеся целиком или частью на моторную установку (мотор, винт, капот, моторная рама, патрубки выхлопа, стартер, трубопроводы и пр.), приводятся к равнодействующей силе с координированием этой силы по отношению к точкам опоры. Решение пространственной фермы моторной установки производят или графически или, что проще, аналитически. Обычно моторная установка имеет лишние стержни, вследствие чего необходимо решать ферму как статически неопределимую систему (фиг. 35). В указанном примере моторной установки для мотора воздушного охлаждения за лишний стержень обычно берется стержень *3—5*, как мало нагруженный и отсутствие к-рого не влечет нарушения, геометрич. устойчивости моторной установки. Приложив нагрузку, как выше было указано, и найдя реакции опор, решают узел *4*, затем узел *5* без лишнего стержня *3—5*. Затем задаются силой $e \pm 1\,000$ *кг* и, подставив ее вместо лишнего стержня, решают способом статич. неопределимости. Расчетные усилия необходимо определять с учетом разгрузки от лишнего стержня с коэф-том 0,75 и при догрузке с коэфициентом 1,25. По полученным расчетным усилиям подбор сечения стержней производят по нормалям и графикам, как обычно. При этом коэф. заделки стержней сваркой моторной установки берут для большей жесткости против вибрации равным $C=1{,}0$. Решения других моторных установок м. б. сложнее или проще в зависимости от количества стержней и комбинации их, но ход расчета остается тот же. Хвостовая часть фюзеляжа в случае сварной и клепаной стержневой конструкции рассчитывается обычно при симметричных нагрузках весьма просто графич. или аналитич. методом. Из центровки самолета находят распределение весов по узлам фермы, учитываемое так же, как разгружающие грузы при определении усилия в



Фиг. 35.

стержнях фермы. В случае $H^з_{фму}$ обычно приходится решать статич. неопределимость, связанную с распределением крутящего момента между горизонтальными и вертикальными панелями фермы фюзеляжа. Крутящий момент распределяется при помощи ряда поперечных рам или расчаленных поперечных панелей фюзеляжа. Т. к. благодаря этому получается многократная статич. неопределимость, усложняющая расчет, то ограничиваются обычно одной поперечной рамой, ближайшей к хвосту самолета. Решения статич. неопределимости производят общепринятым методом; расчетные усилия определяют по предыдущему с коэф-тами 0,75 и 1,25. Подбор сечений стержней, расчалок и лент производят по соответствующим нормалям и графикам. Обыкновенно для сварных фюзеляжей коэф. заделки стержней лонжеронов принимают равным $C=2{,}0$, в то время как для стоек, поперечин и раскосов $C=1{,}0$. В случае фюзеляжа типа монокок или рамчатого фюзеляжа, обшитого фанерой или листовым металлом, фюзеляж рассматривают как полую балку, причем сечение ее проверяют по моментным кривым, эпюры к-рых строят на все случаи. Обычно в деревянных конструкциях полагают, что обшивка не несет, но сохраняет геометрич. неизменяемость, вследствие чего набор, т. е. лонжероны и стрингеры, принимают во внимание только при подсчете модуля сопротивления сечения. Если же вводят обшивку, то берут только $^1/_3$—$^1/_2$ толщины ее; в случае металлич. покрытия сечение считается полностью. Благодаря большим размерам сечения и невозможности по конструктивным соображениям взять очень тонкую обшивку, фюзеляж-монококи получают с повышенной прочностью—до 100% и более. Обшивку проверяют на скалывание при кручении и на устойчивость панели, ограниченной рамками и стрингерами; последние производят чаще подбором в статич. испытаниях. Среднюю часть фюзеляжа проверяют

на те силы, к-рые подходят к ней от прилегающих частей самолета (крылья, шасси, передняя часть фюзеляжа и моторная установка и хвостовая часть фюзеляжа). Из деталей самолета необходимо упомянуть об управлении самолета, креплении баков, сидениях, креплении радиаторов и пулеметов и местных нагрузках от людей. По всем этим вопросам в нормах содержатся исчерпывающие указания, а самый расчет их обычно не встречает затруднений и производится общепринятыми методами строительной механики и сопротивления материалов.

Параллельно с разработкой предварительного проекта разрабатываются конструктивные чертежи, особенно тех частей самолета, к-рые д. б. подвергнуты статич. испытаниям. Статич. испытания преследуют две цели: 1) дать конструктору поверку его расчетных и иных предположений о прочности данной детали или части и 2) дать формальный и по существу материал для суждения о прочности данной детали, части и всего самолета и их соответствия с нормами. С этой точки зрения статич. испытания являются большим формальным моментом, поэтому во всех странах они проводятся по программе и под контролем соответствующих государственных организаций. По мере изготовления конструктивных чертежей начинается постройка самолета. Необходимо отметить, что ее ведут везде полукустарным способом, т. к. изготовление б. или м. серьезных приспособлений, штампов, кондукторов нерентабельно и кроме того связано с потерей времени. Поэтому вся работа ведется по разметке, по временным шаблонам, во временных же приспособлениях. Это связано с излишними расходами и с необходимостью повышенной квалификации рабочей силы. В силу этого в Англии напр. опытный самолет малого тоннажа строят обычно деревянным и затем в случае приемки на снабжение его уже делают металлич. конструкции (Fairey истребитель «Fairfly» 1929 г.). Постройка опытного самолета в среднем обходится в 2,5—3 раза дороже, чем постройка серийного самолета, и продолжается для самолета малого тоннажа в среднем 3—4 мес., более же крупные самолеты строятся соответственно дольше. По окончании постройки опытный самолет подвергают летным испытаниям. Последние состоят прежде всего во взвешивании самолета пустого и с нагрузками и определении положения ц. т., осмотре и пробе мотора на земле. После этого начинают сначала контрольные полеты, имеющие целью ознакомление с самолетом, выявление и устранение его опасных недочетов или эксплоатационных дефектов, а также нащупывание режима наилучшей скороподъемности и скорости. Когда пилот овладел самолетом, начинаются и зачетные полеты с обычной нагрузкой и перегрузками. Измеряют не только обычные летные качества самолета, но по возможности также маневренность, для чего за границей пользуются кинематографич. съемкой с другого самолета. Испытания оканчивают устройством фигурных полетов для самолетов соответствующего класса, после чего, если самолет удачен, он идет на официальные летные испытания в соответствующие государственные организации. Иногда для сокращения времени заводские летные испытания совмещают с государственными. По окончании последний опытный самолет переходит в серийное производство.

Рациональный подбор авиаматериалов и их данные. Вопрос о весе играет существенную роль в С., т. к. он непосредственно связан с увеличением полезной отдачи самолетов, в виде ли увеличения платной нагрузки на пассажирских и транспортных самолетах или в виде увеличения боевой нагрузки (бомб, вооружения, патронов и т. д.) у боевых самолетов. Поэтому рациональный выбор материала для данного самолета имеет огромное значение. Так, по данным А. Гасснера понижение веса конструкции самолета на 10% повышает платную нагрузку на 13,5%, не повышая полетного веса самолета. Указанный выбор материала производят для деталей, не находящихся в потоке воздуха, по удельной прочности, к-рая в случае растяжения, сжатия и сдвига выражается отношением соответствующего коэф-та прочности к уд. в. материала: $\varphi = \frac{k}{\gamma}$; для изгиба $\varphi = \frac{k^{2/3}}{\gamma}$, а для продольного изгиба $\varphi = \sqrt{\frac{E}{\gamma}}$, где E—модуль упругости материала. Для деталей самолета, обтекаемых потоком воздуха (стойки, коробки крыльев, подкосы, шасси, ленты-расчалки и пр.), необходимо учитывать их аэродинамические качества, причем критерием является авиационный вес детали

$$q = q_0 + \varrho \cdot \frac{C_x \cdot S \cdot v^3 \cdot}{75 \eta \cdot N},$$

где q_0—вес данной детали; ϱ—плотность воздуха у земли при стандартных условиях ($\varrho = {}^1/_8$); C_x—коэф. лобового сопротивления детали; S—площадь детали в $м^2$; v—скорость самолета в $м/ск$; η—кпд винта при принятой скорости полета v; N—мощность моторов самолета в HP и G—полетный вес самолета. Для деталей, обтекаемых потоком и имеющих кроме того подъемную силу (обтекатель, ось шасси и пр.), в авиационный вес вводится еще один член:

$$q = q_0 + \varrho \cdot \frac{C_x \cdot S \cdot v^3 \cdot G}{75 \eta \cdot N} - \varrho \cdot C_y \cdot S_0 \cdot v^2,$$

где C_y—коэф. подъемной силы и S_0—несущая площадь данной детали. Удельная прочность авиаматериалов, применяемых в СССР, приведена в табл. 3.

Наряду с приведенными ниже факторами при выборе авиаматериала необходимо учитывать еще легкость обработки, доступность и надежность источников снабжения и надежную работу авиаматериала в эксплоатации. В С. в настоящее время применяются самые разнообразные материалы с целью наиболее рациональным подбором сорта и размера авиаматериала добиться наименьшего веса конструкции. Приводим главнейшие из них.

Дерево. В первые годы авиации дерево употреблялось на все главнейшие конструктивные части за исключением узлов и расчалок. В настоящее время дерево из-за неоднородности строения его, способности поглощать и испарять влагу, возможности загнивания при эксплоатации, ограниченности источников получения и истощения их, а также вследствие появления новых более выгодных, чем дерево, материалов, постепенно уступает свое место металлу. В СССР в С. применяют в данный момент сосну, ель, дуб и ясень, из к-рых первые две породы идут на детали самолетов, а вторые—на изготовление винтов и лыж (см. *Авиационный лес, Воздушный винт, Лыжи*). Нормальным для авиационной древесины в брусках коэф-том влажности считается 8—13%.

Табл. 3.—Удельная прочность авиаматериалов, применяемых в СССР.

Материал	Название	Растяжение	Изгиб	Сжатие	Сдвиг	Продольный изгиб	Кручение
Сталь	Сталь М (отожженная)	510	32,1	510	3,83	183	26,5
	Сталь С (нормализованная)	637	37,2	637	5,22	183	32,6
	Сталь ГС (нормализованная)	700	39,8	700	5,22	183	32,6
	Сталь ГПТ (закал. и отпущ.)	829	44,4	829	6,25	183	36,8
	Сталь ХН (закал. и отпущ.)	1 020	51,0	1 020	—	181	—
	Сталь Х4Н (закал. и отпущ.)	1 400	62,9	1 400	—	181	—
	Сталь хромомолибденовая (закал. и отпущ.)	1 783	74,0	1 783	—	—	—
Цветные металлы	Дуралюминий листовой	1 333	85,2	1 333	7,72	292	—
	Дуралюминиевые трубы	1 333	85,2	1 333	7,72	292	—
	Авиаль (закаленный)	629	52,7	629	—	299	—
	Электрон (германск. штамп. и термич. обработанный)	1 890	126	—	8,9	368	—
Дерево	Сосна	1 400	141	800	240 100	633	—
	Ясень	1 000	112	645	—	453	—
	Авиафанера	875 438	— —	— —	150 —	— —	— —

Коэф. крепости на сжатие приводится при приемке к стандартной влажности в 15%, принятой в СССР по ф-ле (в *кг/см²*):

$$D_{15} = \frac{P_{max}}{a \cdot b}[1 + 0{,}05\,(k - 15)];$$

P_{max}—максимальная нагрузка в *кг*, a и b—поперечные размеры образца, k—влажность в %. Характеристика авиационной древесины приведена в табл. 4.

Табл. 4.—Характеристика авиационной древесины.

Название породы	Уд. вес	Растяжение, *кг/см²*	Изгиб, *кг/см²*	Сжатие, *кг/см²*	Сдвиг*, *кг/см²*	Смятие*, *кг/см²*	Модуль упругости при растяжении, *кг/см²*
Сосна	0,53	700	600	400	120 / 50	400 / 30	10^5
Ясень	0,7	700	700	450	170 / 70	450 / 80	10^5
Спрус	0,39	700	650	350	— / 50	350 / 50	10^5
Орех	0,56	800	800	490	—	490	$1{,}05 \cdot 10^5$
Красное дерево	0,52	700	700	450	—	450	$1{,}06 \cdot 10^5$

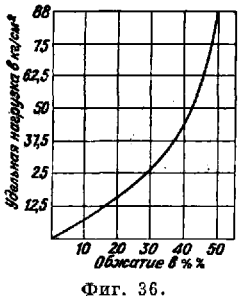
* Числитель дроби обозначает временное сопротивление вдоль волокон, знаменатель—поперек волокон.

Авиафанеру в СССР клеят из березового первосортного шпона, за границей же—из красного дерева, тика и спруса, но в последнем случае только двуслойной. В зависимости от качества древесины и наличия дефектов производственного характера различают авиафанеру двух сортов: «прима» и сорт «А». Авиафанеру клеят равнослойной и неравнослойной с отношением толщин слоев 1 : 1,5 : 1. Склейку производят водоупорным клеем. Размеры нормальных листов авиафанеры от 1500 × ×1500 *мм* до 1200 × 1000 *мм* и маломерных листов от 900 × 800 *мм* до 900 × 1200 *мм*. Толщина равнослойной фанеры берется 1—10 *мм*, неравнослойной 3—6 *мм*. Для толщин до 6 *мм* фанеру клеят из трех слоев, а выше—из пяти. Влажность авиафанеры д. б. не менее 8% и не более 15%. При приемке фанеру отбраковывают по наружному виду, причем в Германии для просмотра внутреннего слоя применяется метод «просвечивания» фанеры при помощи 2000-свечной лампы. Фанера до 3 *мм* просвечивается достаточно удовлетворительно с выявлением всех имеющихся дефектов внутрен. слоя. Отобранные образцы фанеры обычно от 3% листов, испытываются на влажность, на разрыв, на скалывание по клею и на водоупорность клея. Шпон авиафанеры не должен иметь стыков, трещин, неравномерностей по толщине, свилеватости слоя, синевы, выпадающих сучков, следов гнили. Сама авиафанера не должна иметь забоин, замятин снаружи, отдулин, трещин и морщин. Характеристика березовой авиафанеры, применяемой в СССР, следующая. Уд. вес 0,8; прочность на растяжение (в *кг/см²*): вдоль волокон—700, поперек волокон—350, под углом 45°—175; модуль упругости при растяжении (в *кг/см²*): вдоль волокон—$1{,}10 \cdot 10^5$, поперек волокон—$0{,}50 \cdot 10^5$, под углом 45°—$0{,}18 \cdot 10^5$. В С. в настоящее время почти исключительно применяется казеиновый клей. Его приготовляют из *казеина* (см.), негашеной извести, силиката, соды и машинного минерального масла по соответствующим рецептам; выпускают с з-да в виде порошка и замешивают с соответствующим количеством воды. Казеиновый клей обычно годен в работу в течение 4—6 ч. после изготовления, после чего замешивается новая порция его. Столярный желатиновый клей употребляется при изготовлении лыж и иногда при склейке винтов. Он д. б. изготовлен из хорошего качества кожевенных остатков и костей. Помимо химич. анализа ингредиентов казеинового и желатинового клея при приемке производят еще и механич. испытание склейки клеями как в сухом состоянии, так и после вымачивания в воде, т. е. в проверке клея на водоупорность. Коэф. скалывания в сухом состоянии одинаков для казеинового и желатинового клея и д. б. не ниже 100 *кг/см²*, коэф. же скалывания для казеинового клея после 48-часового вымачивания в воде не д. б. ниже 58 *кг/см²*. Резина применяется для амортизации шасси в виде амортизационных шнуров и в виде пластин круглого, овального или обтекаемого сечения. Амортизационный шнур применяется четырех размеров диам. 10, 13, 16 и 18 *мм*. Приемка шнура состоит в наружном осмотре и обмере, отборе образцов и испытании таковых на прочность отдельной резиновой нити и

на прочность готового шнура. За границей в целях установления года изготовления шнура внутренняя оплетка делается цветная в зависимости от года, например 1930 г.—красная, 1931 г.—голубая, 1932 г.—белая, 1933 г.—зеленая и т. д. Данные амортизационного шнура приведены ниже.

Диаметр шнура в *мм*	10	13	16	18
Миним. разрывная нагрузка при 100%-ном удлинении в *кг*	25	55	85	140
Максим. разрывная нагрузка при 100%-ном удлинении в *кг*	40	80	120	180

Пластинчатую резину стали применять для амортизации шасси в последнее десятилетие. Ее амортизирующая способность зависит от состава и от степени вулканизации. Кроме этого многочисленными опытами за границей и в СССР установлено, что форма и геометрические соотношения пластины резины играют также роль при амортизации. Пластинчатая резина должна выдерживать весьма длительные нагрузки в 16—17,5 *кг/см²*, которые обычно бывают на стоянке у самолета, и эпизодич. нагрузки до 120—130 *кг/см²*, бывающие при посадках, без растрескивания, растекания и других вредных признаков. Кроме того эта резина не должна слишком сильно реагировать на попадающие на нее брызги масла и бензина во время эксплоатации. Сортамент резины крайне разнообразен, начиная от круглых колец и кончая овальными пластинами или обтекаемого сечения. Английские сорта резины имеют удельную нагрузку, изображенную на диаграмме фиг. 36.



Фиг. 36.

Алюминий и особенно его сплавы—дуралюминий, авиаль и электрон—приобретают все большее значение между основными авиаматериалами. Они употребляются в листах, трубах и профилях. Коэф-ты крепости алюминия и его сплавов в С. берутся согласно табл. 5.

Табл. 5.—Данные механических испытаний сплавов алюминия*1.

Характеристики	Дуралюминий		Авиаль	Электрон *2
	листы	трубы		
Растяжение . . .	3 800	3 800	1 200	3 400
Сжатие	3 800	3 800	1 200	1 300
Изгиб	3 800	3 800	1 200	3 400
Срез	2 200	2 200	—	1 600
Смятие	5 200	5 200	—	—
Модуль упругости E	$0{,}69\cdot10^6$	$0{,}69\cdot10^6$	$0{,}63\cdot10^6$	$0{,}44\cdot10^6$
Модуль упругости G	$0{,}27\cdot10^6$	$0{,}27\cdot10^6$	—	—
Уд. вес	2,85	2,85	2,70	1,80
Предел пропорциональности				
1) растяжение . .	1 700	—	500	2 000
2) сжатие	2 700	—	—	—

*1 Коэф-ты прочности даны в *кг/см²*. *2 Прессованый и термически обработанный.

Алюминиевые сплавы обладают свойством корродировать. Для предохранения от *коррозии* (см.) в авиации применяют следующие меры: а) платировка дуралюминия, или накатка на поверхность дуралюминия тончайшей пленки чистого алюминия; б) кадмирование дуралюминия, т. е. электролитич. присадка тонкого слоя кадмия; в) анодирование, или покрытие поверхности дуралюминия электролитически окислами алюминия; г) покрытие поверхности дуралюминия специальными лаками и красками, из к-рых для гидросамолетов наиболее употребительно так называемое «битмо».

Для покрытия крыльев, для обтяжки фюзеляжа, оперения применяется, особенно в самолетах среднего и малого тоннажа, как чисто льняное полотно, так и бумажное—перкаль. Данные авиационного полотна и перкаля приводятся в табл. 6.

Табл. 6.—Характеристика авиационного полотна и перкаля.

Сорт	Вес 1 *м²* в *г*	*1	*2	*3
Полотно льняное	165—190	1 500	1 500	≤10%
Перкаль	130—140	1 200	1 200	—

*1 Разрывающие усилия в *кг/п. м* по утку. *2 То же по основе. *3 Удлинение при разрыве.

Полотняное покрытие пропитывается и покрывается для защиты от атмосферных влияний специальными *аэролаками* (см.), из к-рых аэролак первого покрытия только пропитывает полотно, а аэролаки второго покрытия дают полотну натяжку и защитную глянцевитую поверхность. Прочность полотна после покрытия его аэролаками обычно возрастает, доходя до 40—50%.

Главнейшими полуфабрикатами в С. являются трубы стальные и цветных металлов. Трубы стальные употребляются как углеродистые, так и хромомолибденовые и хромоникелевые (табл. 7).

Табл. 7.—Характеристика стальных труб.

Коэф. прочности, *кг/см²*	Углеродистые		Специальные	Хромомолибденовые
	мягкие	твердые		
На растяжение .	4 000	6 000	12 000	7 000*
» сжатие	4 000	6 000	12 000	7 000
» изгиб	4 000	6 000	12 000	7 000
Модуль упругости E	$2\cdot10^6$	$2{,}1\cdot10^6$	$2{,}2\cdot10^6$	$2{,}2\cdot10^6$
Модуль упругости G	$0{,}77\cdot10^6$	$0{,}80\cdot10^6$	$0{,}85\cdot10^6$	$0{,}85\cdot10^6$
Предел пропорциональности				
1) растяжение . .	2 600	3 900	7 800	—
2) сжатие	2 600	3 900	7 800	—

* Незакаленные.

Ленты-расчалки изготовляют из стали СПТ или ГПТ; их различают по номерам или диаметрам наружной части. Разрывающее усилие их (в *кг*) в зависимости от № таково:

№	*кг*	№	*кг*	№	*кг*
3	260	7	1 820	11	4 600
4	480	8	2 300	12	5 300
5	800	9	3 100	14	7 360
6	1 230	10	3 650	16	10 100

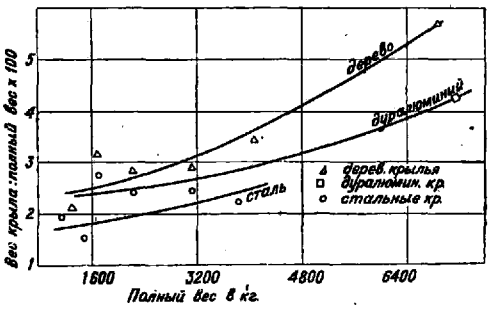
Тросы в С. употребляются для проводки к органам управления. Они изготовляются из холоднотянутой термически обработанной проволоки. Применяются тросы простого плетения и двойного. Разрывающие усилия в тро-

Табл. 8.—Разрывающие усилия в тросах (в *кг*).

Диаметр, *мм*	Трос простого плетения	Трос двойного плетения	Диаметр, *мм*	Трос простого плетения	Трос двойного плетения
1,50	190	—	4,00	1 275	1 050
2,00	350	265	5,00	2 000	1 550
2,50	515	415	6,00	2 800	2 300
3,00	730	615	7,00	4 000	3 300
3,60	1 000	775			

сах должны быть не ниже значений, приведенных в табл. 8. **Н. Полинарпов.**

Стальное С. Сталь применяется в С. с самого его возникновения, однако первоначально распространение ее было невелико, т. к. стальные конструкции не могли конкурировать с деревянными по легкости вследствие сравнительно низких механич. качеств стали. Впоследствии



Фиг. 37.

практич. опыт новейшего стального С. на основе последних достижений металлургии показал, что при прочих равных условиях стальные конструкции основных деталей самолета при применении высококачественных сталей м. б. получены более легкими по весу, чем деревянные или дуралюминиевые конструкции. Это обстоятельство наряду с основными свойствами стали—противокоррозийной стойкостью и устойчивостью в смысле утомляемости,—обеспечило в настоящее время повсеместное распространение стального С. Составленная по англ. данным диаграмма (фиг. 37) иллюстрирует зависимость веса крыла от материала его конструкции для самолетов с полетным весом 900—9000 *кг*. Если преимущества дуралюминиевой конструкции крыла перед деревянной становятся очевидными только для сравнительно крупных самолетов, то относительная легкость стального крыла сохраняется почти одинаково как для легких, так и для тяжелых машин. Необходимо отметить в области стального С. существование двух принципиально различных течений. Одно течение, представителями к-рого являются америк. конструкции, допускает широкое применение сварных конструкций из хромомолибденовых труб с последующей термич. обработкой сваренных деталей. Другое течение (Англия) указывает на ненадежность автогенной сварки и трудности избежания коробления сваренных деталей при последующей термич. обработке. Это течение рекомендует конструкции из листовой (ленточной) стали, клепанные пустотелыми заклепками или соединенные по способу закатанных швов. В случае применения труб последние не свариваются, но в заранее термически обработанном виде соединяются механическими способами. Трудностей, связанных с обработкой закаленной ленточной стали, в последнее время пытаются избежать путем замены склепывания пустотелыми заклепками применением точечной электрич. сварки по методу сопротивления (см. *Сварка*). Последний способ в случае конструкции из открытых профилей дает ряд производственных преимуществ, не уступая в надежности перед другими способами соединений. Кроме того конструкция м. б. получена более легкой, т. к. исключается вес заклепок. Вследствие относительной новизны точечная электросварка деталей самолета не успела еще получить сколько-нибудь значительного распространения. К началу 1932 г. известны всего два образца стальных самолетов, в конструкции к-рых широко применена точечная электросварка: самолет-амфибия Савойя-Маркетти S-31, построенный Американской авиационной корпорацией в начале 1932 г. и советский самолет Сталь-2 конструкции Научного ин-та гражданского воздушного флота.

Типы применяемых сталей и их свойства. Материалом для конструкций из ленточной (листовой) стали служат хромоникелевые стали, характеризующиеся значительным содержанием хрома и относительно меньшим—никеля. Ряд этих сталей относится к типу нержавеющих сталей. Ленточная сталь получается путем горячей прокатки до толщины 2 *мм* и дальнейшей холодной прокатки до толщины порядка 0,5—0,1 *мм*; ширина стальной ленты 200—150 *мм*. Наиболее типичными являются стали, состав и свойства к-рых приведены в табл. 9.

Табл. 9.—Состав (в %) и механические свойства нержавеющих сталей (холоднокатаных).

Марка стали	C	Si	Cr	Ni	Mn	*1	*2
Крупп V 2A—13 . .	0,11	0,66	18,35	8,96	0,35	140—150	3—5
Крупп V 2A—11 . .	0,13	0,55	18,2	10,06	0,40	140—150	3—5
Англ. сталь	*0,16—0,22*	*0,5*	*2,5—14,0*	*1,0*	—	*140—150*	*3—7*
» »	0,19	0,41	12,9	0,22	0,27	150	—
» »	0,14	0,36	16,2	10,0	—	нормализир. 92	28,5
Советск. «Энерж 6»	0,29—0,33	0,35	18,9	7,34	0,70	150—170	3,10

*1 Временное сопротивление на разрыв в *кг/мм²*. *2 Удлинение в %.

Высокие механич. свойства этих сталей зависят от холодной прокатки, причем играет большую роль степень обжатия—с какой исходной толщины начата холодная прокатка и до какой конечной толщины она ведется. Большее обжатие обусловливает получение стали с большим временным сопротивлением на разрыв, но с соответственно меньшим удлинением. Так, крупповская сталь V 2A при обжатии в 25—40% получает временное сопротивление 100—120 *кг/мм²* и удлинение 18—20%. Та же сталь при обжатии в 60—75% имеет соответственно 140—150 *кг/мм²* и удлинение 3—5%. Горячекатаная сталь V 2A имеет временное сопротивление на разрыв 58—62 *кг/мм²* при удлинении 57—70%. Советская сталь «Энерж 6» при среднем обжатии порядка 20—40% получает временное сопротивление в пределах 108—

166 *кг/мм²* и удлинение в пределах 9—30%. Приведенные в табл. 9 механич. свойства стали «Энерж 6» получены при обжатии порядка 50—60%. Состав и свойства хромомолибденовых сталей, обычно применяемых в виде цельнотянутых труб и реже в качестве листового материала, приведены в табл. 10. Последняя

Табл. 10.—Состав и свойства хромомолибденовых сталей.

Марка стали	C	Si	Mn	Cr	Mo	P (Максимум)	S (Максимум)	Врем. сопрот. в *кг/мм²*	Удлин. в %
Англ. сталь	0,25—0,40	0,40	0,40—0,70	0,90—1,20	0,15—0,30	0,035	0,035	80—96	10—14
» »	0,40—0,55	0,40	0,40—0,60	0,90—1,20	0,15—0,30	0,035	0,035	130—145	7—10
4130X	0,25—0,35	—	0,45—0,60	0,80—1,10	0,15—0,25	0,040	0,045	105—140	7—10
1010X	0,05—0,15	—	0,30—0,60	—	—	0,045	0,050	—	—

сталь марки 1010X, не содержащая хрома и молибдена, часто применяется в америк. конструкциях гражданских самолетов для сварных фюзеляжей. Сталь марки 4130X является стандартом американского воздушного флота для тонкостенных цельнотянутых труб. После нормализации эта сталь приобретает временное сопротивление на разрыв 66 *кг/мм²* при удлинении 12%. После сварки части трубы, находящиеся у места сварки, имеют прочность 56 *кг/мм²*. Закалка в масле с последующим отпуском придает той же стали прочность до 140 *кг/мм²* при удлинении 7—8%. Хромомолибденовые стали в виде листового материала применяются для различных накладок, косынок и пр.

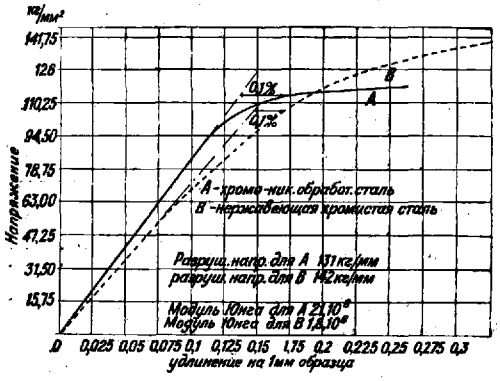
Расчет стальных авиационных конструкций. Трудность расчета авиационных стальных конструкций заключается в том, что вследствие незначительной толщины стенок профиля разрушение при продольном сжатии происходит б. ч. в результате местного выпучивания материала. Для расчета устойчивости тонкостенного цилиндра при продольном сжатии теоретич. ф-ла имеет вид:

$$P = \frac{E}{\sqrt{3}} \cdot \frac{t}{R} \cdot \sqrt{\frac{m^2}{m^2-1}}, \qquad (1)$$

где P—напряжение сжатия (критическое), E—модуль упругости, R—радиус средней линии, t—толщина стенки, $1/m$—коэф. Пуассона (<1). Эта ф-ла выведена аналитически в предположении идеально правильного цилиндра, и при практич. проверке оказалось, что действительное напряжение составляет 40—60% от теоретического, причем разрушение происходит сейчас же после наступления критич. напряжения и появления первых волн. Тонкостенная пластинка, нагруженная сжимающими силами, может выдерживать напряжение

$$P = \frac{E\pi^2}{3}\left(\frac{t}{b}\right)^2 \cdot \frac{m^2}{m^2-1}, \qquad (2)$$

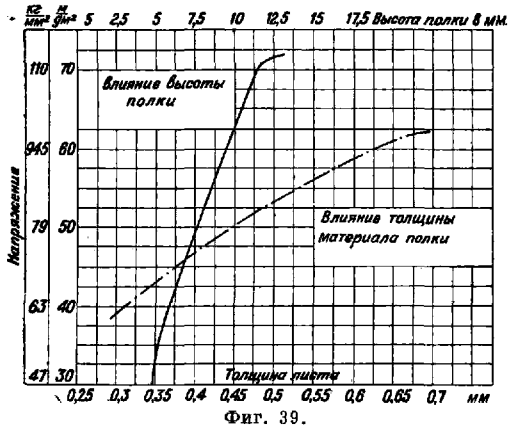
где t и b — соответственно толщина и длина пластинки. Продольная гофрировка тонкостенной пластинки значительно увеличивает длину волн, по к-рым пластинка выпучивается при критич. нагрузке, вследствие чего полное разрушение происходит уже после появления первых волн, когда нагрузка превышает теоретическую критич. нагрузку. При этом легкие местные выпуклости и другие уклонения от теоретич. идеальной формы, неизбежные в производстве, не имеют здесь такого решающего влияния на прочность. Опыты, произведенные с гофрированными цилиндрами, показывают, что при значении $\frac{t}{R}$ в ф-ле (1), при к-ром критич. напряжение сжатия P меньше или немного больше предела пропорциональности, в случае гладких цилиндров получаются меньшие напряжения; действительные результаты с большим постоянством показывают, что практич. напряжение в случае гофрированых цилиндров равно 70% теоретич. величины. При больших значениях $\frac{t}{R}$, которые дают критич. напряжение больше, чем предел пропорциональности, действительное критич. напряжение будет гораздо менее теоретического. В виду того что максимальная прочность стали—мало показательная величина и что, с другой стороны, предел пропорциональности трудно определим в заводских условиях, англ. конструкторы для расчетов и для характеристики материала ввели новое понятие — «безопасное напряжение», понимая под этим термином такое напряжение, при к-ром относительное остаточное удлинение образца равно определенной зависящей от рода материала величине (для стали чаще всего 0,1%). При проектировании это напряжение принимается в качестве расчетного, т. к. было установлено, что в виду незначительности деформации работа заклепочных соединений не нарушается, и сталь легко выдерживает повторные нагрузки. На фиг. 38 гра-



Фиг. 38.

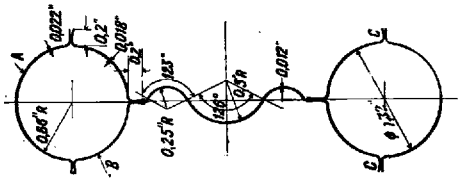
фически приведены результаты испытаний листовой нержавеющей стали (кривая B) и обычной хромоникелевой стали, идущей на лонжероны (кривая A). Из диаграммы можно видеть, что несмотря на разницу в форме кривых и на большое различие временного сопротивления обеих сталей тем не менее обе стали имеют практически одинаковое безопасное напряжение. Это еще раз подтверждает, что временное сопротивление не характеризует материал достаточно полно. На отношение разрушающего напряжения к безопасному напряжению в сильной степени влияет устойчивость профиля лонжерона, характеризующаяся коэфициентом устойчивости, представляющим разрушающее напряжение при условии постоянства E и полной упругости материала. Этот коэф., определяемый специальными методами,

для конструкций Армстронга обычно превышает 160 *кг/мм²* и в этом случае действительная прочность лонжерона будет больше безо-



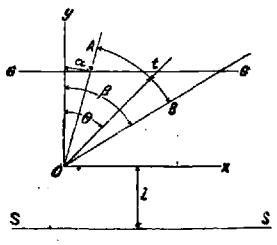
Фиг. 39.

пасного напряжения, принятого равным 100 *кг/мм²*. Трудность математич. трактовки проблемы устойчивости заключается в большом разнообразии применяемых форм поперечных сечений. Поэтому при практич. расчетах приходится базироваться на систематически про-

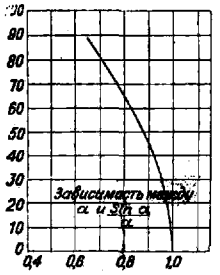


Фиг. 40.

водимых статич. испытаниях, на основе к-рых можно вывести эмпирич. формулу, охватывающую определенное семейство профилей. В таких ф-лах доминирующее влияние должно принадлежать моменту инерции сечения. Кривые, из к-рых составлен контур профиля, должны иметь отношение радиуса кривизны к толщине материала, соответствующее тем напряжениям, к-рые в данном месте профиля возникают. Нужно по возможности избегать плоских частей, а если они необходимы по условиям конструкций, то отношение ширины площадки к толщине материала не должно превы-



Фиг. 41.



Фиг. 42.

шать 20. В расчетную ф-лу д. б. введен член, учитывающий число и положение искривлений. На диаграмме, изображенной на фиг. 39, даны результаты испытаний на влияние толщины материала и высоты полки лонжерона. Как видно, влияние высоты полки на разрушающее напряжение сказывается очень резко. Изображенный на фиг. 40 лонжерон имеет следующие размерности: $J = 50$ *см⁴*; $W = 7{,}9$ *см³*; $F = 2{,}19$ *см²*. Максимальный изгибающий момент при этом равен 80 000 *кг см*. В этом случае секция A д. б. рассчитана на напряжение 102 *кг/мм²*, а секция B—63 *кг/мм²*, следовательно толщина последней м. б. значительно уменьшена. Вычисление моментов инерции тонкостенных сечений представляет ряд трудностей. Поллардом предложен следующий метод определения J для дуги окружности AB (фиг. 41) относительно оси SS. Если t—толщина дуги, то искомый момент инерции по Полларду определится

$$\frac{J_{SS}}{t} = r\left[\left(l^2 + \frac{r^2}{2}\right)(\beta - \alpha) + 2lr \cdot \sin(\beta - \alpha) + \right.$$
$$\left. + \frac{r^2}{4}(\sin 2\beta - \sin 2\alpha)\right]. \qquad (3)$$

В частном случае при $\alpha = 0$ и $l = 0$ имеем

$$\frac{J_x}{t} = \frac{r^3}{2}\left(\beta + \frac{\sin 2\beta}{2}\right). \qquad (4)$$

Высота ц. т. над осью SS равна

$$y = \frac{l(\beta - \alpha) + r(\sin\beta - \sin\alpha)}{\beta - \alpha} \qquad (5)$$

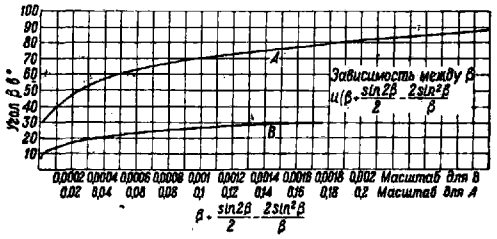
и в частном случае при $\alpha = 0$ и $l = 0$

$$y_0 = \frac{r \cdot \sin\beta}{\beta}. \qquad (6)$$

Это ур-ие графически представлено на диаграмме фиг. 42. По ф-лам (6) и (4) можно вычислить момент инерции относительно оси GG, проходящей через ц. т. дуги AB (фиг. 41).

$$J_{GG} = \frac{r^3}{2}\left(\beta + \frac{\sin 2\beta}{2} - \frac{2\sin^2\beta}{\beta}\right). \qquad (7)$$

На фиг. 43 дан график изменения выражения в скобках в зависимости от β. Для значений $\beta > 30°$ служит кривая A и нижний масштаб абсцисс; при $\beta < 30°$ следует пользоваться кривой B с верхним масштабом абсцисс, в сто раз меньшим нижнего масштаба. Инж. С. Г. Козловым разработан иной метод определения моментов инерции тонкостенных сечений, основанный на интегрировании по длине дуги, т. е. за независимую переменную принимается длина дуги замкнутой кривой сечения. Момент инерции сечения при толщине стенок δ относительно оси x-ов будет



Фиг. 43.

$$J_x = \delta \int_L y^2 \cdot dl,$$

относительно оси y-ов

$$J_y = \delta \int_L x^2 \cdot dl.$$

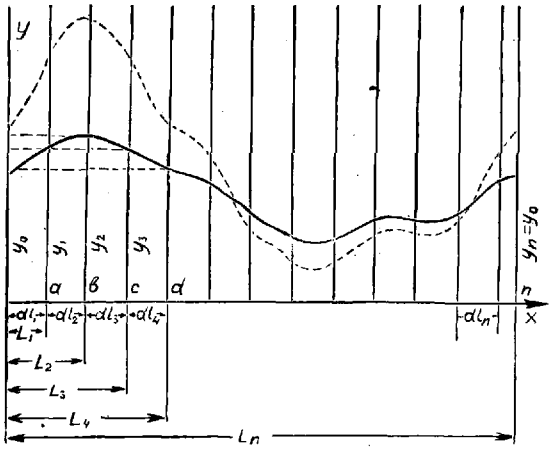
Интегрирование производится графически построением подинтегрального выражения в функции длины дуги и сводится к определению площади, ограниченной осью абсцисс, крайними ординатами и кривой подинтегральной ф-ии. Аналогично определяется статич. момент сечения

$$M_x = \delta \int_L y \cdot dl,$$

ордината центра тяжести по след. формуле:

$$y = \frac{\int y \cdot dl}{L},$$

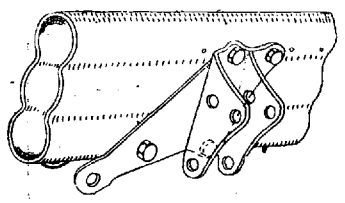
где L—длина всего контура. Пример определения M_x и J_x произвольного сечения дан на фиг. 43а, причем сплошной линией вычерчена



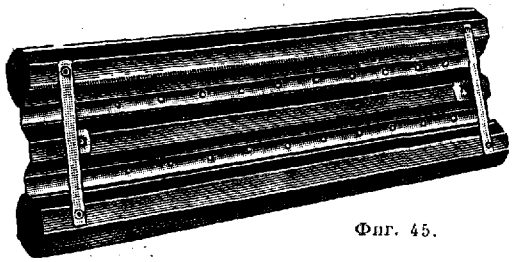
Фиг. 43а.

кривая y по l для определения M_x, а пунктирной—кривая y^2 по l для определения J_x.

Конструкция и производство. Стальной набор крыла (лонжероны и нервюры). Наиболее простыми и дешевыми в производстве являются лонжероны в виде закрытого профиля (фиг. 44), изготовляемого путем холодной прокатки отожженных цельнотянутых стальных труб с последующей закалкой полученного лонжерона. Основной недостаток этого типа—плохое использование материала в стенках, равнопрочных при этом способе с полками лонжерона, несущими главные нагрузки. На фиг. 45 представлен более сложный лонжерон, верхняя и нижняя полки к-рого и стенка состоят из отдельных стальных профилей из ленточной стали, соединенных пу-

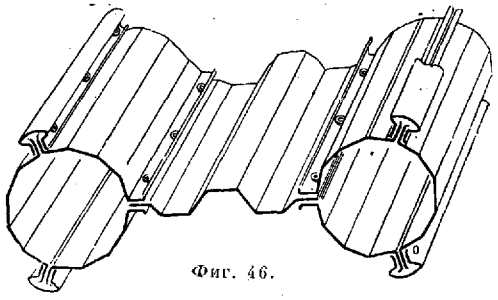


Фиг. 44.



Фиг. 45.

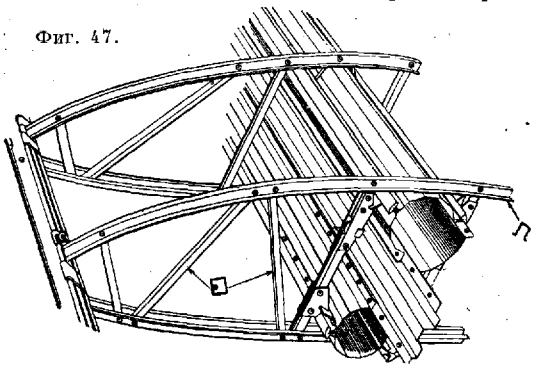
стотельными заклепками. Подобного рода профили м. б. изготовлены либо путем прокатки либо волочением. Весьма сходным по внешности является лонжерон, изображенный на фиг. 46, где полка лонжерона образована не одним закрытым профилем, а тремя открытыми. Помимо удобства прокатки здесь лучше используется материал, т. к. профили, прилегающие к стенке лонжерона, м. б. без ущерба для прочности сделаны из более тонкого материала (см. главу о расчете стальных конструкций).



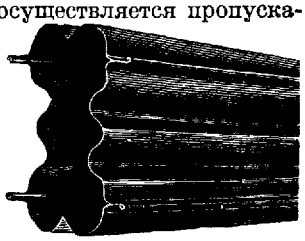
Фиг. 46.

Прокатка ведется из отожженных стальных лент с последующей закалкой готового профиля. Трудности такой закалки заключаются в короблении профиля под влиянием собственного веса, а также вследствие неравномерного

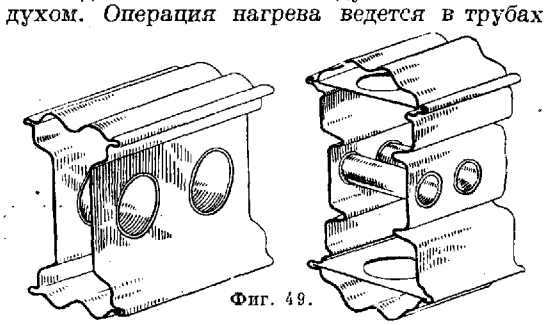
Фиг. 47.



охлаждения при соприкосновении с закалочной средой. Эти трудности устранены путем нагревания профиля в натянутом состоянии, причем нагревание осуществляется пропусканием через профиль электрического тока силою в 20—25 А при напряжении в 30 V. Вследствие большого электрич. сопротивления стали эта мощность (600—750 W) вполне достаточна для доведения $t°$ профиля до степени, требуемой закалкой, в течение нескольких секунд. Затем профиль в том же натянутом состоянии погружается для закалки в мыльную воду или охлаждается мгновенным обдувом сжатым воздухом. *Операция нагрева ведется в трубах,*



Фиг. 48.

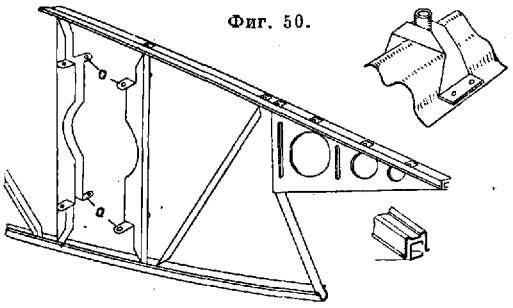


Фиг. 49.

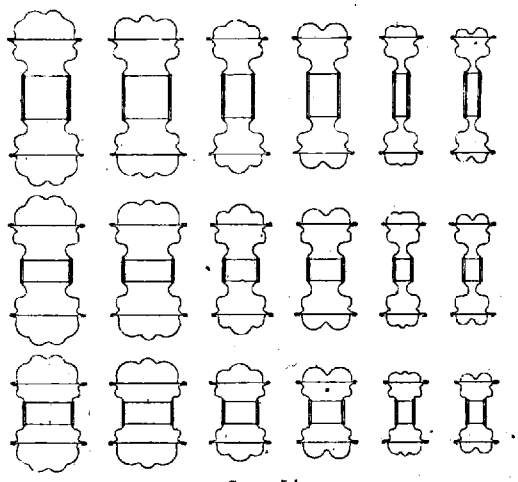
наполненных углекислым газом, чтобы избежать появления окалины. На фиг. 47 показано соединение лонжерона с нервюрами. Полки

нервюр корытного профиля—с небольшой отбортовкой. Крепление осуществляется двумя стержнями по бокам лонжерона, имеющими

Фиг. 50.

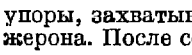


упоры, захватывающие отбортовку полок лонжерона. После сборки все крыло опускается в ванну для покрытия эмалью. На фиг. 48 показаны конструкции более сложные, которые дают большую прочность на кручение и гл. обр. имеют в виду возможно большее упрощение сборки лонжерона и крепления нервюр. Для этой цели профили как стенок, так и полок лонжерона имеют отбортовки, перекрывающие одна другую. При сборке таких лонжеронов



Фиг. 51.

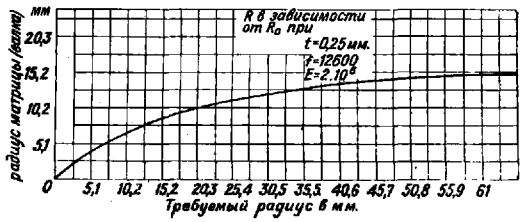
отбортовки полок просовываются в пазы, образованные загнутыми отбортовками стенок. Полученные края м. б. плотно закатаны (фиг. 48) или скреплены полыми заклепками (фиг. 49). Крепление к нервюрам осуществляется склепыванием кромок лонжерона с отогнутыми лапками *а* у стержней стенки нервюры, как показано на фиг. 50. На фиг. 51 дана серия лонжеронов, которые можно изготовлять из комбинаций трех стандартных стенок и семи полок. Кроме экономии в количестве инструментов и оборудования эта стандартизация позволяет почти полностью механизировать весь процесс сборки лонжеронов. Профили изготовляются из отожженной стали предварительной прокаткой, затем окончательная форма придается профилю путем волочения в особых матрицах. В процессе волочения происходит и закалка профиля, для чего в последней стадии волочения профили проходят с матрицы в матрицу через электрич. калильную печь. Последняя выходная матрица охлаждается циркулирующей внутри нее водой. Благодаря натяжению профиля при прохождении через матрицы коробление исключается. Этот способ закалки особенно пригоден при массовом изготовлении стальных тонкостенных профилей. Полки и стенки лонжеронов Бристоль изготовляются прокаткой, соединенной с волочением. При профилировке термически обработанной стали одним из весьма важных вопросов является форма отделочной матрицы, т. к. при этом необходимо учитывать пружинящее действие профиля. Для этого учета обычно применяют следующую ф-лу:



Фиг. 52.

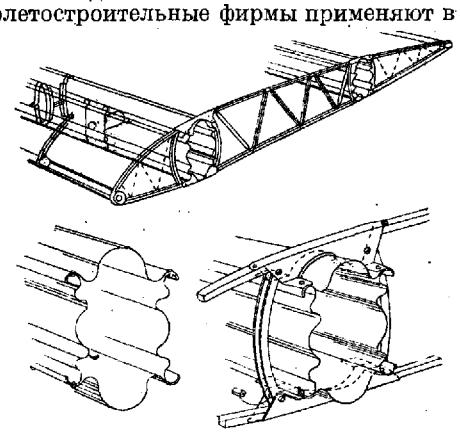
$$\frac{1}{R_0}-\frac{1}{R}=\frac{2f}{Et},$$

где R_0—искомый радиус матрицы в *мм*, R—требуемый радиус загиба профиля в *мм*, t—толщина материала в *мм*, E—модуль Юнга в



Фиг. 53.

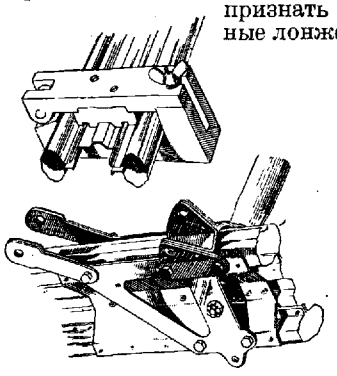
*кг/см*², f—коэф. в *кг/см*². Если коэф-ту придавать значение временного сопротивления на разрыв, то приведенная выше ф-ла дает б. или м. удовлетворительные результаты. Кроме того коэф. f зависит от толщины материала, и примерный вид этой зависимости изображен графически на фиг. 52. На фиг. 53 дана зависимость R_0 от R при $t=0{,}25$ *мм*, $f=12\,600$ и $E=2\,000\,000$. Рассмотренные типы стальных лонжеронов надо считать основными. Различные самолетостроительные фирмы применяют в той



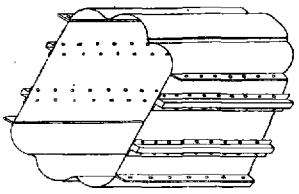
Фиг. 54.

или иной модификации те же профили, как это можно видеть из фиг. 54, представляющей детали набора крыла фирмы Глостера, и из фиг. 55—лонжероны фирмы Авро. На фиг. 56 приведена конструкция стальных лонжеронов, применяемых фирмой Анрио и представляющих с современной точки зрения совершенно безграмотное сочетание плоских площадок с малой высотой полки. Как видно из чертежа, для по-

вышения устойчивости лонжерона плоские стенки укреплены добавочными приклепанными деталями, что неизбежно ведет к увеличению веса и удорожает производство. Как переход от деревянных к стальным конструкциям следует признать решетчатые стальные лонжероны фирмы Глостер (фиг. 57) и фирмы Супермарин, набор крыла к-рой изображен на фиг. 58. Производство этих конструкций в виду затруднительности сборки и обилия ручной клепки стоит дорого и не оправдывает ни своей цены ни трудностей пригонки отдельных деталей. Пустотелые заклепки, служащие для соединения отдельных деталей стального набора крыла, штампуются из мягкой стали. Расклепка их в случае открытой клепки производится или вручную посредством приспособлений вроде щипцов для укрепления пистонов, применяющихся в кожевенной фурнитуре, или клепальными машинками различных конструкций. При клепке закрытых профилей (например при клепке труб) широко применяется метод клепки с одной стороны, изображенный на фиг. 59. При такой клепке заклепка *a* насаживается на оправку *b* с конич. головкой и вместе с оправкой вставляется в отверстие. Высовывающийся конец оправки захватывается особым зажимом и вытаскивается наружу; конич. головка оправки отжимает в стороны края заклепки и либо протаскивается сквозь пустотелую заклепку либо обрывается внутри трубы, в зависимости от выбора материала для оправки. Обычно этим материалом является сталь с прочностью 95 *кг/мм²*. В случае клепки с обрывом головки оправка делается из мягкой стали и головка ее закаляется. Способ закрепления полотняной обшивки на стальном наборе крыла показан на фиг. 60. На полке нервюры прокаткой сделаны канавки; примерно через каждые 75 *мм* канавка продавливается для получения небольшого очка, в к-рое продевается нержавеющая стальная проволока, укладывающаяся в канавке и закрепляющая полотняную обшивку, как шомполом.

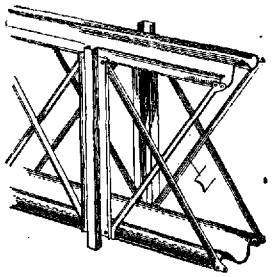


Фиг. 55.

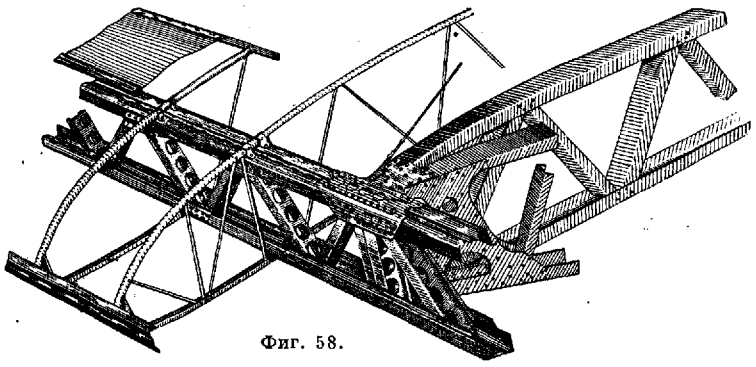


Фиг. 56.

Стальные фюзеляжи трубчатой конструкции в настоящее время занимают основное положение как для легких, так и для тяжелых самолетов. Исключение представляют лишь нек-рые франц. самолетостроительные фирмы и нем. фирмы Юнкерса и Дорнье, а также самолеты АНТ-ЦАГИ конструкции инж. А. Н. Туполева, применяющего конструкцию из легких сплавов типа дуралюмина. В части набора корпуса лодочных гидросамолетов точно также б. ч. применяется дуралюмин. Что же касается всех остальных конструкций самолетов, то стальные конструкции фюзеляжей следует считать распространенными повсеместно и вытесняющими все другие виды. В СССР внедрению сварных трубчатой конструкции фюзеляжей было положено начало Харьковской конструкторской группой во главе с инж. Калининым. Наиболее часто применяются сварные трубчатые конструкции и несколько реже конструкции, собранные механическим способом (клепка, сборка на болтах). Производство фюзеляжа самолета из хромомолибденовой стали заключается в вырезывании листового материала для косынок и накладок, резке труб определенных размеров, изгибании, придании формы и сборке их в стапелях и шаблонах посредством сварки или же механич. способом. Там, где достаточна умеренная прочность деталей, сталь подвергается нормализации (нагрев до определенной $t°$ порядка 800° и охлаждение в воздухе), и этим термич. обработка ограничивается. Для ответственных конструктивных частей, подвергающихся большим напряжениям, толчкам и пр., трубы идут в сборку в отожженном состоянии и после сварки подвергаются закалке с соответствующим отпуском. Попытки термич. обработки сваренных деталей самолета обычными способами в обыкновенных закалочных печах как правило кончаются неудачей. Во время нагрева до $t°_{крит.}$ детали оседают под влиянием собственного веса; после выемки из печи для закалки они снова оседают в ином направлении и наконец в процессе охлаждения детали снова коробятся вследствие одностороннего соприкосновения с закалочной средой. Такая сумма короблений обычно уже не допускает правку детали после закалки. Для предотвращения коробления при закалке сваренные детали нагревают в вертикальной воздушной печи в подвешенном состоянии, причем темп-ра печи должна допускать точную регулировку. После нагрева деталь в том же подвешенном состоянии опускается в закалочный масляный бак, установленный непосредственно внизу печи. Этим способом удается свести коробление к незначительной величине, легко допускающей

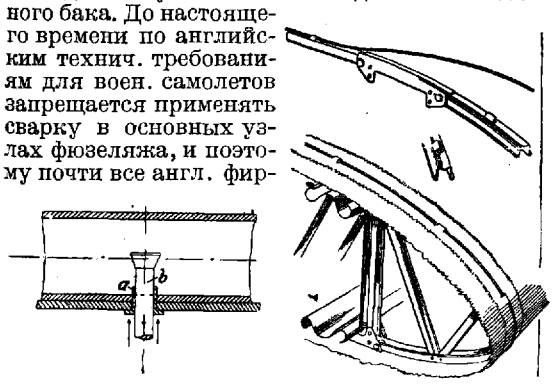


Фиг. 57.



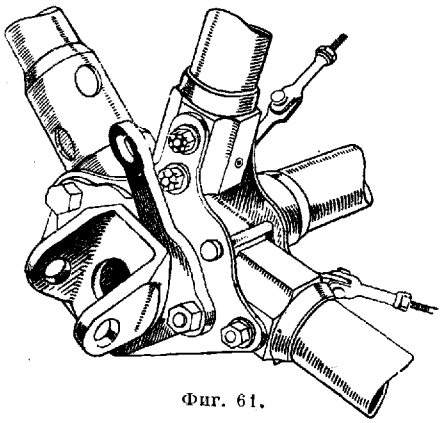
Фиг. 58.

последующую правку детали. Операция отпуска аналогична закалке, с той разницей, что печь для отпуска не имеет под собой закалочного бака. До настоящего времени по английским технич. требованиям для воен. самолетов запрещается применять сварку в основных узлах фюзеляжа, и поэтому почти все англ. фирмы применяют механич. узлы, трубы же идут в дело уже в заранее закаленном виде. Для предотвращения смятия трубы проходящим болтом отверстия в трубах снабжены сквозными муфточками в роде пистонов. Применение цельнотянутых труб в качестве основного материала



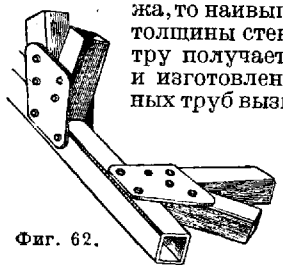
Фиг. 59.

Фиг. 60.



Фиг. 61.

конструкции переднего и среднего отсеков фюзеляжа, как наиболее нагруженных частей, не вызывает никаких сомнений конструктивного или производственного порядка. Что же касается задней, менее нагруженной части фюзеляжа, то наивыгоднейшее отношение толщины стенок трубы к ее диаметру получается слишком малым, и изготовление таких тонкостенных труб вызывает серьезные производственные затруднения, в особенности, когда такие трубы предназначаются для задней, хвостовой части фюзеляжа легкого самолета, типа например одноместного истребителя. В таких случаях применяются трубы, изготовляемые прокаткой из ленточной стали с одним или двумя швами взакатку. Для изготовления механич. узла из таких труб на трубу надевают муфту из магниевого сплава, точно подогнанную к трубе и имеющую четыре плоских грани попарно под прямыми углами. Готовый собранный узел изображен на фиг. 61. На фиг. 62 представлена изредка применяемая конструкция фюзеляжа из квадратных труб.



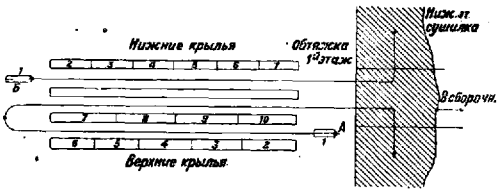
Фиг. 62.

Лит.: Рафаэлянц А. Н., Исследование прокатки нержавеющей стали «Энерж 6», М., 1931; Акимов Г., Исследование холоднокатаной стали V 2A, М.—Л., 1931; Щетинков, Стальное самолетостроение, «Обзор информац. бюро ЦКБ ЦАГИ», М., 1931; Хэндесайд, Самолетостроительный завод Армстронг-Витворт, «Бюллетень Всесоюзного авиац. объединения», 1931, *7—8*; Кнерр, Термич. обработка деталей самолета, там же, 1931, *7—8*; Когсвел, Самолетостроительный завод фирмы Кейстон (США), там же, 1931, *1—2*; Акимов, Хромомолибденовые стальные трубы в самолетостроении, «Техника воздушного флота», М., 1931, *2*; его же, Материалы, применяемые в аэропланном деле, «Американская техника и промышленность», 1930, ноябрь, *11*; его же, Новости авиационной техники США, там же, 1931, *7*; Болховитинов, Типы нержавеющих сталей, «Вестник инженеров и техников», 1931, *3*; Горяинов, К расчету тонких стенок высоких балок, «Техника воздушного флота», М., 1928, *9*; Козлов С., Определение площади, центра тяжести и моментов инерции тонкостенных сечений, там же, 1930, *2*; Herry Harper, The Steel Construction of Aeroplanes, Glasgow, 1930; Strength of Welded Joints in Tubular Member for Aircraft, N. Y., 1930, Report *348*; Elastic Instability of Member Having Section Common in Aircraft Construction, N. Y., 1931, Report *382*; Aeronautical Research, Imperial University, Report *76*, v. 6, part 10, The Buckling of Cilindrical Shell under Torsion, Tokyo, 1931, Dec.; Langsdorff, Jahrbuch d. Luftfahrt, Ergebnisse aus Forschung Technik u. Betrieb 1931—32, Mch., 1931; Johnson, Aircraft Welding, N. Y., 1931; Pollard H., Metal Construction Development, «Flight», 1928, v. 20, *1000*, *1005*, *1014* a. *1027*; Pleines W., Englische Flugzeugbauverfahren, «Illustrierte Flug-Woche», 1928, *12*; Sayers W. H., Steel Strip Construction, «Aircraft Engineering», 1931, v. 3, *27*; Sayers W. H., British Methods of Steel Aircraft Construction, «Aviation», New York, 1929, v. 27, *3*; Teichmann F. K., Welded Tubing a. Streamlined Struts, «Aviation Engineering», 1932; Ragsdale, Results of Research in Stainless Steel, «Aviation», N. Y., 1930; Handaside G. H., Steel Tubing a. Profile, «Aircraft Engineering», 1931; Handaside G. H., Aeroplane Construction at Bristol, ibid., 1932; Handaside G. H., Steel Tubing Construction, ibid., 1931, *32*; Tangermann, Welding of Stainless Steel, «American Machinist», 1930; Schwencke D., Konstruktive u. fabrikationstechn. Fragen des englischen Flugzeugbaues, «Z. d. VDI», 1930, *31*. **Н. Пастушенко.**

Серийное производство самолетов. Работа по внедрению опытного самолета в серию начинается с изготовления рабочих чертежей путем переработки, уточнения и расширения конструктивных чертежей и составления по ним детальных и материальных спецификаций. На основе рабочих чертежей прорабатывается технологич. процесс производства и попутно проектируется необходимый инструмент, штампы, кондукторы, калибры и приспособления. По окончании всего этого начинается постройка серии самолетов изготовлением сначала подсобных приспособлений, инструментов и штампов и пр., а затем уже изготовлением деталей. На хорошо организованных з-дах параллельно с производством пооперационно организован также и контроль, благодаря чему уменьшается брак и его стоимость и увеличивается надежность контроля и приемки. Заготовленные детали собирают в сложные детали, или узлы, а затем в части самолета (крылья, элероны, шасси, оперение, моторная установка, управление и пр.), к-рые идут далее в сборочную мастерскую для сборки на конвейере или побригадно. Необходимо отметить важное значение контроля при производстве самолетов, особенно военных. От контроля требуется неослабное наблюдение за качеством продукции как со стороны материала, так и работы, в то же время в С. применяются процессы обработки, к-рые весьма трудно контролируются, напр. сварка автогенная и электрическая. Поэтому на авиационных з-дах значение контроля очень велико, и относительная численность его д. б. больше, чем на других серийных з-дах.

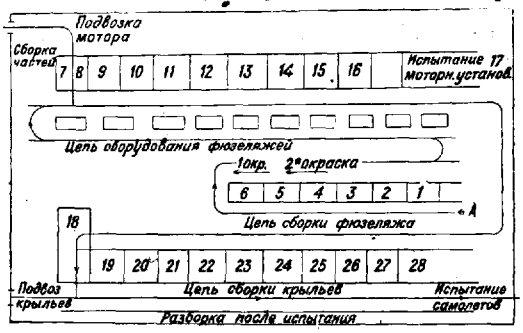
Центром самолетостроительного з-да является его сборочный цех, где производится общая сборка самолета. Наличие большой размерности современных самолетов требует громадных площадей при сравнительно небольшой высоте. Заготовительные мастерские, склады полуготовых и готовых деталей и подсобные мастерские располагаются обычно рядом со сборочным цехом и непосредственно с ним соединяются воротами, переходами и т. д. Сборочный цех обычно располагается у аэродрома и имеет ворота, позволяющие вывозить совершенно готовые собранные самолеты на аэродром для сдаточных полетов. Если строится гидросамолет, то сборочный цех имеет спуски прямо в *гидроаэродром* (см.) также для возможности сдаточных полетов. По окончании сдаточного полета серийные самолеты хранятся в летных ангарах, а затем транспортируются в экспедицию для отсылки заказчику. Необходимо отметить, что самолеты большого и среднего тоннажа, а иногда и малого, сдаются заказчику прямо лётом, минуя экспедицию и транспортировку по ж. д. или морем.

Серийное производство базируется на максимальной механизации технологич. процесса и следовательно на максимальном расчленении его на отдельные операции и надлежащую компановку их с целью наименьшей потери времени и возможности организации непрерывного потока. В силу того, что хотя серийное производство даже за границей не имеет еще таких размеров, которые позволили бы развернуть поточное производство, все-таки в этом отношении принимали и принимают меры. Так, с 1927/28 г. на з-де Бреге во Франции функционирует конвейерная сборка самолетов Бреге 19, для чего самолет ставится на особую тележку, к-рая передвигается по рельсам. По мере продвижения бригады рабочих устанавливают соответствующие части и производят сборку, в результате чего к концу конвейера получается готовый, собранный вполне самолет. При более мелком производстве практикуется другой метод, а именно самолеты стоят неподвижно, а передвигаются сборочные бригады. Для успеха такой работы необходимо так скомпановать работу каждой бригады, чтобы она была одинакова по времени с работой другой бригады и позволяла бы работать одновременно наибольшему числу работников. На фиг. 63 дана схема цепного процесса сборки



Фиг. 63.

крыльев самолета Бреге 19. *А*—начало цепи производства верхних крыльев: *1*—соединение в горизонтальном положении двух лонжеронов при помощи распорки и установки нервюр, *2*—установка остальных распорок, *3*—расположение нервюр по местам, *4*—прикрепление нервюр и носков и регулировка крыла, *5*—прикрепление передней кромки, *6*—растяжка заднего края крыла и прикрепление ободка (заднего) выреза, *7*—заделка конца крыла, *8*—внутренняя растяжка крыла, *9*—установка управления к элеронам, *10*—окраска и лакировка. *Б*—начало цепи нижних крыльев: *1*—соединение в горизонтальном положении двух лонжеронов, *2*—установка распорок, *3*—распределение и установка нервюр, *4*—прикрепление ободка передней кромки, *5*—заделка концов крыльев, *6*—установка межнервюрных тяг, *7*—окраска и лакировка. На фиг. 64 дано изображение схемы цепного процесса производства фюзеляжа и коробки крыльев: *1*—сборка моторной рамы, *2*—общая сборка



Фиг. 64.

фюзеляжа, *3*—соединение болтами, *4*—растяжка, *5*—регулировка, *6*—первая окраска, *7*—установка шасси и мотора, *8*—устройство бака для горючего и укрепление к мотору, *9*—установка вооружения, *10*—установка радиатора и сидения для летчика, *11*—установка трубопроводов для бензина, пускового приспособления для мотора и турели, *12*—установка маслопроводов, оборудования вооружения и сидения для наблюдателя, *13*—установка приспособления стрельбы через винт, электрич. оборудования, *14*—установка подъемника радиатора и бомбодержателя под фюзеляжем, *15*—установка доски с приборами, *16*—электрич. проводка, *17*—испытание моторной установки, *18*—сушилка, *19*—соединение верхних крыльев, элероны, *20*—прикрепление нижних крыльев, *21*—прикрепление верхних крыльев, *22*—регулировка коробки, *23*—установка хвостового оперения и костыля, *24*, *25*, *26*, *27*—мелкие поправки и осмотр, *28*—испытание в полете.

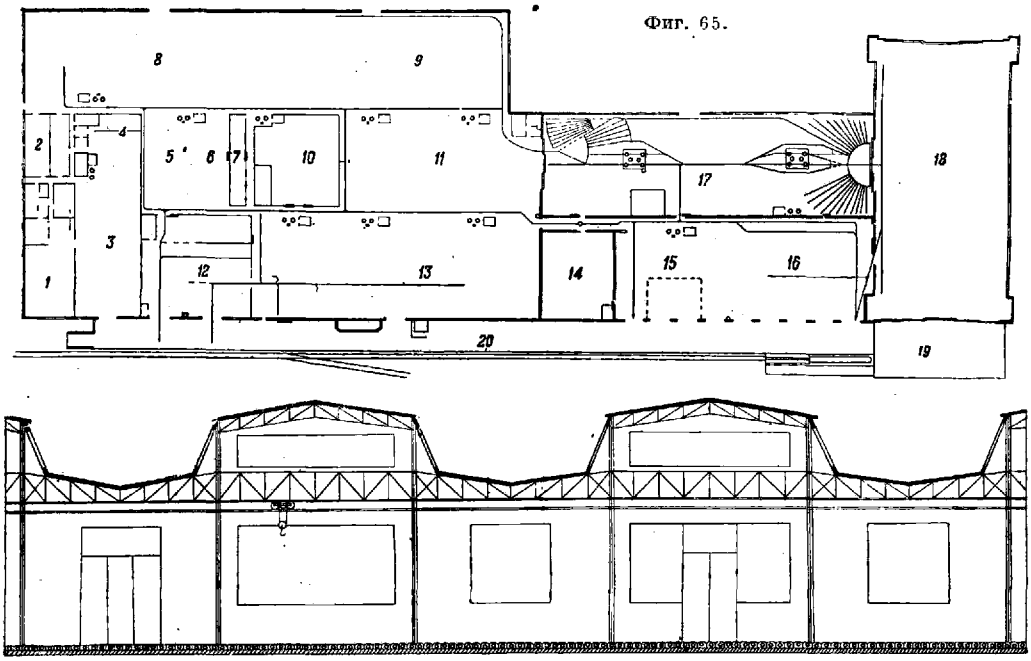
Сборка крыльев по схеме на фиг. 63 производится в вертикальном положении. Для этой цели поверху устроены деревянные рельсы, по к-рым движутся тали, поддерживающие крылья. Вдоль крыльев установлены подмости для того, чтобы вести работу как с нижней стороны крыльев, так и с верхней. Такого рода установка сборки дает преимущества как в отношении минимального загромождения сборочного цеха, так и в отношении удобства работы, т. к. раньше сборка крыльев происходила плашмя, что требовало времени на частое перевертывание, для чего содержался штат вспомогательных рабочих. Сборка фюзеляжа (фиг. 64) организована в две цепи: с одной стороны сборка, с другой—оборудование фюзеляжа.

Общая сборка: соединяют фермы с моторной рамой; эта операция производится на особом шаблоне. Фюзеляж вчерне скрепляют болтами, подвешивают на талях и передвигают к месту выполнения следующих операций. После окраски фюзеляж направляют обратно, после чего переходят на вторую цепь оборудования фюзеляжа, установки мотора, трубопроводов, вооружения и пр. По испытании моторной установки фюзеляж поступает на главную

цепь, где производится монтировка коробки крыльев, хвостового оперения, регулировка и испытание в полете.

Помимо з-да Бреге во Франции большой интерес с точки зрения организации производства, а также построек и оборудования, представляет з-д Глен-Мартин в Балтиморе, являющийся одним из самых крупных и новых самолетостроительных з-дов в США. З-д окончен постройкой в конце 1930 г. и предназначен для постройки крупных металлич. самолетов и гидросамолетов как дуралюминовой, так и стальной конструкции. Проект з-да предусматривает для полного осуществления 10-летний период; в настоящей же стадии выполнена только $^1/_3$ полного плана, причем предусмотрена возможность расширения зданий на 50 лет. В своем настоящем виде з-д может давать еженедельно до трех штук больших трехмоторных гидросамолетов, т. е. до 160 шт. годовой производительности в одну смену при 1 700—2 000 рабочих. План з-да (фиг. 65) показывает

Фиг. 65.



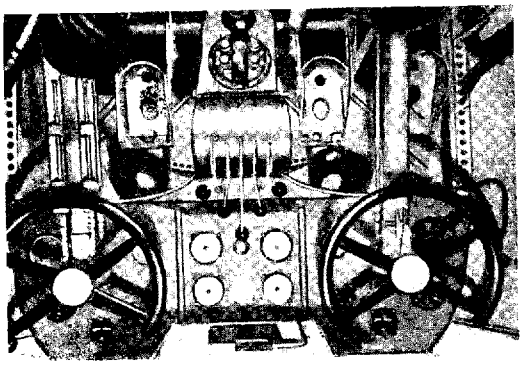
рациональность расположения частей завода. Все экспериментальные части производственного процесса, как то: *1*—конструкторское бюро, *2*—бюро приспособлений, *3*—опытные мастерские, *4*—лаборатории, сконцентрированы вместе, что дает наибольшую возможность совместной работы по выработке конструкций, с одной стороны, и широкие возможности использования опыта серийного производства,—с другой, благодаря непосредственной связи, территориальной и организационной, с серийным з-дом. Далее расположены заготовительные цехи з-да: механический—*5*, жестяницкий—*13*, слесарно-сварочный—*8*, объединяемые складом *10* полуготовых деталей и полуфабрикатов. Здесь же имеется инструментальный цех *6* со складом инструмента *7* и склад сырых материалов *12*, непосредственно соединенных как с экспериментальным отделом, так и со всеми перечисленными выше цехами, что сильно сокращает расходы на транспорт материалов. За заготовительными цехами расположены частично сборочные цехи: цех крыльев и поплавков *9* и лодочный цех *11*, за к-рыми следуют отделочные цехи: гальванопластики и анодирования *14*, малярный и обойный *17*. Общесборочный цех *18*, он же летный ангар, расположен в торце здания и прилегает к отделочным цехам, к моторному цеху *19* и упаковочному цеху *16* с деревообделочной мастерской *15*. По фасаду здания з-да расположена разгрузочно-погрузочная платформа *20*, обслуживающая нужды складов сырья и упаковочно-экспедиционного цеха. В результате такого расположения получается производственный поток с минимумом обратных движений. Здание з-да представляет один блок длиною ок. 280 *м* и шириною 90 *м*, причем здание имеет два ряда колонн с пролетами 30,5 и 38 *м* и расстоянием между колоннами около 7,7 *м*.

Десятилетний план предусматривает дальнейшее расширение площадей, напр. сборочный цех м. б. удлинен или же пристроен с другой стороны к моторному цеху; предусмотрено также место для расширения склада сырья и погрузочной платформы — все в непосредственном примыкании к существующим помещениям. Организация завода предусматривает серийное производство самолетов, опытные образцы которых прорабатываются на том же з-де или в виде исключения получаются со стороны, но конечно перерабатываются, исходя из условий серийного производства завода.

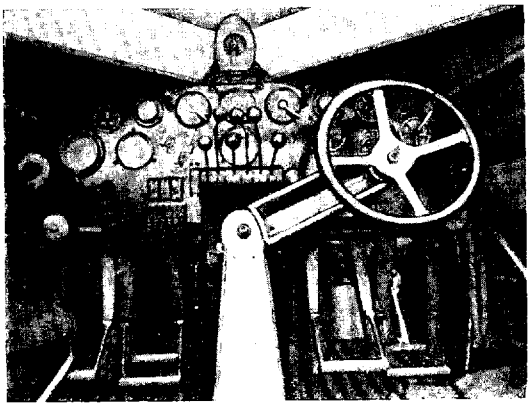
Завод состоит из 3 отделов: инженерно-технического (конструкторского), отдела снабжения и производственного. Главный инженер завода стоит во главе инженерно-технич. отдела, механич. и хим. лабораторий. Заведующий снабжением производит закупку материалов, их приемку и хранение, а заведующий производством ответственен за все производственные функции: планирование, контроль качества, приспособления, склад полуфабрикатов, отдел механики, отдел рабочей силы. Заведующий производством стоит во главе комитета по контролю производства в целом со-

вместно с начальниками цехов и представителями инженерно-технич. отдела и отдела снабжения. Этот комитет устанавливает основные планы по каждому объекту производства, конечные даты выпуска, сроки окончания работы по цехам и сроки получения сырья. Эти данные служат отправными точками для цехового планирования. Опытное строительство представляет собою комбинацию системы проектов с групповой (или секционной) работой по примеру, широко применявшемуся в автостроении. Во главе каждого проекта поставлен инженер; ему для выполнения проекта дается необходимый штат; он получает советы от ряда специально приглашенных консультантов по разным вопросам. По изготовлении проекта работа по конструированию ведется по групповой системе, соответственно отдельным частям самолета: крылья, фюзеляж, оперение, шасси и пр., причем во главе группы стоит инженер, ответственный за конструкцию по своей специальности. В конкретной работе з-да недочеты этой организации — отсутствие единства типа конструкции различных проектов и координации между ними, функциональные и механич. взаимные вмешательства проектирующих групп при отсутствии надежной координации работ—сглаживаются проработкой деталей по группам под руководством определенного объединяющего или «ведущего» инженера. Большое внимание уделяется весовой характеристике самолетов, для чего отдельная группа инженеров занимается исключительно установлением весов деталей и поверкой их выполнения. Другие вспомогательные группы ведут работу по стандартизации, спецификации, калькуляции, по сметам и по патентам. Научная группа ведет работы по изысканию рациональных схем и размерностей самолетов, а вместе с отделом строительной механики выявляет действующие силы и производит расчет аэродинамический и прочности. Вся конструкторская работа объединяется главным инженером и его помощником. Во всей проектно-конструкторской работе широко применяется эксперимент как для освещения проблемы, так и для поверки имеющихся сомнений, для чего организованы соответствующие лаборатории и опытные мастерские; организация работ в них обычная и близка к изложенной выше. Опытные мастерские завода выявляют все производственные вопросы до появления их в серийных цехах и позволяют устранить все случайности, могущие задержать производственный процесс.

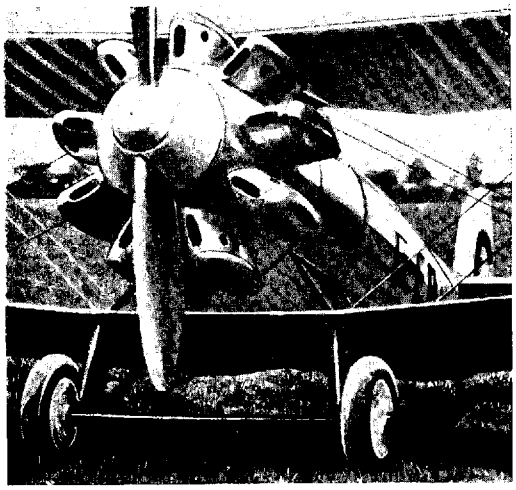
Т. к. конструкции самолетов часто меняются, а количества их невелики, если сравнить с массовым производством напр. в автопромышленности, то оборудование было выбрано с большою тщательностью; были выбраны стандартные лучшие станки с богатым ассортиментом приспособлений к ним. Много внимания было уделено учету будущей работы, вследствие того что размеры самолетов увеличиваются, что качество материалов их повышается и станок, достаточный на сегодня, становится маломощен через год. Так, при замене углеродистой стали хромомолибденовой, оборудование для резки и штамповки обесценилось на 50% вследствие большей крепости на резание хромомолибденовой стали. Все станки приводятся отдельными электромоторами. Инструментальная мастерская оборудована также станками для производства штампов и установочных приспособлений. Всего установлено до 30 станков. Механич. цех снабжен автоматами, револьверными и арматурными станками. Фрезерные станки как правило взяты с горизонтальными валами, но с делительными бабками и приспособлениями для вертикального фрезерования, так как выявилось, что работы для вертикальной фрезеровки не набирается даже на один станок. Самоточки установлены в ограниченном количестве для обработки деталей, не могущих быть обработанными на револьверных станках. Вместе со сверлильным оборудованием механич. цех состоит из 40 станков. Жестяницкий цех хорошо оборудован для устранения возможно большего количества ручной работы и предназначен для изготовления профилей из листового материала, т. к. завод базируется в своей работе на профилях, ставя трубы только в случае необходимости, из-за коммерч. соображений. Особого внимания заслуживают прецизионные ножницы для точной резки полос длиною до 4 200 *мм* и прессы в 1 000 *т*, предназначенные для изготовления профилей и расположенные по ходу производства после термич. обработки в соляной ванне. Приводные выколотные молотки, приводные вальцы и зигмашина с большими вылетами для тяжелых работ установлены также в цехе; все же оборудование составляет 22 станка. Клепка обслуживается сверлильными станками — электродрелями и быстроходными электромолотками для заклепок диам. 1,5—10 *мм*. Кроме того применяются также и воздушные молотки как переносные, так и стационарного типа. Слесарный и сварочный цехи имеют нормальное оборудование с ацетиленовой сваркой примерно на 60 чел. Термическая состоит из электропечей размерами 450 × 450 × 10 000 *мм* и 300 × 575 × 750 *мм*, двухярусной газовой печи для закалки инструмента и соляной ванны 450 × 450 *мм* для мелких дуралюминовых частей. Кроме того имеется специальная электропечь для дуралюминовых заклепок, обрабатывающая 58 *кг* заклепок в час. Установлен тщательный контроль над качеством термообработки и над качеством заклепок. Цех крыльев и поплавков как основной сборочный цех снабжен всеми приспособлениями, установками и стеллажами для сборочной работы. Здесь также установлен специально выстроенный загибочный приводной станок для подгиба профилей и листов при сборке. В малярном цехе покрытие производят с помощью пульверизатора. Металлич. части обрабатываются: стальные—кадмированием, а дуралюминовые—анодированием. За отделкой установлен постоянный химич. контроль. Общесборочный цех оборудован подъемными средствами в виде блоков, кранов, станков для крыльев, штабелей и пр. Имеются весы для взвешивания самолетов, к-рые подводятся под самолет, поднимаются с помощью гидравлич. домкратов, требуя для взвешивания тяжелых самолетов только трех человек и упрощая определение ц. т. самолета. Сборка лодок производится в стапелях дном кверху. Сначала устанавливают и склепывают набор лодки, т. е. киль, стрингеры, шпангоуты и пр., а затем на них начинается клепка днища лодки и обшивка ее с максимальным применением механич. клепки. Для уплотнения и водонепроницаемости каждый шов прокладывается гудронированной фланелью. По окончании клепки каждая лодка проверяется на течь, для чего каждый отсек ее заполняется водою, остающейся в нем в течение часа. Для удобства клепки лодки,



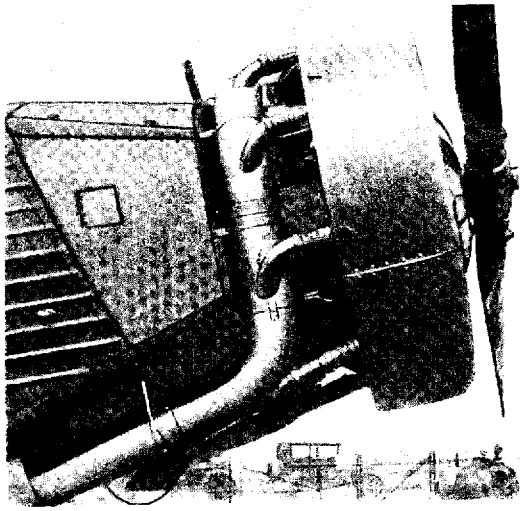
1



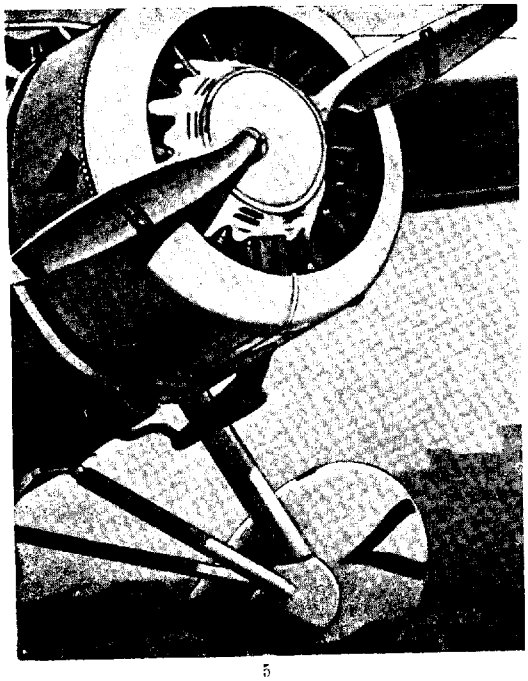
2



3



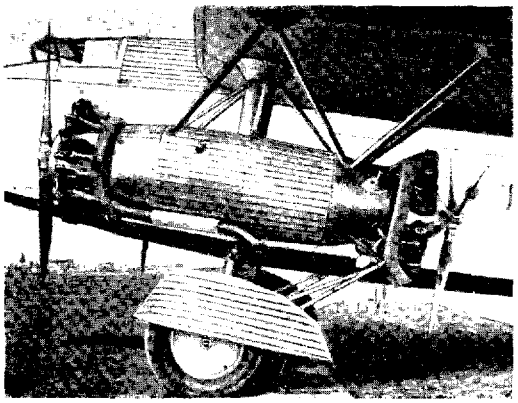
4



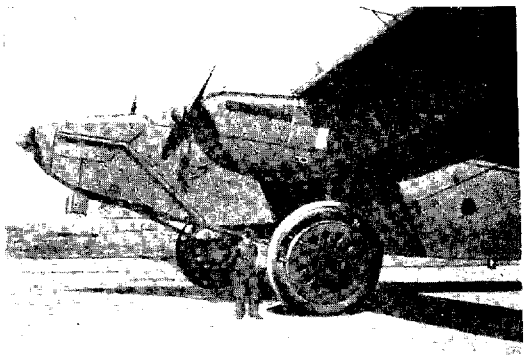
5



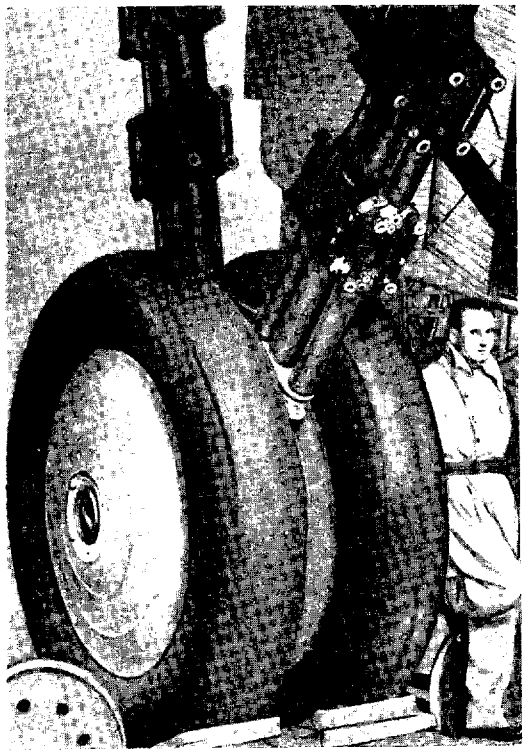
6



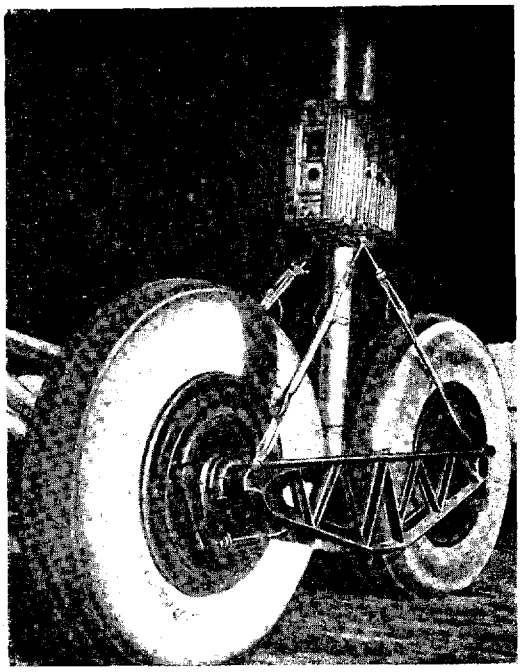
7



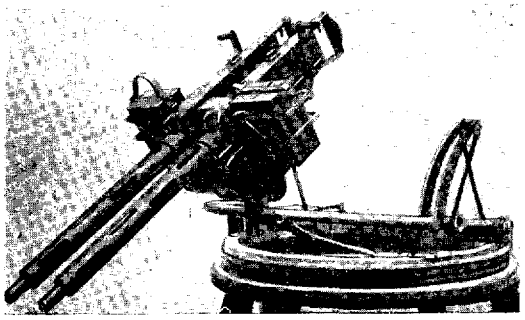
8



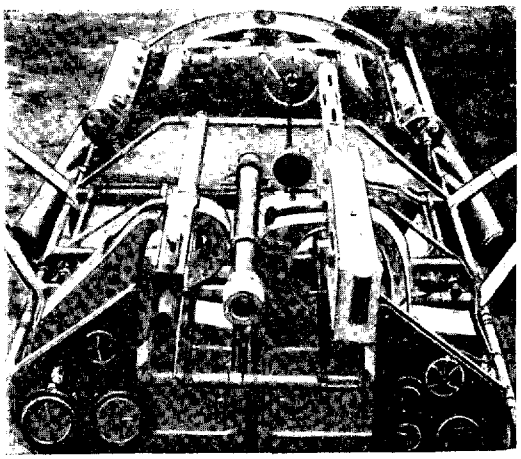
9



10



11



12

снятые с стапеля, закрепляются в особые приспособления, позволяющие вращение лодки и доступ к любому участку обшивки. При отделке лодок таковые подвешиваются на подъемнике и с помощью пульверизатора покрываются защитной от коррозии окраской, после чего поступают в сушилку. Система подъемников, передвигающихся на рельсе, обслуживающая малярную и сушилку, создает непрерывный поток продукции с небольшой затратой усилий.

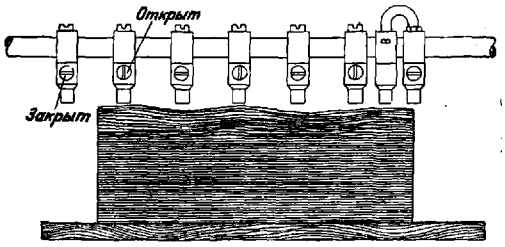
Лит.: Klemin A., Aeronautical Engineering, L., 1925; Klemin A., Airplane Stress Analysis, N. Y., 1929; Andrews S. T. a. Benson S. F., The Theory a. Practice of Airplane Design, L., 1920; Pippard A. J. a. Pritchard J. L., Airplane Structures, L., 1919; Handbook of Strength Calculations, L., 1929; Bairston W. L., Applied Aerodynamics, L., 1920; Judge H. W., Aircraft a. Automobile Materials of Constructions, v. 1, L., 1920; Case J., The Strength of Materials, L., 1925; Niles, Handbook of Aeronautics, L., 1931; Handbook of Instructions for Airplane Designers, Dayton Ohio, 1925; Hohm Fr., Handbuch f. den Flugzeugbau, B., 1930; Klemin A., Simplified Aerodynamics, Chicago, 1930; Landsdorf W., Jahrbuch d. Luftfahrt, Berlin, 1931/32. **Н. Поликарпов.**

САМОНАКЛАДЧИКИ, приспособления для автоматич. накладывания листов бумаги на печатных, фальцевальных, линевальных и прочих машинах взамен ручного накладывания. С. применяются в машинах, печатающих на флатовой бумаге, и излишни в машинах, печатающих с бесконечного бумажного рулона. Без С. нельзя было бы использовать полной производительности печатных машин, работающих на флатовой бумаге. Современные машины работают со скоростью 1 500 — 3 600 оттисков в час, тогда как пределом ручного накладывания листов надо считать 1 500 оттисков. С другой стороны, размеры накладываемых листов бумаги достигают 1 300 × 1 800 *мм*, что представляет большие трудности для накладывания листов вручную.

Первые попытки замены ручной накладки С. делались при помощи всякого вида клеящих веществ, но задача механизации накладывания листов была решена лишь тогда, когда использовали для подачи бумаги трение и всасывающую силу разреженного воздуха. Все современные конструкции С. могут быть разделены по способу отделения отдельного листа бумаги от стопы на пневматические, в к-рых присосы, находящиеся на полых штангах, захватывают и отделяют верхний лист от стопы бумаги, и фрикционные, в которых верхний лист стопы отделяется при помощи какого-нибудь фрикционного механизма, сдвигающего верхний лист со стопы и подающего его на машину. Третий тип С. представляет собою комбинацию из двух указанных типов.

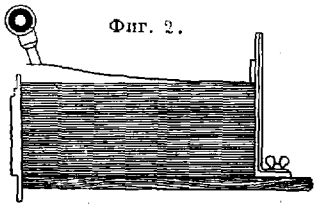
Основные требования, которым должен удовлетворять каждый С., таковы: 1) полная надежность в отношении подачи только одного листа одновременно; 2) точная подводка листа к передним и боковым маркам, точный регистр и совершенная приводка; 3) пригодность как для тонкой (плотностью в 30 *г/м²*), так и для толстой (до картона плотностью 800 *г/м²*), для гладкой и шероховатой бумаги; для работы с одним заранее установленным сортом бумаги конструкция С. может быть значительно упрощена; 4) одинаково хорошая подача бумаги разнообразных форматов; 5) быстрый переход с одного формата на другой; 6) наличие приспособления для автоматич. остановки печатной машины в случае подачи рваных или мятых листов или пропуска подачи листа; 7) легкая загрузка бумагой; 8) легкое отделение и подача листа, гарантирующие при печатании на оборотной стороне от помарок на отпечатанной уже лицевой стороне; 9) возможность легкого перехода на ручной наклад в случае порчи С.; 10) сохранение доступности к частям печатной машины; 11) удобство присоединения к любому типу машин без существенных изменений; 12) гарантия от возможности загиба, смятия листов, срывов и т. д.; 13) экономичность в отношении расхода энергии на движение аппарата; 14) компактность, простота конструкции и легкость обслуживания; 15) возможность механич. загрузки аппарата бумагой.

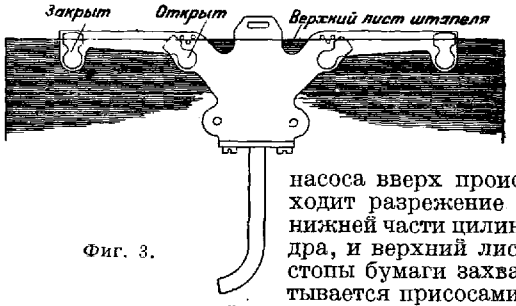
Пневматические С. В С. сист. «Универсаль» над штапельным столом во всю ширину машины движется полая штанга, к нижней части к-рой прикреплены переставные присосы



Фиг. 1.

(фиг. 1). Полость штанги соединена гибким рукавом со всасывающей стороной воздушного насоса. Присосы слегка надавливают на внешний край листа и вакуумом поднимают его кверху (фиг. 2). Присасывающая сила настолько велика, что имеется возможность даже работать с картоном. В виду того, что листы бумаги плотно прижаты один к другому и при присасывании верхнего листа к нему может пристать следующий, устроены сопла (фиг. 3), через к-рые подается сжатый воздух, содействующий отделению листов друг от друга. Сжатый воздух поступает к соплам по гибкому рукаву от нагнетательной стороны того же воздушного насоса (фиг. 4 и 5). Во время движения поршня

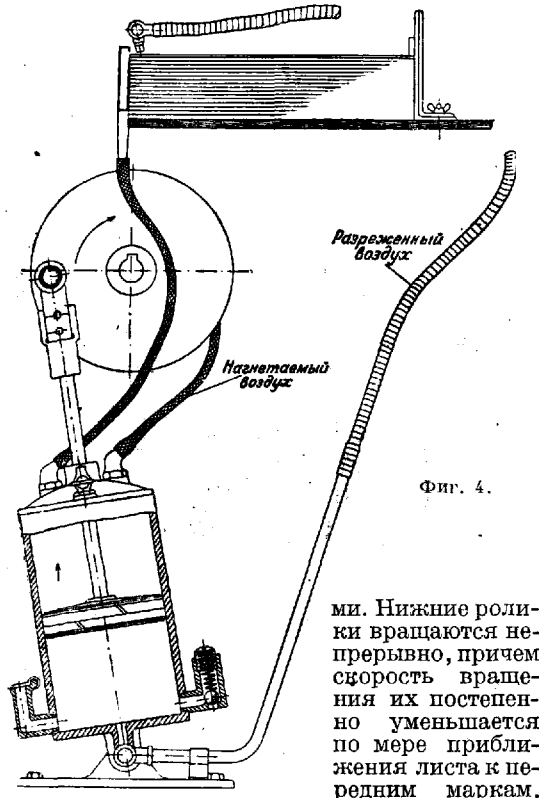

Фиг. 2.



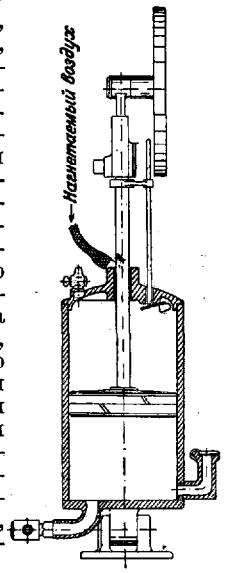
Фиг. 3.

насоса вверх происходит разрежение в нижней части цилиндра, и верхний лист стопы бумаги захватывается присосами. Одновременно сжатый в верхней части цилиндра насоса воздух устремляется через сопла в край стопы между листами и способствует отделению верхнего листа от стопы. Движущаяся полая штанга с присосами подводит лист приблизительно до одной трети накладного стола. В этот момент всасывание автоматически прекращается, и лист падает на накладной стол. Поршень насоса опускается в низшее положение, а штанга с присосами возвращается к ста-

пельному столу, и процесс возобновляется. Лист, опущенный на накладной стол *а* (фиг. 6), передвигается дальше транспортными роликами. Нижние ролики вращаются непрерывно, причем скорость вращения их постепенно уменьшается по мере приближения листа к передним маркам. Верхние ролики *б* приподнимаются перед поступлением листа к передним маркам, и дальше он скользит по инерции. Если бы большая скорость транспортных роликов оставалась постоянной, то передние кромки листа, ударившись о передние марки, сминались бы или прорывались и точности наклада нельзя было бы получить. Уменьшение скорости движения подаваемых листов в этой конструкции достигается эллиптич. колесами *в* и *г*, от которых посредством цепи *д* приводится во вращение вал нижних транспортных роликов. Когда лист достиг передних марок, он посредством рычажного механизма накладывается точно к боковым маркам и подхватывается клапанами печатного барабана. В случае подачи дефектного листа электрическое приспособление выключает машину, которая немедленно останавливается.



Фиг. 4.



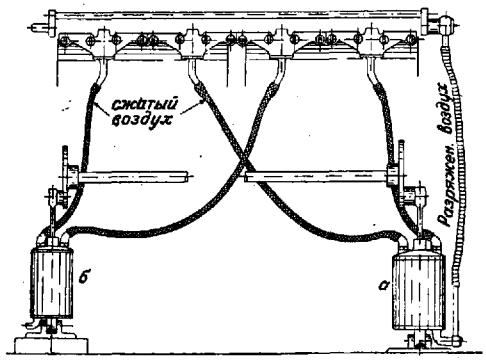
Фиг. 5.

С. «Универсаль» строятся также и такой формы, к-рая допускает наклад двух листов одинаковой или различной толщины. Для печатных машин больших форматов «Универсаль» снабжается двумя помпами (фиг. 7). Помпа *б* подает только сжатый воздух и обычно делается меньше помпы *а*, к-рая как обычно в нижней половине цилиндра разрежает воздух и в верхней половине сжимает воздух.

Новый по конструкции пневматический С. «Шписс-Заугер» сконструирован без присасывающей штанги с укрепленными на ней в большом количестве присосами. Вместо 10—20 присосов на штанге, как в большинстве конструкций, в данном случае имеется всего два присоса, действующие по одному с каждого переднего угла верхнего листа штапеля с бумагой. Подача листа производится путем загибания обоих передних углов листа посредством одного присоса с каждой стороны. Под приподнятый верхний лист вдувается струя воздуха. В этом С. возможна автоматическая подача листов к накладным маркам и при остановленной машине путем привода С. от руки. С. «Шписс-Заугер» строятся двух основных моделей—с высоким и с малым штапелем. Боковой вид последней из этих моделей показан на фиг. 8. Для удобства обслуживания печатного цилиндра накладная доска С. приподнимается вверх и полностью освобождает подход к печатному цилиндру (фиг. 9). С. дает возможность в случае надобности накладывать листы вручную.



Фиг. 6.

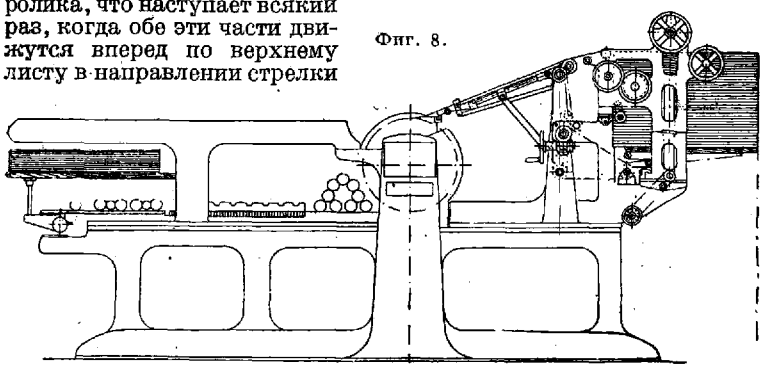


Фиг. 7.

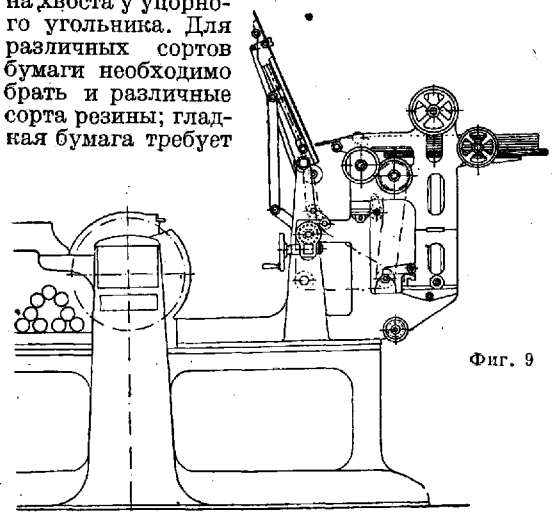
Фрикционные С. Механизм подачи листа в фрикционном С. «Ауто» показан на фиг. 10, А, Б и В. Пальцы *1* свободно сидят на валике для подачи *2*, к-рый эксцентриком и коленчатым рычагом движется вперед и назад. Направляющая, в к-рой движется валик *2*, получает перемещение вверх и вниз от другого эксцентрика. Рычаг, прикрепленный к оси пальца, придает скользящему движению частично вращение. У каждого пальца имеется установочная дуга *3*, к-рая поднимает палец своим нижним концом при обратном ходе пальцевого валика кверху и эластично надавливает на него при переднем ходе. Палец состоит из стержня *1* с легко приводимым во вращательное движение фибровым роликом *4*, обтянутым резиной. К ролику прикреплено маленькое храповое колесо *5* и с той же стороны к стержню пальца прикреплен на болте весьма гибкий щуп *6* с зубцом *7*, к-рый подходит к зубьям храпового

колеса 5. Зубец щупа не может сцепиться с храповым колесом, когда ножка щупа находится на одном уровне с нижней частью резинового ролика, что наступает всякий раз, когда обе эти части движутся вперед по верхнему листу в направлении стрелки

Фиг. 8.



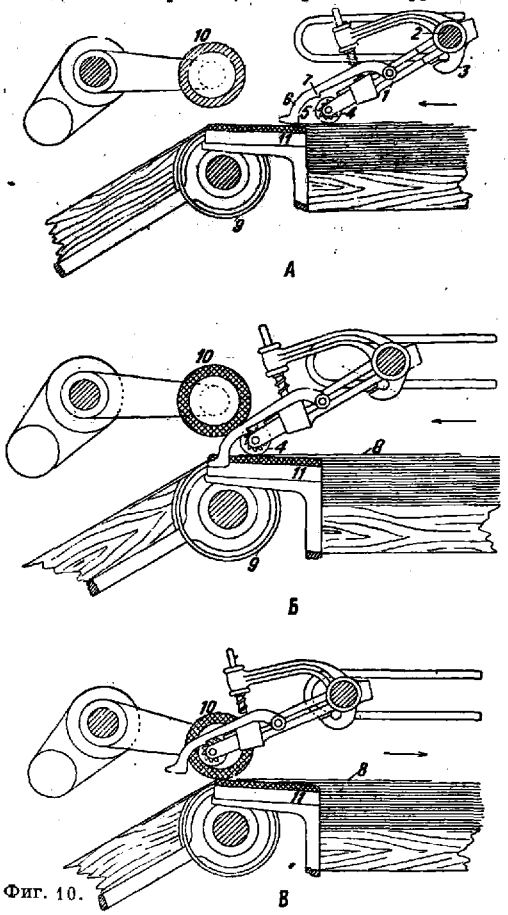
(фиг. 10, А). Тогда ролик может без трения прокатываться по листу. Однако как только храповый щуп при дальнейшем движении валика пальца в направлении стрелки выступает за передний край верхнего листа, ножка щупа может опуститься в выемки между резиновыми пластинками *11* упорного угольника, вследствие чего зубец *7* сцепляется с храповым колесом и задерживает ролик (фиг. 10, Б). Благодаря этому верхний лист при движении пальца вперед резиновым роликом *4* подтягивается настолько вперед, что он выступает немного за середину подающего валика *9*. Как только палец дошел до крайнего своего положения, он поднимается благодаря вращению своей оси, прежде чем совершить свой обратный путь. Тогда опускаются обтянутые резиной подающие ролики *10* на постоянно вращающийся подающий валик *9* (фигура 10, Б), вследствие чего лист направляется на накладной стол. Отделению листов содействует лежащая под путем, пробегаемым пальцем, фрикционная плоскость. Это—кусок плоской резины *8*, равный ширине пальцевого ролика и длине его пути пробега. Плоская резина прикреплена к 4-угольной латунной втулке и может с ней легко быть надета на держатель формы ласточкина хвоста у упорного угольника. Для различных сортов бумаги необходимо брать и различные сорта резины; гладкая бумага требует



Фиг. 9

шероховатой резины, шероховатая бумага—гладкой резины. В качестве связи между накладным столом и упорным угольником, поверхность к-рого покрыта плоской резиной, служит беспрерывно вращающийся подающий валик. Когда лист продвинут пальцами настолько, что его передний край перешел за середину валика, пальцы поднимаются, но зато опускается на валик транспортный ролик, обтянутый резиной. Этим лист подается вперед на наклонный накладной стол, после чего транспортные ролики подают его к накладным маркам.

С. сист. Кенига работает по принципу роспуска листов. Способ работы показан на фиг. 11. Отделение листов производится вращающимся по направлению стрелки фрикционным колесом *А*, покрытым маленькими роликами из вулканизованной фибры. Верхний лист бумаги продвигается до тех пор, пока его задний край не пройдет за нажим *Б*, который остается поднятым над стопой бумаги, пока работает фрикцион-



Фиг. 10.

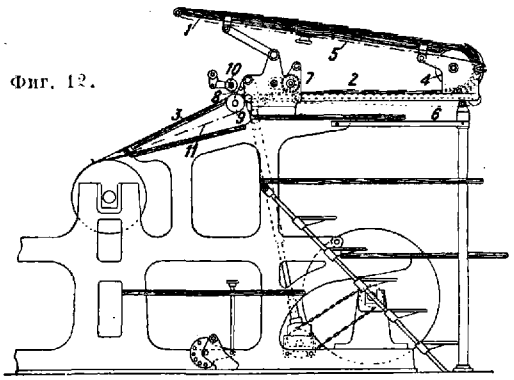
ное колесо *А*. После этого фрикционное колесо *А* останавливается, нажим *Б* опускается на бумагу и одновременно поднимается *А*, в то время как вращающееся резиновое колесо *В* опускается на верхний лист и подает его на накладную доску. Как только лист сошел со стопы бумаги, фрикционное колесо *В* и нажим *Б* снова поднимаются, а фрикционное колесо *А* опускается, и операция повторяется. Своевременная остановка фрикционных колес достигается при помощи двух маленьких язычков, располо-

женных по обеим сторонам переднего края верхнего листа, которые служат как бы передними марками. Они соединены с муфтой, приводящей в движение фрикционное колесо таким образом, что оно тотчас же останавливается, как только лист касается двух язычков. В этом положении лист остается, не придерживаемый больше нажимом *Б*. Оба язычка однако сами по себе не обеспечивают подачи листа без перекоса; наоборот, оказалось, что при печатании с неравномерно распределенными условиями трения, напр., когда одна половина состоит из иллюстраций, а другая—из набора, подачи без перекоса листа без специальных средств добиться нельзя. Для этого справа и слева от резинового колеса *В* над поверхностью бумаги расположены два маленьких кусочка резины, к-рые, придерживая и тормозя автоматически, надавливают на бумагу так, что достигается более верная подача. Т. к. колесо *А* благодаря своим фрикционным роликам при чувствительной бумаге могло бы оставить незначительные следы на верхнем листе, то на этот случай имеется возможность натянуть под ним полоску полотна, к-рая

Фиг. 11.

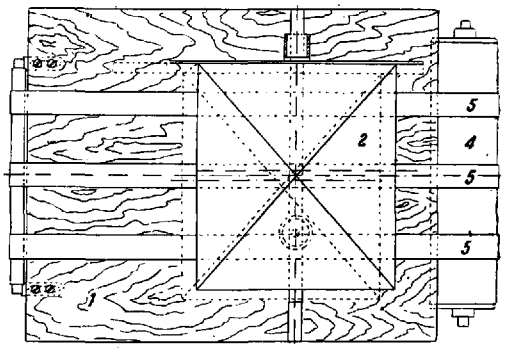


Фиг. 12.



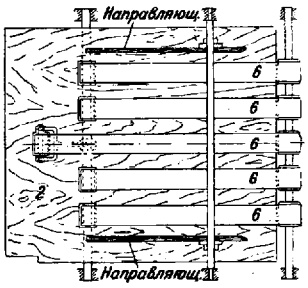
передает бумаге толкающее действие колеса. Привод С. устроен от вала махового колеса; при обратном ходе машины С. не работает. С. можно привести в действие от руки, что облегчает работу приправки. Потребная для аппаратов мощность составляет в среднем $^1/_{15}$ Нр. С. соединен с автоматич. тормозом, к-рый останавливает машину при неправильной подаче бумаги. Накладной стол покоится на раме, к-рая автоматически поднимается на двух винтовых шпинделях. Над поверхностью бумаги устроен щуп, который включает механизм для подъема стола. Для двухоборотных машин и офсетных машин С. сист. Кенига всегда снабжается усиленным подъемным приспособлением для стола, благодаря которому возможно пускать в работу штапель бумаги до 70 *см* высоты. С. системы Кенига строится с плоским и круглым штапелем. Круглый штапель имеет то преимущество, что для загрузки новой стопы бумаги нет надобности останавливать машину, но зато бумагу приходится подкладывать все время мелкими партиями на ходу машины, что требует постоянного обслуживания.

С. сист. «Ротари» (ф-ки Г. Шписса) работает по принципу роспуска листов. На «Ротари» бумагу можно подкладывать во время хода печатной машины. На фиг. 12 схематически изображен С. сист. «Ротари», установленный на плоской типографской машине. Основным преимуществом С. сист. «Ротари» является отсутствие прямолинейно-возвратно движущихся частей; поэтому он может развивать большую скорость подачи (по данным фирмы до 5 000 листов в час). «Ротари» приводится в движение от привода печатной машины при помощи цепной передачи. Накладной стол состоит из трех частей:



Фиг. 13.

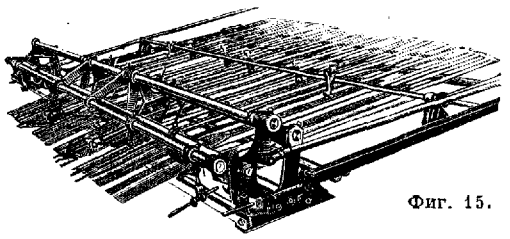
1) верхнего накладного стола *1* для загрузки бумагой, 2) транспортного стола *2*, с к-рого листы бумаги подаются фрикционными колесами, и 3) переднего накладного стола *3*. Верхний стол *1* соединяется с транспортным столом *2*, вращающимся деревянным барабаном *4*, к-рый иногда называют распускателем. Столы *1* и *2* неподвижны, тогда как стол *3* м. б. приподнят вверх специальным подъемным приспособлением, для того чтобы иметь возможность накладывать листы вручную. Верхний и транспортный столы связаны с барабаном *4* посредством ряда широких транспортных лент *5* и *6* (фиг. 13 и 14). Над транспортным столом *2* двигаются бесконечные широкие ленты *6*, к-рые подводят листы бумаги к фрикционным колесам. В зависимости от размера печатной машины, а следовательно и С. количество транспортных лент *6* устанавливается до пяти. Накладываемая бумага пачками 100—300 листов накладывается на верхний накладной стол *1*, причем бумага несколько распускается. Т. о. непрерывный слой распущенных листов бумаги высотой до 5 *см* посредством транспортных лент *5* и барабана *4* автоматически подается от верхнего накладного стола *1* на транспортный стол *2*. На последнем слой распущенных бумажных листов продолжает свое поступательное движение и подается к фрикционным колесам *7* (фиг. 12) при помощи транспортных лент *6*, находящихся на столе *2*. При тонких бумагах общее количество загруженной бумаги от начала загрузочного стола *1* до фрикционных колес *7* может доходить до 3 000 листов. Фрикционные колеса *7* отделяют верхний лист и про-



Фиг. 14.

двигают его вперед до рычажка *8*. Как только передний край листа коснется рычажка *8*, специальный механизм приподнимает фрикционные колеса. Передний край листа лежит на вращающемся ролике *9* и как только он будет прижат сверху двумя резиновыми роликами *10*, он продвигается на стол *3* и подводится к передним маркам транспортными лентами *11*. К концу движения листа скорость транспортных лент уменьшается, благодаря чему исключено всякое смятие передних кромок листа. При неправильном накладе подача бумаги механически останавливается. «Ротари» подходит к машинам любого типа. Потребная сила около 0,25 HP. С. системы «Ротари» строят также для двойного наклада. На нем можно работать одновременно с двумя накладываемыми рядом листами различного формата и различной толщины.

Комбинированные системы С. представляют собой комбинацию двух указанных систем—фрикционной и пневматической. В американском С. сист. «Декстер» один лист отделяется от другого с помощью маленького фрикционного приспособления, а поднятие верхнего листа и передача его на транспортер выполняется присасыванием. После того как верхний лист отделен, он вводится присосами между двумя ведущими роликами, к-рые опускаются на лист и передвигают его к переднему концу транспортного стола. При работе с необычно большими листами или с такими сортами бумаги, к-рые трудно отделяются друг от друга, отделение листов облегчается добавочной струей сжатого воздуха. Сила воздушной струи регулируется особыми вентилями, которыми можно регулировать и момент пуска струи. Воздух должен вдуваться в стопу бумаги сбоку, когда присосы окажутся в соприкосновении с верхним листом бумаги или незадолго до этого. Транспортное приспособление для подачи листов бумаги состоит из присасывающей штанги с резиновыми присосами, укрепленными на ней. Присосы, прикоснувшись к верхнему листу бумаги, приподнимают его и подводят к ведущим роликам. Все пневматич. устройство для присоса м. б. переставляемо сообразно с высотой штапеля бумаги. Подача листов к накладным передним маркам происходит с помощью подвесных транспортных лент (фиг. 15), т. ч. невозможна ни задержка листа ни смазывание лицевой стороны при печатании оборотной, случающееся вследствие скольжения листа. Средняя лента д. б. по возможности посредине листа. Остальные ленты равномерно распределяются по ширине листа. Боковые края листа не должны свешиваться над крайними лентами больше, чем на 1 *см*. Если по той или иной причине один из листов неправильно положен или изорван и смят, машина, равно как и С., останавливается. При двухоборотных машинах выключается и печатный барабан. Если одновременно по какой-либо причине (напр. из-за невысохшей печати) два или несколько накладываемых листов слепились, то печатный барабан выключается, и С. и машина автоматически останавливаются.



Фиг. 15.

В последних конструкциях С. предусматривается возможность работать с большими штапелями бумаги. Чтобы избежать отнимающую много времени зарядку С. бумагой, пользуются штапельной вагонеткой, на к-рой м. б. уложена в складе стопа бумаги любой высоты. Когда сменный накладной стол машины пуст, он удаляется, стол с полным штапелем на вагонетке подкатывается и вставляется в машину.

Лит.: Klimsch Jahrbücher, Frankfurt a/M.; Bauer Fr., Handbuch f. Buchdrücker, 4 Aufl., Frankfurt a/M., 1925; «Der graphische Betrieb», Berlin; см. также *Печатные машины*.

Е. Готман.

САМОПУСКИ, см. *Стартер*.

САМОТАСКА, элеватор, конвейер, транспортные устройства для перемещения грузов. С. в мукомольном производстве служит для передвижения сыпучих продуктов и является необходимой частью оборудования мельниц, где по ходу технологич. процесса требуется многократное передвижение продукта из-под машин, расположенных в нижних этажах, на машины в верхних этажах. Термин С., равнозначный конвейеру, применяется также в лесной промышленности (см. *Конвейер*).

САМШИТ, кавказская пальма (Buxus sempervirens), небольшое дерево или кустарник из сем. Buxaceae, произрастающий в Средиземноморской области Европы, в Малой Азии, Персии, Китае и Японии. В пределах СССР встречается С. на черноморском побережьи Кавказа, в Грузии и Ленкоранском округе Азербайджана. По очень приблизительным подсчетам в СССР общая площадь самшитовых древостоев составляет ок. 10 000 *га*. Самшитовые деревца достигают наибольшей высоты 15—18 *м*, при диам. 45—50 *см* (средняя высота 12 *м*, при диам. 35—50 *см*). С. принадлежит к вечнозеленым растениям, с весьма густым облиственением. Семена С. ядовиты. Ствол С. одет желтовато-серой тонкой корой, с мелкими трещинами, содержащей алкалоид—буксин. С. размножается семенами, черенками и отводками.

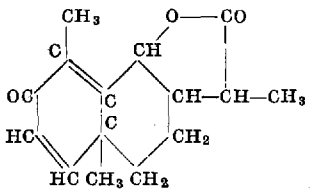
Основные биологич. особенности С. таковы: С.—древесная порода теневыносливая, требовательная к влажности воздуха и почвы, предпочитающая почвы с наличностью извести, достаточно гумифицированные и обладающие щелочной, нейтральной или слабокислой реакцией, и не взыскательная к механическому составу почвы. С. продвигается в горах Кавказа по высоте до 1 500 *м*, хотя в некоторых местах уже 600 *м* над уровнем моря являются пределом его распространения. Растет С. чрезвычайно медленно: в 350—400 лет ствол С. достигает диам. 30—40 *см*. С. чаще всего образует второй ярус под пологом таких древесных пород, как граб, бук, грабинник, ясень, липа и др., где он хорошо произрастает и дает естественное возобновление, иногда достигающее 100 тыс. шт. самосева на один *га*. С. произрастает иногда и на открытых скатах гор. Древесина С. матово-желтого цвета, с узкими сердцевинными лучами и мелкими сосудами, обладает мелким равномерным сложением, высокой плотностью, большим уд. в. (1,06 в сухом состоянии) и почти одинаковой твердостью в торцовом (1 490 *кг/см*^{2}), радиальном (1 530 *кг/см*^{2}) и тангенциальном (1 480 *кг/см*^{2}) направлениях. Высокие технические свойства древесины С. делают ее пригодной для изготовления ценных пред-

метов (ткацких челноков, гравировальных досок, пуговиц, измерительных приборов и т. п.). Потребность в древесине самшита определяется в СССР ~3 000 $м^3$. Древесина С. представляет чрезвычайно ценный продукт для экспорта. Поделочная древесина С. должна быть несуковатой, прямой, без свилеватости, значительных трещин и с отсутствием гнили. Нерациональная заготовка древесины С. часто приводит к образованию в ней трещин и гнилей. Поэтому при заготовках С. следует соблюдать следующие условия: 1) срок заготовки в период с ноября по 1 марта; 2) заготовленные материалы не окоряют, а лишь освобождают кору от мха и парафинируют торцы; 3) заготовленный материал складывают для просушки в штабели, перестилаемые досками, и закрывают от солнца и атмосферных осадков; 4) во время транспорта, для предохранения от высыхания, древесину прикрывают брезентами; 5) на складах древесину хранят в прохладных темных помещениях, избегая резких колебаний температуры и влажности. Заготовляют древесину С. небольшими отрезками в 1 *м* длиною и меньше, с минимальным диам. в верхнем отрубе 6,5 *см*. Следует обратить внимание на правильное ведение хозяйства в самшитовых древостоях и разработку научно-исследовательскими институтами рациональных приемов их эксплоатации, а также хранения и переработки древесины. С. является кроме того весьма ценным декоративным растением; благодаря своей выносливости к стрижке и наличию декоративных форм он дает возможность создавать ценные зеленые оформления, что представляет большой интерес при зеленом строительстве в наших социалистич. городах.

Лит.: Заклинский Н. С., Леса Абхазии, Л.—М., 1931; Соколов С. Я., Общий естественно-исторический и лесоводственный очерк Сочинского района, «Труды и исследования по лесному хозяйству и лесной промышленности Ленинградского лесопромышленного научно-исследовательского ин-та», Л., 1931, вып. 14; Асоскова А. И., Почвы лесов, лесоводственные свойства и культуры нек-рых древесных пород Сочинского района, там же; Ивановский М. И., Хозяйство на самшит и каштан, там же. **Н. Кобранов.**

САНДАРАК, 1) смола атласского кипариса (Callitris quadrivalsis,—Сев. Африка, Австралия). Лучшие сорта—прозрачные бесцветные зерна слабо ароматич. запаха; уд. в. 1,05—1,095; твердость значительная (по твердости сандарак близок к каурикопалу); применяется в производстве лаков. 2) С., или реальгар, см. *Мышьяка соединения.*

САНТОНИН, $C_{15}H_{18}O_3$, действующее начало цитварного семени—молодых цветочных почек цитварной полыни (Artemisia santonica), растущей в изобилии в Туркестане (Семипалатинск—Ташкент).



С. представляет бесцветные блестящие листочки с $t°_{пл.}$ 170°, легко желтеющие на свету, уд. в. 1,187; С. растворяется в 5 000 ч. холодной воды (при 17,5°) и в 250 ч. кипящей воды, в 43 ч. холодного (22,5°) и в 3 ч. кипящего спирта (при 80°), в 75 ч. эфира и в 4 ч. хлороформа; легко растворяется в ди- и трихлорэтилене. Спиртовой раствор С. от прибавления раствора едкого кали или натра окрашивается в карминово-красный цвет. С.—производное гидрированного нафталина; он обладает свойствами кетонов и одновременно является лактоном сантониновой к-ты; выше помещена наиболее вероятная ф-ла строения С. Для получения С. цитварное семя кипятят в присутствии спирта и гидрата окиси кальция (известкового молока) и отфильтровывают от нерастворимых частей. Фильтрат нейтрализуют разбавленной соляной кислотой, жидкость оставляют стоять в течение нескольких дней в холодном месте и отсасывают выделившийся С. Его перекристаллизовывают из спирта кипячением с небольшим количеством животного угля. Процесс получения основан на том, что при нагревании с известковым молоком С. переходит в кальциевую соль сантониновой к-ты, к-рая извлекается разбавленным спиртом; по прибавлении соляной к-ты вначале выделяется сантониновая к-та, к-рая скоро переходит в сантонин. С. применяется в медицине как средство против глистов. С.—сильный яд и в больших дозах вызывает судороги и смерть. Добывается сантонин в Казакстане. В Чимкенте сооружен завод, не только удовлетворяющий потребности СССР в сантонине, но и экспортирующий его за границу.

Лит.: Чичибабин А. Е., Основные начала органич. химии, изд. 3, М.—Л., 1931; Schwyzer, Die Fabrikation pharmazeutischer u. chemisch-technischer Produkte, B., 1931. **М. Кацнельсон.**

САПОЖНАЯ ВАКСА, название специальных цветных составов для придания коже мягкости и блеска. Имеется богатая рецептура С. в. на восковом и жировом основаниях. Обычная черная вакса изготовляется растиранием пылевидного костяного угля и сажи (высших сортов), патоки, декстрина, жира и воды с небольшим добавлением серной к-ты. Подкраску С. в. производят также нигрозином или железными солями. С появлением цветных кож хромового дубления С. в. были заменены сапожными кремами и жидкими аппретурами. Кремы обычно готовят на восковом основании, иногда с прибавлением смолы. Воск для сапожных кремов употребляется гл. обр. растительный. Кроме воска (карнаубского, пчелиного или церезина) в состав крема входят растворители (скипидар, бура) и пигментные красители. Сапожные аппретуры—окрашенные растворы буры и шеллака в воде или шеллака в спирте.

Лит.: см. *Восковые составы.*

САПОНИНЫ, класс глюкозоидов, широко распространенных в растительном мире, встречающихся в мыльном корне (Saponaria officinalis L.), в панамской коре (Quillaja saponaria) и во многих других растениях. Химич. строение их неизвестно. Нек-рые из них имеют кислую реакцию. Наиболее ядовитые из них носят общее название сапотоксинов. Даже слабые растворы при встряхивании образуют пену подобно мыльной. При гидролизе С. распадаются на сахар и сапогенин, нерастворимый в воде. Для получения С. применяют б. ч. экстракцию спиртом. Выделяющиеся при охлаждении С. промывают спиртом и эфиром, растворяют в воде и осаждают гидратом окиси бария. Бариевое соединение разлагается, и С. выделяются из раствора осаждением спиртом. С. употребляются для мытья тканей, не выдерживающих мыла, для борьбы с насекомыми; в медицине некоторые сапонины применяются как отхаркивающее.

Лит.: Кешин Р., Руководство по фармакологии, пер. с англ., вып. 2, Л., 1931; Schmidt E., Ausführliches Lehrbuch d. pharmazeutischen Chemie, 6 Aufl., B. 2, Brschw., 1922—23. **М. Кацнельсон.**

САПРОПЕЛИТ, порода тонкоземлистого строения, характер которой обусловлен наличием в ней *сапропеля* (см.). По Науманну пелитами называют породы илистые—тонкоземлистого, глинистого и тонкопесчанистого строения, в отличие от псаммитов—пород, содержащих зерна песка более грубого. С. характеризуется, во-первых, именно пелитовым строением, независимо от содержания в этой породе неорганич. примесей, и обнимает все сапропелевые образования, начиная от чистого сапропеля, образовавшегося из одних только органич. остатков, и до пород с меньшим или бо́льшим содержанием неорганич. веществ, которое в нек-рых случаях м. б. минимальным, лишь бы только они обладали тонкоземлистым иловатым строением. Породы же, сапропель к-рых уже исчез и к-рые перешли поэтому из каустобиолитов в акаустобиолиты (напр. диатомовый пелит, или диатомопелит), к С. иногда относят, иногда не относят, и притом даже у одного и того же автора (Г. Потонье); впрочем эта неопределенность понятна, т. к. нек-рое присутствие органич. веществ свойственно даже таким породам, за к-рыми органич. происхождения обычно не признается, каковы напр. глины (см. *Пластичность*). В отношении строения С. противополагается сапропсаммиту, обладающему характером грубоватопесчанистым. Во-вторых, С. характеризуется участием в его образовании сапропеля, т. е. продукта гниения (анаэробного брожения) жиров и м. б. белков. В отношении своего связующего вещества С. (вместе с сапропсаммитом) противополагается гумипелиту (и гумипсаммиту), органич. примесь к-рого состоит из гумусовых образований, т. е. продуктов перегнивания аэробного брожения углеводов. По консистенции С. обнимает весь ряд образований, от сапропелевой слизи и иловатого современного С., через посредство плотностуднеобразного сапроколла (более старого происхождения) и кожеподобного балхашита до третичных дизодилов, палеозойских кеннельских углей и богхедов. Во влажном состоянии сапропелитовые и соответственно сапроколловые земли, содержащие глину, песок или мергель, настолько похожи на чистый сапропель, что отличаются от него лишь микроскопически или химически (напр. по почернению при нагревании без доступа воздуха); в воздушно-сухом же состоянии они, напротив, неотличимы от глины, песков и мергелей, считающихся несодержащими сапропеля. Сапропелевая глина может по цвету не отличаться от обычной, но обладает очень мягкой (полужидкой) иловатой студнеобразной консистенцией, а при засыхании приобретает, напротив, известную твердость. С течением геологич. сроков времени сапропель может отвердевать до битуминозных сланцевых глин и битуминозных глинистых сланцев (посидониевый сланец и т. д.); аспидные сланцы тоже вероятно представляют динамометаморфич. продукты изменения С., на что указывает их черный цвет, обусловленный органич. веществом. К С. иногда довольно близко подходит сапропелевый песок, особенно при содержании в нем панцырей диатомей; к тому же этот песок чернеет при прокаливании без доступа воздуха. Однако рыхлость сапропелевого песка, когда он выходит из иловатого состояния, ведет к полному разложению органич. частиц, т. ч. в воздушно-сухом состоянии такой песок не обнаруживает твердости, характерной для С., и даже очень легко распадается. Цвет С. весьма разнообразен, в зависимости не только от месторождения, но и от слоя, из к-рого взят данный образец. Оливково-зеленые, желтовато-зеленоватые и бурые оттенки многих С. наводят на предположение о хлорофилле и его производных как окрашивающих началах С.; действительно спектр поглощения спиртовых вытяжек из С. показал полосу поглощения в промежутке 670—660 $m\mu$ (Б. Л. Исаченко, 1919 г.), чем подтвердилось указанное предположение. Для примера м. б. даны две последовательности окрасок С. из Белого и Черного озер (б. Тверской губ.), причем в Белом озере окраска С. изменяется вглубь от оранжевого к оранжево-желтому до желто-зеленого, тогда как в Черном озере, наоборот, от красно-оранжевого к оранжевым (табл. 1). При обилии извести С. бывает почти белым. Окраска цветных слоев некоторых С. объясняется в нек-рых случаях присутствием местных красящих глин (В. Толмачев); однако в нек-рых случаях такое объяснение оказывается невозможным. При обильном содержании пыльцы древесных пород пыльцовые С. бывают от желтоватого до серо-желтого цвета и в воздушно-сухом состоянии отличаются особенною легкостью; минеральными составными частями они беднее других С.

Табл. 1.—Характер и цвет слоя сапропелита (по Б. Л. Исаченко).

Характер слоя	№ слоя	Мощность слоя, *см*	№ цвета*	Цвет
Белое озеро				
Верхний слой, представляющий скопление мягкой и жирной червеобразной массы, «черви» к-рой достигают 10 *см* длины и 0,5 *см* толщины	1	20	285	Темнозелено-оливковый
Второй слой мягкий и жирный, подобный первому	2	35	289	Темнозелено-оливковый
Однородная масса, уже утратившая червеобразное строение	3	145	154	Бурый
Плотная жирная масса, по мере углубления содержащая все меньше воды и все больше песка	4	200	135	»
	5	100	125	Темный
	6	50	—	»
Черное озеро				
Жирная темн. масса, содержащая песка больше, чем С. с Белого озера	1	400	75	Черный с красно-оранжевым оттенком
	2	450	89	Темно-оранжевый
	3	550	134	Более светлый оранжевый

* По Codes des couleurs, составленным P. Clingksick и Th. Valette (Paris, 1908).

Химич. состав С. охарактеризован в табл. 2, 3 и 4а. В табл. 2 показано существенное колебание состава у С., даже весьма близких по своему месторождению, а в табл. 3—изменения состава при углублении в толщу одного и того же сапропелитового отложения. Как видно из последней, зольность С. с углублением возрастает, а гигроскопическая влага падает. В табл. 4 и 4а дано сравнение двух слоев С.,

Табл. 2.—Химический состав (в %) сапропелитов (по В. Н. Таганцеву).

Составная часть	С. с озера Белого	С. с озера Перегородного *
Зола по пересчету на сухое вещество С.	17,35	78,19
Состав золы:		
Вещества, нерастворимые в HCl	72,8	8,8
Fe_2O_3	15,1	3,4
CaO	8,8	72,5
MgO	1,5	2,4
SO_3	3,0	3,2

* Вышневолоцкого района б. Тверской губ.

Табл. 3.—Зависимость состава сапропелитов от глубины залегания (по В. Н. Таганцеву).

Глубина залегания *1 в м	С *2	Н *2	Зола *2	Гигроскопическая вода*2
Поверхностный ил . .	41	6	19	12
350	36	5	28	12
450	33	5	33	10
550	25	3	48	8
675	18	3	58	7

*1 На дне озера Белого. *2 Содержание на зольное воздушно-сухое вещество в %.

Табл. 4.—Сравнительные свойства сапропелитов разной глубины залегания (по В. Толмачеву и Е. П. Сысоевой).*

Свойства	Озернуга	Трясуга
Мощность, *см*	25—180	35—70.
Консистенция в естественном состоянии	Студневидная, несколько землистая	Студневидная
Цвет и сложение	Оливковый	Желтоватый или розоватый, сложение слоистое, из слоев разных оттенков
Процесс засыхания	Медленный	Очень медленный
Тв. в высушенном состоянии	Как свежая кость	Как сухая глина

* Озеро Шигирское (Ноево-Рудянский завод б. Екатеринбургского у.).

Табл. 4а.—Химический состав сапропелитов (в %).

Слои С.	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	SO_3	Прочие*
Озернуга . . .	38,04	4,63	5,27	2,72	0,92	Сл.	2,80	45,46
Трясуга . . .	2,58	0,51	1,52	40,64	1,17	—	0,26	51,81

* Органические вещества и вода.

подстилаемых серо-голубыми глинами (мяснига) и прикрываемых торфом: трясуга отличается обилием извести, а озернуга—кремнезема. Содержание азота в С. порядка 2—3%. Как пример приводятся нек-рые сравнительные данные в табл. 5. Будучи высушенным, С. сильно темнеет, уменьшается в объеме, становится твердым, как камень, причем размачивание не возвращает ему мягкости. С., высушенный после промораживания, нередко распадается на тонкие слои.

Табл. 5.—Элементарный состав некоторых сапропелитов (в %).

Вещество	Зола	N	S	C	H	O
Толпоповский С.	16,08	3,71	2,46	42,53	3,02	32,24
Слизь Толпоповского болота .	20,78	1,44	38,46	1,11	5,91	32,20
Бельский С. . .	48,26	2,11	1,10	27,72	3,99	16,82
Мензелинский доппелерит . .	13,11	1,81	3,36	48,26	4,44	29,02

С. образуется в спокойных или сравнительно спокойных водных пространствах как морского побережья, так и больших озер и рек, причем мелководность (порядка 4—20 *м*) благоприятствует накоплению С. К местам образования С. относятся: спокойные озера, в особенности не имеющие притоков или истоков, пруды, лагуны (т. е. береговые озера с пресною водою) и гафы (т. е. озеровидные бухты, часто с соленою водою), соленые озера степей кроме застаивающихся озер; как место образования С. должна быть отмечена зона солоноватых вод, особенно у устья рек, в мелких соляноводных болотах, особенно мангровые болота тропиков, дно нек-рых морей, напр. между Северофризскими островами и побережьями Шлезвига и Гольштинии, дно Балтийского моря. Относительно морского дна д. б. отмечено скопление С. в углублениях (ямах), обусловленное передвижениями воды в связи с изменениями $t°$. Напротив, глубоководные осадки лишь отдаленно напоминают С. Животные и растительные остатки планктонных сообществ вместе с пыльцою ветроопыляемых растений и тонкими илами, опускаясь на дно (и притом настолько быстро, чтобы по пути не подвергнуться растворению, разложению или съеданию рыбами, для чего требуется достаточная мелкость водоема), уходят от окисляющего действия атмосферы и постепенно заполняют водоем; к ним присоединяются трупы разнообразных животных и растительных организмов побережья и экскременты животных. Для примера приводится фито-биологич. состав Коськовского С., б. Корчевского у. Тверской губ. (по С. М. Вислоуху).

Верхний слой. Пустые оболочки диатомовых (3) и спор хризомонад (2), иглы пресноводных губок (2), пыльца хвойных (3), пустые оболочки Pediastrum Boria-num ($^1/_3$), спорангий папоротник ($^1/_3$), коробочки мхов ($^1/_3$), детрит—мельчайшие бесструктурные частицы органич. вещества (∞), песчинки (∞!).

Средний (продуктивный). Пыльца хвойных (2), иглы пресноводных губок (1), обломки оболочек диатомовых ($^1/_3$), детрит (∞), песчинки (∞!).

Нижний (подстилающий). Пыльца хвойных (3), пустые оболочки диатомовых (2), спор хризомонад (2), иглы пресноводных губок (2), детрит (∞!), песчинки (∞).

Примечание. В соответствии с инструкцией о микроскопич. исследовании сапропеля, грунтов и т. д., принятой Сапропелевым комитетом, количественные обозначения читаются так. Индекс 3 означает частое нахождение остатков, индекс 2—обычное, индекс 1—сравнительно редкое. В дробных числах в знаменателе стоит число проб, подвергнутых микроисследованию, каждая под покровным стеклом 18×18 *мм*, а в числителе—абсолютное

число организмов данного вида, наблюдающихся на этих препаратах. Знаки (∞) и (∞!) означают присутствие данного микроорганизма массовое, причем знак (∞!) указывает на чрезвычайно значительное число соответственных остатков.

В нек-рых С. содержатся остатки доисторич. человека и кости вымерших животных, например мамонта, носорога и Bos priscus (в С., а по местному—бузге, Шигирского торфяника б. Екатеринбургского у.). Мощность сапропелитового слоя бывает весьма различна—от нескольких десятков *см* до одного или полутора десятков *м*, чаще до 5 *м*, причем нарастание этой толщи идет очень медленно; так возникает трясина, ил к-рой представляет С.; эти сапропелитовые трясины следует отличать от торфяных трясин. Если уровень С. поднимается до горизонта воды или, напротив, горизонт воды снижается до уровня С., то трясина начинает зарастать болотною растительностью, оставаясь тем не менее чрезвычайно опасной и непроходимой.

Обладая весьма значительным содержанием органических веществ и тонким строением, С. несомненно может найти себе весьма широкое применение как по своим физическим, так и хим. свойствам; однако весьма малая изученность С. служит препятствием к промышленным применениям этого ценного материала. В физич. отношении С. представляет прекрасное сочетание тончайшего наполнителя с цементирующим веществом, в силу чего он может рассматриваться как особый вид пластич. массы. Действительно, спрессованный в формах и осторожно высушенный, он дает материал твердый, хорошо обрабатывающийся, обладающий красивой поверхностью, а в случае сухости—и электроизоляционными свойствами; недостаток этого материала в естественном виде—его гигроскопичность. Как материал, содержащий органич. вещества, С. при сухой перегонке дает ценный деготь и пек, находящий себе применение в производстве битуминозных заливочных составов, в частности для целей электроизоляции. Указанные области применения — одни из многих возможных, ждущих еще разработки, так например можно указать на применение сапропелита как наполнителя пластических масс.

Лит.: Потонье Г., Сапропелиты, пер. с нем., П., 1920; Залесский М. Д., Очерк по вопросу образования угля, П., 1914; Сукачев В. Н., Болота, их образование, развитие и свойства, 2 изд., П., 1923; Россолимо Л., Атлас остатков животных организмов в торфах и сапропелях, М., 1927; Таганцев В. Н., Проблема сапропеля, «Нефт. и сланц. х-во», М., 1924, *4—8*; Огневы В. и С., Обитатели побережий, М.—Л., 1926; Доктуровский В. С., Болота и торфяники, развитие и строение их, М., 1922; «Изв. Сапропелевого комитета», вып. 1, П., 1923; вып. 2, Л., 1925; вып. 3, Л., 1926; вып. 4, Л., 1928; вып. 5, Л., 1929; «Нефтяное и сланцевое хозяйство».

П. Флоренский.

САПРОПЕ́ЛЬ, гнилой ил, образующийся на дне стоячих водоемов—озер, озерных заливов, лагун, лиманов и проч. В стоячих водоемах в образовании сапропелевых отложений принимают участие массово развивающиеся микроорганизмы, среди к-рых главная роль принадлежит планктону. К сапропелеобразователям относятся также и те водные сообщества, которые развиваются как на дне водоема, так и в прибрежной зоне (фито- и зообентос), а также более крупные водные организмы, напр. рыбы, различные ракообразные, их остатки и продукты их жизнедеятельности. Отлагаясь на дне водоема, эта смесь перемешивается с песком или глиной и образует породу—*сапропелит* (см.). Верхний слой таких отложений—пелоген—содержит максимальное количество живых организмов и представляет собой область непрерывного развития и отмирания микроорганизмов, и собственно С. называется накопившийся в значительные промежутки времени слой мертвых микроорганизмов. Вся сумма отложившихся микроорганизмов с течением времени, при участии бактерий, подвергается разложению без доступа кислорода (гниению). Такая форма разложения приводит к уменьшению накопления углерода и к увеличению накопления водорода; происходит битуминизация. Этим сапропелеобразование отличается от торфообразования, при к-ром происходит обратное явление, т. е. увеличение накопления углерода и уменьшение накопления водорода — карбонизация. Образующие С. организмы вообще богаты маслами

Табл. 1.—Химический состав сапропелей СССР.

Водоемы	Летучие	Органич. вещества в коксе ($C+CO_2$)	Зола	C	H	S	N	O	C : H
				На органическую массу					
Оз. Балхаш *1	—	—	4,0	73,76	10,91	1,03	0,56	13,14	6,8
Оз. Белое *2	—	—	47,37	52,67	7,6	2,0	4,12	33,61	6,9
Болото Толпоповское *3	—	—	17,87	56,31	7,30	3,85	3,09	29,45	7,7
Оз. Пиявочное	71,38	21,96	6,66	49,74	6,30	—	—	—	7,9
» Коломенское	38,63	15,96	45,39	—	—	—	—	—	—
» Поганое	41,31	28,33	30,36	—	—	—	—	—	—
» Луково *3	57,23	21,25	21,52	—	—	—	—	—	—
» Чистое *4	60,79	21,84	17,37	—	—	—	—	—	—
» »	45,12	19,32	35,56	—	—	—	—	—	—
» »		84,17	15,83	—	—	—	—	—	—
Болото Маслово		77,86	22,14	—	—	—	—	—	—
Оз. Шуваким *5		73,28	26,72	—	—	1,5	4,92	—	—
» Самро *6		51,3	48,7	—	—	—	5,37	—	—
» Судачье *6		40,39	59,61	—	—	—	4,88	—	—
» »		39,22	60,78	—	—	—	3,38	—	—
» Хаблово *6		27,88	72,12	—	—	—	3,66	—	—
Болото «Самара», доппелеритовый сапроколл *7		—	—	57,54	7,02	—	—	—	8,2

*1 Туркестан. *2 б. Тверской губ., Вышневолоцкого у. *3 Детское Село. *4 Кудиновский торфяной район. *5 Свердловск. *6 Ленинградская обл. *7 Осташков, Западной обл.

и жирами, поэтому в С. происходит накопление продуктов превращений белков и жиров. Такими продуктами являются в о с к и.

Для С. характерно: 1) присутствие углеводородов, относительно более богатых водородом и бедных углеродом (отношение углерода к водороду в С. меньше, чем в торфе); 2) присутствие белков, жиров и восков; 3) более высокое содержание азота, чем в торфе; 4) поскольку деятельность сапропелеобразователей не может развиваться в кислой среде, для С. характерно отсутствие гуминовых к-т. При зарастании озер и превращении их в болота С. бывает погребен под слоем торфа, приобретает густую студенистую консистенцию и превращается в сапроколл. Химич. состав наиболее обследованных сапропелей СССР дан в табл. 1.

Табл. 2.—Выходы экстрактов сапропеля (в %).

Растворители	Озеро Балхаш	Озеро Белое		Сапроколл Толпоповского болота		
		На безводный С.	На органич. массу	На безводный С.	На органич. массу	$t°_{пл.}$ экстракта, °С
Ацетон	22,04—23,6	2,12	4,40	1,65	2,01	72,3
Сероуглерод	32	1,64	3,40	2,06	2,51	64
Четыреххлористый углерод	39	—	—	0,95	1,16	73,5
Серный эфир	3,1 } 42,1	1,05	2,18	0,66	0,80	64
Этиловый спирт	—	3,45	7,16	1,84	2,24	73
Бензин	—	1,66	3,44	—	—	—
Ацетилендихлорид	—	—	—	1,84	2,24	73
Ацетилентетрахлорид	—	—	—	19,9	24,8	160
Хлороформ	—	—	—	2,59	3,15	78,5
Петролейный эфир	—	—	—	0,29	0,35	72,5
Бензол	—	—	—	2,06	2,51	73
Толуол	—	—	—	2,55	3,10	72
Амиловый спирт	—	—	—	4,95	6,02	73

Табл. 3.—Выходы экстрактов доппелеритового сапроколла* (в %).

Растворители	На безводный материал	На органич. массу	$t°_{пл.}$ экстракта, °С
Бензин	8,43	10,2	51
Серный эфир	0,56	0,67	73
Ацетон	4,79	5,77	81
Этиловый спирт	2,38	2,87	85
Сероуглерод	3,99	4,8	86
Бензол	9,13	11,0	88
Толуол	7,89	8,9	89
Хлороформ	7,86	8,86	92

* Болото «Самара» (Осташков).

Результаты экстракции С. различными органич. растворителями и константы экстрактов помещены в табл. 2, 3 и 4.

Состав экстракта С. меняется в зависимости от выбора растворителя. В экстракте присутствуют: сложные эфиры высокомолекулярных алкоголей и к-т (воски), эти же алкоголи и к-ты в свободном состоянии, углеводороды парафиновые и непредельные, жиры, смолы. В спирто-бензольном экстракте из толпоповского сапроколла (Климов) найдены три к-ты: $C_{27}H_{54}O_2$, $t°_{пл.}$ 80,5°; $C_{28}H_{56}O_2$, $t°_{пл.}$ 81,5° и $C_{29}H_{58}O_2$, $t°_{пл.}$ 83° и два алкоголя: $C_{36}H_{74}O$, $t°_{пл.}$ 83° и $C_{37}H_{62}O$, $t°_{пл.}$ 68°. При сухой перегонке С. при $t°$ в 450—500° (швелевание) получают деготь, газ, полукокс, подсмольную воду; из дегтя (смолы) получают бензин, керосин, соляры, фенолы, парафинистый пек; из подсмольной воды — аммиак или его соли. Выход дегтя в % на безводный С.: озеро Балхаш 63,2, озеро Луково 18, озеро Пиявочное 17; сапроколл Толпоповского болота 22,3—25,8 С.; Зайцевского болота 12, озера Шувакиш 9, доппелеритовый сапроколл болота «Самара» 12. Из дегтя толпоповского сапроколла выделено 4,6% (на деготь) парафина, имеющего $t°_{пл.}$ 62°; из дегтя сапроколла болота «Самара» выделено 6% парафина. О применении С. см. также *Сапропелит*. Сырой С. имеет влажность 92—96%. Кроме бензина, керосина, фенолов, парафина, аммиака, швельгаза С. пригоден как наполнитель для пластич. масс. При известных условиях из С. непосредственно можно получить пластическ. массы (проф. Флоренский и Максоров). После отгона или отдувки паром всех легких погонов сапропелевого дегтя получается парафинистый остаток, к-рый можно применить как компаунд для заливки кабельных муфт и изоляции мест соединений электрич. проводов. Людвигсгофский С. (Германия) подвергался пе-

Табл. 5.—Запасы сапропелей СССР.

Месторождения	Средн. мощность отложения, *м*	Сырой С., *м*³
Оз. Чистое	4,1	2 800 000
» Луково	2,5	516 130
» Поганое	2,9	95 360
» Самро *1	3	45 000 000
» Шувакиш *2	до 6	4 855 000
Болото Толпоповское	—	455 000

*1 Безводного С.—3 240 000 *т*. *2 Воздушно-сухого С.—647 500 *т*.

Табл. 4.—Характеристика экстрактов из сапропелей.

Константы	Озеро Балхаш	Озеро Белое				Толпоповское болото *1		Болото «Самара»*2
	ацетон	спирт	ацетон	сероуглерод	бензин	эфир	ацетон	бензол*3	серный эфир
Иодное число	66,25	82,95	32,88	32,85	43,7	45,35	42,84	18,8	16,6
Эфирное »	25,1	88,45	79,25	55,92	114,0	2,55	16,31	55,8	—
Кислотное число	110,4	17,05	33,45	17,98	0	30,43	49,67	22,5	32,08
Коэф. омыления	135,5	105,5	112,7	73,9	114,0	32,98	65,98	78,3	68,13

*1 Сапроколл. *2 Доппелеритовый сапроколл. *3 Уд. вес 0,973.

регонке с улавливанием азота; этот С. давал 10% аммоний-сульфата, считая на материал с 40% влаги. Но до сих пор не удалось найти конструкцию перегонной печи, к-рая оправдывала бы расчет (Ullmann). Опыты по применению С. непосредственно как удобрительного материала производились в Германии, азот С. усваивался очень медленно. Ориентировочные запасы С. в СССР приведены в табл. 5.

Лит.: Потонье Г., Сапропелиты, пер. с нем., П., 1920; Любарский Е., Исследование органич. ила из озера Шуваниш, Екатеринбург, 1919; «Известия Сапропелевого комитета при Академии наук», вып. 1, П., 1923; вып. 2, Л., 1925; вып. 3, Л., 1926; вып. 4, Л., 1928; вып. 5, Л., 1929; Зелинский Н. Д., О Балхашском сапропелите, «НХ», М., 1920, *13*; Т—в Вл., О толпоповском сапропелите, там же; Ростомян М. Н., Проблема использования сапропеля в промышленном масштабе, там же, *9—12*; Чечотт Г. О., К вопросу об обезвоживании сапропеля, там же; Вислоух С. М., О распространении в озере Балхаше ботриококового сапропеля, там же; Козловский В. М., Корчевское месторождение сапропелита, там же, *1—4*; Маевский И. С., Кудиновские сапропелевые озера, там же; Чечотт Г. О., Опыты обезвоживания сапропеля, там же, 1921, *5—8*; Горбов А. И., О сапропелитах и о гипотезе происхождения из них нефти, там же, *9—12*; Калитский К. П., К вопросу о происхождении нефти из сапропелитов, там же; Материалы к вопросу о происхождении нефти из сапропелитов, там же; Брюшков А. А., О сухой перегонке сапропеля в Остапковском районе, там же; Струнников, О методах анализа горючих сланцев и сапропелитов, там же, 1923, *2*; Попов, К вопросу о гуминовых кислотах в сапропеле, там же, *7—8*; Вальгис В. К., Формолиты из сапропелевой смолы, там же, 1924, *2*; Зелинский Н. Д. и Максоров Б. В., Изоляционные компаунды из сапропелевого дегтя, там же, 1925, *6*; Климов, Экстракт толпоповского сапропеля, «Журнал прикладной химии», М., 1930, *3*, стр. 631—32; Ullm. Enz., B. 1, p. 363, B. 11, p. 358; Г. П. 311828, 314337, 315263, 350634, 431302, 438379, 442738, 380760, 115462, 137453, 142505; Ф. П. 606893.

Н. Щеколдин.

САРЖА, ткань простейшего вида переплетения, именуемого саржевым, и принадлежит к классу гладких тканей. С. характеризуется рядом мелких диагональных полосок или рубчиков различной ширины, идущих по поверхности ткани. Способом саржевого переплетения изготовляется большое разнообразие разного рода тканей: нанка, кроазе, бумазея, кашемир и т. п. Все ткани, носящие общее название С., различаются: 1) по величине раппорта рисунка (количеству ремизок) и 2) по назначению ткани. По величине раппорта наиболее распространенной является: С. $^2/_1$, $^2/_2$, $^3/_3$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$. По назначению наиболее распространена С. подкладочная, костюмная, плательная, рукавная, мебельная. По роду материала С. вырабатывается в особенности из шерсти, затем из хлопка и шелка и в редких случаях из льна. С. по характеру своего переплетения подразделяется на двусторонние и односторонние. В двусторонней С. обе стороны как лицевая, так и изнаночная совершенно одинаковы по переплетению нитей и разница состоит в том, что диагоналевые полосы идут на одной стороне ткани вправо, а на другой—влево. Односторонняя С. бывает с одинаковым и разным переплетением сторон ткани. С. односторонняя с различным переплетением своих сторон подразделяется на С. основную и уточную (см. *Переплетение тканей*). Хл.-бум. С. стандартного типа вырабатывается при следующих технических данных (см. таблицу).

Технические данные хл.-бум. саржи.

Виды саржи	Ширина суровья, *см*	Ширина готового товара, *см*	Плотность на 1″		№ пряжи	
			по основе	по утку	основы	утка
С. плательная .	71	58	64	54	24	16
Гладкая, крашеная и набивная	71	61	76	45	24	16
Саржантет гладкий крашеный	89	75	72	72	32	38
С. рукавная . .	106,5	93	83	76	32	38

С. подкладочная полушерстяная вырабатывается при ширине суровья 78 *см* и готовом товаре 71 *см*; основа—бумага № 80/2, уток—шерсть люстр. № 34/1; плотность на 1 *см* по основе 36,1 и утку 28,3 нитей. С. полушелковая вырабатывается при ширине готового товара 66 *см*; основа шелковая, уток—бумага № 36/1; плотность на 1 *см* по основе 71,8 и утку—38 нитей. С.—плотная и прочная ткань. Из отделки выходит в трех видах: отбеленной, окрашенной в различные цвета и набивной, с начесом и без начеса. С. отбеленная употребляется для белья, цветная же и набивная (преимущественно полосками)—для различных подкладок, дамского и мужского платья.

С. Молчанов.

САРПИНКА, хл.-бум. ткань миткалевого (гроденаплевого) переплетения. По виду своего переплетения С. принадлежит к тканям гладкого класса, но по характеру своего разноцветного эффекта относится к группе тканей, т. н. пестротканных (шотландка, оксфорд, зефиры и т. д.), у к-рых эффект наружного вида достигается не способом или формой переплетения, а подбором нитей различных цветов. С. большею частью имеет клетчатый рисунок, но вырабатывается и в полосатых рисунках. Клетчатые С. отличаются большим разнообразием по размеру и цветам клеток. С. вырабатывается из основы и утка, предварительно окрашенных в различные цвета. С., имеющие рисунок в полосы, ткутся на обычных ткацких станках, а с клетчатым рисунком—на многочелночных (от 2 до 5 челноков). Ткань работается на четырех ремизках, при проборке по две нити в зуб берда, из основы от № 24 до 60 и утка от № 24 до 80, при плотности ткани по утку от 20 до 44 нитей на 1 *см*. С. вырабатывается в очень разнообразных сортах: тонкая, шелковистая, ровная, плотная, полушелковая и т. п., при ширине примерно 53,5—75,5 *см*. С. ткется ручным способом и на механич. ткацких станках. Дешевые сорта С. ткутся с небольшой плотностью, их материал (пряжа) не имеет прочных красок, и поэтому эти сорта хотя ярки и красивы по рисункам, но не прочны. Более дорогие и высокие сорта С. обладают большой добротностью, прочными красками и изящной отделкой. С. вырабатывается из льна. С. идет на изготовление сорочек, кофточек, юбок, фартуков, а также для подкладок.

С. Молчанов.

САТИН, хл.-бум. ткань атласного, или сатинового, переплетения. Лицевая сторона ткани представляет гладкую, шелковисто-блестящую поверхность, изнаночная сторона—почти матовая. Особую гладкость и лоск С. получает гл. обр. от способа своего переплетения. В переплетении С. основные перекрытия равномерно распределены в массе уточных перекрытий переплетения т. о., что нигде два соседних основных перекрытия не соприкасаются (см. *Переплетение тканей*). Блестящий вид (лоск) ткани, свойственный природе атласного, или сатинового, переплетения, происходит от одинакового отражения света уточными перекрытиями. Усиление или уменьшение свойственного С. эффекта, или разница между сортами С.,

зависит от № и качества пряжи, плотности нитей, гл. обр. утка, и способа отделки. На рынок С. выпускается гладкого крашения и набивки. Назначение С. весьма широкое: на рубашки, сорочки, платья, одеяла, наволоки и т. п. С.—очень прочная ткань. Помимо хлопка С. производится и из других материалов, напр. шелка и отчасти из шерсти. С. фабрикуется различных сортов и наименований. Дешевые сорта хл.-бум. С. для усиления блеска подвергаются особой отделке, после к-рой выпускаются под наименованием С. серебристой отделки. Лучшие сорта С. выпускаются мерсеризованными. С. тонкий, гладкий, мерсеризованный именуется сатинетом, окрашивается в разнообразные цвета и выпускается набивным с разнообразными рисунками. С.-дамасе, отличающийся от С. гладкого своим фасонным рисунком, вырабатывают на жаккардовых станках. С.-трико представляет одежную ткань гладкого сатинового переплетения с заметно выраженным рисунком в мелкую диагоналевую полоску и т. п. Однородными с С.

Характеристика стандартных сортов суровья хл.-бум. С.

Наименование суровья	Ширина, *см*	Ширина в готовом товаре, *см*	№ пряжи		Плотн. в 1 англ. дм.	
			основы	утка	по основе	по утку
Сатин	69	59	32	38	65	120
»	71	59—61	32	38	72	128
»	89	75	32	38	72	128
»	89	75	40	50	88	156
»	71	62	40	50	88	156
»	89	75	60	70	100	172
Сатин-меланж .	71	66	32/2	10	96	44
» » .	142	129	32/2	10	96	44
Сатин-жаккард	71	61	32	38	97	74
» » .	71	61	32	38	81	80
» » .	71	61	32	38	79	88

тканями являются нанбук, демикотон, ластик, прюнель и т. п. Характеристика вырабатываемых стандартных сортов суровья хл.-бум. С. приведена выше в таблице. **С. Малчанов.**

САТИНИРОВАНИЕ (в текстильном производстве), придание ткани блестящей поверхности (см. *Аппретура текстильных изделий*).

САФРАНИНЫ, группа азониевых красителей. Состав и получение—см. *Красящие вещества* синтетические (класс IV, хинонимидные и хинондиимидные красители) и *Азиновые красящие вещества и азониевые красящие вещества.*

САХАР, САХАРИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА, см. *Углеводы, Сахароза.*

САХАРИМЕТР, прибор для определения содержания сахарозы в растворах; основан на свойстве сахарных растворов вращать плоскость поляризованного луча и тем сильнее, чем больше концентрация сахарного раствора и чем толще слой этого раствора по пути проходящего луча (см. *Поляриметр*). Т. о. если раствор в 100 *см*³, содержащий *C г* сахара, налит в трубку длиною в *l дм* и вращает плоскость поляризации на угол α, то уд. вращение (угол вращения плоскости поляризации раствора, содержащего 1 *г* сахара в 1 *см*³) выразится ф-лой

$$[\alpha] = \frac{100\alpha}{lC}, \qquad (1)$$

а т. к. $[\alpha]$ для одного и того же вещества при одном и том же источнике света и одной и той же $t°$—величина постоянная (для растворов, содержащих менее 30% сахарозы при 20°, равна 66,5°), то, зная длину трубки, можно определить концентрацию раствора по формуле

$$C = \frac{100\alpha}{l[\alpha]}.$$

Вычисление упрощается, если всегда брать одну и ту же («нормальную») навеску сахара и одну и ту же длину трубки l. Если n—нормальная навеска, P—% сахарозы в испытуемом сахаре и C—содержание сахара в 100 *см*³, то можно написать пропорцию

$$n : C = 100 : P,$$

откуда

$$P = 100\,C : n;$$

подставляя значение C из ф-лы (1), получим:

$$P = (10\,000\,\alpha) : nl[\alpha];$$

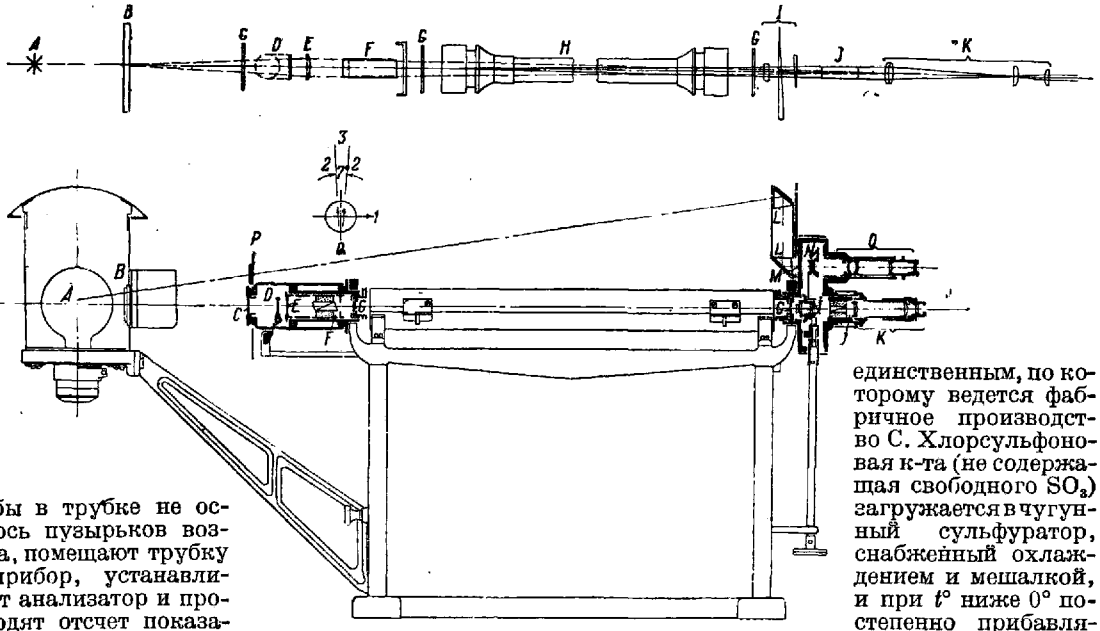
если обозначить через k постоянное число $10\,000 : nl\,[\alpha]$, то выражение принимает вид

$$P = k\alpha.$$

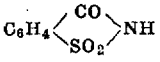
Следовательно если умножить угол вращения плоскости поляризации на этот постоянный множитель, то сразу получим % сахарозы в испытуемом сахаре. В С. деления круговой шкалы обозначаются не величинами углов, а произведениями их на k, т. е. $k\alpha$, а потому на шкале можно прямо прочесть содержание сахарозы в испытуемом сахаре. Согласно предложению Вентцке нормальная навеска сахара принята в 26,048 *г* в 100 *см*³ при 17,5°, а длина трубки в 200 *мм*. При этих условиях чистая вода соответствует нулевой линии шкалы, а раствор 26,048 *г* чистой сахарозы в 100 *см*³ воды—черте 100; каждое деление шкалы соответствует 1% сахарозы. По предложению Международной сахарной комиссии (1900 г.) нормальная навеска сахара берется в 26,000 *г* и растворяется в 100 *см*³ метрических, т. е. градуированных не при 17,5°, а при 4°. Практически обе навески дают одинаковые результаты, так как если растворы привести к одинаковой $t°$, то концентрация их получается одинаковой. С. имеют несколько отличное устройство от поляриметров: в них поляризатор и анализатор делаются неподвижными, и вращение плоскости поляризации, производимое сахарным раствором, компенсируется противоположным вращением системы кварцевых пластинок переменной толщины. Для освещения С. можно употреблять всякий свет, а не только монохроматический, как у поляризаторов; это обусловливается тем, что способность кварца рассеивать лучи близко подходит к такой же способности сахара. Одно деление шкалы С. сист. Вентцке равно 0,3466 делениям дуговой шкалы монохроматич. поляриметра. На фигуре дан полутеневой С. америк. фирмы Bausch & Lomb в разрезе; в верхней ее части показано схематич. расположение оптич. частей: *A*—источник света (лампа в 100 W), *B*—матовое стекло, *C*—защитное стекло, *D*—стеклянный фильтр, заменяющий камеру с раствором двухромовокислого калия, *E*—линза-конденсор (осветитель), *F*—поляризатор, *G*—диафрагмы, *H*—поляриметрич. трубка для сахарного раствора, *I*—кварцевый компенсатор, *J*—анализатор, *K*—зрительная труба, *L*—призма для освещения шкалы, *M*—линза-конденсор, *N*—шкала с нониусом, *O*—окуляр для отсчета показаний шкалы, *P*—стеклянный фильтр в осветительной

системе, Q—поле зрения, как оно видно глазу: *1*—плоскость поляризации в анализаторе, *2*—плоскость поляризации в полутеневых полях, *3*—полутеневой угол.

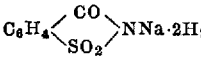
Самое испытание производится след. обр.: в чашечке из нейзильбера, приложенной обычно к прибору, отвешивают точно нормальную навеску (26,00 *г*) испытуемого сахара, пересыпают его через воронку в градуированную колбу емкостью 100 *см*³ при 20°. Оставшийся на стенках чашки сахар смывают водой в ту же колбу и добавляют еще воды до ⁷/₈ объема колбы. Если раствор сахара получается непрозрачным, к нему добавляют несколько капель гидрата окиси алюминия. Колбу доливают водой почти до метки, ставят на водяную баню при *t*° 20° на 20÷30 мин. и затем доводят уровень жидкости точно до метки, взбалтывают и фильтруют. Наполняют фильтратом трубку С. длиной 200 *мм*, следя, чтобы в трубке не осталось пузырьков воздуха, помещают трубку в прибор, устанавливают анализатор и производят отсчет показаний шкалы. Полученный результат пересчитывают на сухое вещество. **В. Смирнов и Ф. Церевитинов.**



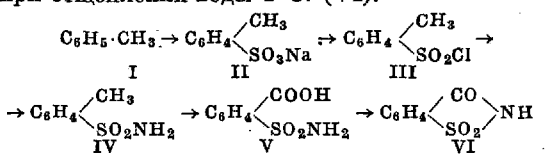
САХАРИН, сульфинид бензойной кислоты, имид *о*-сульфобензойной кислоты,



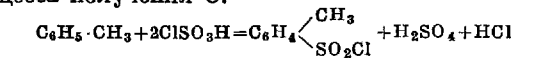
вкусовое вещество интенсивно сладкого вкуса, применяемое обычно в виде натриевой соли



под названиями: кристаллоза, цукерин и др. Сладкий вкус С. был случайно обнаружен в 1879 г. Фальбергом и Ремсеном, получившими С. путем окисления *о*-толуолсульфамида. По способу Фальберга [1] С. готовится след. обр. Толуол (I) при *t*° 100° сульфируется конц. серной к-той, при этом образуется смесь *о*-толуолсульфокислоты (преобладающей) и *п*-толуолсульфокислоты; смесь эту нейтрализуют известью; кальциевые соли сульфокислот переводятся содою в натриевые (II), к-рые при *t*° 100° действием треххлористого фосфора и хлора переводятся в смесь (III) *о*- и *п*-толуолсульфохлоридов. Твердый *п*-изомер удаляют вымораживанием. Оставшийся жидкий *о*-толуолсульфохлорид обработкой аммиаком или углекислым аммонием превращают в *о*-толуолсульфамид (IV), который при окислении перманганатом дает *о*-сульфамид бензойной к-ты (V), переходящий при отщеплении воды в С. (VI).

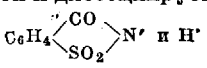


В 1891 г. герм. фирма Гейден применила для сульфирования хлорсульфоновую к-ту, что дало значительное удешевление и упрощение процесса получения С.



Метод Гейдена является в настоящее время единственным, по которому ведется фабричное производство С. Хлорсульфоновая к-та (не содержащая свободного SO_3) загружается в чугунный сульфуратор, снабженный охлаждением и мешалкой, и при *t*° ниже 0° постепенно прибавляется толуол. По окончании реакции масса выливается на лед и отфуговывается твердый *п*-толуолсульфохлорид. Жидкий *о*-толуолсульфохлорид промывается водою и поступает в железный аппарат с мешалкой, где он амидируется нашатырным спиртом при *t*° 30°. Т. к. отделенный на центрифуге *о*-сульфохлорид содержит еще до 25% *п*-хлорида, то при амидировании получается *о*-толуолсульфамид, сильно загрязненный *п*-толуолсульфамидом; примесь *п*-амида вызывает в дальнейшем напрасную трату перманганата и к тому же сильно портит вкус С. Для очистки амид растворяют в щелочи и из раствора высаживают по частям к-той, при этом сначала выделяется *п*-изомер, а затем выпадает *о*-изомер; или же кристаллизуют смесь амидов из 80%-ного спирта, причем сначала выкристаллизовывается *о*-амид. В последнее время применяется очистка при помощи кальциевой соли, пользуясь тем, что кальциевая соль *о*-амида в воде растворима легко, а соль *п*-амида—очень мало, что в комбинации с кристаллизацией из спирта дает возможность полного разделения амидов. Чистый *о*-толуолсульфамид плавится при 156°. Окисление очищенного амида проводится в железном аппарате марганцовокислым калием в сильно щелочной среде при *t*° 35°. На

300 *кг* амида берут 170 *кг* 30%-ного NaOH, 800 *л* воды и 550 *кг* $KMnO_4$, к-рый прибавляют постепенно по мере хода окисления. По окончании окисления отфильтровывают выпавшую перекись марганца, фильтрат подкисляют к-той (соляной или серной), сначала до очень слабо кислой реакции, причем выпадают остатки непрореагировавшего амида. По отделении его добавляют к-ты до сильно кислой реакции, причем выпадает чистый С. Выход: 92÷95 *кг* С. из 100 *кг* амида. Окисление амида достигается также хорошо хромовой смесью (применялось во время войны 1914—18 гг.). С. плавится при 224° с частичным разложением. Растворимость С. в холодной воде 1 : 250, в холодном спирте 1:40; из водных растворов С. извлекается эфиром, на чем основано открытие его в напитках и пищевых продуктах. С. является относительно сильной к-той и диссоциирует на ионы.



Интенсивная сладость С. обусловливается исключительно его анионом, поэтому она зависит от концентрации (разведения). Для обычных концентраций принято считать С. в 550 раз слаще сахара. В виду малой растворимости С. чаще применяется его натриевая соль. Для получения последней нейтрализуют (на лакмус) С. раствором соды, упаривают и подвергают медленной кристаллизации; прозрачные кристаллы соли отфуговывают и высушивают. Обычно для продажи С. таблетируют в смеси с двуугле кислой содой.

С. находит обширное применение как суррогат сахара. Считают, что вследствие быстрого выделения из организма с мочой и фекальными массами в неизменном виде С. безвреден. Однако, будучи совершенно бесполезным для организма и устранив из употребления необходимый для питания сахар, С. тем самым является вредным в пищевом отношении. В СССР С. готовился в небольших количествах в 1917—22 гг.; с развитием сахарной пром-сти производство его прекратилось. В качестве ценных отходов сахариновой пром-сти находят себе применение: 1) *п*-толуолсульфохлорид, служащий полупродуктом для приготовления алкилирующих средств—метилового и этилового эфиров *п*-толуолсульфокислоты; 2) *п*-толуолсульфамид, применяемый как пластификатор в целлюлоидном производстве (вместо камфоры), а также для получения распространенного дезинфицирующего и окисляющего средства—хлорамина Т; 3) активная перекись марганца, идущая для окисления и как деполяризатор в гальванич. элементах.

Лит.: [1]) Г. П. 35211.—Пантелеймонов Б. Г., Анализ сахарина и сахаринсодержащих веществ, М., 1922; Магидсон О. и Горбачев С., «Труды Научного химико-фармац. ин-та», М., 1923, вып. 6, стр. 7; Попов Д. Н., «Журнал Научного хим.-фарм. ин-та», М., 1921, *2*; Зайков В. С. и Соколов П. И., Об окислении ортотолуолсульфамида в сахарин хромовой к-той в сернокислом растворе, «ЖХП», М., 1926, т. 3, стр. 1304; Beyer O., Handb. d. Saccharinfabrikation, Zürich, 1923; Herzog W., Die Verwertung d. Nebenprodukte d. Saccharinfabrikation, Stg., 1926; Ullm. Enz., 2 Aufl., B. 2, p. 246—254.

О. Магидсон.

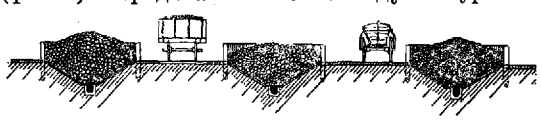
САХАРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. Сырьем для промышленного получения сахара в настоящее время являются сахарный тростник (Saccharum officinarum) и сахарная свекла (Beta vulgaris). Кроме этих растений сахароносодержащими растениями являются: сахарный клен, сорго, сахарный маис. Получение сахара из этих растений пока не носит промышленного характера.

Сахарный тростник относится к семейству злаковых; произрастает в странах с теплым климатом, где средняя годовая $t°$ не ниже 16°; требует хорошей почвы и обильной влаги (не менее 1 700 *мм*). Разводится черенками, к-рые быстро дают корешки. Вегетационный период длится от 9 мес. (Вест-Индия) до 20 мес. Урожай с *га* 40—65 *т*. В переработку поступают стебли тростника, у к-рых при созревании отпадают листья. На 100 вес. ч. стеблей приходится сухих веществ 22—30%, в том числе сахара 15—19% и мякоти 10%, а остальное 70—78% воды. Кроме тростникового сахара в состав сока входит нек-рое количество глюкозы. Добывание сахара из сахарного тростника производится след. обр.: сырые стебли без листьев поступают на измельчительные прессы. Дробленая масса для извлечения сахара поступает на диффузию (процесс диффузии описан ниже в разделе Извлечение сахара из сахарной свеклы). Сок после очистки известью сгущается и уваривается до кристаллизации сахара. Эти процессы аналогичны соответствующим процессам свеклосахарного производства и описаны ниже.

Сахарная свекла. Современная сахарная свекла выведена из произрастающего в Малой Азии вида Beta vulgaris и Beta maritima путем длительной селекции. Еще 50 лет назад содержание сахара в свекле не достигало 12%, теперь же содержание сахара в сахарной свекле не опускается ниже 15%. Сахарная свекла—двухлетнее растение (в первый год образуется утолщенный корень, на второй—цветогонный стебель). В первый год вырастает веретенообразный корень, имеющий два продольных углубления, из к-рых ответвляются боковые корешки. Корневая система хорошо развита, чем и объясняется устойчивость свеклы при засухах. Вес корня сахарной свеклы 350—800 *г*. Первое время роста листья развиваются быстрее, к середине вегетационного периода вес листьев и корня уравнивается. По мере созревания листья замедляют рост и наконец начинают отпадать. Степень накопления сахара стоит в прямой зависимости от количества солнечных дней. Физиологи считают, что вначале в клетках листьев образуются фруктоза и глюкоза, затем в клетках корня происходит конденсация этих веществ в сахарозу. Содержание сахарозы в корне сахарной свеклы 15—20%, при благоприятных условиях 23—25%, количество клетчатки более постоянно 4—5%, азотистых веществ до 1% и золы 0,5—0,75%, остальное—вода (72—80%). Кроме сахарозы в состав корня входят: пектиновые вещества, ароматич. соединения, органич. к-ты; из азотсодержащих: белки, аминокислоты и органич. основания; минеральные вещества: калий, натрий, кальций, магний, железо и др. Районом распространения сахарной свеклы надо считать полосу 42—55° с. ш. Вегетационный период продолжается 150—180 дней. Для созревания сахарной свеклы требуется ~ 2 350°; осадков не менее 300 *мм* в год. Для удобрения почвы требуется на 1 *га*: навоза 20 *т*, суперфосфата до 300 *кг*, калийных солей до 100 *кг*, кроме того в качестве удобрения применяется фильтрпрессная грязь 6—8 *т/га*. Смена культур в свекольных хозяйствах такова, что свекла обычно высевается после озими, причем доля свекольных посевов в севообороте может достигать 33—40%. Подготовка почвы начинается с осени глубокой вспашкой до 22—30 *см*, весной после боронования и просыхания почвы—высев семян (15—30 *кг/га*) и удобрений. Начало посева для Советского Союза—между 1 апреля и 15 мая. Посев производится только рядовыми сеялками. Через 10—15 дней после появления всходов почву разрыхляют (шаровка) мотыгами для истребления сорных трав и сохранения почвенной влаги. Следующая операция—прорывка, при к-рой в рядках оставляют растеньица свеклы на расстоянии 20—25 *см*. После прорывки производят проверку, т. е. оставляют на

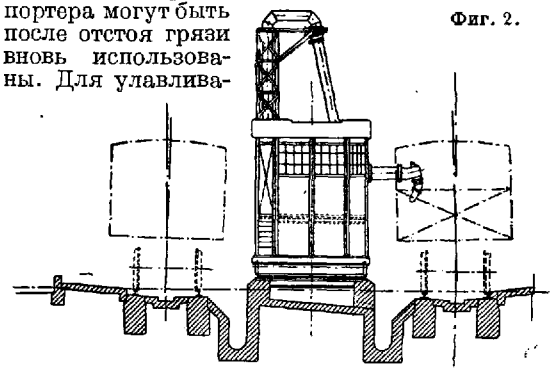
рядках по одному окрепшему растению через 20—25 *см*. Период созревания начинается в августе, листья окрашиваются в бледножелтый цвет и частично отпадают. Созревшие корни свеклы извлекают из земли в большинстве двухзубцовыми вилами и вручную, очищают от земли, ботвы и корешков; концы корней обрезают. В последнее время обращено внимание на усовершенствование свеклокопателей и *свеклоуборочных машин* (см.). В поле свекла временно сохраняется в небольших кругах, прикрытая землей от высыхания и влаги. Отход—ботва—составляет хороший корм, консервируемый в силосах или сушением в специальных сушилках. Урожай свекловичных корней собирается в первый год после посева. Средний урожай чистых свекловичных корней 15—20 *т/га*, в отдельных случаях до 40 *т*. Свекловичные семена получаются на второй год из свекольных высадок, на к-рые идут корни лучших селекционных сортов. Вредителями свеклы являются: свекольный долгоносик, луговой мотылек, совка, нематода и др. Меры борьбы: в первую очередь глубокая осенняя вспашка, опрыскивание всходов инсектисидами (хлористый барий, мышьяковистый натр, швейнфуртская зелень), а также перекапывание полей глубокими канавами. Транспорт свеклы с полей в районе до 15 *км* на з-д производится конной или автомобильной тягой. К перевозке по ж.-д. и водным путям прибегают только при условии ее дешевизны. В целях увеличения района свеклосеяния и удлинения производства в настоящее время разрабатывается проблема сушки свеклы на местах ее произрастания и сосредоточение переработки в одном месте.

Производственный период переработки сырой свеклы в среднем не превышает 100—140 дней. Подвоз свеклы с полей продолжается до 45 дней; свекла, не попадающая сразу в переработку, укладывается кучами (бурты, бунты, кагаты, ометы) вышиной не более 1,5 *м*. Площадь буртов или кагатов достигает 2 000 *м*², расстояние между буртами 3—4 *м*. С боковых сторон для предохранения свеклы от промерзания бурты обсыпают слоем земли. Для наблюдения за $t°$ в буртах устанавливают деревянные трубки с термометрами. Повышение $t°$ указывает на развитие на свекле различного рода грибков и плесени. Мерой борьбы с этими процессами является дезинфекция свеклы известковым молоком, фильтрпрессной грязью, но чаще всего зараженную свеклу выделяют из бурта и немедленно направляют в переработку. Для бесперебойной работы з-да в случае ненастной погоды, а также для приемки свеклы, поступающей непосредственно в переработку, при з-дах устраивают хранилища—бурачные на 2—3-дневный запас. Бурачные представляют собой глубокие канавы с отлогими стенками, обложенными деревом или бетоном (фиг. 1). Передача свеклы к заводу от буртов и

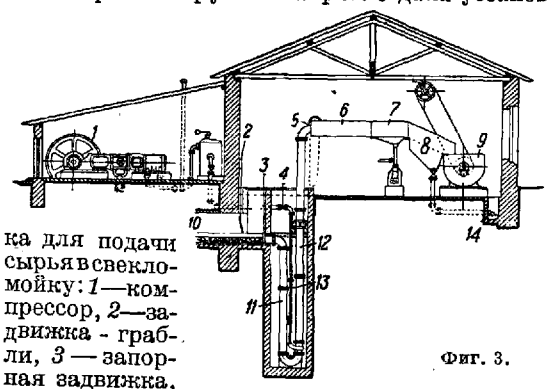


Фиг. 1.

из бурачных производится с помощью гидравлических транспортеров, т. е. желобов, проложенных по дну бурачных с уклоном 0,010—0,015 в сторону завода. Расход воды на транспортирование свеклы составляет 400—600% по весу свеклы. Одновременно с транспортированием происходит обмывание свеклы. Выгрузка свеклы из вагонов в бурачные производится вручную вилами, реже опрокидыванием вагонов. При равномерном поступлении вагонов свекла выгружается непосредственно в гидравлич. транспортер с помощью водоструйных аппаратов, напр. системы «Эльфа» (фиг. 2). Грязные воды из транспортера могут быть после отстоя грязи вновь использованы. Для улавливания уносимых вместе со свеклой камней, соломы, ботвы вдоль транспортера устанавливаются соответствующие *ловушки* (см.). Подъем свеклы из транспортера в мойку производится чаще всего шнеком (архимедов винт), подъемным колесом, пластинчатым транспортером или мамут-насосом; последний одновременно с подъемом производит и обмывание свеклы. Принцип действия мамут-насоса основан на разности уд. в., создаваемой вдуванием воздуха в длинное колено **V**-образной трубы. На фиг. 3 дана установка для подачи сырья в свекломойку: *1*—компрессор, *2*—задвижка - грабли, *3* — запорная задвижка, *4* и *5*—вентили, *6*—жолоб, *7*—камнеловушка, *8*—отделитель воды, *9*—мойка, *10*—транспортер, *11* и *12*—колено **V**-образной трубы, *13*—трубопровод и *14*—канава для стока грязной воды. Мойка свеклы представляет собой полуцилиндрическое железное корыто, имеющее длину до 8—10 *м* и ширину до 2—3 *м*. Вдоль корыта проходит вал с лопастями, перемешивающими свеклу и одновременно передвигающими ее из одного конца мойки в другой. Обмытая свекла передается от мойки шнеком или транспортером к вертикальному элеватору, причем на этом пути обмывается чистой водой. Потери сахара в гидравлич. транспортере и мойке не превышают 0,03—0,05% по весу свеклы. Учет свеклы, поступающей с элеватора в переработку, производится автоматич. взвешиванием на весах сист. «Хронос» или «Либра».



Фиг. 2.



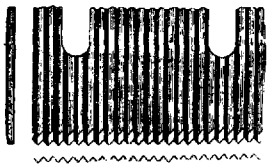
Фиг. 3.

Извлечение сахара из сахарной свеклы. Современному способу извлечения

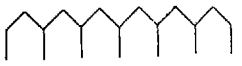
сока предшествовал прессовой, при к-ром свекла превращалась терками в кашицу, последняя затем подвергалась прессованию. Позднее для целей извлечения сока был применен способ диффузии (Роберт, 1865 г.). По теории диффузии, разработанной Фиком, количество диффундирующего вещества

$$dS = \frac{k_1 (C - c)\, d\varphi}{r},$$

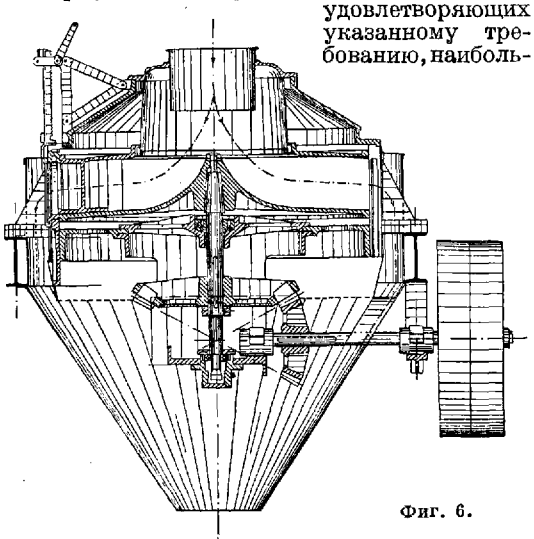
где $(C - c)$—разность концентрации внутри и вне стружки, $d\varphi$—величина элемента и r—путь диффундирования (толщина стружки). Коэф. k_1 зависит от $t°$ и вязкости среды. Т. к. растительная клеточка состоит из двух оболочек, одна из которых непроницаема для солей, то прежде всего необходимо разрушить эту оболочку, что достигается нагревом всей массы выше 60°. Наряду с диффузией происходит выщелачивание содержимого разорванных клеток, а также растворение пектиновых веществ. Поскольку скорость диффузии зависит от поверхности диффундирования, толщины стружки и разности концентраций, свеклу подвергают наибольшему измельчению, придавая кусочкам такую форму, при к-рой возможна лучшая циркуляция. Из различных систем ножей, удовлетворяющих указанному требованию, наибольшее распространение получили коньковые ножи и ножи системы Геллера (фиг. 4 и 5). Ножи закрепляются в рамах, а последние помещаются в диски или барабаны резок. Свекольные резки делятся на два типа: барабанные и дисковые (фиг. 6). В барабанных ножи расположены по периферии, а в дисковых—радиально. В первых свекла при вращении резки центробежной силой прижимается к ножам, а во вторых—прижим к ножам осуществляется собственным весом корней свеклы. Качество измельчения определяется измерением длины 100 *г* свекольной стружки, которая достигает 30—35 *м*. Из резок свекловичная стружка передается с помощью ленточных или грабельных транспортеров в диффузоры. Диффузоры (фиг. 7) соединены системой труб в батарею из 6-16 шт. Емкость диффузора 20—100 *гл*. Процесс получения диффузионного сока из свекольной стружки протекает след. образом: все диффузоры за исключением двух (одного выгружаемого, другого заполняемого) наполнены стружкой. В конечный, хвостовой, диффузор насосом подается вода, $t°$ 40—45°; вода проходит сверху вниз последовательно через все диффузоры и насыщается притом сахаром и солями свекольного сока. Для ускорения процесса диффузии свекольная стружка обваривается горячим диффузионным соком, нагревание которого происходит в калоризаторах при переходе из одного диффузора в другой. Продолжительность оборота батареи 40—60 мин.; средняя $t°$ сока в батарее 70—80°. Диффузионный сок снимается со свежезагруженного диффузора. Количество сока измеряется мерником и в зависимости от метода работы составляет 110—130% по весу свеклы. Состав диффузионного сока мало отличается от состава свекловичного сока: %-ное отношение сахара к сухим веществам, содержащимся в нем, называемое доброкачественностью, выше, чем в свекловичном соке (85—89). Это указывает на то, что процесс диффузии сахара протекает быстрее, чем диффузия не-сахара. Наряду с диффузией и выщелачиванием в диффузионной батарее возможны и другие процессы, напр. брожение, следствием чего наблюдается газообразование. Выделяющиеся при брожении кислоты производят расщепление сахарозы (инверсия). Кроме периодически действующих диффузоров применяются непрерывные диффузионные аппараты различных систем: «Рапид», «Гирош-Рок» и др. На фиг. 8 представлен один из них в схематич. виде. Из свекловичной резки *А* стружка по жолобу *Б* падает в диффузионный аппарат *В*, разделенный на 23 камеры. В 1-ю камеру поступает свежая обваренная стружка, из 23-й выбрасывается жом в шнек; стекающая жомовая вода возвращается насосом *Е* обратно в аппарат. Камеры *6—8* соединены с камерами *17—19* для циркуляции сока. Вода, стекающая со стружки, в камере 7 насосом *Д* передается в камеру *5*. Приемник сока—*Г*. Преимущества непрерывных аппаратов следующие: экономия воды, отсутствие сточных вод и непрерывная работа; недостатки: большой расход энергии и дорогой ремонт. Свекловичная стружка после



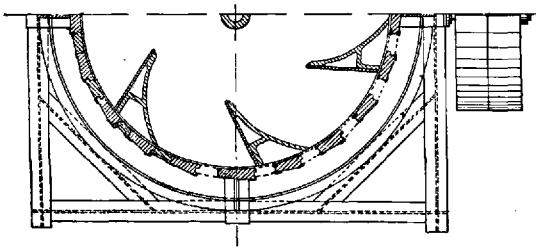
Фиг. 4.

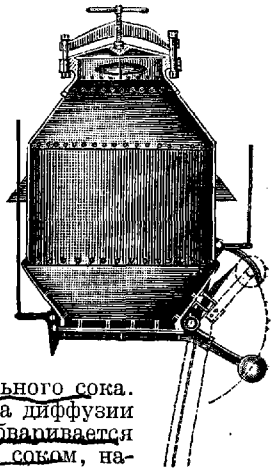


Фиг. 5.



Фиг. 6.

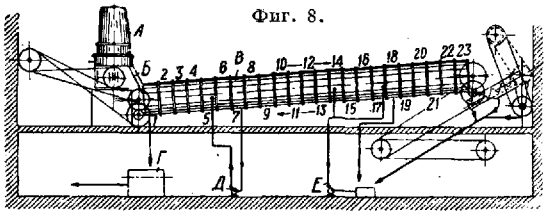




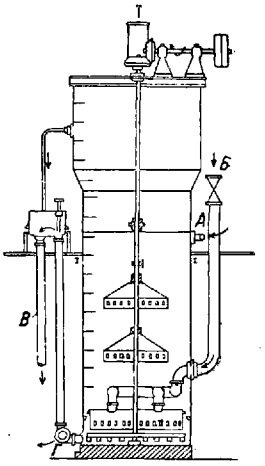
Фиг. 7.

извлечения сахара (жом) выгружается из диффузоров вместе с водой в сточные жолоба. Жом после отделения воды транспортируется вагонетками в ямы-хранилища или вместе с жомовыми водами выкачивается насосами. Операция отделения воды производится тогда в ямах. В ямах жом подвергается молочнокислому брожению и в таком виде поступает на корм скоту. Высушенный жом является концентрированным кормом. Высушивание производится дымовыми газами; наиболее распространенный тип сушилок—барабанные, вращающиеся (сист. Бютнер, «Империал»). В целях большего использования аппаратуры сахарного з-да и расширения районов свеклосеяния практикуется переработка сушеной свеклы. Сушению подвергается свекловичная стружка; для предупреждения разрушения сахара $t°$ сушки не должна превышать 110—130°. Высушенная стружка высолаживается в обычной диффузорной батарее.

Фиг. 8.

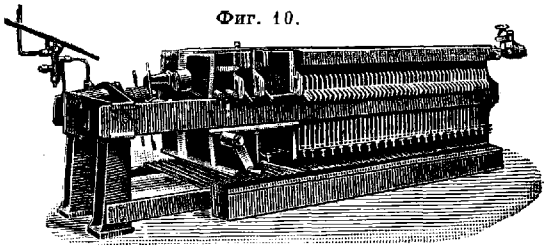


Очистка диффузионного сока состоит в удалении различного рода не-сахаров. Перед мерником диффузионный сок освобождается от увлеченных волокон и подогревается до 90—95° для свертывания белков. К подогретому соку добавляется 1,5—3,0% CaO по весу свеклы в виде известкового молока плотностью 20—25° Bé или в виде порошкообразной извести. Эта операция носит название дефекации. Едкая известь служит универсальным реактивом для многих веществ, входящих в состав диффузионного сока. Сахароза также образует с известью ряд соединений, называемых сахаратами: моно- и бисахараты. При кипячении эти соединения переходят в труднорастворимый трисахарат кальция $C_{12}H_{22}O_{11}\cdot 3CaO$. Все сахараты к-тами разлагаются на сахарозу и соответствующую кальциевую соль. Бо́льшая часть не-сахаров диффузионного сока образует с известью осадки. Процесс дефекации производится в цилиндрич. котлах и продолжается 10—20 мин. Реакция протекает без подогревания. Количество известкового молока регулируется мерниками. Осаждение избыточной извести, а также разрушение сахаратов производятся с помощью углекислого газа. При образовании мела некоторая часть не-сахаров и красящих веществ адсорбируется. Т. к. при газовании (сатурации) углекислым газом происходит частичное растворение осадков, то нейтрализацию не ведут до конца, оставляя раствор щелочным: 0,04—0,06% CaO. Дальнейшее уменьшение щелочности до 0,015—0,020 CaO производится повторной сатурацией после удаления осадков. Процесс сатурации бывает непрерывным или периодическим и производится в железных котлах (сатураторах). Сатуратор Эйгардта (фиг. 9) представляет собой котел цилиндрич. сечения $\varnothing = 2{,}25$ *м* и $h = 8{,}25$ *м*. Такой котел достаточен для завода с суточной переработкой 500—800 *т*. Верхняя часть высотой 3,25 *м* уширена и имеет $\varnothing = 2{,}75$ *м*. Это уширение имеет целью предупредить выбрасывание сильно пенящегося сока. Внутри котла проходит ось, приводимая в движение сверху. Нижней своей частью она укреплена в подшипнике. Внизу оси имеются скребки для взмучивания осевшей грязи, а на высоте 1,5 и 2,75 *м* расположены два зонта с отверстиями. Назначение зонтов—задерживать идущий вверх газ, чем увеличивается его контакт с соком. Внизу котла расположен барботер; через отверстие *А* впускается сок, через трубу *Б*—газ. Через трубу *В* сок выпускается; отверстие *Г* служит для спуска грязи. Эффект дефеко-сатурации, т. е. количество удаленных не-сахаров, составляет от 40 до 55% всех не-сахаров диффузионного сока. Полученные при сатурации осадки, состоящие из $CaCO_3$ и смеси разных солей, отделяются от сока при фильтрации через полотно на фильтрпрессах (под давлением) или на вакуум-фильтрах. Первые (фиг. 10) состоят из чередующихся рам и досок, покрытых



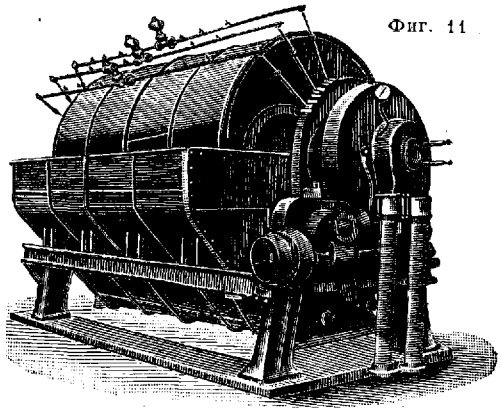
Фиг. 9.

Фиг. 10.

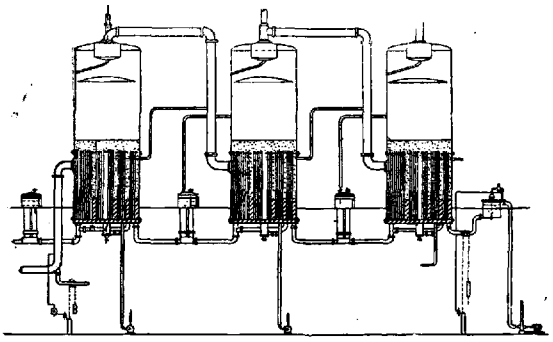


фильтрующей тканью. Рамы служат камерами для отложения осадков. Вакуум-фильтры сист. Оливера-Вольф (фиг. 11) состоят из полых барабанов, обтянутых фильтрующей тканью и погруженных в корыто с жидкостью. Полая камера соединена с вакуумом. На медленно вращающемся барабане откладывается осадок, к-рый после промывания срезается ножом. Эти фильтры требуют предварительного сгущения осадков, что и достигается в специальных отстойниках типа Дорра или вакуум-сгустителях—тикинерах. Вакуум-фильтры обладают большими преимуществами перед фильтр-

Фиг. 11



прессами, так как все процессы в них протекают без применения мускульной силы. Дефекационная грязь с фильтров содержит до 0,02% K_2O и может применяться как удобрение. Чистые соки для разрушения кислых углекальциевых солей подвергаются кипячению. Отделение взвешенных осадков после кипячения осуществляется в механич. фильтрах при небольшом давлении (не более 1 *м* вод. ст.). Тщательное удаление осадков из соков требуется для предохранения поверхностей нагрева аппаратов от осаждения на них накипи. Необходимые для производства CaO и CO_2 получаются при обжиге в шахтных печах $CaCO_3$. Расход антрацита или кокса на реакцию расщепления составляет 8—10% по весу камня. Для охлаждения извести служит нижняя часть шахты. Углекислый газ по выходе из печи охлаждается и промывается водой. Промыватель (лавер)—каскадного типа: вода стекает сверху, газ поднимается снизу. Гашение извести и приготовление известкового молока производят во вращающихся барабанах. На гашение поступают сахаросодержащие воды от промывки фильтрпрессной грязи. Известковое молоко перед добавлением к сокам для отделения песка процеживается через систему специальных ловушек. Для обесцвечивания сахарных растворов и

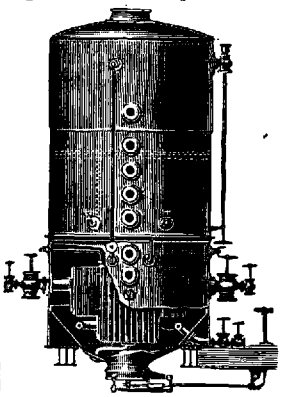


Фиг. 12.

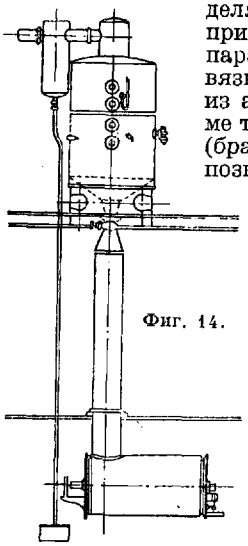
уменьшения поверхностного натяжения их обрабатывают сернистым газом; последний получается от сжигания комовой серы в закрытых чугунных печах. Во избежание инверсии время взаимодействия газа и сока ограничивается несколькими минутами (2—5). Диффузионный сок, содержащий 16—18% сухих веществ, после дефекации и сатурации заметно разбавляется водой, содержащейся в известковом молоке и промоях. Сухих веществ в очищенном соке, поступающем на выпарку, 12—15%. Выделение кристаллич. сахара из соков достигается при выпаривании воды. Эта операция распадается на две: сгущение сока в сироп и уваривание сиропа до кристаллизации. При выпаривании содержание сухих веществ возрастает до 60—70% по весу сиропа. Все системы выпарных аппаратов состоят из трубчатых поверхностей, обогреваемых паром и заключенных в вертикальные или горизонтальные камеры (фиг. 12). Над поверхностями кипения жидкостей д. б. достаточное пространство для осаждения уносимых паром капелек раствора или специальный сепаратор. Наиболее распространенными являются горизонтальные аппараты сист. Елинека и вертикальные Роберта, Кестнера, Заремба и др. Используя понижение $t°_{кип.}$ при увеличении вакуума, на выпарных станциях применяют многократное выпаривание. В зависимости от числа корпусов 1 *кг* пара м. б. выпарено 2, 3 и 4 *кг* воды. Приняты системы выпарок: под давлением и под разрежением. Примерное распределение $t°_{кип.}$ в разных корпусах:

Корпуса . . .	I	II	III	IV	V
Выпарка под давлением	123°	115°	105°	—	—
Выпарка под разрежением . . .	116°	108°	99°	87°	60°

Имея в системе выпарки пары различных $t°$, ими пользуются для обогревания аппаратов на других станциях завода (диффузия, сатурация, вакуум-аппараты); при этом соотношение поверхностей корпусов подобрано так, чтобы баланс был наивыгоднейшим. Конденсационные воды используются на питание паровых котлов, приготовление известкового молока и другие операции. Так как при высокой $t°$ сахароза разлагается, то $t°_{кип.}$ сахарных растворов не должна превышать 125—130°. Энергетич. х-во сахарного завода организуется по замкнутому циклу, т. е. весь необходимый пар для производства получается от паровых двигателей, обслуживающих з-д. Выделение кристаллич. сахара из сиропов, полученных на выпарке, производится при дальнейшем сгущении сиропов в вакуум-аппаратах. При выпаривании воды в сиропе образуется пересыщенный раствор сахара. Начало кристаллизации вызывается временным охлаждением сиропа или добавлением сахарной пудры. Рост кристаллов поддерживается дальнейшим выпариванием воды при периодич. добавлении сиропа. Степень пересыщения сиропа и ход кристаллизации определяются по изменению $t°_{кип.}$ при различном вакууме в аппарате, а также по виду и вязкости массы, отбираемой из аппарата на стекло. Кроме того имеется ряд приборов (брасмоскопы, брасмометры), позволяющих непосредственно или по таблицам определять коэфициент пресыщения. Вакуум-аппарат (фиг. 13) отличается от выпарного аппарата только размерами и размещением поверхностей нагрева. Наряду с периодически действующими аппаратами применяют непрерывные вакуум-аппараты (фиг. 14). Отделение и осаждение крупных кристаллов в нижней части аппарата происходит на основании закона Стокса, по которому все мелкие кристаллы поддерживаются в верхней части аппарата движением паров испаренной в аппарате воды. Процесс уваривания считается законченным, когда содержание воды в массе понизится до 5—8%. Смесь кристаллов и маточного сиро-

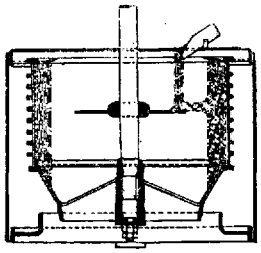


Фиг. 13.



Фиг. 14.

па называется утфелем первой кристаллизации. Утфель выгружается из вакуума через люк в мешалку, где и происходит его охлаждение до 40—50°. Отделение кристаллов из утфеля и их промывка происходят на центрифугах (фиг. 15). Барабаны центрифуг делают 800—1 100 об/мин. Сахар остается на сите, расположенном по периферии барабана. После промывки и пропаривания сахар выгружается из центрифуг и поступает на просушивание в барабанные или ленточные сушилки. Сухой сахар не должен содержать влаги более 0,15%. Сахар упаковывается в мешки по 100 *кг* весом. Межкристальная жидкость, отделяемая на центрифугах, называется зеленой патокой и содержит 60—65% сахара. Патока эта подвергается повторному сгущению в вакуум-аппаратах, причем получается утфель второй кристаллизации. Процесс кристаллизации сахара из этого утфеля после уваривания продолжается в мешалках 3—4 дня. Затем утфель поступает в центрифуги. Полученный из него желтый сахар содержит 95—96% сахарозы. Этот сахар растворяется и смешивается с оттеком, полученным от промывания белого сахара (белая патока), обрабатывается сернистым газом и после фильтрации смешивается с сиропом, полученным на выпарке. Кроме обработки сернистым газом окрашенные промежуточные продукты сахарного пр-ва для осветления обрабатываются активированными углями (норит, карборафин). Межкристальная жидкость от утфеля 2-й кристаллизации, называемая кормовой патокой или мелассой, содержит 48—50% сахара и все не-сахары, не удаленные на дефеко-сатурациях. Не-сахары эти, являясь положительными патокообразователями, препятствуют кристаллизации сахара из патоки. Меласса обыкновенно используется как корм для скота, а также как сырье для винокуренной промышленности.



Фиг. 15.

Сахарная промышленность. С сахарным тростником европейцы впервые познакомились еще в 4 в. до нашей эры. С открытием Америки (15 в.) сахарный тростник благодаря благоприятным климат. и почвенным условиям начинает культивироваться преимущественно на Антильских о-вах Вестиндского архипелага (Куба, Таити, Порто-Рико), где культура его существует и до сих пор и откуда она распространилась почти на все субтропич. страны, являясь одним из главных предметов вывоза в Европу. Первым основателем у нас свеклосахарного производства следует считать московского аптекаря Биндгейма, представившего ок. 1801 г. докладную записку о получении сахара из свеклы. Первый свеклосахарный завод был построен в 1802 г. Бланкенагелем и Герардом в Тульской губ., в селе Алябьеве. Зародившись в среднечерноземной полосе (Тульская губ.), свеклосахарная промышленность перебросилась на Украину, где достигла значительного развития, давая $^4/_5$ всей продукции сахара в России. Падение хлебных цен, кризис основной промышленности того времени—винокурения—совпали с зарождением свеклосахарной промышленности на Украине и способствовали быстрому ее росту. В первый период развития свеклосахарных з-дов в России, до возникновения крупных коммерч. заводов, преобладала барщинная форма труда. Даже квалифицированные рабочие набирались из тех же крепостных, обученных предварительно на з-дах соседей. Условия труда на первых сахарных з-дах были и по тогдашним условиям исключительно тяжелыми. Вся работа велась вручную. В помещениях было мокро, сыро, грязно и холодно, а недостаточное освещение, часто каганцевое, способствовало массе несчастных случаев.

Численность рабочих и служащих, занятых в свеклосахарной промышленности, впервые была установлена в 1848/49 г. с появлением отчетов Скалона; начиная с 1856/57 г., эти данные стали производиться ежегодно. В 1848/49 г. было занято на свеклосахарных заводах 42 850 рабочих. На Украине это была наиболее значительная тогда группа промышл. пролетариата. В то время как в пятидесятых годах в среднем на фабричное предприятие приходилось до 50 рабочих, средняя для свеклосахарных заводов была в 4 раза больше, что в достаточной мере характеризует размеры сахаропромышленности в ряде других отраслей того времени.

Сахар и сахарная свекла в мировом хозяйстве. Сахар из свеклы или тростника вырабатывается во всех частях света, и современная статистика имеет на учете до 70 сахаропроизводящих стран, не считая большого числа мелких стран, объединяемых под рубрикой прочие. Производство сахара неуклонно растет и в своем росте обгоняет увеличение населения, благодаря чему душевое потребление сахара неизменно увеличивается, достигнув в США, Австралии и Новой Зеландии весьма высокого уровня (табл. 1).

Табл. 1.—Мировое производство сахара.

Годы	*т* (длинные)	Увеличение	
		т	%
1875/76—1884/85	3 765 978	201 482	5,3
1885/86—1894/95	6 118 448	348 077	5,7
1895/96—1904/05	10 685 349	476 937	4,4
1905/06—1914/15	16 266 826	574 547	3,5
1915/16—1924/25	17 878 425	467 383	2,6

В 1924 г. мировой итог выработки свекловичного сахара был 9 227,3 тыс. *т*, тростникового—14 993,8 тыс. *т*, т. е. выработка свекловичного сахара составляла 38,1% мирового пр-ва сахара. В 1928/29 г. мировое пр-во, включая СССР, сахара-сырца достигло: свекловичного 9 594 тыс. *т* и тростникового 19 286, в 1929/30 г. соответственно—9 332 и 19 128 и в 1930/31 г. (предварительные данные) 11 713 и 18 004, а всего соответственно по годам—28 880, 28 460 и 29 717; в 1930/31 г. уд. вес свекловичного сахара поднялся до 39,3%.

В среднем за 50-летие ежегодное увеличение пр-ва составляло 3,8%. За время с 1875 г. мировое пр-во сахара увеличилось почти в 10 раз. Сахар—один из самых дешевых предметов питания. По стоимости единицы пищевого достоинства сахар во много раз дешевле мяса и коровьего масла и уступает лишь пшенице, но она не является готовым продуктом питания и должна пройти процессы помола и вышечки, в результате чего ее пищевая ценность почти приближается к ценности сахара. Помимо высоких питательных свойств сахара и сравнительной доступности для потребителя быстрому росту сахарной промышленности способствовали высокие барыши сахарозаводчиков и заинтересованность государственной власти, извлекавшей доход из обложения сахара. В частности значение свекловичного сахара усугублялось исключительно благоприятным влиянием сахарной свеклы на полевое хозяйство, промышленное свеклосеяние, требующее по обработке и уборке значительно бо́льших затрат труда, чем другие культуры, является лучшим способом изжития последствий перенаселения.

Борьба за рынки. Борьба за сахарный рынок постоянно играла весьма значительную роль в международной политике стран мирового хозяйства. В начале эта борьба велась на внутреннем фронте производства тростникового сахара. Позднее, с укреплением свеклосахарного производства в Европе, началась борьба между странами, обладающими экваториальны-

ми колониями (Англия, Голландия), и континентальными странами Европы (Германия, Австро-Венгрия и Россия). Борьба шла между сахаром свекловичным и тростниковым. До самого конца прошлого столетия непрерывно побеждали континентальные страны—сахар свекловичный. Свекловичный сахар постепенно вытеснял тростниковый и не только вытеснял его в Европе, но, овладев частью рынка Великобритании, начал проникать в Америку и даже Британскую Индию. Весьма характерным в этой борьбе было (и остается до настоящего времени) то, что производство свекловичного сахара требовало бо́льших затрат, чем производство тростникового сахара в колониях; но континентальные страны, искусственно поддерживая высокие цены на внутреннем рынке за счет внутреннего потребителя, форсировали экспорт за границу. Наиболее острым моментом борьбы был 1902 г. К этому году европейское свекловичное производство начало так успешно конкурировать с тростниковым производством в англ. колониях, что Англия вынуждена была реагировать на наступательную политику европ. сахарозаводчиков и потребовала отмены той политики цен, с помощью к-рой Германия, Австро-Венгрия и Россия заполняли Англию дешевым сахаром. Ожесточенная борьба закончилась Брюссельской конвенцией, на которой Англия добилась ограничения наступательной политики Германии и Австро-Венгрии. Россия присоединилась к конвенции только перед войной 1914 г. Под шум мировой войны старые тенденции мировой сахарной политики развивались с лихорадочной интенсивностью за счет стран, парализованных войной. Руководителем новой фазы борьбы явились США. Политически владея о-вом Куба, являющимся центром мирового производства (свыше 25% всего мирового производства) и мировой торговли (дает до 40% всего тростникового сахара на международный рынок), США за время войны вложили огромные средства в сахарную промышленность о-вов Куба, Гаваи, Порто-Рико и Филиппины. На арену мировой борьбы выступили промышленники о-ва Ява, побивающие рекорд в отношении урожаев сахарного тростника и дающие самый дешевый сахар. В результате парализованного состояния европейского свеклосахарного производства в период войны и роста продукции тростникового сахара роль свеклосахарного производства в мировом хозяйстве начинает падать с первых лет мировой войны. Доля свеклосахарного производства, составлявшая в 1901—14 гг. 43—52%, падает в 1919/20 г. до 22%. С окончанием мировой войны силы свеклосахарной промышленности начинают крепнуть. Уже в 1919 г. начинают восстанавливать свою свеклосахарную промышленность страны-победительницы — Франция, Италия, Бельгия. В 1920 г. восстановительный процесс отчетливо проявился во всех остальных странах Европы, исключая Польшу и СССР. Затем восстановление свеклосахарного производства идет с исключительной стремительностью, и уд. в. свекловичного сахара ниже 30% не опускается. В таблице 2 приведены данные за 1923—29 гг.

За последние годы США, чрезмерно развившие свою сахарную промышленность и утратившие роль монополиста и гегемона на мировом рынке, страдают от наступившей депрессии и длительного кризиса, связанного с падением цен на сахар на мировом рынке. Немалую роль в этом кризисе играет оборонительная и одно-

Табл. 2.—Интенсификация производства сахара за 1923—29 гг.

Годы	Свекловичный сахар		Тростниковый сахар	
	m	%	m	%
1923/24	6 026 700	30,2	13 906 000	69,8
1924/25	8 285 800	36,3	14 550 000	—
1925/26	8 567 000	33.1	—	—
1926/27	7 876 000	31.8	—	—
1927/28	9 155 000	34,3	—	—
1928/29	9 600 000	33,7	—	—

временно наступательная политика, проводимая во всех сахаропроизводящих странах Европы. С механич. устранением во время войны действия Брюссельской конвенции в последнее время заинтересованные страны снова поднимают вопрос о международном регулировании производства и торговли сахаром. В сессии Лиги Наций (1929 г.) этому вопросу было уделено много внимания, и эксперты по вопросам сахарной пром-сти нарисовали довольно печальную картину состояния мирового рынка, характеризуемого разнобоем цен, высоким обложением и высокими пошлинами (см. табл. 3).

Табл. 3.—Мировые цены на сахар в 1929 г.

Страна	Цена 1 кг в коп.	Налог	Ввозная пошлина в коп.
Италия	69	41	15
Испания	52	13	16
Австралия	39	—	26
Япония	39	13	15
Венгрия	38	14	14
Румыния	38	5	10
Голландия	37	21	16
Чехо-Словакия	34	11	14
Польша	32	9	11
Франция	32	9	14
Германия	30	5	13
Аргентина	27	—	9
Великобритания	25	6	12
Австрия	24	6	11
Швеция	23	2	16
США	22	—	14
Швейцария	20	—	16
Британская Индия	20	—	14
Дания	19	3	15

Сахарные заводы СССР. В современных границах СССР до войны существовало 237 з-дов. Из них 2 расположены в большом отдалении от остальных: один на Кубани и один в Туркестане. Остальные 235 з-дов—в 12 смежных губерниях современных УССР (195 з-дов) и РСФСР (40 з-дов). Главными центрами производства сахара были б. Киевская и Подольская губ., дававшие более 50% всего сахара; примерно равновеликое значение имели б. Харьковская и Курская губ. В годы гражданской войны сахарная пром-сть пришла в упадок. Восстановление ее характеризуется табл. 4.

Табл. 4.—Рост сахарной промышленности в СССР (в тыс. m).

Годы	Выработано сах. песку	Годы	Выработано сах. песку
1921	50,2	1927	955,0
1922	185,7	1928	221,2
1923	190,2	1929	957,9
1924	362,3	1930	1489,5
1925	451,5	1931	1525,2
1926	1044,1		

Свою I пятилетку сахарная пром-сть строила на полной реконструкции как сырьевой, так и технич. базы. До войны и революции главным источником свеклы являлись крупные хозяйства сахарных з-дов и помещичьи имения в призаводских районах; площадь таких крупных свекловичных хозяйств приближалась к 3 млн. *га*. Количество свеклы, поступавшей с крестьянских земель, не превышало 14—15% всей перерабатываемой свеклы. Революция полностью разрушила прежний главный источник питания сырьем сахарной промышленности—крупные помещичьи и заводские полевые хозяйства. С 1922 г. идет быстрый и непрерывный рост посевов на крестьянских землях. Пятилетний же план строил дальнейшее развитие крестьянских посевов на новых социально-экономич. началах—на началах полной коллективизации. Все 100% крестьянской свеклы должны дать коллективные хозяйства. В отношении коллективного сектора проводятся огромные реконструктивные задачи, выражающиеся в интенсификации крестьянского хозяйства, его механизации путем дальнейшей организации и укрепления машинно-тракторных станций, наряду с этим и полное переустройство дорог.

Основной капитал сахарной промышленности, таящий в себе огромные резервы, вследствие сезонности производства используется в максимальной мере. Превращение С. п. из сезонного в постоянное достигается разрешением проблемы длительного хранения свеклы путем ее сушки, что должно привести к коренной ломке всей экономики сахарной промышленности. Приводим нек-рые данные, характеризующие темп развития сахарной промышленности на конец пятилетки: сбор свеклы в 1933 году по предварительным данным намечается в количестве 117 441 тыс. *ц*, количество действующих заводов 183, строящихся новых з-дов 16, в том числе в Сибири, Киргизии, Грузии, на Дальнем Востоке, в Армении и других новых районах, в которых раньше не существовало сахарной промышленности. Продукция сахара определяется в 1932 г. 8 203,2 тыс. *ц* и в 1933 г. 13 500 тыс. *ц*. Кроме того сахарная промышленность ставит перед собой грандиозные задачи по животноводству и откормочным операциям.

Лит.: Зуев М., Энциклопедия сахарного производства, т. 1—5, М.—Киев, 1924—26; его же, Теплота в сахарном производстве, Харьков, 1913; его же, Дефекация и сатурация, М., 1922; его же, Популярный курс сахарного производства, Киев, 1922; его же, Сахар и его производство, Харьков, 1923; Классен Г., Практич. руководство по производству сахара, пер. с нем., Киев, 1914; Штоман Ф., Руководство по производству сахара, пер. с нем., Киев, 1888; Карлсон Э., Очерки свеклосахарного производства, М., 1927; Сыромятников М., Механич. оборудование свеклосахарных з-дов, Киев, 1917; его же, Справочная книга по технике сахарного пр-ва, Киев, 1915; Рейсер А., Проектирование сахарных з-дов, Киев, 1917; его же, Постройка сахарного з-да, 2 изд., Киев, 1913; Шиффнер А., Машины и аппараты свеклосахарного и рафинадного з-да, пер. с нем., Киев, 1914; Тищенко И., Современные выпарные аппараты и их расчет, М., 1915; его же, Общий метод расчета многокорпусного выпарного аппарата, М., 1924; Кухаренко И., Материалы для расчета и проектирования свеклосахарных з-дов, Киев, 1925; Вогрызек О., Химия сахарной пром-сти, пер. с нем., Киев, 1922; Тищенко И., Химия сахарных веществ и методы исследования продуктов сахарного пр-ва, М., 1913; Зуев М., Сахаристые вещества, Киев, 1908; Штоман Ф. и Шандер А., Руководство по производству сахара, Киев, 1922; Головин П., Руководство по сахарному пр-ву, М., 1928; Люченко Ю., Краузе Р. и Щепкин С., На сахарных з-дах Зап. Европы, М., 1927; Лунькинов П., Сахарные з-ды Чехо-Словакии, М., 1927; Classen H., Die Zukerfabrikation, 5 Aufl., Magdeburg, 1923; Sailiard E., Betterave et sucrerie de betterave, 3 éd., P., 1923; Malpeaux L., La betterave à sucre, P., 1912; Block B., Das Kalkbrennen, 2 Aufl., Lpz., 1924; Deerr N., Cane Sugar, 2 ed., L., 1921; Heriot T. H., The Manufacture of Sugar from the Cane a. Beet, L., 1920; Hausbrand E., Verdampfen, Kondensieren u. Kühlen, B., 1924. **В. Студенецкий.**

Сахар кленовый и березовый. К числу многочисленных представителей растительного царства, служащих объектами для получения сахара, относятся и нек-рые породы деревьев; промышленное значение в этом отношении имеют *клен* (см.) и *береза* (см.). В настоящее время подсочка кленовников в С. Америке начинается по достижении ими 25—30-летнего возраста, когда они достигают ок. 18 *см* толщины. Как правило, чем ниже полнота, чем реже стояние, тем лучше наблюдается выход сока. По наблюдению проф. Нестерова при подсочке извлекается в общем $^1/_{60}$ ч. накопленного деревом запаса питательных веществ. Влияние *t°* на выход сока очень велико; чем холоднее зима и чем она суше, тем большее количество сока и с большей сахаристостью собирается весной; точно так же теплое и влажное лето способствует увеличению выхода в следующую весну. В период подсочки *t°* продолжает оказывать сильное влияние. Период подсочки, совпадающий с периодом весеннего сокодвижения, продолжается в течение 5—6 недель, причем дней с обильным выделением сока бывает 10—15. В зависимости от широты местности колеблется и обычное начало и конец работ, напр. в районе Квебека (Канада) среднее начало сезона—1 апреля при средней продолжительности в 4 недели; в штате Нью Йорк средняя продолжительность периода выделения—29 дней. Сок заболони сахаристее, более белого цвета и ароматичнее сока сердцевины. Современная техника подсочки клена в С. Америке придерживается следующих норм. Приблизительно на высоте 1 *м* от земли очищается топориком неровность коры и посреди сделанной затески просверливается отверстие ⌀ 1—1,25 *см* и глубиной 1,5—4 *см* с незначительным уклоном наружу, куда вставляется сточный желобок; в большом ходу патентованные желобки, оканчивающиеся крестовиной и вколачиваемые в дерево прямо, без просверливания отверстия. Приемниками служат жестяные ведра, обязательно покрываемые крышкой. Деревья обычно подсачивают одним отверстием; на очень толстомерных делаются 2—3 и больше отверстий. Сок из приемников сливается в металлич. чаны с вогнутой крышкой, в середине к-рой устроен сетчатый конус, покрываемый полотном в целях фильтрации. Сбор производится 1—2 раза в день, в более крупных хозяйствах устраивают передачу сока по трубам от места сбора к месту его переработки. Сахаристость кленового сока колеблется в течение сезона, находясь кроме того в зависимости от расового происхождения дерева; самый сахаристый сок дает сахаристый клен (Acer sacharinum); средняя сахаристость сока 3,75% при среднем сборе с одного дерева за сезон 28,25 *кг* (Фрид). Проделанные отверстия обычно зарастают через 1—2 г. Кленовники подсачиваются неопределенно долгий промежуток времени, оставаясь здоровыми, без влияния на ход роста и плодоношения. Технич. качества древесины под влиянием подсочки не понижаются. В последнее время путем селекционных работ в С. Америке в отд. хоз. удавалось поднять среднюю сахаристость сока до 10%. Процесс упаривания кленового сока и доведение его до консистенции сиропа производится в специальных аппаратах. Варка заканчивается при *t°* 104° (32—33° Bé); готовность сиропа определяется обычно на-глаз. При такой степени

уварки сахаристость сиропа достигает 65—70%. Сироп подвергается двукратной фильтрации с целью удаления яблочнокислой извести и разливается в жестянки емкостью приблизительно в 4 *л*, в к-рых и поступает на рынок. Анализ кленового сока (в среднем): уд. в. 1,015 при 15°; белковых веществ 0,069—0,469%; зольность 0,146%; сахаристость (колеблется в широких пределах) ~4%. Анализ сиропа (в %): сахарозы до 84, инвертозы 0,8—5, воды 6—14, зольных веществ 0,25—1,03, белковых 0,19—0,075. Получение твердого сахара из сиропа производят отдельно. Производство сиропа и сахара из кленового сока сосредоточено в С. Америке по преимуществу в мелких предприятиях. Продукция кленовосахарного производства используется исключительно для пищевых целей, поступая частично на кондитерские предприятия, частично непосредственно на потребительский рынок и расцениваясь благодаря своим ароматич. свойствам в 2—3 раза дороже соответствующих цен на продукты из сахарного тростника и свекловицы. В 1930 г. получено в Северной Америке кленового сока по расчету на сахар 34 404 тыс. англ. фн.

Первым по времени научно поставленным опытом по добыванию и уварке сока березы известен опыт Цытовича (опубликован в 1911 г.). Выход сока составлял 37—59 *л* на дерево в б. Московской губ. и 45—65 *л* в б. Витебской. Наибольшее истечение наблюдалось во второй четверти периода сокодвижения, а по часам дня—в полдень. Период подсочки продолжался 4 недели и закончился с появлением листвы. Сахаристость сока в начале периода равнялась 0,7% и, постепенно повышаясь, дошла до 1,48%, упав снова к концу сезона. Анализ сока дал следующие показатели (на 1 *л* сока): белок в начале периода давал только следы и, увеличившись затем до 0,002—0,003%, к концу периода снова давал только следы; зольных веществ 0,02—0,08%, дубильных—0,0008—0,001%; яблочной к-ты 0,332—0,607%; кроме того сок заключал в себе ароматич. вещества, придающие ему приятный, специфич. запах. Заключавшийся в соке сахар был определен как фруктоза (с левым вращением), хорошо растворялся в воде и алкоголе; уд. вес свежего сока был 1,003; реакция нейтральная; под влиянием бактерий быстро окислялся. Из 1 *л* сока получалось после уваривания 11 *см*³ сиропа, содержавшего 73% сахара, что при среднем сборе сока за весь период от одной раны в 49 *л* давало ок. 0,5 *л* сиропа. В первые годы после Октябрьской революции подобный опыт был поставлен Юницким (Казань), но данные по нему опубликованы не были. Союз русских лесоводов (1919 г.) пробовал вызвать подсочку березы в массовом масштабе с целью замены дефицитного тогда сахара, но массового характера эти мероприятия тогда не получили. В 1930 г. опыт подсочки березы был повторен под Москвой (Перышкин-Филиппович); работой было охвачено всего 16 деревьев, и опыт не мог дать надежных показателей. В 1931 г. по предложению НК РКИ опытная работа по добыванию и увариванию сока березы была поставлена в Ленинградской области, близ г. Тихвина (Ротаст). Всего было заподсочено 349 деревьев, расположенных в трех участках, представлявших собою сосновые насаждения типа черничного и брусничного бора, в составе к-рых береза занимала 0,2—0,3%. Деревья 18—30-*см* подсачивались одним отверстием, 30—35-*см*—двумя и свыше 35-*см*—тремя. Благодаря поздней, но дружной весне период сокодвижения начался лишь 24/IV и закончился 12/V, когда лист на деревьях достиг размера примерно 2 *см*. Выход сока за весь период составил в среднем на 1 дерево 60—70 *кг* и на 1 отверстие 53,07 *кг*. Суточное колебание выхода было в пределах 1,44—4,76 *кг*, давши в среднем 3,57 *кг*. Влияние на выход сока было обнаружено в большей степени со стороны класса господства деревьев, чем от размера их диаметра: выход у деревьев 1-го класса по Крафту на 72,9% был выше выхода деревьев 3-го. Деревья, заподсоченные тремя отверстиями, дали среднесуточный выход 7,158 *кг*, двумя—7,20 *кг*. Как и следовало ожидать, очень велико оказалось влияние $t°$ воздуха и почвы. Сделанные наблюдения показали, что 1) наибольший выход сока приходится на утренние часы; 2) редкое стояние деревьев значительно повышает выход; 3) конкуренция сосны мало влияет на выход сока березы; конкуренция березы сильно его понижает; 4) лучшие выходы наблюдались из отверстий, хорошо освещавшихся солнцем; 5) вегетативное или семенное происхождение дерева не играет в отношении выхода решающей роли. Анализ сока березы, произведенный в Научно-исследовательском институте спиртовой промышленности, приведен в табл. 5.

Табл. 5.—Анализ сока березы.

Характеристики	Время взятия проб		
	30/IV	3/V	7/V
Удельный вес	1,0031	1,0024	1,0030
Зола (в %)	0,032	0,032	0,24
Кислотность по расчету на яблочную к-ту (в %)	0,02	0,01	0,02
Азот по Кьельдалю (в %)	0,0021	0,0023	0,0021
Сахар по Бертрану (в %)	1,20	1,18	1,19

Хронометраж труда по сбору сока показал, что 80% времени уходило на доставку сока к месту его переработки и обратную дорогу в лес при среднем расстоянии в 395 *м*. Анализ проб сиропа, произведенный Научно-исследовательским институтом спиртовой промышленности, дал следующие показания, приведенные в табл. 6.

Табл. 6.—Анализ проб сиропа.

Характеристики	Ордин. варка	Двойная варка		
	3/V	8/V	9/V	10/V
Удельный вес	1,0926	1,1229	1,1590	1,1256
Зола (в %)	1,21	1,96	2,09	1,79
Кислотность (в %)	0,79	1,32	2,04	1,57
Азот (в %)	0,336	0,351	0,354	0,421
Сахар (в %)	40,8	53,6	69,8	56,1

Проба на сахарозу дала отрицательный результат, следовательно весь сахар находился в форме моноз. Определение уд. вращения в сахариметре и объемное определение глюкозы по Вильштеттеру и Шудлю и фруктозы по Бертрану показали, что в сиропах содержатся приблизительно равные количества глюкозы и фруктозы. Данные опытов по сбраживанию сиропа, произведенных в том же ин-те, приведены в табл. 7.

Примерная калькуляция себестоимости 1 *кг* 70%-ного сиропа выразилась в 61,5 к. (по ценам 1931 г.). Сок произрастающего у нас остролистного клена по герм. данным содержит 2,74—4,27% сахарозы, т. е. весьма бли-

Табл. 7.—Данные по опыту сбраживания березового сока (в *г*).

Характеристики	Разведение			
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6
Количество сахара до сбраживания* . .	55,3	40,74	38,61	27,045
после сбраживания .	27,58	8,49	15,07	1,39
Количество сброженного сахара	25,75	32,25	33,25	25,65
Получено спирта . . .	13,129	16,025	13,65	13,15
Теоретич. выход спирта из данных количеств	12,87	16,12	16,77	12,82
Разница между теоретич. и действит. выходом	+0,259	−0,095	−3,12	+0,33

* Содержание сахара в сиропе до сбраживания 70 31%.

зок по своему составу в этом отношении к соку америк. кленов. Данных о сахаристости сока других видов наших кленов в литературе не имеется. Кленово- и березовосахарный промысел может служить сырьевым источником гл. обр. для спиртовой и пищевой пром-сти (кондитерское и консервное дело и производство безалкогольных напитков). Не исключена возможность использования его для получения хлебопекарных дрожжей, различных органич. к-т (лимонной, молочной), ацетона, кетона и др. Так как кленовый сок по своей сахаристости втрое выше березового и дает возможность в силу этого получать более высокую по качеству продукцию, он может больше удовлетворить требованиям, предъявляемым со стороны кондитерской пром-сти, могущей лучше оплатить пригодный для нее продукт. С другой стороны, сахар из березового сока в виду преобладания фруктозы, трудно кристаллизующейся, более пригоден для консервной промышленности. Приведенные данные по опытному сбраживанию березовых сиропов (табл. 7) дают основания считать их хорошим сырьем для получения спирта, с почти неограниченными притом возможностями в отношении сырьевой базы; по данным Селибера площадь березовых насаждений по всему Союзу исчисляется в 77 млн. *га*, а по европейской его части—16 млн. *га*. Следует отметить, что бо́льшая часть этих насаждений до сих пор не эксплоатируется вовсе, находясь вне оборота лесного хозяйства, между тем с каждого *га* можно было бы ежегодно извлекать в круглых цифрах не менее 200 *кг* сиропа высокой сахаристости или 100 *кг* 100°-ного спирта. При громадном спросе на этиловый спирт, предъявляемом рядом отраслей промышленности, и возможном удешевлении себестоимости сиропа такой источник его получения из непищевого сырья может иметь наряду с гидролизом древесины решающее значение. Систематизированных сведений о распространении клена в СССР не имеется. Известно, что вообще клен больших сообществ не образует и что площади чистых кленовых насаждений в 30—40 *га* и в СССР и в Сев. Америке считаются уже большими; гораздо чаще клен встречается в смешанных лиственных насаждениях, в составе которых нередко занимает 0,4—0,6%, что ни в какой однако мере не может служить препятствием к его подсочке; необходимо лишь его состояние в составе господствующего полога.

Лит.: Нестеров Н. С., Сахарный клен и кленовосахарное производство, СПБ, 1895; Цитович П. В., Подсочка березы и анализ березового сока, «Лесопромышленный вестник», 1911, *9*; Тищенко И. А., Химия сахаристых веществ, М., 1913; Шорыгин П.П., Химия углеводов и ее применение в промышленности, М.—Л., 1926; Селибер Д. И., Леса и лесная промышленность СССР, т. 1, Л., 1930; Ротаст Г. П., Добывание и уваривание сока клена и березы, 1931; Bryan H., Hubard W. and Sidney F. Scherwood, Production of Maple Sirup a. Sugar, «Farmers Bulletin», Wsh., 1924, *1366*. **Г. Ротаст.**

САХАРОЗА, тростниковый сахар, свекловичный сахар $C_{12}H_{22}O_{11}$, полисахарид (см. *Полисахариды*), весьма распространенный в растениях (в листьях, плодах, корнях и пр.). В наиболее значительных количествах С. содержится в сахарном тростнике (14÷26% в соке), в сахарной свекле (14÷24%, в среднем 17%), в сахарном сорго (9%), в сахарном клене (3÷5%). Для производства сахара применяются сахарный тростник и сахарная свекла (см. *Сахарное производство*); сахарное сорго и клен используются для производства *сиропов* (см.). С. хорошо кристаллизуется и м. б. получена в виде крупных прозрачных кристаллов моноклинич. системы, уд. вес $D^{17,5} = 1{,}58$; $t°_{пл.}$ 160—161°; очень хорошо растворима в воде, особенно в горячей, и легко дает вязкие пересыщенные растворы—сиропы. Растворимость С. в воде по Герцфельду выражается следующей эмпирич. формулой:

$$y = 64{,}1835 + 0{,}13477t + 0{,}0005307t^2,$$

где y—%-ное содержание С. в насыщенном растворе при темп-ре t. По этой ф-ле составлены таблицы растворимости С. в воде при разных $t°$ (см. *Спр. ТЭ*, т. III); при 0° в 100 *г* воды растворяется 179 *г* С. (64,18%), а при 100°—487 *г* (82,97%). С. совершенно нерастворима в холодном абсолютном спирте (в кипящем растворяется 1 : 80). С. вращает плоскость поляризации вправо; уд. вращение зависит от концентрации раствора и $t°$; при концентрации 23,65% средняя величина уд. вращения С. $[\alpha]_D^{20} = +66{,}5°$. На вращательной способности С. основан оптич. метод количественного определения ее (см. *Поляриметр*). При нагревании до $t°_{пл.}$ С. сплавляется в аморфную стекловидную массу, к-рая через нек-рое время по охлаждении снова кристаллизуется, теряя прозрачность; при нагревании несколько выше $t°_{пл.}$ сплавленная масса сохраняет прозрачность на более долгий срок. При 200—220° С. начинает разлагаться (карамелизация) и темнеть, образуя кулёр, т. е. смесь нескольких некристаллич. веществ, применяемую для подкраски в желто-коричневый цвет пищевых продуктов. При дальнейшем нагревании начинается сильное вспучивание с выделением газов (углеводороды, CO_2, CO) и паров (ацетона, ацетальдегида, фурфурола, летучих к-т); в остатке получается уголь. По исследованию Пикте карамелизация С. при нагревании до 185—190° под уменьшенным давлением (10÷15 *мм*) протекает след. обр.: сначала при 5% потери в весе образуется изосахарозан $C_{12}H_{20}O_{10}$ (аморфный белый порошок, $t°_{пл.}$ 94°, легко растворимый в воде, горького вкуса); дальше при потере 10% в весе образуется карамелан $C_{24}H_{36}O_{18}$ (светложелтый порошок, $t°_{пл.}$ 144—145°, горького вкуса, труднее растворимый в воде); при 20% потери получается карамелен $C_{36}H_{50}O_{25}$ (коричневый порошок горького вкуса, $t°_{пл.}$ 204—205°, легко растворимый в воде). С. не восстанавливает фелинговой жидкости, не реагирует с фенилгидразином и не изменяется от действия разбав-

ленных щелочей; т. о. она не содержит альдегидных и кетонных групп (строение С. см. *Полисахариды*). При гидролизе к-тами или энзимами (напр. инвертазой дрожжей) С. распадается (инвертируется) на смесь равных количеств *d*-глюкозы и *d*-фруктозы, т. н. *инвертный сахар* (см.). С основаниями С. дает сахараты; так, с CaO получаются: монокальциевый сахарат $C_{12}H_{22}O_{11}\cdot CaO\cdot 2H_2O$ и двукальциевый сахарат $C_{12}H_{22}O_{11}\cdot 2CaO$, легко растворимые в воде; при кипячении этих растворов выпадает трудно растворимый трикальциевый сахарат $C_{12}H_{22}O_{11}\cdot 3CaO\cdot 3H_2O$.

Лит.: Тищенко И. А., Химия сахаристых веществ и ее применения в промышленности, Москва, 1913; Шорыгин П. П., Химия углеводов, 2 изд., Москва, 1932. **Ф. Церевитинов.**

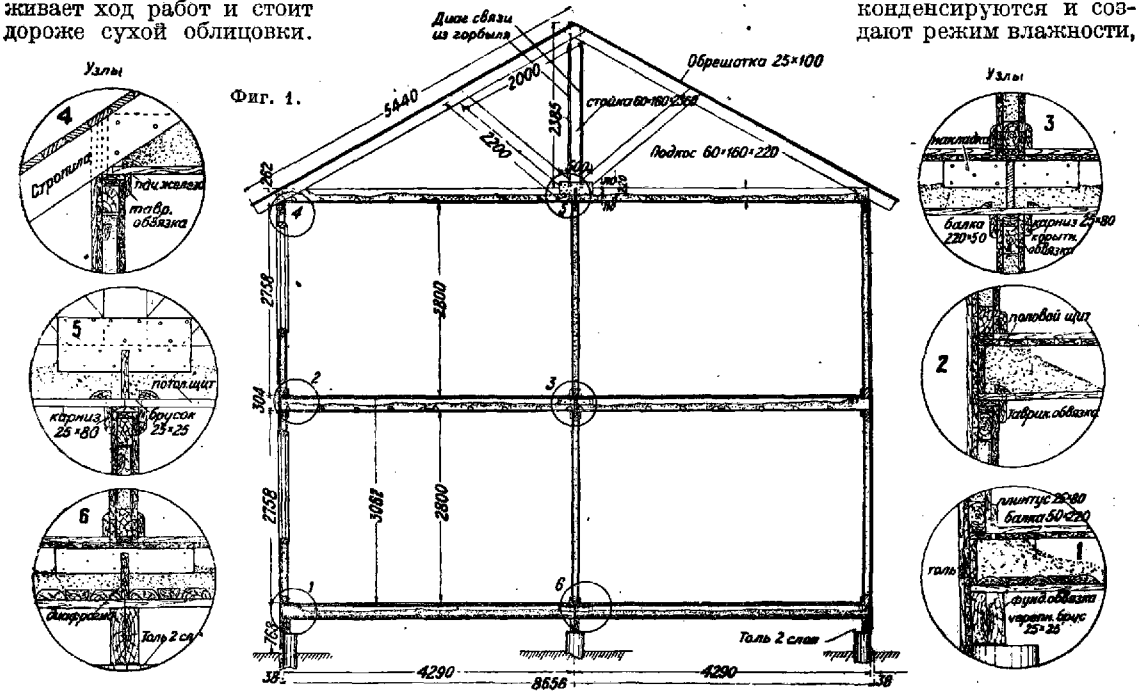
СБОРНЫЕ ЗДАНИЯ, здания, состоящие из набора (комплекта) стандартных частей, изготовляемых на заводах. Достоинства С. з. заключаются в следующем: 1) является возможность полной механизации процессов стройпроизводства во всех стадиях его, 2) работа машин ускоряет работу в 10—100 раз, стоит значительно дешевле ручной работы и дает высокое качество изделий, недостижимое для кустаря при массовой заготовке, 3) применяемые облегченные конструкции значительно уменьшают вес здания, 4) перевозка готовых и сухих частей здания облегчает работу транспорта и освобождает от перевозки отходов и влаги в сырых материалах, 5) отходы производства на з-де м. б. полностью утилизированы, 6) изготовление частей здания на з-де и сборка здания требуют значительно меньшей затраты рабсилы, в особенности квалифицированной, 7) темпы строительства ускоряются во много раз, и при налаженном производстве сборка здания выполняется в несколько дней, 8) производство стандартных частей, монтажные и отделочные работы производятся круглый год независимо от погоды (мороза), 9) потребитель, получая готовые стандартные здания, освобождается от работ по проектированию и от значительной доли административно-хозяйственных забот. Перечисленные достижения сборного стройпроизводства дают высокую экономич. эффективность и решают темпы строительства при условии развитой специальной отрасли промышленности производства монтажных стандартов, материалов и механизмов, необходимых для сборного строительства.

Для достижения известной закономерности в методе и размерах набора стандартных частей С. з. установлен метод модулировки архитектурного решения здания, к-рый сводится к установлению единой меры пропорциональности отношений размеров здания и частей его. Эта мера называется модулем. Величина модуля практикой в гражданском строительстве принята равной 60 *см*, потому что эта мера по своей величине достаточно мелкая, хорошо укладывается в необходимых размерах частей зданий и дает возможность варьировать соотношения основных и второстепенных размеров здания. Мера пропорциональности (модуль) может устанавливаться раздельно в горизонтальном направлении (в плане) и в вертикальном направлении (в разрезе), но необходимо, чтобы модуль плана был кратным модулю высоты. При модулировке проекта здания необходимо привести основные размеры здания, расстояния между опорами конструкций (стен, колонн, стоек, каркаса и т. п.) к размерам, пропорциональным модулю, в результате чего возможно установить всего лишь несколько стандартных расстояний для главных частей стандартных конструкций, а в зависимости от них установить стандартные размеры частей здания или монтажных стандартов, из к-рых оно собирается. Распространяя метод модулирования на все объекты строительства, устанавливают ограниченное количество стандартных конструкций по размерам, пропорциональным модулю. Для выполнения этих конструкций устанавливают модулированные размеры стройматериалов, к-рые могут применяться без отходов. Т. о. создается единая система стандартизации С. з. В рациональной конструкции д. б. четко проведено разделение на части, несущие нагрузку, и части, ограждающие, т. е. не работающие на нагрузку. К первым относятся сплошные стены, столбы, или стойки, балки, стропила, половой настил; к последним—утеплители, облицовки, изоляции, кровли, потолок, перегородки, окна и двери. Для несущих частей конструкций требуются материалы достаточно прочные, как дерево, бетон, железобетон и железо. К ограждающим материалам относятся: торф-сфагнум, древесные опилки, доменная вата, трепел, торфолеум, морозин, инсоорит, месонит, соломит, фибролит, камышит, шевелин, гипсолит, смоляная бумага, толь, рубероид, силикат-органики, легкие бетоны (газо-пено-пемзо-бетоны) и пр. Засыпные материалы применяются при условии принятия мер против усадки. Набивные бетоны и штукатурка создают сырость в постройке. Наиболее пригодными материалами считаются те, к-рые обработаны и применяются в конструкциях в виде сухих полуфабрикатов: камней, плит и листов. Дерево применяется как облицовочный и утепляющий материал; для щитов, перекрытий и мелких столярных изделий применяют дерево, высушенное до остаточной влажности, равной 18—23%, для оконных переплетов и дверных полотен—до 15%, для остальных элементов при воздушной сушке—до 28%. По основным признакам конструкции наружных стен С. з. разделяются на щитовые, каркасные и крупноплитные, кроме того существует много конструкций смешанного типа.

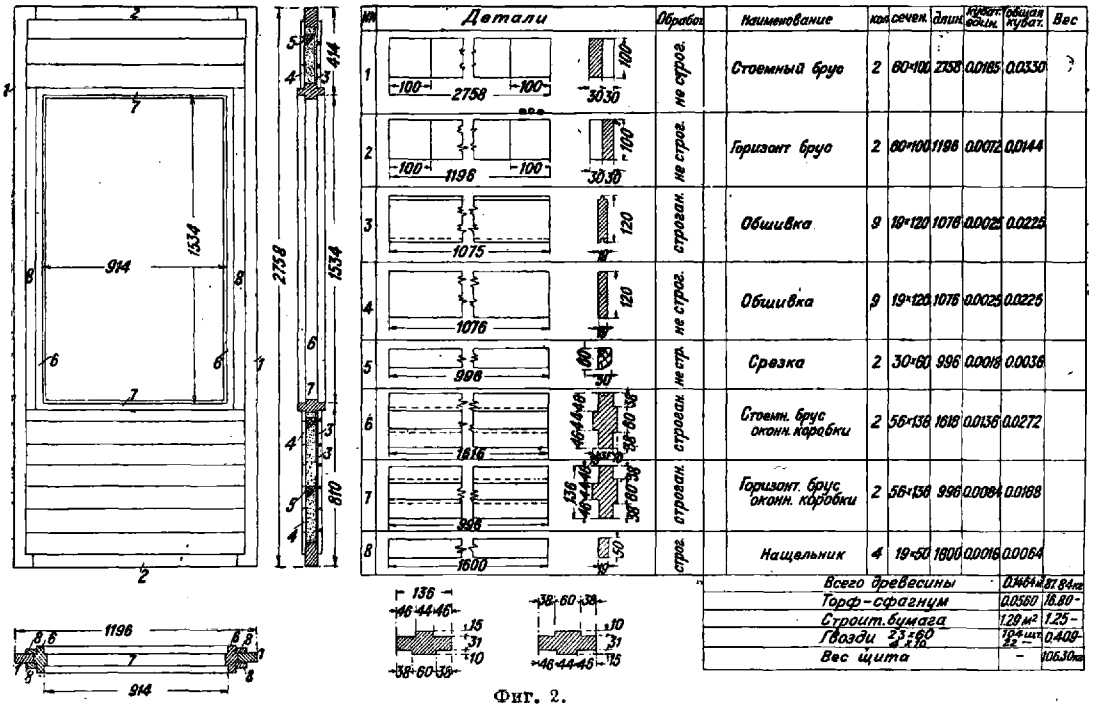
Деревянные С. з. Щитовые (фиг. 1—4). Основную конструкцию составляют щиты, которые доставляются на постройку в законченном виде; поэтому наибольшей сборностью обладает здание, все части к-рого состоят из щитов. При этих условиях сборка производится быстро. Щиты наружных стен должны нести нагрузку от перекрытий и ограждать помещения от холода; поэтому делается рама из брусков достаточно прочная, чтобы нести на себе груз двух и даже трех этажей. С обеих сторон рама обшивается досками, а внутри заполняется утеплителем, слоем 6—10 *см* толщиною, в зависимости от качества утеплителя и от того, для какого климатич. пояса предназначено здание. Обычно утепление делается сфагнумом, а за неимением такового—древесными опилками. Против усадки засыпки внутри ее прокладываются диафрагмы (бруски и дощечки), удерживающие засыпку на небольшом участке (ок. 50 *см* по высоте). Возможно применение других утеплителей, в том числе плитного материала, но плиты (торфолеум, морозин, соломит, камышит и т. п.) выгоднее использовать для обшивки каркасной конструкции. Следует считать как правило, что со стороны помещения щиты облицовываются гипсолитом, тонким фибролитом с затиркою

алебастром, фанерою и другими материалами. Штукатурка исключается, т. к. вносит много влаги и портит изделия из сухого дерева, задерживает ход работ и стоит дороже сухой облицовки.

Фиг. 1.

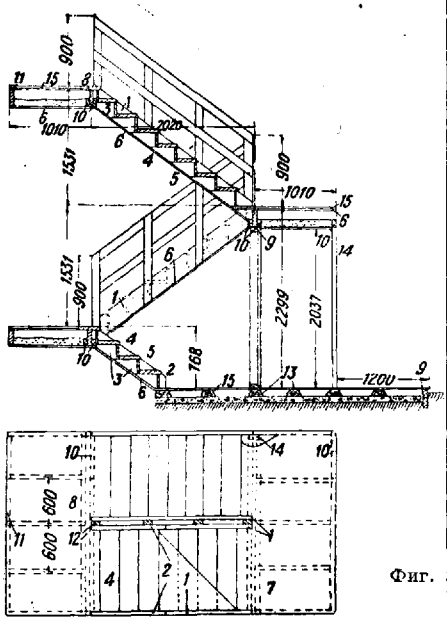


Облицовка изнутри помещений вызывается необходимостью: 1) защиты от возгорания весьма сухого дерева (пожар возникает главн. образом внутри дома и в досчатом доме быстро распространяется), 2) защиты от насекомых, к-рые охотно гнездятся в щелях досчатой обшивки и в засыпке внутри щита, причем нет надежных средств уничтожить насекомых, 3) защиты от продувания (облицовка утепляет стены), 4) защиты от проникновения внутреннего теплого и влажного воздуха в сферу засыпки, где пары конденсируются и создают режим влажности, что вызывает иногда гниение и создает условия, благоприятные для разрастания грибов-паразитов. Если наружные щиты почему-либо оставляются не облицованными, то необходимо для защиты от продувания и влажного воздуха проложить внутри засыпки со стороны помещения слой смоленой бумаги или толя. Стык щитов д. б. непродуваемый и удобный в сборке.



Фиг. 2.

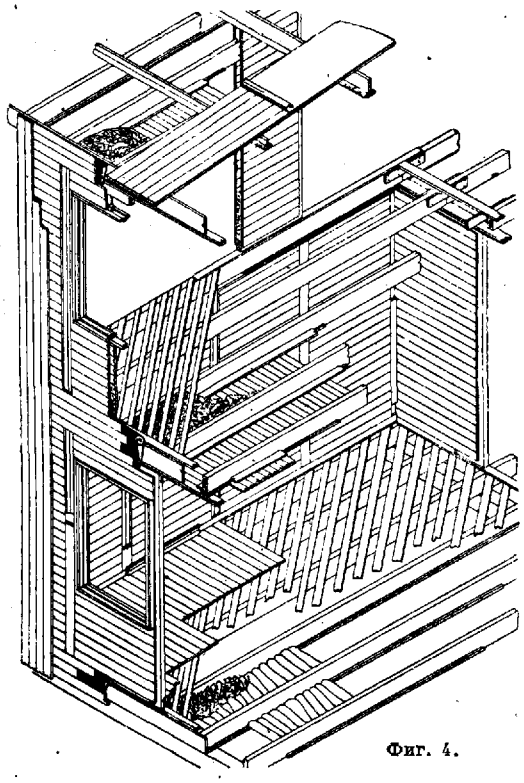
Проще и лучше применять стык в виде шведского открытого гребня (фиг. 5); с обеих сторон стык перекрывается нащельными досками с



Фиг. 3.

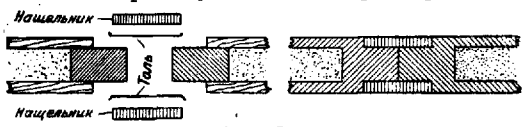
NN	Детали	обозн.	Наименование	сечение до обраб.	длина	кубат. в одном	общий кубат.
1	2630	стр. 4	тетива	50×220	2630	0.0290	0.116
2	1340	стр. 2	тетива	50×220	1340	0.0150	0.030
3		стр. 38	Угольник	50×190	325	0.0031	0.118
4	1022	стр. 20	Ступени	50×290	1022	0.0150	0.300
5	1022	стр. 22	Подступенок	19×120	1022	0.0024	0.053
6	в пог. м.	стр. 20,58	Нижн. настил подш. площадок и тетивы	19×120	п/м	0.0023	0.507
7	985	стр. 15	Балка	50×220	985	0.0110	0.165
8	2400	стр. 2	Балка	50×220	2400	0.0260	0.052
9	2300	стр. 2	Балка	50×220	2300	0.0250	0.050
10	2300	стр. 7	Рейка под тетиву	50×90	2300	0.0103	0.072
11	550	стр. 4	Закладн. доски	50×220	550	0.0060	0.024
12	в пог. м.	стр. 14,50,19,20	Поручни и стойки	50×100	п/м.	0.0050	0.096
13	в пог. м.		Лаги	75×150	п/м.	0.0112	0.162
14	2035	стр. 3	Подпорн. стойка	50×120	2035	0.0120	0.040
15	в пог. м.	стр. 41,09	Настил пола и площадок	25×100	п/м.	0.0025	0.352
			Всего древесины				2.137 м³

прокладкою под них толя или рубероида. Прибитые гвоздями нащельники плотно и прочно соединяют щиты. Внутренние несущие стены собираются из таких же щитов, как и наружные, но без внутренней бумаги. Окна и двери



Фиг. 4.

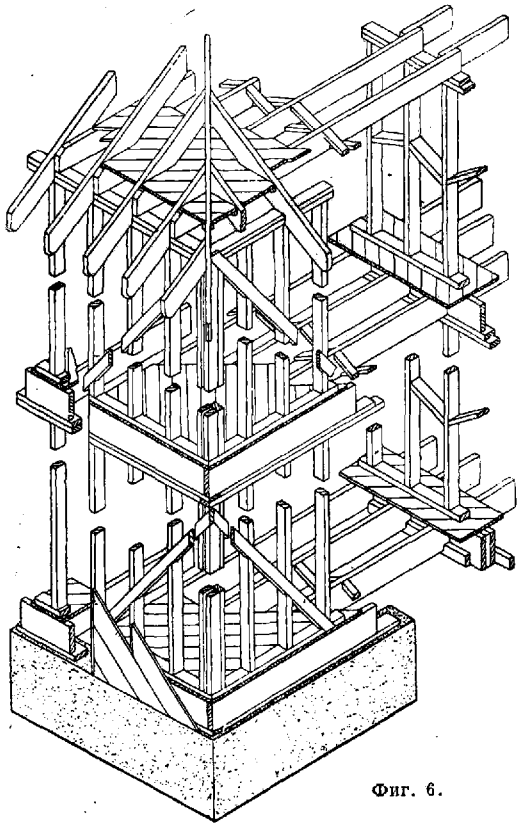
должны быть окончательно вделаны в щиты, с навескою на петли, но без ручек и задвижек, выступающих из плоскости щита, чтобы не портить изделия во время перевозки в плотно уложенном виде. Перегородки делают из тонких щитов, подобных стенным. По методологии модульного построения ширина щита делается в один, два или три модуля. Основою щитовых стен служат цокольные обвязки, лежащие на стульях. Под нижним перекрытием неизбежно устройство подполья, чтобы деревянную конструкцию удалить от сырости земли. Обвязки делаются из сбитых гвоздями двух досок, чем предупреждается коробление обвязок. На цокольные обвязки укладывают балки из досок на расстоянии, равном 60 *см* между центрами. Такое расстояние наиболее выгодно по статич. расчету и по расходу древесины на перекрытие; при этом расположение балок хорошо увязывается с размером стен-



Фиг. 5.

ных щитов, так как балка совпадает со стыком или серединой щита. Возможно также пропустить дымовую трубу между балками. Сверх установленных щитов прибивают обвязку из двух досок внахлестку, на к-рую укладывают балки следующего перекрытия. Между балками укладывают потолочные щиты из досок толщиною 25 *мм* по прибитым к балкам черепным брускам 25×25 *мм*. Чистый пол настилают щитами из досок в два слоя, между которыми прокладывают смоленую бумагу. В некоторых конструкциях предпочитают вместо укладки половых щитов нашивать пол досками в два слоя, из к-рых нижний настилается под углом в 45° к балкам и вразбежку. Диагональный настил дает значительную жесткость зданию в горизонтальном направлении, что при больших и высоких зданиях считается необходимым условием. Потолочный настил, или накат нижнего перекрытия, смазывают глиной или алебастром, чтобы прикрыть щели, затем засыпают слоем сфагнума и слоем песка для уменьшения звукопроводности. Потолок, подобно стенам и перегородкам, необходимо облицовать

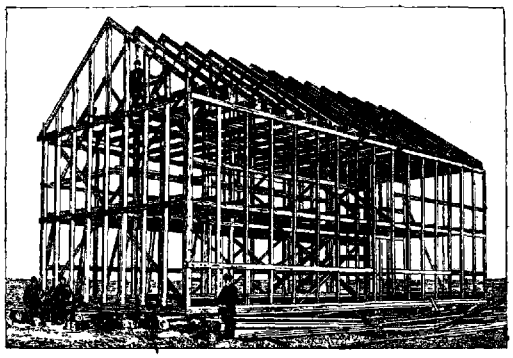
для защиты от огня и проникновения воздуха. Между балками ставят поперечные доски через 70—100 *см* для предупреждения бокового изгиба балок и разделения пространства от распространения огня. Стропила делают также дощатые с расстановкою их через балку, т. е. через 120 *см*. Кровля настилается легкими щитами, сверх к-рых настилается толь, финская стружка, этернит, шифер и т. п. В последнее время пытаются применить готовые кровельные щиты, дощатые, покрытые битуминозной мастикой или специально обработанной толь-фанерой. Как видно из фиг. 1—4, все части дома делаются из тонкого пиломатериала, причем толщина досок по условиям производства желательна не более 50 *мм*. Обычно стремятся дать всего три толщины: 19, 25 и 50 *мм*. Для жилых домов наиболее выгодная длина балок 4,20 *м*; следующий больший размер 4,80 *м* является предельным и тяжелым для профиля балок, т. к. толщина их получается 60 *мм*. Высота этажа слагается из высоты комнат 2 800 *мм* + балка 220 *мм* + половой настил (19 + 23 *мм*), всего 3 062 *мм*. Эта высота принята как стандартная и к ней приспособлена стандартная лестница с одинаковыми маршами. Стены снаружи здания по теплотехнич. требованиям покрывают штукатуркой или чистой тесовой обшивкой. То и другое, помимо утепления, еще



Фиг. 6.

раз сплачивает здание в единое целое. В отношении отопления лучшим решением является устройство водяного отопления. Устройство печей значительно затрудняет увязку размеров в плане; поэтому пытаются применить сборные стандартные печи и дымовые трубы, которые занимали бы меньше места, проходили между балками и быстро собирались.

Каркасные С. з. Основу конструкции составляет каркас, или скелет, здания, образуемый несущими нагрузку стойками, главными прогонами и балками перекрытий. Заполнения каркаса составляют остальные части здания: стены, перегородки, полы, потолки, кров-

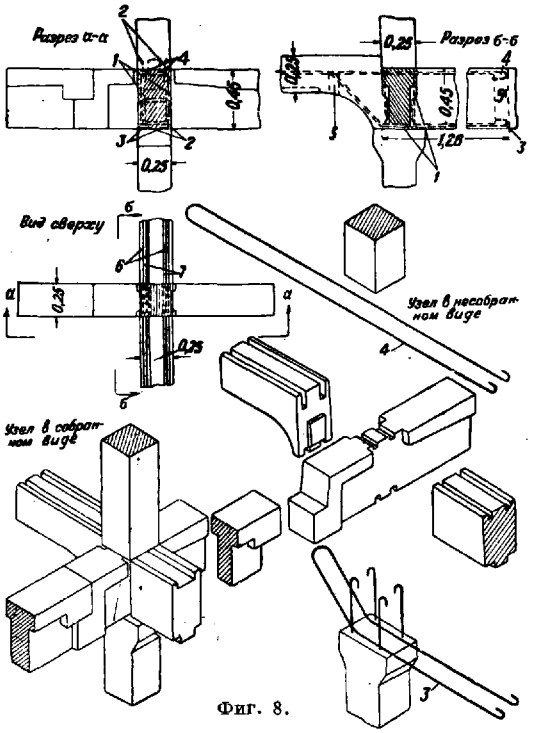


Фиг. 7.

ля и т. п. В случае заполнения щитами конструкция называется каркасно-щитовой. Устройство самостоятельного каркаса имеет то преимущество, что каркас м. б. собран из стандартных элементов внизу на земле отдельными рамами, к-рые несложными приспособлениями поднимают и ставят последовательно на место. Т. о. быстро собирают остов здания, позволяющий вести все работы на любой высоте, пользуясь каркасом как лесами. Элементы, из к-рых собирается каркас, обычно очень несложны, просты в производстве и выгодны в перевозке, т. к. могут быть плотно уложены с полной нагрузкой вагона. Американская каркасная деревянная конструкция для двухэтажных домов (фиг. 6) собирается сколачиванием гвоздями брусков сечением 5 × 10 *см* и досок, получаемых простым распилом без дальнейшей обработки. Стойки ставят через 40—60 *см* и соответственно им кладут балки у каждой стойки, а стропила через одну стойку. Для окон и дверей вырезают часть стойки и вставляют коробку, к-рая заменяет стойку, или ставят дополнительные стойки. Жесткость зданию придают постановкою подкосов между стойками, а также косым настилом нижнего слоя пола. Каркас обшивают или заполняют между стойками утепляющими плитами (фибролит, камышит и т. п.). На фиг. 7 представлен каркас со стойками в два этажа из досок 5 × 10 *см*, сбитых тавром широкой стороной наружу; при этом получается вполне надежная жесткость стоек для различных тяжелых заполнений (при условии устройства сплошного фундамента); к широкой полке тавра удобно прибиваются плиты фибролита. Возможны заполнения камышитом, соломитом и другими плитными утепляющими материалами. Основой конструкции трехэтажного дома с деревянным каркасом является поперечная несущая рама из наружных и внутренних стоек, сращенных во все этажи, и прогонов, несущих нагрузку от балок перекрытия и крыши. Собранный на земле из стандартных элементов поперечный каркас устанавливают на место вполне готовыми рамами. Система поперечных несущих рам каркаса имеет много серьезных преимуществ перед несущими продольными стенами, так как 1) поперечный прогон опирается на стойки, вделанные в перегородки, 2) глубина помещений может быть очень значительной,

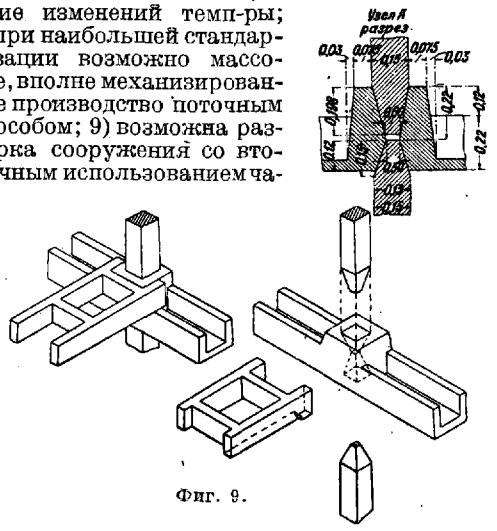
3) наружная стена помещения между основными стойками, свободная от опор, м. б. использована для окна во всю ширину; также м. б. сделаны различные выступы из плоскости фасада в виде фонарей и эркеров, 4) балки перекрытия имеют небольшую длину (3—4 *м*) и следовательно м. б. легкого профиля, 5) здание м. б. произвольной ширины, 6) сборка каркаса производится быстро. Расстояния между несущими рамами каркаса и ширину рамы берут кратными модулю, т. е. 240, 300, 360, 420 и 840, 900, 1 080 *см* и т. д. При заполнении наружных стен между рамами мелкими плитами делают вторичный каркас с обвязками вдоль здания, раскосами для жесткости и решеткой для прикрепления заполнений. В случае заполнения трамбованой тяжелой массой или кладкой стен из камней должен быть сделан надежный фундамент для восприятия нагрузки от стен независимо от стоек основного каркаса. Внутреннее устройство и крышу собирают из стандартных частей. Будущее несомненно принадлежит сборным стандартным каркасным конструкциям.

Железобетонные С. з. Преимущества сборного железобетона следующие: 1) экономия опалубки и лесов, в особенности при больших пролетах и высотах; 2) квалифицированная рабочая сила требуется главным образом в мастерской, причем только для изготовления важнейших конструкций; сборку ведут неквалифицированные рабочие; 3) изготовление частей



Фиг. 8.

производится в мастерской независимо от погоды; сборка также в значительной степени возможна круглый год; 4) при заводском изготовлении возможен более тщательный надзор за качеством работ, точной армировкой и дозировкой состава бетона согласно статическим расчетам; 5) собранные несущие конструкции м. б. использованы немедленно для дальнейших работ, в том числе для монтажных работ фабрично-заводского оборудования; 6) для соединения готовых частей требуется незначительное количество раствора и бетона, следовательно в постройку вносится очень мало влаги; 7) влияние усадки в сборном железобетоне почти исключается, также ничтожно влияние изменений темп-ры; 8) при наибольшей стандартизации возможно массовое, вполне механизированное производство поточным способом; 9) возможна разборка сооружения со вторичным использованием ча-



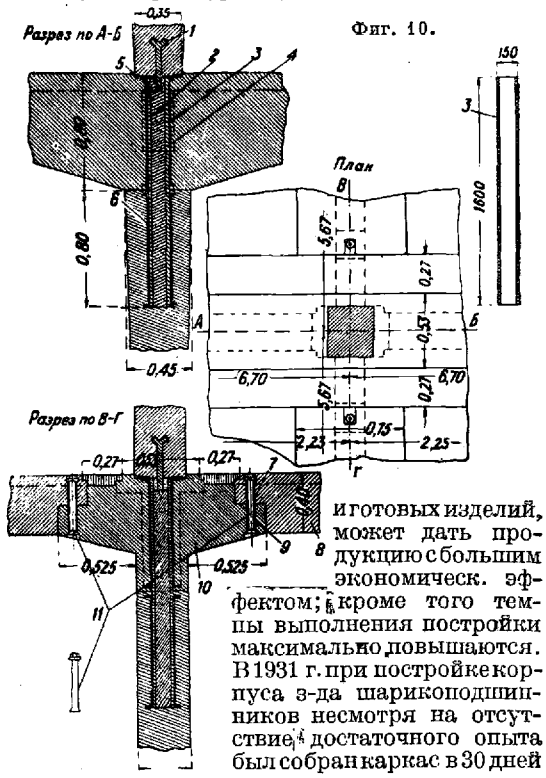
Фиг. 9.

стей. Недостаток сборных конструкций заключается в отказе от качеств цельномонолитных конструкций, так как в сборном железобетоне отсутствуют полностью или частично защемленные элементы, неразрезные балки и т. п., что делает его менее сейсмостойким.

Индустриальный способ производства сборных железобетонных сооружений чрезвычайно повышает экономич. эффективность, темпы и качество, причем имеются большие предпосылки для дальнейшего усовершенствования техники конструкций. При производстве частей на з-де в жесткой, гладкой и разборной опалубке (формах) возможно изготовлять части весьма сложной конструкции с тонкими стержнями и стенками, со всевозможными полостями и давать комбинации не только со сталью, но и с деревом. Трамбовка бетона в лежачих формах дает возможность изготовлять конструкции, невыполнимые в обычных условиях на лесах постройки, в особенности если применяется способ прессования железобетона, а также пропарки готовых частей, что ускоряет готовность их в 15—20 раз. Применение полых, решетчатых и ажурных конструкций дает преимущества меньшего веса и расхода материала, возможности утепления в полостях, меньшего размера толщины перекрытия из двутавровых и коробчатых балок, причем вместо ребристого перекрытия получается гладкий потолок. Решающее значение в сборном железобетоне имеет вопрос об узловых соединениях целых конструкций и о стыках отдельных конструктивных элементов, т. к. узлами и стыками определяется статич. обстановка передачи и распределения усилий и моментов в пространственной системе, создаваемой сочленением сборных конструкций. Со стороны производственной узлами и стыками определяются границы возможной точности сборки, методы изготовления собираемых частей, способы сборки и механизации работ. От форм и профилей узловых конструкций зависит выбор профилей пролетных конструкций, а также соединений с

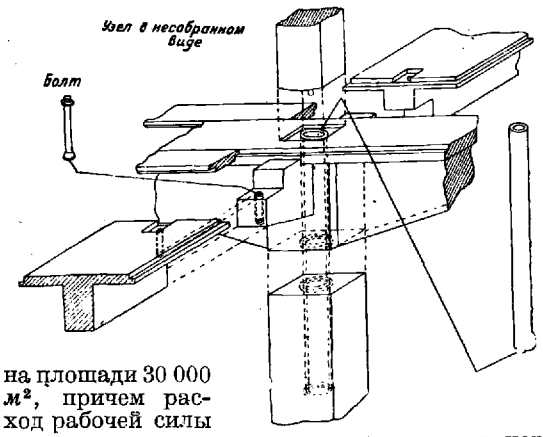
железобетонными элементами деталей, выполняемых из дерева, стали и камня. Для ускорения сборки необходимо, чтобы давление вышележащих элементов непосредственно передавалось нижележащим готовым, уже затвердевшим, частям, а не через свежетрамбованый бетон.

Закрепление узлов достигается: 1) бетонированием выпущенных из элементов концов арматуры и проливкою раствором щелей стыков; этот способ дает жесткие соединения, но требует осторожности при работах на соседнем узле, чтобы толчки и сотрясения не повредили незатвердевшего раствора [фиг. 8, где *1*—выпуск арматуры из нижней колонны, *2*—пазы для укладки вилок, *3*—нижняя вилка, *4*—верхняя вилка, *5*—отверстия для заливки раствором узла после сборки (пазов для вилок), *6*—отверстия для заливки пазов для вилок, *7*—верхняя вилка и пазы для нее], 2) непосредственной укладкой элементов с профилем соединений наподобие деревянных врубок (фиг. 9), 3) соединением металлич. штырями с забетонированием и заливкою полостей [фиг. 10, где *1*—штырь или болт $d = 38$ *мм*, выпускаемый из колонны *2*, бетонируется после установки трубы *3*, которая вставляется в отверстие ригеля и в углубление нижней колонны, *4*—труба, вставленная в отверстие ригеля, *5*—труба, вставляемая после забетонирования внутренней трубы *3*, *6*—труба, обделывающая углубление в колонне, *7*—трубка, обрамляющая отверстие в опорной части вспомогательной балки, *8*—вспомогательные (второстепенные) балки, *9*—трубка, обрамляющая отверстие в консоли ригеля, *10*—консоль ригеля для опирания вспомогательной балки, *11*—болты $d = 25$ *мм*, вставленные в отверстия консоли ригеля и опорной части вспомогательной балки], 4) металлич. соединениями концов арматуры (фиг. 11, где *1*—дополнительные стержни, *2*—листовое железо 5 *мм*, *3*—основная арматура, *4*—контргайки, *5*—два стальных болта на каждый шарнир, *6*—свинцовый лист толщиною 1 *см*, *7*—две стальные гильзы). Последний способ дает возможность членить на более мелкие части самостоятельные несущие элементы конструкции (колонны, рамы, балки и т. п.) независимо от эпюры моментов или других силовых факторов; следовательно при осуществлении конструкций с большими пролетами возможно применение более мелких сборных частей. Металлич. соединения позволяют нагрузить конструкцию в полной мере немедленно по окончании сборки. Разборка таких конструкций наиболее легко осуществима. Заполнение получающихся пустот в стыках производят каким-либо нетвердым материалом, а выступающие части стали покрывают краской для защиты от ржавчины. При устройстве огнестойких перекрытий в сборном железобетоне вместо ребристой целой плиты применяют сплошную укладку балок различных систем: полых, коробчатых, тавровых и двутавровых сечений, с тонкими стенками, рассчитанными с крайней экономией материала. Подсчет показывает, что расход бетона понижается при этом в среднем на 20—25% и стали—на 25—30% сравнительно с расходом на ребристое, набивное на месте перекрытие. Сборный железобетон дает надежный и огнестойкий каркас, иногда весьма сложной конструкции, в том числе купольных перекрытий, с большими пролетами. Железобетон в больших зданиях находит широкое применение, вытесняя стальной каркас в промышленных зданиях. Особенно выгодно применение сборного железобетона в зданиях с повторяющимися стандартными конструкциями, напр. зданий цехов заводов-гигантов, имеющих полторы-две тысячи колонн и тысячи других элементов конструкций. Организованный около постройки з-д для производства стандартных элементов, оборудованный механизмами для производства бетона, гнутья арматуры, транспорта материалов



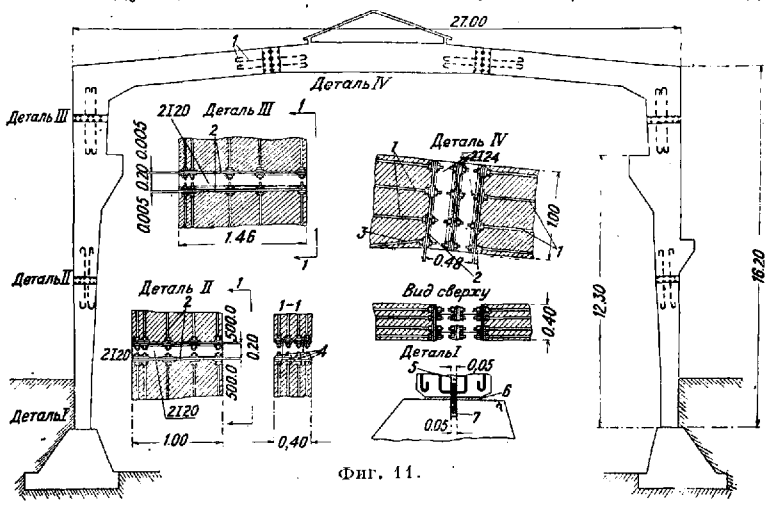
Фиг. 10.

и готовых изделий, может дать продукцию с большим экономическ. эффектом; кроме того темпы выполнения постройки максимально повышаются. В 1931 г. при постройке корпуса з-да шарикоподшипников несмотря на отсутствие достаточного опыта был собран каркас в 30 дней



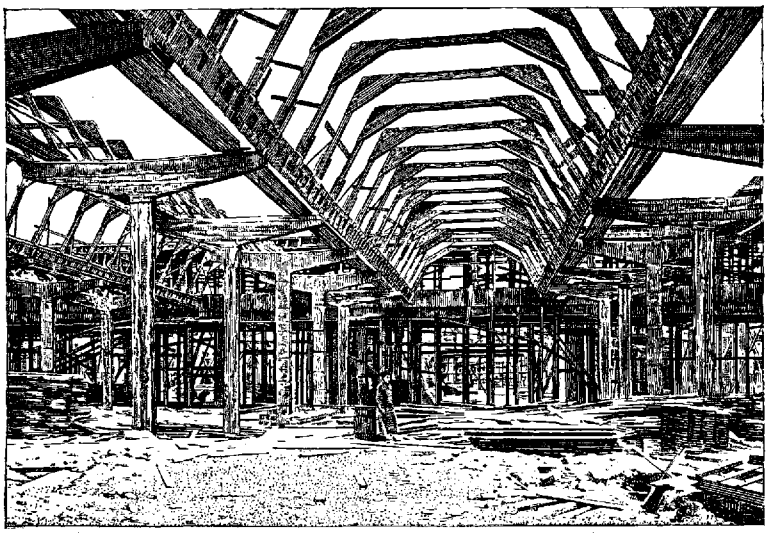
на площади 30 000 $м^2$, причем расход рабочей силы и лесоматериала уменьшен вдвое против нормального расхода на возведение массивного железобетона. Дальнейшие заполнения основного несущего каркаса производятся из стандартных укрупненных элементов в виде плит и щитов из разных материалов, готовых окон, фонарей, дверей и т. п. Для установки и укладки всех монтажных стандартов без пригонки и подтески на месте как основных конструкций, так и заполняющих, должна быть установлена размерность по методу модульного проектирования.

Крупноплитные С. з. имеют кладку из крупных искусственных бетонных камней (фиг. 12). Состав бетонов м. б. весьма разнообразный в зависимости от наличия на месте того или другого материала. Принятые составы бетонов следующие: известково-шлаковые, известково-диатомо-шлаковые, глино-цементно-шлаковые, известково-диатомо-органики. Наполнитель: опилки, солома, костра, камыш, отдубина и пр. Приготовление плит производят на строительном дворе или возле возводимого строения в зависимости от способа механизации. При массовом строительстве выгоднее устраивать строительный двор с механич. подачей камней на стройку. Для ускорения схватывания раствора применяют пропарку плит в камерах без давления при $t°$ 80—90°. Пропарка в течение 24 час. при цементном растворе дает 15—20-дневную прочность нормального твердения, а для известково-трепельных 1—1,5-месячную прочность. Размер камней зависит от способа механизации и применяем. транспортных средств. При установлении стандартов плит необходимо стремиться к наименьшему числу стандартов, чтобы не усложнять производство кладки, т. к. это может отразиться на темпах работ. Применение метода модульного построения размеров здания и плит вводит систему, значительно облегчающую проектировку здания. Размер плит в длину и высоту вместе с толщиной шва д. б. кратным модулю или определенной части его. Также толщина камня + шов, к-рая входит в кладку при перевязке стен, д. б. сообразована с принятым модулем. Установление модульных размеров каменных плит необходимо для увязки кладки стен с остальными конструкциями здания, к-рые также д. б. сборные стандартные, построенные по общему модулю и изготовленные на з-де как общие монтажные стандарты, из к-рых собираются разные здания, в том числе деревянные, щитовые и каркасные.



Фиг. 11.

Железные С. з. в виде небольших холодных помещений для складов, гаражей и т. п., а также в виде теплых зданий с облицовкою наружных стен штампованными железными листами применяются в странах, богатых железом, но в крайне ограниченном размере, зато весьма широко применяются сборные металлич. конструкции в качестве основного каркаса в очень высоких зданиях в десятки этажей или в одноэтажных заводских зданиях, к-рые очень удобно собирать из стандартных элементов: колонн, прогонов, стропильных ферм и других частей здания. По существу строительные металлич. конструкции всегда делали сборными из профильного железа, соединяемого на заклепках. В последнее время усовершенствована и широко применяется с большим экономич. эффектом сварка железных частей. Техника железобетона, в особенности сборного, настолько развилась, что железобетон вытесняет применение металлич. конструкций, т. к. обладает преимуществами огнестойкости, прочности (не ржавеет) и сберегает металл, необходимый для развития всех видов индустрии. Также деревянные конструкции вытесняют металлические, поэтому проблема сборных железных


Фиг. 12.

конструкций становится неактуальной для массового производства.

Лит.: Васильев Б. и Вутке О., Сборные щитовые дома Инст. Сооружений, М.—Л., 1931; Ксирихи, Комиссаров и Сошин, Опытное строительство ВСУ РККА, Сборные деревян. дома, М., 1930; Кожин М. В., Стандартизация сборных домов, М., 1930; Васильев Б., Сборные и разборные конструкции деревянных зданий, М., 1931; Вутке О., Вопросы сборного деревян. строительства, М.—Л., 1931; Сборные деревянные дома (альбом), М.—Л., 1931; Типовые проекты сборных деревян. домов, М.—Л., 1932, *17*, *18*, *19*, *20*, *21*, *22*, *22А*; Встошкин С. И., Сборные дома, М., 1932; Стафилевский С., Сборные железобетонные

конструкции, М., 1931; Добрускин А. А., Узлы и стыки в сборных железобетонных сооружениях, Л., 1932; Молотилов Н., Теория и практика железобетона, 2 изд., т. 1, Томск, 1931; Сборник железобетонных конструкций, Л., 1930; «Строит. промышленность», М., 1924—32; «Строительство Москвы», М., 1924—32; «Стройиндустрия», М., 1930; «Строитель», М.,1928—32; Клинлогель А., Бетонные и железобетонные конструкции из готовых частей, перевод с нем., М., 1930; «Beton und Eisen», B., ab 1925—31; «Schweizerische Bauzeitung», 1929; 93—94 u. 30—95—96; Concrete—Chicago, 1930; «Engineering News Record», N. Y., 1929—31; «Concrete and Constructional Engineering», L., 1930, v. 25; «Le beton armé», P., 1928—31; «Le constructeur de ciment armé», 1931. **Н. Жуков.**

СБРОС, одна из форм *орогенезиса* (см.), заключающаяся в оседании отдельных участков земной коры по трещинам, образующимся в результате разрыва (дизъюнктивных движений) сплошных слоев земной коры. В зависимости от величины дизъюнктивных напряжений образуется одна или несколько трещин, вертикальных или наклонных, разбивающих данный участок земной коры на отдельные глыбы, перемещающиеся под действием тяжести друг относительно друга на то или иное расстояние (амплитуда сброса). Края оборванных С. слоев называются крыльями С., к-рые в зависимости от направления движения могут быть поднятыми или опущенными. В зависимости от одинакового или различного наклона по сторонам плоскости трещины С. называются согласно или несогласно падающими.

С. бывает простой—по одной сбросовой трещине, ступенчатый—по нескольким более или менее параллельным между собой трещинам, периферический—по круговым трещинам и радиальный,—происшедший по радиальным направлениям. Участки земной коры, разбитые многочисленными трещинами, называются *полями разлома*. В зависимости от соотношения направлений трещин со складчатостью различаются сбросы продольный (трещина параллельна простиранию слоев), диагональный и поперечный (перпендикулярно простиранию). Самый обрыв С. на поверхности земли называется лбом или фасом. Явление С. сопровождается трением оседающих глыб друг о друга по плоскости трещин, благодаря чему плоскости скольжения приобретают полировку (зеркало С.) с бороздами трения. Раздробленный материал из пород крыльев сбросов, скопляющийся вдоль трещин, называется брекчией трения. По образовавшимся (обычно наклонным) трещинам происходит иногда не опускание, а поднятие, в противоположность С., одного участка на другой—это будет уже взброс, что указывает на явления сжатия на данном участке земной коры; если перемещение отдельных участков происходит только в горизонтальной плоскости—сдвиг. В случае, если на поверхности земли сбросовые явления сохранились от разрушения, мы имеем различные формы рельефа: обрыв или ступень в случае простого С.; ступенчатый, или террасовидный склон, при ступенчатом С., к-рый м. б. прямолинейным и периферическим; горст—возвышение уцелевшей от опускания глыбы, заключенной между двумя сбросовыми трещинами, по к-рым произошло опускание соседних участков; грабен, или сбросовый ров,—опустившаяся часть земной коры между двумя участками, сохранившими свое первоначальное положение и следовательно возвышающимися над опустившейся частью. Большинство землетрясений приурочено именно к областям разлома земной коры, в которых периодически происходит опускание отдельных участков, вызывающее самое земетрясение. Кроме того сбросовые трещины являются путями выхода с глубины расплавленных магм, извергающихся в отдельных пунктах (вулканы) или вдоль всей трещины (линейное излияние лав). Глубинные, часто минерализованные, источники выходят на поверхность по сбросовым трещинам и на своем пути отлагают по ним различные руды металлов—жильные месторождения полезных ископаемых. При разведочных работах и эксплоатации (особенно подземной) полезных ископаемых на явления С. следует обращать особое внимание, детально фиксируя на плане направление сбросовых трещин, величину С., так как, руководствуясь только точными знаниями этих данных, возможно построить правильную схему системы подземных разработок, правильный анализ и расшифровку разведочных данных, особенно полученных в результате глубокого бурения.

Лит.: Мушкетов И. В., Физическая геология, 3 изд., т. 1, Л., 1924; Ог Э., Геология, пер. с франц., т. 1, М., 1924; Неймайр М., История земли, пер. с нем., т. 1, СПБ, 1902. **П. Тополыницкий.**

СВАИ, вертикальные (иногда наклонные) стержни, забитые в грунт и служащие для уплотнения грунта под сооружением или для передачи давления от веса сооружения непосредственно на твердый грунт (материк), а также для пресечения притока грунтовых и других вод или сползания грунта к месту, на к-ром возводится сооружение. Для уплотнения грунта С. забиваются частоком, т. е. в шахматном порядке, или рядами на определенном расстоянии друг от друга. Для устройства водонепроницаемых стен и *перемычек* (см.), для поддержания *плывуна* (см.), для образования форм для засыпаемого *грунта* (см.) или *бетона* (см.) располагают С. в виде сплошных плотных рядов или шпунтовых стенок. В отношении материала различают деревянные, бетонные, железобетонные, железные и комбинированные С.

Деревянные С. долговечны лишь в том случае, если они находятся постоянно ниже уровня почвенных вод. На С. идет по преимуществу сосна, отличающаяся прямизной ствола, постепенностью утонения от комля к вершине и долговечностью, уступая однако в последнем отношении дубу и лиственнице; эти две породы дерева кроме того лучше сопротивляются ударам при забивке. Дерево для С. может быть сырое, а при сплошном расположении это даже рекомендуется во избежание разбухания С. на месте. С. забивают ударами бабы при помощи различного типа *копров* (см.). При забивке комлем вниз С. входит в грунт легче благодаря меньшему боковому трению, но зато ее сопротивление давлению меньше; затрата работы при забивке комлем вверх примерно на 15% больше. Когда С. не упираются своими концами в твердый материк, а должны держаться трением в грунте, то их забивают комлем вверх, в особенности если они должны нести на себе значительную нагрузку.

Бревна для С. очищают от коры, выравнивают и заостряют снизу пирамидой или конусом высотою около двух диаметров С. (при несплошной забивке) или в виде клина (при сплошной забивке). Ребро клина срезают под углом 10—30° и дают наклон одной из торцовых граней клина; при забивке С. с одной скошенной гра-

нью у нижнего конца сопротивление грунта дает горизонтальную составляющую силу, которая прижимает С. к забитой ранее, увеличивая тем самым плотность стенки. Острие пирамиды должно точно совпадать с осью С. Острие и ребра слегка притупляют. Четырехгранное заострение надлежит предпочесть всякому другому, т. к. при трехгранном заострении получаются очень острые ребра, а многогранное и конусное труднее сделать и кроме того последнее допускает вращение С. при забивке. На острие С. иногда надевают железный или чугунный башмак; первый представляет собой сплошную пирамиду с приваренными к ней лапами или сваривается из двух накрест положенных полос железа, примерно размерами 50×10 *мм*; при отливке чугунных башмаков закладывают в форму заершенный гвоздь, служащий для скрепления башмака со С. Башмаки приносят пользу лишь при забивке С. в грунт с мелкими камнями и при достаточной прочности башмаков, весящих не менее 4—5 *кг* для железных и ок. 16 *кг* для чугунных. Обыкновенно забивают С. без башмаков, применяя последние лишь тогда, когда опыт покажет, что С. без башмаков сильно мочалятся или колются. Верхний конец, или голова, С. предохраняется от размочаливания и расколки бугелем, представляющим собой сваренное железное кольцо, надетое в горячем состоянии на голову С.; тогда сжатые волокна С. меньше размочаливаются и С. не может колоться. Бугеля изготовляют тем массивнее, чем сильнее удары бабы; для бугелей берут железо 13—50 *мм* толщиной и 25—100 *мм* шириной. Один бугель выдерживает примерно забивку 50 С. Несмотря на сжатие верхнего конца С. бугелем голова С. от ударов бабы несколько измочаливается, причем часть работы удара (до 30% и более) теряется без пользы; чтобы срезать измочалившуюся часть дерева, не переставляя каждый раз бугель, его сразу надевают несколько ниже среза головы С.

При расчете свайных оснований на отдельную сосновую С. диам. 20—36 *см* может быть допущена нагрузка соответственно 10—32,5 *т*.

Железные С., обыкновенно полые (кольцевого сечения), применяются в качестве заменяющих деревянные и бетонные в тех случаях, когда последние не м. б. использованы вследствие наличия бурильного червя, присутствия почвенных к-т, затруднительности получения надлежащего дерева или материалов для бетона и железобетона. Применение железных С. обусловливает необходимость защиты их от ржавчины или применения в таких конструкциях, в к-рых проржавевшая С. может быть во всякое время легко заменена новой. При применении для С. нержавеющей медистой стали этот вопрос отпадает. Железные С. имеют на нижнем конце острие (забивные С.) или винт (винтовые С.). Конструкция винта всецело зависит от свойств грунта, в к-рый С. завинчивается. Винтовые железные С. имеют перед забивными то преимущество, что позволяют без сотрясений быстро вгонять их в грунт и вследствие большего сечения винта допускают большие нагрузки. Винтовые С. применимы лишь в грунтах, в к-рых отсутствуют крупные препятствующие ввинчиванию предметы (камни, пни). Острие и винт делают из стали, стержень же С. может быть железный. Иногда делают винтовые С. с деревянным стержнем, однако это мало целесообразно, т. к. лишь в редких случаях он обладает достаточной сопротивляемостью крутящим усилиям, возникающим при ввинчивании С. в грунт. Сплошные железные стержни плохо сопротивляются продольному изгибу и применимы лишь для небольших нагрузок. Наиболее рациональными поэтому являются трубчатые стержни, обладающие надлежащей сопротивляемостью всяким усилиям и допускающие применение способа разрыхления грунта струей воды. При длинных С. их делают составными по длине, соединяя звенья ввинчиванием друг в друга или при помощи внутренних фланцев; наружные фланцы нецелесообразны, т. к. они затрудняют загонку С. в грунт.

Помимо указанных типов С. применяются также комбинированные сваи, состоящие из деревянной (нижней) и железобетонной (верхней) частей или из деревянных С., защищенных от бурильного червя гончарными трубами. В последнее время деревянные С. защищают от морского шашня железобетонными полыми цилиндрами, которые надевают на С. после их забивки и загоняют несколько в грунт. Франциус рекомендует промежуток между С. и окутывающим ее цилиндром заполнять жидким раствором, чтобы тем самым увеличить сопротивляемость С. продольному изгибу. Железобетонную облицовку деревянной С. можно делать на месте торкретированием.

Иногда возникает необходимость в выдергивании забитой С. Самое трудное в этой работе состоит в нарушении сцепления С. с грунтом; когда С. сдвинута с места, она уже вытаскивается относительно легко. Для захвата цепью пропускают через С. шкворень или применяют для этого клещи, заершенные лапы которых въедаются в С., или наконец вырезают в С. желобок, в к-рый закладывают петлю цепи; в последнем случае сила прилагается не по оси С., чем затрудняется выдергивание. Выдергивание производят при помощи рычагов, домкратов или лебедок. Если С. забита на местности, покрытой водой, то ее можно выдернуть, пользуясь подъемной силой плавучих средств; на море для этой цели можно воспользоваться отливами и приливами.

Лучшее средство для определения временного сопротивления С.—это испытание их нагрузкой, к-рую выдерживают пробные С., забитые в разных местах в грунт перед возведением постройки; однако применение этого способа на практике представляет большие затруднения, вследствие чего им пользуются чрезвычайно редко, отдавая предпочтение теоретич. способам определения этого сопротивления. Определение временного сопротивления С. в однородном грунте сводится к следующему. Сила, с которой С. сопротивляется сжатию, зависит главным образом от размеров С., от свойств грунта и от трения грунта о поверхность С. Сила эта выражается следующей суммой

$$P = D + R, \qquad (1)$$

где D—сопротивление острия С.; R—сопротивление трению. Обозначим через l расстояние от заострения до поверхности земли (при длине s заострения необходимо при определении длины l принять в расчет $\frac{1}{3}s$); F—площадь поперечного сечения С.; U—периметр С.; V—объем находящейся в земле части С.; f—коэф. трения между С. и грунтом, значения которого по

Дерру 0,1 — 0,5 (для расчетов он принимает $f_{max}=0{,}5$); γ—вес единицы объема земли; φ—угол естественного откоса грунта. Тогда сопротивление С. постоянного сечения будет:

$$P=\gamma V\left(\varepsilon+\varepsilon_1 fU\frac{l}{2F}\right), \qquad (2)$$

где $\varepsilon=\mathrm{tg}^2\left(45^\circ+\frac{\varphi}{2}\right)$—мера сопротивления грунта у подошвы С. перпендикулярно конечному сечению С.; $\varepsilon_1=1+\mathrm{tg}^2\varphi$—мера давления грунта нормально к боковой поверхности С. При круглой С. диам. d сопротивление С.:

$$P=\gamma V\left(\varepsilon+2\varepsilon_1 f\frac{l}{d}\right). \qquad (3)$$

При круглой утолщающейся к голове С.:

$$P=\gamma\varepsilon V\left(1+2fl\frac{d_0+2d_u}{d_0^2+d_0d_u+d_u^2}\right), \qquad (4)$$

причем

$$V=\frac{\pi l}{12}(d_0^2+d_0d_u+d_u^2),$$

где d_0 и d_u означают верхний и нижний диаметры С. Для деревянных С. влияние конусности на сопротивление С. не существенно и потому не учитывается. Если верхний конец С. оканчивается у подошвы котлована, то сопротивление С. будет равно

$$P=\gamma V\left[\varepsilon+\varepsilon_1 f\frac{4}{d}\left(t_a+\frac{l}{2}\right)\right], \qquad (5)$$

где t_a—глубина котлована.

Для определения сопротивления С. сжатию при разнородном грунте обозначим толщину отдельных слоев грунта, считая последовательно от поверхности земли, через t_a, t_b, t_c, ..., t_n и соответствующие этим слоям присущие каждому роду грунта характеристики с соответствующими индексами γ_a, ε_a, ε_{1a}, . . . , f_a и т. д.; тогда сопротивление круглой С.:

$$P=\gamma_a\left(\varepsilon_aV_a+\varepsilon_{1a}f_aU\frac{t_a^2}{2}\right)+$$
$$+\gamma_b\left[\varepsilon_bV_b+\varepsilon_{1b}f_bUt_b\left(t_a+\frac{t_b}{2}\right)\right]+\ldots+$$
$$+\gamma_n\left[\varepsilon_nV_n+\varepsilon_{1n}f_nUt_n(t_a+t_b+\ldots+t_{n-1}+\frac{t_n}{2})\right]. \qquad (6)$$

Если верхний конец С. оканчивается у подошвы котлована, то первый член ур-ия (6) приравнивается нулю. При малых углах φ и длинных С. можно в ф-лах (2)—(6) величину φ заменить величиной ε_1, не делая большой ошибки в пределах возможной точности подсчета. В сомнительных случаях для большей надежности пренебрегают первыми членами в указанных уравнениях (величиной D). Временное сопротивление С., работающей на растяжение, может быть определено по формуле:

$$Z=\frac{\pi}{2}\gamma\varepsilon_1 fdl^2, \qquad (7)$$

а для наклонных С.:

$$Z_1=\frac{\pi}{2}\gamma fl^2d\cos\alpha(\varepsilon_1+\zeta\cos\alpha). \qquad (8)$$

Для наклонных стержней, работающих на сжатие:

$$P_1=Z_1+\gamma\varepsilon V\cos\alpha,$$

где α—угол, образуемый осью С. с вертикалью, а ζ—добавочное трение от наклонного положения оси, к-рое м. б. определено практически согласно выводам теории сыпучих тел Энгессера.

Наибольшая длина С. в зависимости от допускаемого для материала С. напряжения на сжатие определится так. Если обозначить через R_d допускаемое напряжение материала С. на сжатие, то можно принять приближенно:

а) при постоянном сечении С.:

$$l'=\sqrt{\frac{2R_dF}{\gamma\varepsilon_1Uf}}; \qquad (9)$$

б) когда верхушка С. находится на глубине t_a от поверхности земли:

$$l'=\left(F+\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon}fUt_a\right)\sqrt{\frac{2R_d}{\gamma\varepsilon_1Uf}}. \qquad (10)$$

Если взять С. длиннее определенного l', то сопротивляемость С. при данном допускаемом напряжении R_d не будет использована полностью или сечение головной части С. будет перенапряжено при полном использовании допускаемого давления на грунт. Глубина забивки С. для долговременных мостов должна быть не менее 4 *м*. Приведенные выше ф-лы общего метода расчета С., выведенные Дерром на основании теории сыпучих тел Энгессера, были проверены на опытах Крапфом и дали хорошие результаты, близко отвечающие действительности.

Число С., поддерживающих сооружение, определится из выражения:

$$N=\frac{G}{Q}=\frac{n\cdot G}{P}, \qquad (11)$$

где N—число С.; G—полный вес сооружения с фундаментом; n—коэф. безопасности; Q—предельная допускаемая безопасная нагрузка на С., равная $\frac{P}{n}$. На практике расчет числа С. под сооружение ведется на *п. м* стены, причем при неравномерной нагрузке число С. определяется отдельно для участков, имеющих разную нагрузку на 1 *п. м*. С. располагаются в несколько (не менее трех) рядов. Расстояние между центрами С. одного ряда обыкновенно берется 1,0—1,5 *м*, а расстояние между рядами 0,8—1,2 *м* ось от оси. Если по расчету получается большее число С., чем их размещается при минимальных указанных размерах, то увеличивают длину забивки С. или их диаметр, подведя тем самым число С. под указанные нормы; в противном случае уменьшают длину С. и их диаметр, увеличивая тем самым число необходимых С. При забивке С. частоком в пять и более рядов работу начинают от среднего ряда и ведут к краям, т. к. иначе вследствие уплотнения грунта средние С. забивались бы крайне трудно. При очень слабом разжиженном водою грунте место под забивку С. окружают шпунтовыми стенками, чтобы тем самым предохранить основание сооружения от размыва и ограничить выпирание грунта в стороны. По окончании забивки С. верхние части их спиливают под один уровень несколько ниже постоянного уровня почвенных вод.

Предлагаемые разными авторами формулы (см. *Бетонные и железные сваи*) не учитывают всех обстоятельств, происходящих при забивке С., т. к. эти обстоятельства различны для разных грунтов и зависят к тому же от способа производства работ. Так, формулы не предусматривают происходящие при забивке С. сотрясения грунта, влияющие существенно на сопротивление от трения; не учитывают также сопротивления от деформаций грунта во время процесса забивки С., зависящих от скорости этого процесса. Кроме того все формулы для динамич. расчета сопротивления С. дают различные результаты. Т. о. когда нужно выяснить точно действительное сопротивление С., то приходится прибегать к способу **пробной нагрузки**. При таких пробных нагрузках в известных границах играет существенную

роль предел пропорциональной нагрузки, под к-рой подразумевают ту нагрузку, при к-рой С. начинает погружаться в грунт быстрее, чем это отвечает повышению нагрузки; наглядно это видно по диаграммам, представляющим зависимость между нагрузкой и величиной осадки С. и дающим резкое падение кривой, перешедшей за предел пропорциональной нагрузки. Ниже этого предела кривую можно приближенно заменить прямою и тогда коэфициент погружаемости С. в пределах этой пропорциональности можно выразить величиной $c = \frac{G}{e}$, где G — приходящаяся на С. нагрузка, а e — соответствующее этой нагрузке погружение С. в грунт. В следующей таблице даны нек-рые коэф-ты погружаемости по Терцаги.

Коэфициенты погружаемости свай (по Терцаги).

Род грунта, в к-рый забиваются С.	Глубина забивки в *м*	Коэф. погружаемости
Осевший насыпной грунт из глины и шлака при конич. заострении С.	3,60	62
Неплотный песок, в нижних слоях смешанный с илом при конич. заострении С.	3,40	166
Мягкая глина с примесью торфа	8,00	25
То же, но острие С. вошло в песок	12,50	83

Систематически разработанных данных о коэфициенте погружаемости не имеется, а потому приведенные данные следует рассматривать как ориентировочные. Определение сопротивления С. по способу пробной нагрузки представляет сложную задачу, требующую особой тщательности выполнения и точного расчета.

Лит.: Брилинг С. Р., Формулы и таблицы для расчета инженерных конструкций, ч. 2, 3 изд., М.—Л., 1931; Дмоховский В. К., Курс оснований и фундаментов, М.—Л., 1927; его же, Основания и фундаменты, М., 1925; Стаценко В., Части зданий, Гражданская архитектура, 8 изд., М.—Л., 1930; Franzius O., Der Grundbau, Berlin, 1927; Krey H., Erddruck, Erdwiderstand u. Tragfähigkeit des Baugrundes, 3 Aufl., B., 1927; Hetzell G. u. Wundram O., Die Grundbautechnik u. ihre maschinellen Hilfsmittel, B., 1929; Bützer, Druck u. Zugversuche an Eisenbetonpfählen, «Der Bauingenieur», B., 1927, p. 835; Colberg, Bestimmung d. Einzelpfahllasten bei einseitiger Belastung d. Grundungsplatte, ibid., B., 1926, H. 1; Häfle, Pfahlgründungen a. d. Isar, an d. Donau, «Zement», Charlottenburg, 1927; Lang, Einiges über Rammungen, «Der Bauing.», B., 1926, H. 30; Niels Bur, Ueber Pfahlrammungen im Tonboden, «Die Bautechnik», B., 1927, p. 253; Kayser, Belastungsversuche f. die Tragfähigkeit von Pfeilerbauten in Sandboden, «Die Bautechnik», B., 1924; Terzaghi K., Erdbaumechanik, Lpz., 1925; Krapf, Formeln u. Versuche über die Tragfähigkeit eingerammter Pfähle, «Fortschritte d. Ing. Wissenschaften», 1906, 2 Gruppe, H. 12, 1906; Kreuter-Krapf, Formeln u. Versuche über die Tragfähigkeit ringerammter Pfähle, Lpz., 1906; Emperger, Tragfähigkeit von Beton-Eisenpfählen, «Ztschr. d. österreich. Ingenieur- u. Architektenvereins», Wien, 1902; Geiss, Tragfähigkeit von Pfählen in nachgiebigem Baugrund, «Zentralblatt d. Bauverwaltung», Berlin, 1904; Stern O., Das Problem d. Pfahlbelastung, B., 1908; Zimmermann M., Die Rammwirkung im Erdreich, B., 1915; Bernhard, Herstellung u. Belastung von gepressten Betonpfählen, «Ztrbl. d. Bauverwaltung», B., 1922; Butzer, Druck- u. Zugversuche an Eisenbetonpfählen f. Hafenkaibauten, «Der Bauingenieur», B., 1924, H. 13; Levy, Formeln u. praktische Ergebnisse bei Pfählungen, «Ztschr. d. österreich. Ingenieur- u. Architektenvereins», W., 1908; Hawel, Straight or Sapered Concrete Piles, «Engineering News», N. Y., 1909; Kafka R., Praktische Anwendung d. Methoden zur Bestimmung d. zulässigen Pfahlbelastung, «Beton u. Eisen», B., 1909; Kafka R., Die Berechnung d. Tragfähigkeit gerammter Pfähle, «Armierter Beton», B., 1910; Kafka R., Die Theorie d. Pfahlgrundung, B., 1912; Kafka R., Formeln u. Versuche über die Tragfähigkeit eingerammter Pfähle, B., 1912; Leske, Der Betonpfahl in Theorie u. Praxis, B., 1916; Handb. f. Eisenbetonbau, hrsg. v. F. Emperger, B. 3, Grund- u. Mauerwerksbau, 3 Aufl., B., 1922; «Engineering News Recorder», N. Y., 1928, *22*.

С. Брилинг.

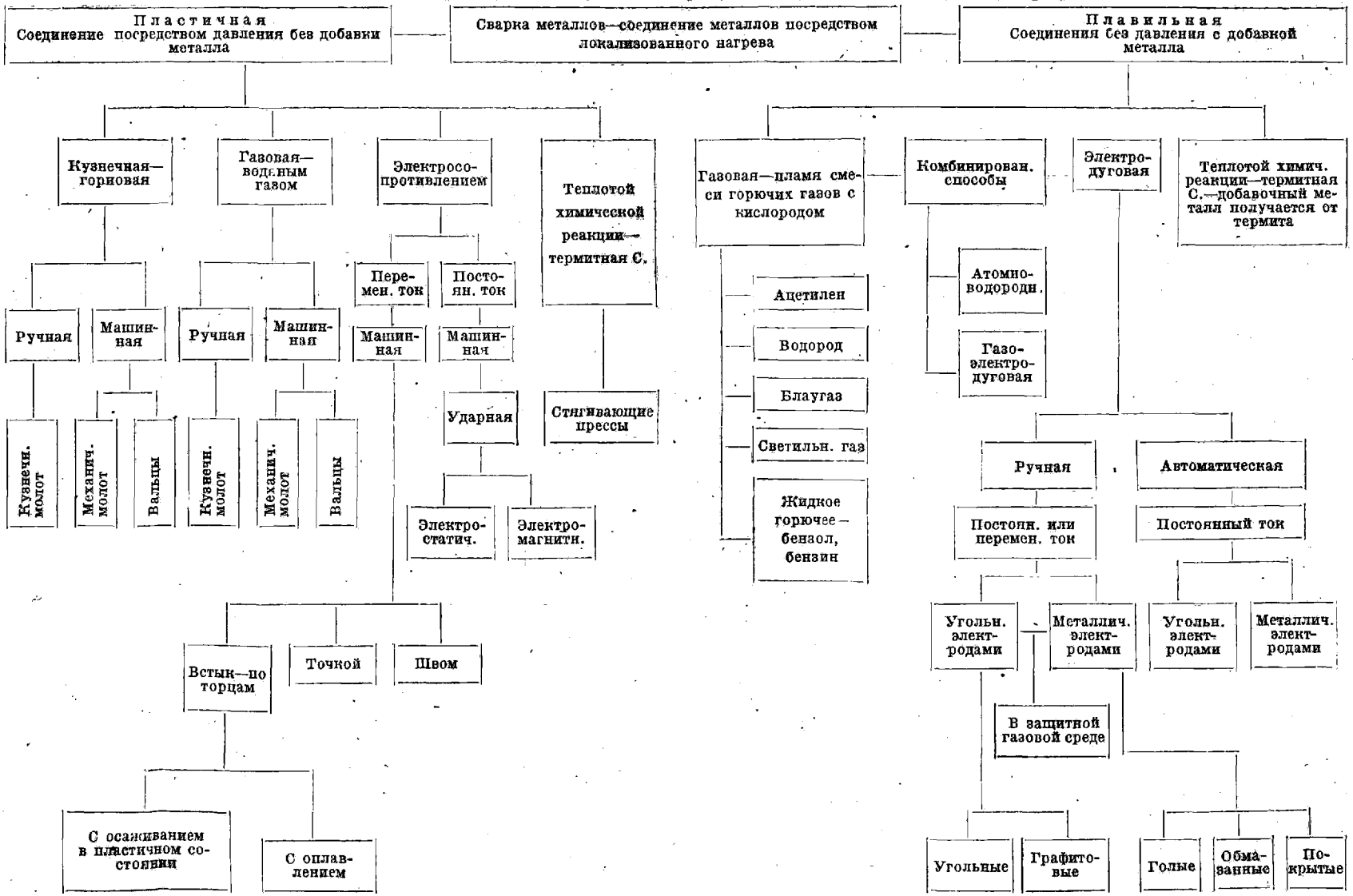
СВАРКА, технологич. процесс соединения металлов посредством локализованного нагрева, выполненного т. о., чтобы место соединения по механич. свойствам и своему составу по возможности мало отличалось от основного металла. При С. металл в месте соединения доводится нагревом до пластичного или расплавленного состояния; этим С. отличается от паяния, при котором нагрев доводится только до $t°_{пл.}$ соединительного припоя.

Общие понятия и терминология. Сварочные процессы делятся на две основные группы: 1) пластичную С. и 2) плавильную С. Пластичная С., т. е. С. в пластичном состоянии, при нагреве до сварочного жара, но ниже $t°_{пл.}$ металла. В этом случае добавки металла не требуется, но для производства С. необходимо приложение внешнего давления. После С. обычно получается сокращение размеров основного металла по длине, ширине или толщине. Температурная зона пластичного состояния большинства металлов лежит приблизительно на 60° ниже $t°_{пл.}$ У небольшого числа металлов (напр. свинец, чугун) эта зона так узка, что пластичная С. исключается и возможна только С. плавлением. У других металлов (медь, латунь, бронза, алюминий) при $t°$, необходимых для нагрева, происходит окисление, поэтому пластичная С. должна производиться очень быстро или с помощью защитных средств. Плавильная С., т. е. С. в расплавленном состоянии, при к-рой необходим добавочный металл, но давления не требуется. В этом случае обычно получается увеличение размеров изделий в месте С. за счет добавленного металла. При плавильной С. металл частично может переходить и через газообразное состояние. Все известные виды С. могут быть отнесены к первой или второй из указанных групп согласно классификации, приведенной на схеме.

В большом числе случаев С. с успехом заменяет прежние способы соединения металлич. изделий посредством фальцования, сбалчивания, клепки или литья; преимущества С. по сравнению с этими способами соединения заключаются: 1) в большей прочности, чем в случае клепки или литья, 2) в экономии металла до 15—30%, 3) в экономии рабочей силы до 40%, 4) в значительном сокращении времени для изготовления изделия. Для получения необходимой для С. $t°$ можно пользоваться различными средствами: пламенем горна, пламенем горючих газов, электрич. током и теплотой химич. реакций.

Виды пластичной С. Кузнечная С., при к-рой для получения сварочной $t°$ можно пользоваться кузнечным горном, отражательной печью или пламенем водяного газа. Кузнечная С. применяется гл. обр. к изделиям из стали (железа), к-рые тем лучше свариваются, чем меньше в стали углерода и других примесей, затем к изделиям из меди и алюминия. Если нагревание материала до сварочного жара происходит на кузнечном огне или в печи, то процесс этот называется горновой сваркой. Для получения хороших результатов С. требуется, чтобы свариваемые предметы были достаточно прогреты по всей их толще и пришли в такое состояние, чтобы можно было добиться должного их соединения под молотом или

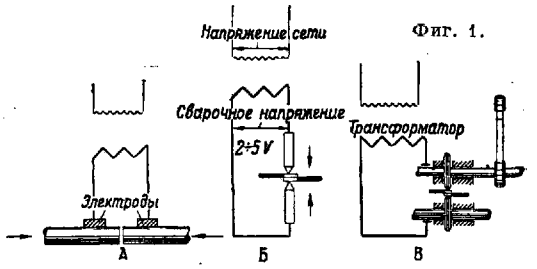
Схема классификации сварочных процессов (пластичная и плавильная сварки).



прессом. Сварочной $t°$ для стали с малым содержанием углерода является $t°$ белого каления, при к-рой железо начинает давать искры, для стали же с более высоким содержанием углерода—$t°$ красного каления. Для выполнения С. требуется затем, чтобы место С. было совершенно чисто. В целях ослабления вредного действия, происходящего при высоких температурах поглощения кислорода, ведущего к образованию окалины—пленки из закиси-окиси железа, место С. посыпают кварцевым песком, к-рый вместе с закисью-окисью железа образует предохранительные шлаки, последние же вследствие их более жидкой консистенции легко выжимаются при соединении свариваемых частей. Самую С. следует производить возможно более быстро, для чего пользуются ручными или механич. молотами и ковочными прессами. Для лучшего прилегания друг к другу свариваемых поверхностей часто в конце одной из свариваемых частей устраивают прорез и в эту щель вгоняют конец другой части, к-рому придают форму клина. При С. труб конец одной из них вставляют в расширенное отверстие другой, а для нажима пользуются калиброванными развальцовками. Аналогичным способом производится и сварка алюминия, причем прибегают и к следующим специальным мероприятиям. Покрывающую поверхность алюминиевых изделий пленку окиси удаляют при помощи шабера, т. к. она мешает получению должного соединения. Кромки спиливают, т. к. острые края ведут к преждевременному разрушению соединения. Т. к. по цвету алюминия нельзя распознать момент достижения сварочного жара (420°), то при С. алюминия применяют пасты, к-рые при этой $t°$ чернеют. Для воспрепятствования отводу тепла применяют специальные подкладки.

Если для нагрева свариваемых предметов пользуются пламенем *водяного газа* (см.), то способ носит название С. в о д я н ы м г а з о м. Смесь водяного газа с воздухом, сжигаемая в специальных горелках, дает острое пламя, имеющее $t°$ 1 800° и действующее восстановительным образом. Нагретые до сварочного жара части свариваются затем при помощи молота или чаще при помощи нажимных роликов; последние при крупных работах (см. *Котлостроение*) приводятся в действие механич. приводом; свариваемые части в этих случаях перемещаются также механич. путем, на тележке или сварных рольгангах. Этим способом можно сваривать как листы толщиной до 80 *мм*, так и—при надлежащей осторожности,—до 4 *мм*. Максимальная производительность получается при С. водяным газом листов 8—12 *мм*.

Э л е к т р и ч е с к а я С. м е т о д о м с о п р о т и в л е н и я основана на явлении нагревания электрич. током проводника. При этом способе свариваемые предметы включаются в электрич. цепь сварочной машины в качестве сопротивлений и по достижении сварочной $t°$ свариваются путем спрессовывания друг с другом. Т. о. электрич. С. методом сопротивления является машинизированным процессом. Электрич. энергия при этом процессе превращается в тепло, гл. обр. в месте контакта свариваемых частей вследствие переходного сопротивления и в меньшей мере по всей массе их, лежащей между электродами, вследствие их сопротивления. Т. к. всегда можно направить ток через свариваемые предметы т. о., чтобы нагревание произошло именно в том месте, где это необходимо для процесса С. без излишней затраты тепла на нагревание соседних частей, то в теплотехническом отношении электрич. С. сопротивлением значительно превосходит горновую. С. сопротивлением имеет несколько разновидностей, а именно: С. в с т ы к (фиг. 1, А), о п л а в л е н и е м, т о ч е ч н а я (фиг. 1, Б) и ш в о м (фиг. 1, В). С. сопротивлением применима к стали с любым содержанием углерода, к меди



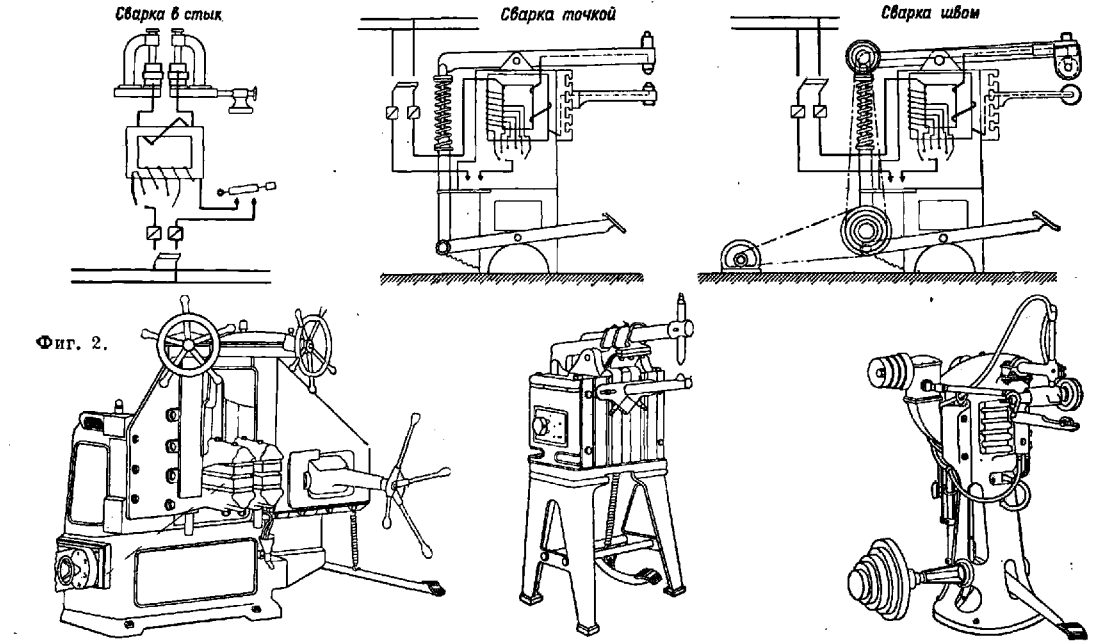
Фиг. 1.

и латуни как для сваривания между собой изделий из одного и того же металла, так и из разных металлов (сталь с медью, медь с латунью и т. д.). Основные способы С. сопротивлением — С. встык и оплавлением — применяются для соединения предметов с круглым, квадратным и фасонным сечениями, а С. точками и швом—для соединения листов.

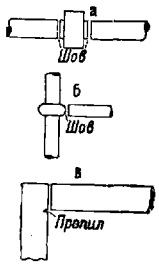
С в а р о ч н ы е м а ш и н ы. Электрическая часть машин для сварки сопротивлением состоит из трансформатора однофазного переменного тока, дающего напряжение 0,5—8 V, затем из медных электродов для подвода тока к свариваемым предметам с необходимым кабелем и из приспособления для регулирования. При наличии сети однофазного тока включение в нее сварочной машины не представляет никаких затруднений. В сеть трехфазного тока машина включается между двумя ее фазами; если таких машин имеется несколько штук, необходимо включить их в сеть т. о., чтобы все три ее фазы были нагружены по возможности равномерно. Для нагревания предметов до сварочной $t°$ требуются токи чрезвычайной силы: для предметов крупного сечения—до 80 000 А и выше. Регулировка производится в первичной цепи путем включения и выключения сопротивлений, позволяющих снижать силу тока в случае надобности до $^1/_{10}$ его максимальной величины. Механическая часть сварочных машин состоит из зажимных захватов для свариваемых предметов и из приспособления для их прижатия друг к другу или спрессовывания. В качестве таковых применяют электроды, вид которых выбирается в зависимости от характера процесса С., а именно для С. встык и оплавлением применяют электроды в виде зажимных щек, причем их приспосабливают к форме свариваемых изделий; для С. точками применяют электроды в виде стержней, а для С. швом—роликовые электроды. Схемы и внешний вид сварочных машин всех трех типов изображены на фиг. 2.

П р о ц е с с в ы п о л н е н и я С. Для С. встык свариваемые предметы совершенно очищают от ржавчины и окалины и хорошо припасовывают друг к другу. Они должны иметь по возможности одинаковые сечения; в случае, если потребуется соединить два предмета с разными сечениями, необходимо, как указано на фиг. 3,а, в предмете с большим сечением сделать уступ; при соединениях под углом (фиг. 3,б) один из стержней несколько осаживают, а дру-

гой—поперечный—приваривают к нему в осаженном месте либо, как указано на фиг. 3,в, ограничивают площадь, на к-рой сосредоточивается сварочный жар, при помощи небольших пропилов. Подготовленные т. о. изделия зажимают между четырьмя щеками, из к-рых две нижние или расположенные по диагонали служат электродами. Затем путем передвижения щек в горизонтальном направлении свариваемые предметы прижимают друг к другу и включают ток. Так как предметы вначале соприкасаются друг с другом только в отдельных точках, то в виду значительного сопротивления место контакта свариваемых частей очень быстро нагревается. При дальнейшем прижимании стыковых поверхностей друг к другу количество контактных точек постепенно возрастает, и в результате ток нагревает б. или м. равномерно все поперечное сечение шва до той максимальной $t°$, к-рая требуется для С. По достижении сварочного жара ток выключают и свариваемые предметы с силой прижимают друг к другу, вследствие чего вокруг шва образуется утолщение, которое в случае надобности удаляют путем соответствующей обработки. При С. сопротивлением прогревание свариваемых предметов идет изнутри наружу, что гарантирует выполнение С. при надлежащей сварочной $t°$ во всех частях шва. Достигаемые при этом высокие качества сварочного шва еще более повышаются благодаря тому, что в данном случае воздух не может оказать какого-либо влияния на раскаленное сечение шва. Длина, на которой предметы зажимаются в щеках, зависит от рода свариваемых материалов и их поперечных сечений. Так, при С. стали со сталью со средним содержанием углерода эту длину следует брать равной 1,4 d; при С. обыкновенной стали с малым содержанием углерода с твердой сталью—d и 1,5 d; при С. меди с медью—4 d, латуни с латунью—3 d; при сварке стали с медью—0,7 d и 1,8 d.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

Для С. оплавлением применяют те же машины, что и для С. встык, но процесс самой С. носит совершенно иной характер. Свариваемые предметы так же, как и при С. сопротивлением встык, но без предварительной подготовки, зажимают между щеками, затем стыковые поверхности приводят в возможно более тесное соприкосновение, после чего включают ток. Самое характерное и существенное отличие процесса С. оплавлением от С. встык заключается в том, что контакт между стыковыми поверхностями прерывается повторным возвратно-поступательным перемещением зажимных щек, в связи с чем образуются непостоянные вольтовые дуги при сильном искрообразовании. При этом стыковые поверхности, даже в предметах с самыми сложными сечениями, в несколько секунд равномерно нагреваются во всех своих точках до $t°_{пл.}$. В связи с природой возникающих таким путем вольтовых дуг находится то обстоятельство, что одновременно с их появлением оплавляются все неровности на стыковых поверхностях, и последние становятся совершенно параллельными. В тот момент, когда вольтовы дуги при раздвижении зажимных щек больше уже не обрываются и продолжают гореть, свариваемые предметы, при одновременном с этим выключении тока, под ударом прижимаются друг к другу. При этом получается безукоризненная С., так как благодаря нагреву до $t°_{пл.}$ выжимаются наружу все частицы шлака. При С. оплавлением наружный гребень окалины в виде грата, легко удаляемый ударами молотка, является внешним признаком законченной сварки.

Точечная С. применяется для С. листов с общей толщиной до 20 *мм*. Листы перед С. должны быть очищены, т. к. окалина и грязь мешают С. Листы, уложенные друг на друга внахлестку, зажимаются между стержневыми электродами, из которых один закреплен неподвижно, а другой перемещается при помощи педали; С. ведут точка за точкой, нажимая по

с успехом применять для С. листов тонких и | тактная система с периодич. автоматич.

Табл. 4.—Характеристика сварочных горелок ВАТ.

№ наконечника	Толщина сварив. железных листов, мм	Часовой расход газов, л		Продолжит. сварки 1 м шва, мин.	Расход газов на 1 м шва, л		Давление кислорода по редуктору, atm
		Ацетилен	Кислород		Ацетилен	Кислород	
	Горелка типа «Рагаз»						
1	1—2	150	165	10	25	28	2
2	2—4	300	330	12	60	66	2,5
3	4—6	500	550	15	125	138	3
4	6—9	750	850	20	250	283	3
5	9—14	1 200	1 350	30	600	675	3
6	14—20	1 700	1 900	45	1 280	1 420	3,5
7	20—30	2 500	2 750	60	2 500	2 750	4
	Горелка типа «Универсаль»						
1	0,5—1	75	85	8	10	11	1,5
2	1—2	125	140	10	21	23	2
3	2—4	300	335	12	60	67	2,5
4	4—6	500	560	15	125	140	3
5	6—10	750	950	20	250	317	3
6	10—15	1 200	1 350	30	600	675	3
7	15—20	2 000	2 250	45	1 500	1 690	3,5
8	20—30	2 500	2 750	60	2 500	2 750	

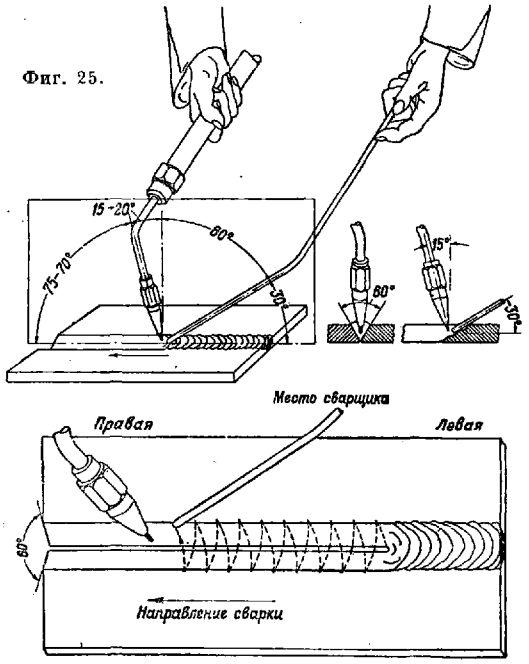
вентиля баллона практикуется предварительное легкое нажатие (ввертывание вправо) регулирующего винта, для того чтобы этим немного открыть редуцирующий клапан и дать газу выход через редуктор без чрезмерного сжатия в канале. Только после этого вывертывают, как было ранее указано, регулирующий винт для проверки исправности клапана. Вслед за этим, при еще закрытом запорном вентиле, на редукторе устанавливают необходимое рабочее давление посредством соответствующего ввертывания регулирующего винта вправо. Если редукционный вентиль в исправности, то давление в камере редуктора не должно подниматься выше установленного, т. е. стрелка манометра низкого давления должна занимать неизменное положение. Затем присоединяют к кислородному редукционному вентилю горелку посредством соответствующего шланга, открывают сначала запорный вентиль на редукторе, затем кислородный вентиль или кран или же общий для кислорода и ацетилена кран горелки; при этом на ниппеле, служащем для присоединения ацетиленового шланга к горелке, *должен явно чувствоваться присос воздуха* (ацетиленовый кран на горелке должен быть открыт). Если же, наоборот, из этого ниппеля выходит кислород, то горелка засорена или в наконечнике, или в смесительной камере, или же в каналах для ацетилена до инжектора; наконец возможно, что весь наконечник недостаточно плотно привернут, вследствие чего инжектор неплотно прижат к остальной части горелки. Такого рода проверка горелки до присоединения ее к источникам ацетилена (водяным предохранительным затворам) или к редуктору ацетиленового баллона является строгой необходимостью, потому что при неисправности ее в шланг и газопровод для ацетилена неизбежно будет проникать кислород, образуя с ацетиленом взрывчатую смесь, которая при зажигании горелки вызовет обратные удары и даже взрыв. Понятно, что перед присоединением вполне проверенной и исправной горелки посредством ацетиленового шланга к водяному затвору или ацетиленовому редуктору и тот и другой д. б. проверены на полную исправность. Первый проверяют на нормальный уровень воды в нем до контрольного крана (при закрытом кране на газопроводной трубе и при открытом кране для выхода газа из затвора). Ацетиленовый редуктор проверяют так же, как было указано в отношении кислородного редуктора. После указанной проверки аппаратуры для ацетилена открывают газовыпускной кран на водяном затворе или запорный вентиль на ацетиленовом редукторе; открывают кислородный вентиль на горелке, вслед за тем вентиль для ацетилена на горелке и только после этого зажигают вытекающую смесь и устанавливают окончательное рабочее давление на редукторах, регулируя при этом кранами горелки правильное пламя. При горелках низкого давления последовательное открывание сначала кислородного и потом ацетиленового крана или вентиля является строгой необходимостью перед зажиганием, чтобы кислород смог до зажигания не только присосать достаточное количество ацетилена, но и придать смеси кислорода с ацетиленом скорость, превышающую скорость воспламенения этой смеси, иначе пламя ударит обратно в горелку. Для пуска горелки высокого давления (исключительно при пользовании растворенным ацетиленом) лучше всего придерживаться этих же правил. Во всяком случае этими горелками безусловно нельзя пользоваться для генераторного ацетилена низкого или среднего давления, иначе обратные удары будут неизбежны, не говоря уже, что при таком ацетилене горелка вообще не в состоянии правильно работать. По окончании работы сперва надо совершенно закрыть ацетиленовый кран, затем кислородный кран и наконец редукционный клапан. При длительных перерывах в работе необходимо закрыть клапан кислородного баллона, чтобы не оставлять редуктор под давлением.

Производство С. Подготовительные работы к С. Для выполнения С. в общем требуется соответствующая подготовка свариваемых предметов и выбор правильной конструкции сварочного шва, отвечающей ожидаемому напряжению. Обязательна также металлически чистая поверхность в месте С. Следует различать: 1) соединительную С. встык, когда поверхности свариваемых предметов в месте С. расположены в одной плоскости или с небольшим уклоном друг к другу; 2) соединительную С. галтельным швом, когда свариваемые предметы расположены друг к другу под сравнительно большим углом или же д. б. соединены внахлестку или при помощи накладок; 3) С. наплавкой, когда требуется восстановить изношенные части до первоначальных размеров. Для выполнения сварки встык или соединительной сварки требуется подготовить шов соответствующей формы. Для С. встык металлов толщиной в 2—3 *мм* можно обойтись без разделки кромок и удовольствоваться расположением листов на расстоянии 0,5—1 *мм* друг от друга (фиг. 23, А). При С. еще более тонких листов в них отгибаются кромки (фиг. 23, Б), к-рые и служат необходимым при С. присадоч-

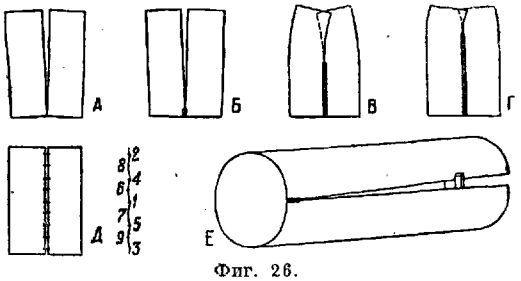
ным материалом. Для С. листов толщиной от | чешуйчатая поверхность шва. Для избежания

пламени подвергаются и несваренные еще части поверхности листов, то бо́льшая часть теплоты пламени расходуется без всякой пользы для целей сварки и вместе с тем соседние со швом части нагреваются настолько сильно, что неизбежно возникновение в листах термич. напряжений и их коробление. Вследствие этого

Фиг. 25.



перешли к С. в обратном направлении, при к-рой шов ведется навстречу пламени горелки, т. е. слева направо (фиг. 25). Такой способ С. называют п р а в о й С., или о б р а т н о й С., в отличие от первого, носящего название л е в о й, или п о с т у п а т е л ь н о й С. Для противодействия короблению, возникающему при поступательной С., необходимо до начала С. укладывать свариваемые листы т. о., чтобы обеспечить возможность свободного стягивания. Для этого расстояние между листами на левой стороне берется бо́льшим, чем на правой (фиг. 26, А); на фиг. 26, Б, В и Г показаны последовательные положения листов по мере продвижения С., на фиг. 26, Д показан способ и обозначена цифрами последовательность соединения двух подлежащих С. листов перемычками, а на фиг. 26, Е—подготовленный к С. цилиндр. Угол скоса кромок листов при этом способе С. берут равным 90° (фиг. 24, где показано также правильное положение горелки и присадочного прутка). Для заполнения шва доверху необходимо большое количество присадочного материала, и его расплавление требует значительного количества тепла; к этому присоединяется тепло, идущее на оплавление сравнительно далеко находящихся друг от друга кромок листов. Т. о. при поступательной С. имеется избыток тепла, что дает возможность прерывать процесс С. для проковки шва молотом; хотя после этого приходится затрачивать тепло для расплавления вновь того места, где С. была приостановлена, но благодаря проковке можно добиться улучшения качества шва. На этом же основании с помощью поступательного метода можно с успехом выполнять многослойные С. Благодаря иному рабочему положению горелки при обратной С. оказалось возможным ослабить влияние возникающих при С. напряжений, так как при этом тепло не затрачивается на несваренный еще материал. При обратной сварке работают горелкой, держа ее почти в перпендикулярном положении, в целях более интенсивного использования действия пламени и вместе с тем в целях ограничения площади его действия. Практика этого нововведения выяснила, что по причине возможности образования дыр новый метод применим для листов не ниже определенной толщины. Угол скоса кромок был уменьшен до 60—70°, в связи с чем понизился расход присадочного материала, а следовательно и необходимого для его расплавления тепла. Особенно благоприятным обстоятельством оказалось в данном случае то, что горелку можно было держать в спокойном состоянии, т. к. пламя расплавляло одновременно кромки обоих свариваемых листов. Однако при С. более толстых листов нельзя полностью избежать перемещений горелки, т. к. в этом случае кромки сравнительно далеко отстоят друг от друга. Маятниковые движения при обратной С. сообщаются присадочному стержню для предохранения его при расплавлении от перегрева (фиг. 25). В общем при обратной С. возможна значительная экономия во времени, газе и присадочном материале; одновременно с этим ослабляется и влияние нагрева. Так как величина термических напряжений помимо рода источника тепла в значительной мере зависит также и от длины шва, толщины свариваемого материала, быстроты процесса С., искусства сварщика и состава основного материала, то не представляется возможным дать точные указания относительно выбора расстояния между кромками свариваемых листов. На основании же практики можно сказать, что обратную сварку при безукоризненном проведении процесса можно с успехом применить для соединения параллельно уложенных горизонтальных стальных листов толщиной в 5—16 *мм* с получением при этом швов повышенного качества. Чтобы действие тепла проявлялось в возможно меньших размерах, необходимо при применении обратной С. избегать многослойных швов и перерывов в работе для проковки. С другой стороны, пламя, направленное на уже сваренный шов, производит отжиг, улучшающий результаты С. При



Фиг. 26.

С. вертикальных швов обратная С., производимая сверху вниз, связана с затруднениями. Необходимо при этом держать горелку т. о., чтобы присадочный материал под влиянием пламени выдувался кверху. При поступательной С. процесс ведется, наоборот, снизу вверх, и присадочный материал накладывается на валик.

С. с т а л и. Предназначаемая для С. сталь должна содержать возможно мало серы и фос-

и хлористых соединений. Для С. алюминия особенно пригодно газовое пламя. Затруднение при сварке алюминия заключается в том, что он при нагреве становится жидким внезапно, в связи с чем трудно уловить точку собственно плавления. Требуется поэтому производить С. с подкладками под свариваемые предметы. Алюминий несмотря на низкую $t°_{пл.}$ медленно плавится и затвердевает. Для С. алюминия следует применять горелки, соответствующие стальным изделиям вдвое меньшей толщины. Для избежания перегрева необходимо работать умеренным пламенем. Не следует при С. алюминия забывать о должной очистке поверхности свариваемых изделий. В качестве присадочного материала применяется по возможности чистая алюминиевая проволока; состав флюсов для газовой С. алюминия дан в табл. 6.

Табл. 6.—Состав флюсов для газовой С. алюминия (в %).

№ флюса	KCl	NaCl	LiCl	NaF	KF	*1	*2	*3
1	45	30	15	—	7	—	3	—
2	62,7	12,5	20,8	—	—	4	—	—
3	33,4	—	33,3	33,3	—	—	—	—
4	79	16	—	—	—	—	—	5
5	83	17	—	—	—	—	—	—

*1 $KHSO_4$. *2 $NaHSO_4$. *3 K_2SO_4.

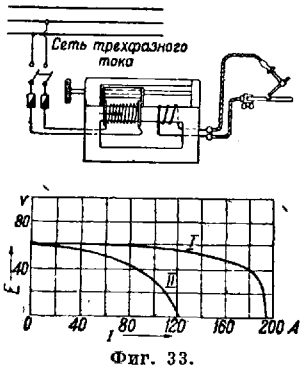
Для улучшения качества шва служат проковка его при охлаждении и последующий отжиг. Особенно затруднительна С. алюминиевых отливок. Во избежание напряжений их следует сваривать в горячем состоянии. Подогрев до 350° производится в специальной печи или в горне на древесном угле. К алюминию применимы также кузнечная сварка и электросварка по методу сопротивления. Образующуюся при этом на поверхности пленку глинозема следует удалить механич. путем. Сваривать можно также и сплавы алюминия, в особенности дуралюмин и силумин. Силумин отличается тем преимуществом, что он жидкоплавок. Сплавы алюминия, получившие благодаря специальным облагораживающим процессам повышенные механические свойства, в области сварного шва теряют свои высокие качества, но т. к. их крепость и после С. все же больше, чем у чистого алюминия, то можно с успехом сваривать изделия и из таких сплавов.

С. прочих металлов. Никель и его сплавы можно сваривать как способом кузнечной С., так и методами плавления. При С. плавлением следует иметь в виду, что нагретый никель очень склонен к поглощению газов. Примеси (углерод, сера, железо, кобальт, марганец и кремний) оказывают при С. вредное влияние, если только не принять предохранительных мер в виде соответствующих сварочных порошков. Для С. нейзильбера имеют силу все те указания, которые приведены выше в отношении латуни. Процесс С. должен быть проведен возможно быстро для удержания испарения цинка в умеренных пределах. Для противодействия окислению прибавляется алюминий или магний. Отжиг и проковку следует проводить при 700°. Монель-металл, являющийся природным сплавом никеля, также поддается газовой сварке. При сварке монеля необходимо учитывать склонности его к поглощению кислорода и углерода и связанную с этим возможность появления ломкости, поэтому при газовой С. следует избегать избытка кислорода. Для раскисления рекомендуется в качестве пасты раствор борной к-ты в спирте. С. свинца, цинка и олова не отличается по существу от обычных способов паяния (*см. Припои и паяние*). С затруднениями связана часто С. сплава магния—«электрона», к-рый в нагретом состоянии еще чувствительнее в отношении химич. реактивов и атмосферных влияний, нежели алюминий. Для удаления появляющейся на нем во время С. пленки окиси неизбежно применение флюсующих веществ. В качестве присадочного материала следует применять стержень из того же материала.

Электродуговая С. При дуговой С. используется тепло вольтовой дуги, получаемой между углем и углем, между углем и металлом или между металлом и металлом. Обычно для С. применяют металлич. дугу, причем работают как постоянным, так и переменным током. Темп-ра вольтовой дуги 3 000—3 800°; вольтова дуга постоянного тока развивает максимум тепла у положительного электрода, тогда как у отрицательного электрода на ~400° ниже, благодаря этому С. постоянным током обладает тем преимуществом, что к положительному полюсу можно присоединять более тугоплавкий из свариваемых предметов, например при С. предметов из стали с низким содержанием углерода более толстый предмет соединяют с положительным полюсом; при сварке стали с большим содержанием углерода, наоборот, соединяют с положительным полюсом присадочный стержень. Наибольшее сопротивление имеет место в момент зажигания дуги при пуске тока; напряжение зажигания для металлической дуги составляет ок. 65 V. Однако при самой С. напряжение снижается, и в зависимости от толщины электрода его целесообразно поддерживать в пределах 15—24 V. Для употребляемых в большинстве случаев электродов толщиной в 4 *мм* наиболее подходящим согласно данным практики является напряжение в 18 V. Так. обр. вольтова дуга имеет падающую характеристику, зависящую от длины дуги. Переход металла в вольтовой дуге происходит следующим путем: жидкий металл стремится всегда от тонкого электрода (присадочного прутка) к более массивному свариваемому предмету. Полагают, что металл притягивается последним вследствие перевеса в поверхностном напряжении. Магнитные силы при этом не могут иметь никакого влияния, так как раскаленное железо не обладает магнитными свойствами; равным образом не влияет на переход материала и сила тяжести, в противном случае не представилось бы возможным производить потолочную С. Переход присадочного материала совершается большими или малыми каплями, что точно установлено новейшими изысканиями. Впервые это было выявлено из диаграммы силы тока и напряжения процесса С., полученных при помощи осциллографа (фиг. 27). При этом было установлено, что сначала напряжение и сила тока немного колеблются, оставаясь в общем постоянными, что следует объяснить клокотанием капли на электроде, но затем напряжение внезапно падает, причем связанное с этим короткое замыкание свидетельствует о происшедшем в этот момент соединении между электродом и свариваемым предметом через посредство перенесенной капли. Эти выводы были подтверждены

между напряжением и силой тока и временем и поведением машины при быстро возрастающей нагрузке. Подобного рода осциллограмма показана на фиг. 32, где ясно видно, как медленно (t_1) восстанавливается напряжение после короткого замыкания в машине с собственным возбуждением (фиг. 32,А) и насколько быстро (t_2) это происходит в машине с независимым возбуждением (фиг. 32,Б).

Сварочные трансформаторы. Обыкновенные трансформаторы переменного тока м. б. приспособлены для выполнения сварочных работ лишь при помощи особых мероприятий, направленных к получению падающей характеристики их работы. Для этого пользуются явлением магнитного рассеивания. Чем больше рассеивание трансформатора, тем больше падение напряжения и тем пригоднее трансформатор для С. Регулировку силы тока можно при этом производить путем включения и выключения вторичных или первичных обмоток. Схема трансформатора, в к-ром использовано магнитное рассеивание, показана на фиг. 33. Первичную катушку можно перемещать относительно вторичной катушки при помощи ручного маховичка. Чем больше катушки сближаются, тем меньше делается рассеивание. Помещенная под схемой характеристика для двух конечных положений первичной катушки свидетельствует об удовлетворительной работе трансформатора. Кривая *I* дает характеристику при минимальном рассеивании, кривая *II* — при максимальном рассеивании. Производились попытки строить сварочные трансформаторы и трехфазного тока для равномерной нагрузки всех трех фаз сети, но пока еще они не дали удовлетворительных результатов. Что касается механич. свойств сварочных машин, то к ним следует предъявлять такие же требования, как и к нормальным генераторам и трансформаторам. Самыми употребительными являются передвижные машины, к-рые можно доставить ко всяким свариваемым предметам. Для сварочных мастерских предпочитают более сильные стационарные машины. Расходы по устройству стационарной установки постоянного тока можно уменьшить путем установки одного сильного мотора для нескольких генераторов, но получаемые при этом выгоды все же не очень велики, и в то же время приходится считаться с возможностью повреждения мотора и со связанной с этим остановкой целого ряда сварочных постов. В СССР завод «Электрик» изготовляет сварочные генераторы постоянного тока типов СМГ-1 и СМГ-2, построенные по системе сварочной машины Америк. всеобщей электрич. компании (G. E. C.) с самовозбуждением. Машины СМГ-1 и СМГ-2 имеют 4 полюса с расположением одноименных полюсов рядом. Главные щетки расположены в нейтральной зоне между противоположными полюсами. При работе машины реакция якоря ослабляет магнитный поток одной пары полюсов и в незначительной мере увеличивает поток другой пары (т. к. полюсы



Фиг. 33.

этой пары насыщены), что обеспечивает падающую характеристику машины. Перемещение щеток по направлению вращения якоря уменьшает рабочий ток в машине, обратное перемещение увеличивает ток, что используется при регулировке машины для получения меньшей или большей силы тока. Катушки возбуждения машины получают ток с участка якорной обмотки, находящегося под насыщенным полюсом, посредством одной из главных щеток и одной добавочной щетки, расположенной между одноименными полюсами, так как на этой части обмотки якоря эдс почти не меняется при изменении нагрузки машины. Характеристика генераторов СМГ-1 и СМГ-2 дана в табл. 7.

Табл. 7.—Характеристики сварочных генераторов завода «Электрик».

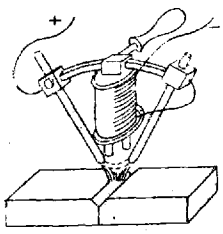
Характеристики	Тип генератора	
	СМГ-1, холодная С. *1	СМГ-2, мелкая горячая С. *2
Рабочая сила тока, А		
продолжит. нагрузка	150	200
часовая нагрузка	200	300
Рабочее напряжение, V	25	40
Число об/мин.	1 450	1 430

*1 Сварка металлическим электродом диам. до 6 *мм*.
*2 Сварка чугунными электродами диам. до 8 *мм* и угольными диам. до 12 *мм*.

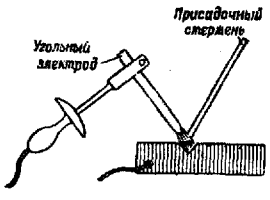
Для получения больших сил токов з-д «Электрик» изготовляет сварочный генератор типа СМК-3 по схеме Кремера. В этом случае падающая характеристика обеспечивается взаимодействием трех обмоток: шунтовой, независимого возбуждения и противокомпаундной, противодействующей двум первым. Обмотка независимого возбуждения питается от сети постоянного тока напряжением 110 или 220 V, а при неимении таковой—от отдельного возбудителя. Генератор СМК-3 рассчитан на продолжительную нагрузку 460 А при 50 V и на часовую нагрузку 600 А, число об/м. равно 1450; генератор может применяться как для холодной, так и для горячей С. железными и чугунными электродами ⌀ до 15 *мм* и графитовыми ⌀ до 30 *мм*, а также для дуговой резки. Для получения силы тока больше 600 А нужно включить генератор СМК-3 на параллельную работу с подобными генераторами. Для обращения генератора СМК-3 в многопостную машину (постоянного напряжения 65—85 V) необходимо выключить противокомпаундную обмотку; в этом случае работа производится через реостаты. Для сварки дугой переменного тока завод изготовляет переносные однофазные трансформаторы типа СТ-2 на силу сварочного тока 70—300 А. Трансформаторы строятся для непосредственного присоединения к сети однофазного или трехфазного тока напряжением 120/220—380/500 V. Во вторичную цепь трансформатора включается отдельный индукционный регулятор с подвижным железным сердечником для плавного регулирования силы сварочного тока. Трансформатор и регулятор приспособлены для передвижения и переноски. Вес трансформатора ок. 100 *кг*, регулятора—около 80 *кг*. Напряжение холостого хода м. б. установлено 55 или 65 V; первое применяется при нормальной работе, второе—при затрудненных условиях работы (колебание напряжения в первичной цепи, удаленность места С. от трансформатора, не вполне опытный сварщик).

К принадлежностям сварочной установки относятся измерительные инструменты, провода и кабели, электрододержатели и защитные приспособления. В качестве измерительных инструментов служат обычно вольтметры и амперметры; в большинстве случаев их пристраивают непосредственно к машинам. Электрододержатели, служащие для закрепления электрода, должны быть легки и удобны в обращении. Их конструкция должна допускать простую и быструю смену электродов. Все токоподводящие части д. б. хорошо изолированы, чтобы не причинить сварщику какого-либо вреда; поэтому соединения с токоподводящим кабелем во всех электрододержателях помещаются внутри деревянной рукоятки. Для подводки тока от машины как к свариваемым изделиям, так и к электрододержателю пользуются гибкими кабелями, не препятствующими движениям электрододержателя. При расчете поперечного сечения кабеля надо иметь в виду, что при С. максимальная сила тока имеется лишь короткие промежутки времени, поэтому можно брать для него нагрузку на 25% больше, чем это принято в нормальных установках. (О защитных приспособлениях см. ниже «Техника безопасности».)

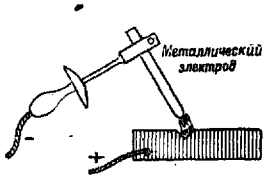
Способы С. вольтовой дугой. В зависимости от способа получения вольтовой дуги (между углем и углем, или углем и металлом, или же металлом и металлом) существуют три разных способа С., предложенных еще 40 лет тому назад Черенером и двумя русскими инженерами—Бенардосом и Славяновым. Черенер получает дугу между двумя угольными электродами, закрепленными наклонно друг к другу (см. фиг. 34). При помощи электромагнита дуга отклоняется на свариваемый предмет. Способ Черенера пригоден только для паяния и для сварки тонких труб, латунных коробок и т. п. По способу Бенардоса дуга образуется между угольным электродом и свариваемым предметом, причем в случае надобности применяется и присадочный материал в виде стержня, расплавляемого в вольтовой дуге (фиг. 35). Этот способ также применяется большей частью только для С. тонких листов



Фиг. 34.



Фиг. 35.



Фиг. 36.

и изделий из бронзы. Славянов получает дугу непосредственно между свариваемым предметом и металлическим электродом, к-рый вместе с тем служит и присадочным материалом (фиг. 36); этот способ стал общеупотребительным. Дуговая С. применяется главным образом для С. стали и чугуна и в незначительных размерах еще и для С. красного литья. Для меди и легких металлов этот способ С. невыгоден

Электроды для дуговой электросварки применяют угольные (или графитовые) и металлические. Угольные электроды изготовляют из ретортного или нефтяного кокса; полуграфитовые — из смеси ретортного или нефтяного кокса с натуральным или искусственным графитом; графитовые—из натурального или искусственного графита. Угольные электроды изготовляют в СССР диам. 6—40 *мм* и применяют для С. в виде стержней длиной ок. 300 *мм*. Характеристика электродов завода «Электроугли» приводится в табл. 8.

Табл. 8.—Характеристика угольных электродов завода «Электроугли».

Тип электрода	Диам., *мм*	Уд. сопротивление, Ω	Допустимая сила тока, А	Допустимое напряжение, V
Угольные*1	6—15	55—35	50—300	10—45
Полуграфитовые*2 . .	10—40	35—24	460—800	45—65
Графитовые	16—30	20—12	460—800	45—65

*1 Для холодной С. с местным нагревом. *2 Для горячей С.

Для угольных электродов наиболее подходящим является постоянный ток, как дающий более спокойную дугу, более легкое зажигание и меньшее сгорание электрода сравнительно с переменным током. Металлич. электроды применяются в виде стержней обычно круглого сечения двух типов: голые и покрытые. Взгляды на выгоды обоих видов электродов в разных странах различны: в Америке и в Германии отдают предпочтение голым электродам, в Швейцарии же и Англии применяют почти исключительно покрытые электроды. Оба сорта электродов имеют свои достоинства и недостатки. Преимущества голых электродов заключаются в их низкой цене и незначительном шлакообразовании. Голые электроды для С. углеродистой стали изготовляются в виде проволоки из стали мартеновской, тигельной или электростали, к-рая доставляется на место потребления или в виде кругов (бухт) или в виде отдельных стержней длиной 300—450 *мм*. Наиболее часто применяемые диам.—2, 3, 4, 5, 7 *мм*. Химич. составы электродов из простой углеродистой стали различных марок, изготовляемых и применяемых в СССР, установлены ОСТ 2407 (см. табл. 9).

Табл. 9.—Состав (в %) стальных электродов (ОСТ 2407).

Марка электрода	C	Mn ≤	Si ≤	P ≤	S ≤
I*1	0,06—0,10	0,15—0,35	0,08	0,04	0,04
II*1	0,13—0,22	0,40—0,60	0,08	0,04	0,04
III*1	0,23—0,35	0,40—0,60	0,30	0,04	0,04
IV*2	0,60—0,75	0,50—0,80	0,30	0,04	0,04

*1 Преимущественно для соединительной сварки. *2 Для наплавочных работ.

Проволока д. б. калиброванной, а поверхность ее—гладкой и свободной от окалин, ржавчины, грязи и масла. По структуре металл проволоки д. б. однородным по всей длине, плотным, без всяких трещин, пустот, пленки, посторонних включений и пр. При испытании на С. в нормальных условиях постоянным током электроды должны равномерно плавиться без разбры-

Табл. 11.—Сравнительные данные ручной и автоматной дуговой С.

Диам. электрода, *мм*	Нормальная ручная сварка			Автоматная сварка					
				при нормальной силе тока			при повышенной силе тока		
	*1	*2	*3	*1	*2	*3	*1	*2	*3
1,5	42	25	0,44	42	25	0,35	60— 90	41	0,45—0,7
2	62	20	0,31	62	20	0,45	90—120	30	0,75—0,9
3	90—100	14	0,47	90—100	14	0,70	120—200	28	1,1 —2,0
4	150	12	0,65	150	12	1,00	250	20	2 —2,5
5	200	10	1,00	200	10	1,35	360	15	2,7 —3,0

*1 Сила тока, А. *2 Плотность тока, А/*мм*². *3 Вес навариваемого металла, *кг*/*ч*.

угольной дугой главной трудностью является достижение лучшей ее устойчивости, т. к. она очень чувствительна к воздействию магнитных полей и поэтому стремится перескакивать с места на место. Для стабилизации дуги применяют принцип наложения сильного стабилизирующего магнитного поля; на этом принципе основана С. по способу электронного вихря, к-рый введен в практику амер. фирмой Lincoln. В основном этот способ заключается в том, что угольный электрод окружается трубкой с навитым на нее спиральным проводом, по к-рому во время С. проходит ток, образующий сильное магнитное поле, воздействующее на дугу. Регулировка длины дуги, взаимное перемещение угольной головки и свариваемого изделия и подача к месту С. угольного электрода по мере его сгорания производятся автоматически. Добавочный металл укладывается вдоль шва в виде стержня или в виде зажатой в зазоре шва полосы металла, выступающей над поверхностью листов на 3 *мм*. При листах 1—3 *мм* добавочный металл не дается, а в шве делают бортики, к-рые при С. сплавляются. Сила тока при угольных электродах ∅ 16 ÷ 18 *мм* равна 300÷500 А. Данные о работе угольными головками и головками с металлическим электродом системы Elin приведены в табл. 12 и 13.

Табл. 12.—Данные о С. угольными головками системы Elin.

Толщина листов, *мм*	Подготовка шва	Режим сварки		Скорость С., *м*/*ч*	Расход добавочного металла в *кг* на 1 *м* шва
		Сила тока, А	Напряжение, V		
1—3	Отбортовка	40—200	22—24	35—30	—
3—6	Добавка полосок металла толщиной 2 *мм*	160—260	26—28	19—9	0,09—0,14
6—8	То же — толщиной 2,5 *мм*	260—300	28—32	9—6	0,14—0,21

Табл. 13.—Данные о работе сварочных головок с металлическим электродом системы Elin.

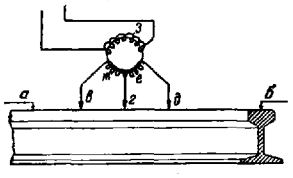
Толщина листов, *мм*	Подготовка шва	Диам. электрода, *мм*	Режим сварки		Скорость С., *м*/*ч*	Расход электродов в *кг* на 1 *м* шва
			Сила тока, А	Напряжение, V		
4	Без скоса кромок	4	170	18	10	0,15
5	V-образная, угол 60°	4	195	18	8	0,18
6— 8	То же	4	230—270	18—20	7 —5	0,22—0,40
8—11	» »	5	270	20	5 —2,5	0,40—0,71
11—15	» »	5	270	20	2,5—1,5	0,71—1,32

Сварочные автоматы с угольной и металлич. (бочки, резервуары, цистерны). Автоматы с металлич. дугой с успехом применяются также для наплавочных работ (бандажи, ободья колес, валы и пр.). В машинах для С. тонких листов, работающих угольной дугой без присадочного материала, в настоящее время достигнута производительность до 40 *м*/*ч*.

Сварка стали. При условии соблюдения всех приведенных выше указаний сварка стали обыкновенного качества, как например применяемой в котлостроении, не представляет никаких особенных затруднений. Иначе однако обстоит дело со сваркой легированных сталей. С повышением в стали содержания углерода сваривать ее становится труднее. Электродами, богатыми углеродом, применяемыми для твердых С., можно сваривать лишь при обратной полярности (+ на электроде). Наоборот, сталь с присадкой никеля и марганца сваривается особенно хорошо. Эти металлы, как и хром, влияют на сплав в том направлении, что он сохраняет свою структуру, полученную при нагреве, также и по охлаждении до комнатной $t°$, благодаря чему ему можно придать вязкость и легкую обрабатываемость. Одновременно с этим такое состояние характеризуется и немагнитностью. Подобные стали называются аустенитовыми. Они служат также для изготовления нержавеющих сталей. Другие присадки, как вольфрам, олово, алюминий, мышьяк и титан, если только содержание их в сплаве превышает известный процент, чувствительно понижают степень его пригодности к свариванию. К нежелательным примесям при дуговой С. относятся также сера и фосфор, общее содержание к-рых в стали не должно превышать 0,06%. Фосфор один не влияет на С., но может привести к холодноломкости. Т. о., если дело идет о С. высококачественных сталей, сварщик весьма заинтересован в их составе. В общем требуется, чтобы для С. применялись по возможности только хорошо свариваемые аустенитовые стали. Поглощение газов всегда вредно отражается на С., кислород ведет к хрупкости, а азот—к образованию неплотной, сильно пористой структуры. В связи с этим С., произведенная при помощи голых электродов, всегда пориста. Перегревы и пережоги также влияют на качество сварки. Напряжения и явления усталости ослабляются при помощи отжига.

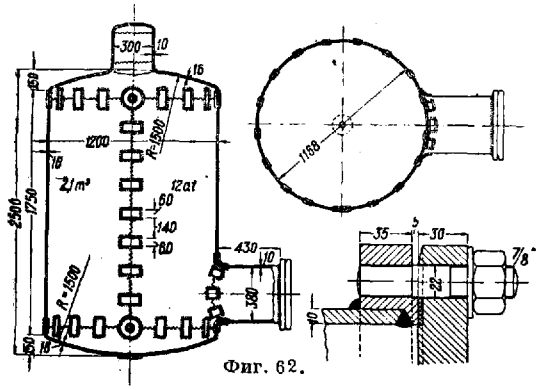
С. чугуна. Чугун можно сваривать вольтовой дугой холодным и горячим способом. Гл.

или проба нагрузкой стальных конструкций, оказались недостаточными. Даже неудовлетворительная С. обычно с успехом выдерживает подобные пробы, и недостатки ее выявляются лишь после длительного периода работы. Вследствие этого для сварных конструкций был предложен целый ряд специальных б. или м. целесообразных способов испытания. Первым в этом ряду способом является осмотр сварочного шва и анализ наружного его состояния. Наличие в шве пережогов, пор и шлаков часто отражается на внешнем виде шва и может быть установлено невооруженным глазом или при помощи лупы. На основании большей или меньшей степени чистоты шва опытный инженер зачастую в состоянии сделать правильный вывод относительно внутренних свойств шва. Но не исключено, что внешне безукоризненный шов по своим внутренним качествам может все же оказаться неудовлетворительным. Поэтому дополнением к суждению по внешнему виду может служить определение твердости шва по способу Бринеля; по твердости с достаточной точностью можно подсчитать также и сопротивление сварочного шва на растяжение. Но и с этой дополнительной пробой испытание по наружному виду все же недостаточно надежно, в связи с чем возникли другие способы испытаний. Университетом в Висконсине предложено устраивать вокруг шва маленький гребешок из замазки, а затем полить его керосином. Жидкость проникает насквозь через пустоты в поры шва и дает т. о. представление относительно его плотности, но это не позволяет судить о степени крепости шва. Затем американцами Доусоном и Кинцелем был предложен а к у с т и ч е с к и й с п о с о б. При помощи слухового инструмента, подобного стетоскопу, в случае наличия дефектных мест воспринимается разница в тонах при выстукивании шва молотком. Этот способ оказался успешным при испытании котлов, труб и плит, но в других случаях он не дал требуемых результатов. На магнитных свойствах шва базируется способ, предложенный Ру. Сварочный шов помещают в магнитной цепи, покрывают куском бумаги, на к-рый насыпают железные опилки. В шве с дефектами они скапливаются над пустотами, шлаковыми включениями и плохо сваренными местами, т. к. именно в этих частях шва магнитный поток встречает сопротивление и рассеивание увеличивается, вызывая местные скопления опилок (вкл. л., 2). Способ этот надежен, но применим только для горизонтальных швов. Для немагнитных изделий этот способ совершенно непригоден. Сперри предложил электрич. способ испытания (фиг. 44). Посредством двух контактных щеток *а* и *б*, скользящих по сваренному предмету, через последний пропускается переменный ток. Между этими контактами находятся три щетки *в*, *г* и *д*, которые соединены с катушками *е* и *жс*. Последние представляют первичную цепь трансформатора, вторичную цепь которого образует катушка *з*. Катушки *е* и *жс* имеют противоположно направленные обмотки, благодаря чему индуктирующие их действия при равенстве сопротивления (увеличение сопротивления) между двумя контактными щетками (из трех) соответствующая катушка возбуждается сильнее другой и результирующая индукция возбуждает ток в катушке *з*, усиливаемый затем усилительной установкой и приводящий в действие измерительный инструмент. Описанный способ дает хорошие результаты при исследовании сваренных рельсов. Наиболее однако надежным способом исследования сварочных швов, впервые примененным в Германии на жел. дор., оказалось просвечивание швов рентгеновыми лучами. Этот способ базируется на высокой способности рентгеновых лучей проникать через металлич. предметы даже значительной толщины. При просвечивании шлаковые включения в шве, пустоты или дефекты в структуре получаются на фотографической пластинке темными, а на световом экране или на снимке—светлыми (вкл. л., *1*). Глубина, на к-рой находятся дефектные места, вполне отчетливо устанавливается при помощи просвечивания под углом или при помощи стереоскопич. снимков. Равным образом просвечивание под углом с успехом применяется и для выявления непровара на скошенных кромках в **V**-образных и **X**-образных швах. На рентгенограмме ясно отмечаются также и трещины, вызываемые внутренними напряжениями и усадкой. *Рентгеновы трубки* (см.) в настоящее время уже настолько усовершенствованы, что для проб рентгеновыми лучами требуются лишь короткие промежутки времени. Для листов нормально применяемых в технике толщин б. ч. представляется возможным немедленное получение картины просвечивания на экране. Если при этом обнаруживаются дефекты, их фиксируют на рентгенограмме. Длительность просвечивания для разных металлов различна и зависит от их плотности. Легче всего поддается просвечиванию алюминий, за ним последовательно идут чугун, сталь, латунь и наконец медь, к-рая оказывает рентгеновым лучам наибольшее сопротивление. Для установления объема дефектного места лучше всего пользоваться получившим развитие в Германии денсографич. методом испытаний. Невооруженным глазом б. ч. нельзя произвести точных измерений, так как чувствительность к восприятию степени освещения у наблюдателей различна и подвержена внешним влияниям. Денсографич. метод базируется на том, что снятый и проявленный фильм рентгенограммы проводится перед источником света, лучи к-рого направлены на помещенный с другой стороны фильма светоэлектрич. элемент (из селена). В зависимости от степени освещения этого элемента сила тока в цепи элемента изменяется соответственно разнице в освещении этих мест на фильме, и в результате на зеркальном гальванометре получаются более сильные или более слабые отклонения стрелки. Показания гальванометра регистрируются фотографич. путем в виде наглядной кривой, позволяющей установить как протяжение дефектного места, так и его положение внутри шва. Рентгеновы установки строятся в настоящее время как стационарными, так и передвижными, в связи с чем исследования рентгеновыми лучами можно производить в любом месте (фиг. 45—рентгеноиспытательный вагон герм. ж. д.); на фигуре: *а*—генератор тока, *б*—выпрямители, *в*—масляный трансформатор, *г*—конденсаторы, *е*—рентгенова трубка, *жс*—штатив



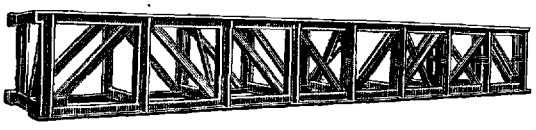
Фиг. 44.

условия. В зависимости от всех перечисленных факторов получаются и весьма различные стоимости С. Так, покрытые электроды удорожают стоимость работы даже в том случае, когда С. производится переменным током, который сам по себе дает большую экономию по сравнению



Фиг. 62.

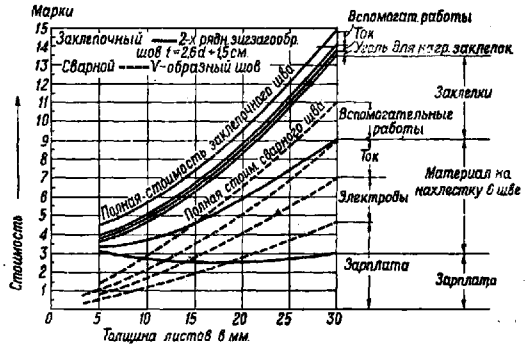
с постоянным током, в связи с меньшей стоимостью установки и ухода за ней. Поэтому покрытые электроды из экономич. соображений следует применять только там, где они дают значительные преимущества в технич. отношении. Наиболее дешевой является дуговая С., т. к. она требует наименьших расходов на энергию. Также и расходы на рабочую силу при дуговой С. тонких листов меньше, чем при газовой С., т. к. работа ведется с большей скоростью. При С. же более толстых листов газовая С. обратным методом по стоимости очень близко подходит к дуговой С. Сопоставление обратной газовой С. с поступательной согласно новейшим изысканиям Испытательного института на герм. ж. д. выяснило, что поступательная С. более выгодна для тонких листов толщиной до 5 *мм*; обратная С. при листах толщиной в 6 *мм* дает выигрыш во времени ок. 22,5%, а при листах толщиной до 100 *мм*—даже почти 60%; при еще более толстых листах экономия во времени понижается, напр. для листов в 16 *мм* составляет ок. 45%. Положение шва влияет на стоимость С. в том смысле, что скорость С. вертикальных или потолочных швов ниже скорости С. швов горизонтальных. При выполнении потолочных швов (над головой) можно работать максимум с вдвое меньшей производительностью, нежели при С. швов в горизонтальном положении. Расходы на энергию при электросварке всегда ниже, чем при газовой С.; при



Фиг. 63.

газовой С. наибольшие расходы вызывает применение диссугаза, наименьшие—при получении газа из больших генераторов. Стоимость установки для дуговой С. выше, чем для газовой, т. к. электрич. сварочные машины стоят дороже газовых генераторов и горелок. Соответственно этому выше и расходы на капитал и амортизацию. Указанная разница в затратах особенно возрастает, если машины используют-

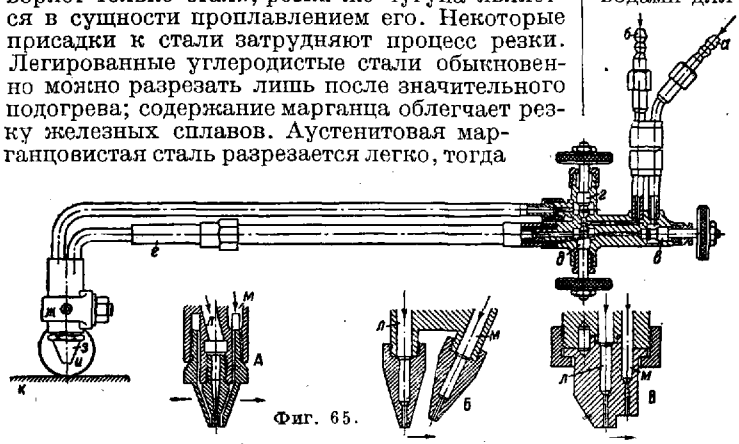
Техника безопасности. С. больше, чем всякая другая технич. работа, связана с опасностями, могущими вызвать тяжелые повреждения не только для самого сварщика, но и для всех, находящихся по соседству, а кроме того, могущими повлечь и значительные материальные повреждения. Несчастные случаи гл. образом являются следствием ненадлежащего обслуживания и ухода за установкой. Источниками опасностей служат также недочеты в работе самих сварщиков, нек-рые свойства свариваемых материалов и те условия, при к-рых часто приходится выполнять сварочные работы. При обслуживании газогенераторных установок постоянную угрозу представляет возможность образования смесей газа с воздухом или газа с кислородом, могущих привести к взрывам в генераторах, рабочих помещениях и баллонах. Наличие взрывчатых смесей само по себе еще не означает обязательной опасности взрыва. Такая опасность возникает только в том случае, если в какой-либо части установки может последовать воспламенение смеси, напр. вследствие порчи водяного затвора при обратном ударе пламени. Причиной воспламенения может служить также накаленная карбидовая пыль. В старых установках без предохранительных приспособлений взрывы часто происходили из-за образования искры при ударе находящихся в карбиде металлич. примесей о металлич. части генератора. Чрезвычайно опасным сле-



Фиг. 64.

дует считать и пользование огнем вблизи ацетиленовых аппаратов. Много случаев взрывов имело место при отогревании замерзших аппаратов. В них почти всегда имеется горючая смесь газа с воздухом, т. к. замерзшая в генераторе вода всегда б. или м. насыщена ацетиленом. Отогревание огнем или при помощи сварочной горелки или пробивка слоя льда раскаленной железной штангой ведет к взрыву. Поэтому необходимо, чтобы замерзшие аппараты оттаивались сами собой в нагретых помещениях. Ускорение оттаивания при помощи горячей воды пара или горячих тряпок опасно. Взрывы могут произойти в тех случаях, когда аппараты пропускают газы или недостаточно герметичны, вследствие чего воздух в рабочих помещениях может насытиться ацетиленом до опасных размеров; также возможны взрывы на складе, если карбид недостаточно защищен от доступа к нему сырости. Взрывы баллонов могут произойти либо из-за трещин в самом баллоне либо из-за взрыва содержащегося в нем газа. Трещина может появиться либо вследствие сильного искусственного или естественного нагрева либо вследствие

для чугуна, имеет место только проплавление, а никак не разрезание металла. Затем также $t°$ вспышки образующегося окисла не должна лежать выше точки вспышки несгоревшего еще материала, т. к. в противном случае процесс резки затруднился бы. Кроме того окисел должен отличаться жидкоплавкостью и степень теплопроводности его не д. б. слишком высока. Практически всем этим требованиям удовлетворяет только сталь, резка же чугуна является в сущности проплавлением его. Некоторые присадки к стали затрудняют процесс резки. Легированные углеродистые стали обыкновенно можно разрезать лишь после значительного подогрева; содержание марганца облегчает резку железных сплавов. Аустенитовая марганцовистая сталь разрезается легко, тогда как она не может быть обрабатываема строганием, фрезерованием и т. п.



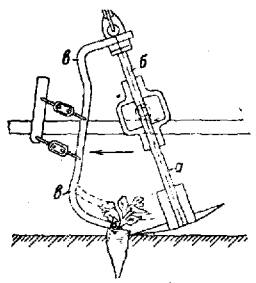
Фиг. 65.

Для подогрева при резке требуется горючий газ в смеси с кислородом, а для резки—кислород высокой чистоты. Обычно в качестве горючего газа применяется ацетилен, но встречаются установки, в к-рых для подогрева применяется водород, бензол или светильный газ. Более низкая стоимость подогрева светильным газом или бензолом перекрывается бо́льшим расходом кислорода. Кроме того светильный газ и бензол пригодны только для резки листов незначительной толщины. Скорость резания при этом меньше и требуется больше времени для подогрева.

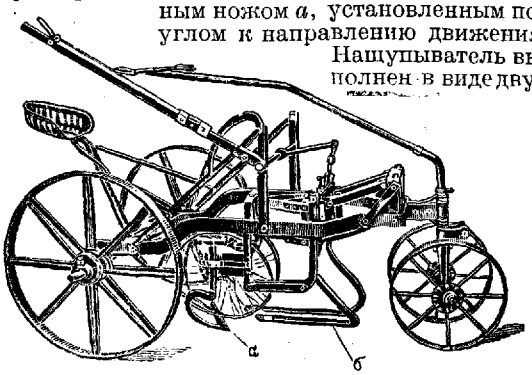
Резак представляет комбинацию сварочной горелки со специальным приспособлением для подвода кислорода для резки (фиг. 65): *а*—приток горючего газа, *б*—приток кислорода, *в*—вентиль для регулировки горючего газа, *г*—вентиль для регулировки кислорода для резки, *д*—вентиль для регулировки кислорода для подогревающего пламени, *е*—смесительная камера, *жс*—наконечник, *з*—сопло, *и*—колесики для направления резака, *к*—разрезаемый предмет, *л*—канал для кислорода для резки, *м*—канал для горючей смеси для подогревающего пламени; возможное направление резки обозначено стрелками. Пламя сварочной горелки подогревает разрезаемый предмет до $t°$ вспышки; вытекающий из соседнего сопла под высоким давлением кислород служит для выполнения самой резки. Каждый резак имеет т. о. два сопла, к-рые расположены либо последовательно один за другим (фиг. 65, Б и В) либо концентрически друг к другу (фиг. 65, А). В первом случае сопло для подогрева помещается перед резаком, а во втором случае подогревательное сопло охватывает резак кольцеобразно. Последнее устройство имеет то преимущество, что горелку при резке можно передвигать в любом направлении, и таким образом является возможным легко производить резку и по кривым линиям. В связи с этим кольцеобразные горелки почти полностью вытеснили горелки с параллельно расположенными соплами, хотя при пользовании ими приходится особенно заботливо следить за правильной установкой пламени для подогрева, чтобы избежать карбонизирующего действия на металл. К горелке помимо горючего газа приходится подводить кислород как для подогрева, так и для резки, притом под разными давлениями. В связи с этим первоначально горелки снабжались отдельными трубопроводами для каждого вида кислорода, т. о. для каждого аппарата требовалось три шланга. Впоследствии перешли к горелкам с двумя шлангами, так как три шланга затрудняли работу. При таком устройстве кислород как для подогревания, так и для резки поступает через один шланг. При этом получается известное взаимодействие обоих потоков кислорода, которое при установке подогревательного пламени при выключенном кислороде для резки следует учитывать, давая небольшой избыток кислорода. При устройстве резательных машин вернулись к системе с тремя шлангами. На практике применяется целый ряд резаков, отличающихся друг от друга в зависимости от рода применяемого горючего газа и назначения; по способу же работы они в основном совершенно сходны друг с другом. Так, имеются ацетиленовые резаки, водородные, бензоловые или работающие светильным газом. С другой стороны, резаки изготовляются для продольной или специальной резки, для вырезывания дыр, для выжигания отверстий, для заклепок или труб, для работы под водой и для резки чугуна. Чем спокойнее ведут резак, тем чище получаются линии разреза. Т. к. подача резака машинным путем всегда происходит равномернее, чем при ручной работе, то уже давно перешли к постройке резательных машин, тем более что они имеют преимущество в отношении производительности. Подобные машины настолько в настоящее время усовершенствованы, что при их помощи можно вырезывать конструктивные части достаточно чисто и дальнейшей обработки для них уже не требуется. Резку всегда начинают у кромки изделия. Если же это не представляется возможным, то следует выжечь дыру, от к-рой и начинать резку. Загрязнение сопла влечет за собой неровности в линии разреза. Не представляется возможным разрезать одновременно несколько наложенных друг на друга листов, т. к. находящиеся между ними слои воздуха действуют изолирующим образом. Поэтому листы следует резать один за другим. Резка круглого железа затруднительнее, нежели предметов с прямыми кромками. В настоящее время автогенный резак сделался необходимым инструментом в целом ряде областей металлообработки и нередко его предпочитают ножницам и пилам.

Области применения С. Применение С. вносит коренной переворот в дело металлообработки и металлич. конструкций. В машиностроении С. вытесняет литые детали, заменяя их сварными; в металлич. конструкциях, в мостах, в котлах и в резервуарах сварной шов идет на смену старому заклепочному соединению, создавая новые формы, более простые, более целесообразные и более легкие. Успех С. обес-

л е м *в*. Корни свеклы расположены в почве неравномерно по высоте. Нащупыватель, скользя по рядку свеклы впереди ножа, при встрече с корнем поднимается на него и поднимает вал с режущим диском, регулируя таким образом высоту среза. Требуемая высота среза может меняться системой регулировочных гаек и винтов, так же как и угол наклона диска к горизонту. Срезанная ботва щитками, помещенными над дисками, отбрасывается в сторону или на наклонный планчатый элеватор, отводящий ее в бок. Срезатели этого типа строят одно- и двухрядные. В срезателях другого типа (фиг. 3) срез производится неподвижным горизонтальным ножом *а*, установленным под углом к направлению движения. Нащупыватель выполнен в виде двух

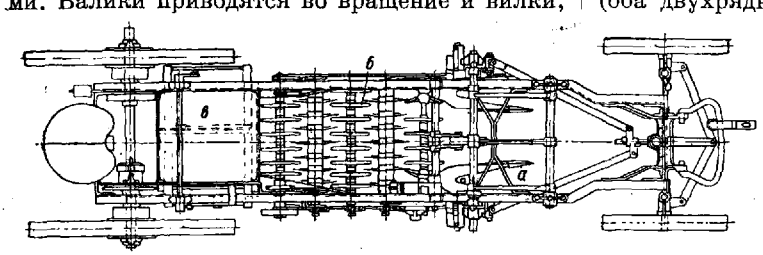


Фиг. 2.



Фиг. 3.

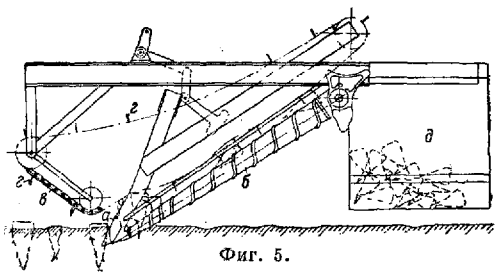
изогнутых прутьев *б*. В момент среза ботва зажимается двумя легкими колесами велосипедного типа, поставленными под углом. Рабочие органы *а* свеклокопателя (фиг. 4) имеют хомутообразную замкнутую форму, благодаря чему корень легко скользит по ним и поднимается на наклонный элеватор *б*. Последний образуется рядом поперечных валиков, на к-рых укреплены шайбы с пружинными вилками. Валики приводятся во вращение и вилки,



Фиг. 4.

перемещая корни вверх, в то же время очищают их от прилипшей земли. Очищенные корни собираются в ящике *в*, из к-рого они периодически выгружаются на поверхность поля при помощи педали. Машина устанавливается на требуемую глубину работы специальным рычагом. В соответствии со срезателями копатели строятся одно- и двухрядные. В американском копателе (фиг. 5) выкопанные рабочими органами *а* корни попадают на два вращающихся конических валика *б*, снабженных спиральными выступами и установленных под углом к горизонту. Сверху направляющими зубцами *г*. Поднимаясь, корни очищаются от земли и попадают в сборный ящик *д*, периодически выгружаемый.

Конструкции свеклоуборочных машин еще не получили развития, обеспечивающего работу требуемого качества. Мало совершенна работа срезателей, механизм регулирования к-рых не обеспечивает достаточной точности среза при различном положении корней в почве. Данные испытаний показывают, что работа срезателей с ротационными ножами лучше, чем с неподвижными, но и они требуют перечистки вручную части выкопанной свеклы. Недостаточно



Фиг. 5.

совершенны и механизмы для очистки корней от земли, в работе часто забивающиеся. Разделение операций между двумя машинами нерационально, т. к. срезы корней замазываются землей и правильное направление по рядкам идущего вслед копателя затруднено, что вызывает значительный пропуск корней. Отдельными фирмами делались попытки соединить обе машины в одну (комбайн), но конструкции получались громоздкими и мало пригодными к работе. Часто практикуется прицеп обеих машин, одна за другой, к одному трактору, что несколько улучшает их работу. Поскольку очистка корней от ботвы и земли требует большой затраты рабсилы (48 человекодней из 70, требуемых в среднем на полную уборку одного *га*), то С. м. нашли себе применение и за границей и у нас. В то же время, в частности в СССР, идет интенсивная работа по разработке новых принципов и созданию новых конструкций С. м., отвечающих требованиям крупного хозяйства.

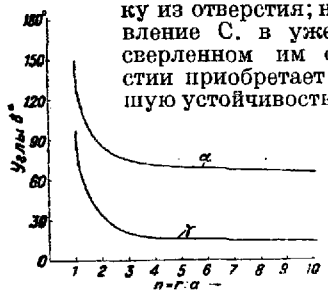
Среднее тяговое сопротивление срезателя с элеватором 325—350 *кг*, копателя 580—600 *кг* (оба двухрядные). Производительность срезателя 2,2—2,4 *га*, копателя 1,7—2,0 *га* за 10-час. рабочий день.

Свеклокопатели, орудия, механизирующие копку сахарной свеклы. Рабочей частью является клин, обычно круглый, укрепленный на ножевидной стойке, в нижней части отогнутой в сторону (к рядку). По числу клиньев, работающих в каждом рядке, свеклокопатели делятся на с в е к л о п о д ъ е м н и к и—рядок обрабатывается одним клином—и с в е к л о к о п а т е л и—два клина на рядок. В первых клин устанавливается под корнем (на глубину 22—26 *см*) и при движении орудия нарушает связь корня с почвой, оставляя его в земле; во вторых два клина устанавливаются на половину длины корня (11—13 *см*) по обе стороны последнего и при движении орудия выжимают корень на поверхность (фиг. 6а и 6б). В этом случае требуется немедленный сбор корней, т. к. иначе они быстро вянут. В нек-рых свеклоподъемниках клинья выполнены в виде небольших от-

Табл. 2.—Значения углов резания α и задней заточки γ для заточенного перового сверла.

n	1,0	1,5	2	3	4	5	6	8	10	∞
α	157°	92°10′	83°45′	76°20′	74°30′	73°0′	71°50′	70°40′	69°45′	66°45′
γ	100°10′	41°50′	29°0′	20°50′	18°10′	16°30′	15°30′	14°30′	13°50′	—

боковыми поверхностями С., лежащими по образующим отверстия, что обеспечивает устойчивость С. лишь в плоскости, заключающей эти грани. Для уменьшения этих недостатков были созданы спиральные С. (фиг. 7), у которых заточка производится лишь по задней поверхности, причем правильные значения переднего угла обеспечиваются углом наклона канавки. Отвод стружек облегчается наличием винтовой поверхности канавки, которая при вращении С. выводит стружку из отверстия; направление С. в уже просверленном им отверстии приобретает бо́льшую устойчивость, т. к.

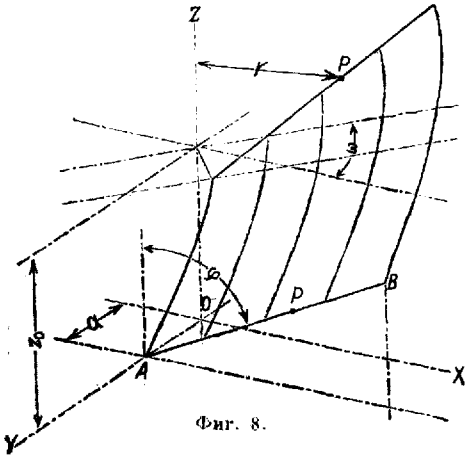


Фиг. 6.



Фиг. 7.

касание С. со стенками отверстия имеет место не по образующей, а по винтовой линии, чем и обеспечивается отсутствие возможных перемещений по всем направлениям, кроме осевого. Рабочая поверхность канавки спирального С. нормального типа определяется из следующих условий: 1) лезвие должно представлять собой прямую линию, проходящую на расстоянии a от оси С. и составляющую с ней угол φ; 2) шаг винтовой поверхности д. б. неизменным по данному поперечному сечению. Этим обоим условиям удовлетворяет винтовая неразвертываемая поверхность, образованная винтовым движением лезвия AB (фиг. 8) вокруг оси OZ, при-



Фиг. 8.

чем перемещению отрезка вдоль оси на z_0 соответствует вращение на угол $\omega = \frac{2\pi}{H} z_0$, где H—шаг винтовой поверхности в данном сечении. Выбирая за параметры расстояние r точки P от оси OZ и угол поворота ω, получаем ур-ия винтовой поверхности в виде:

$$\left.\begin{aligned} x &= \sqrt{r^2 - a^2}\cos\omega + a\sin\omega, \\ y &= a\cos\omega - \sqrt{r^2 - a^2}\sin\omega, \\ z &= \sqrt{r^2 - a^2}\,\mathrm{tg}\,\varphi + \frac{H}{2\pi}\omega, \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

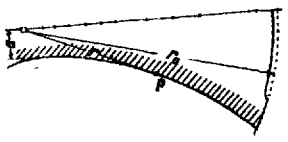
или же, заменяя эти параметры через $n = \frac{r}{a}$ и z_0, получим те же ур-ия в виде:

$$\left.\begin{aligned} x &= a\left(\sqrt{n^2-1}\cos\frac{2\pi z_0}{H} + \sin\frac{2\pi z_0}{H}\right), \\ y &= a\left(\cos\frac{2\pi z_0}{H} - \sqrt{n^2-1}\sin\frac{2\pi z_0}{H}\right), \\ z &= a\sqrt{n^2-1}\,\mathrm{tg}\,\varphi + z_0. \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

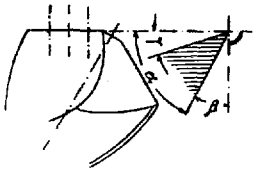
В пересечении плоскостью, перпендикулярной OZ, эта поверхность дает кривую, выражаемую ур-иями:

$$\left.\begin{aligned} x &= a\left[\sqrt{n^2-1}\cos\left(\frac{2\pi a}{H}\sqrt{n^2-1}\,\mathrm{tg}\,\varphi\right) - \right. \\ &\quad \left. - \sin\left(\frac{2\pi a}{H}\sqrt{n^2-1}\,\mathrm{tg}\,\varphi\right)\right], \\ y &= a\left[\cos\left(\frac{2\pi a}{H}\sqrt{n^2-1}\,\mathrm{tg}\,\varphi\right) + \right. \\ &\quad \left. + \sqrt{n^2-1}\sin\left(\frac{2\pi a}{H}\sqrt{n^2-1}\,\mathrm{tg}\,\varphi\right)\right]. \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

Форма полученной кривой для частного случая φ=58°, r_0=8a и χ_0=30° изображена на фиг. 9



Фиг. 9.



Фиг. 10.

(r_0—наружный радиус С., χ_0—угол наклона винтовой линии на внешней поверхности С. к OZ). Получающиеся при этом относительные значения ординат $\frac{x}{a}$ и $\frac{y}{a}$ приведены в табл. 3.

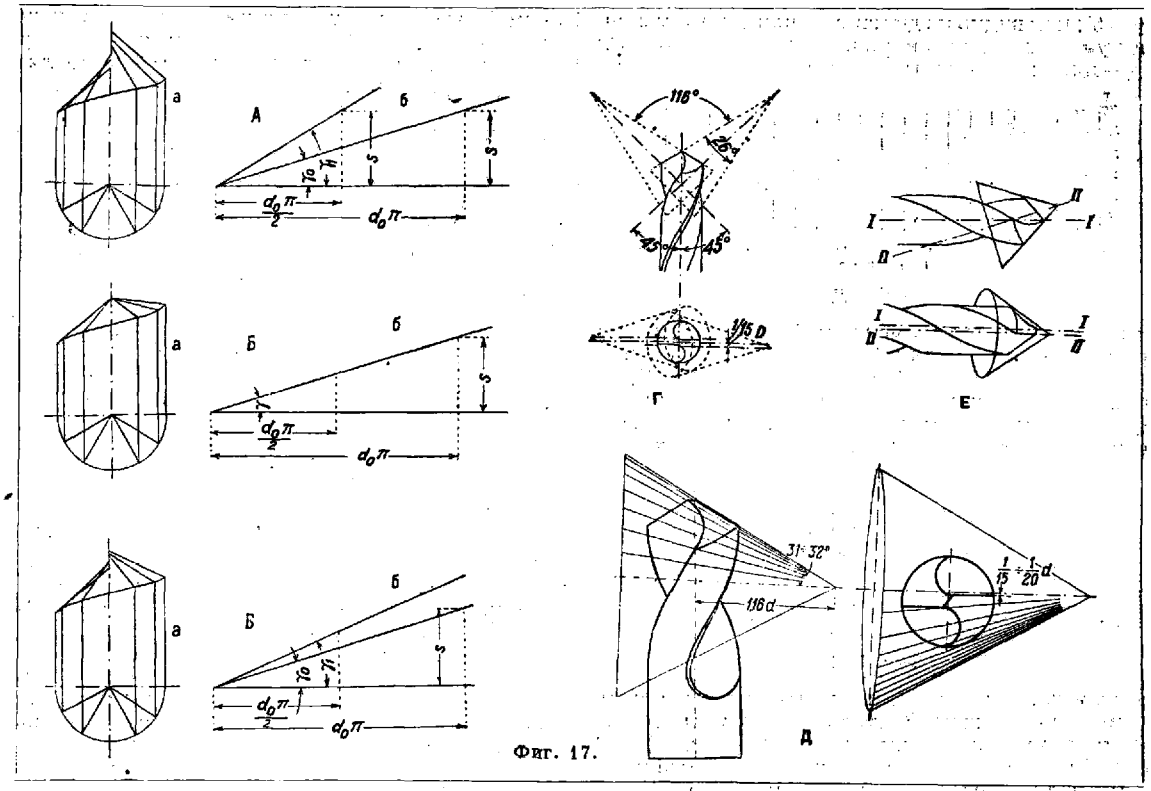
Табл. 3.—Ординаты поперечного сечения передней поверхности канавки спирального сверла для разных значений $r : a = n$.

n	1,0	1,2	1,5	2	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
$x : a$	0,0	0,633	1,07	1,65	2,18	2,68	3,65	4,56	5,41	7,08
$y : a$	1,0	1,02	1,056	1,113	1,23	1,35	1,66	2,05	2,53	3,76

Проводя ряд сечений, перпендикулярных к режущему ребру лезвия (фиг. 10), получим истинные значения переднего угла в ф-ии величин, определяющих винтовую канавку (фиг. 11), по ур-ию:

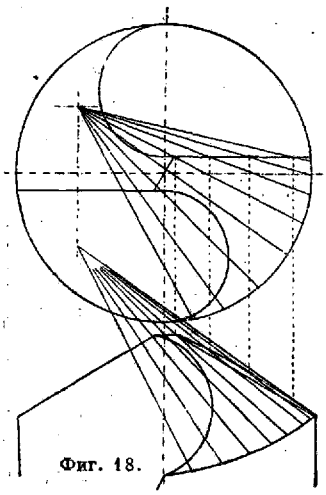
$$\beta = \mathrm{arc\,tg}\left[\frac{\mathrm{tg}\,\chi_0\sqrt{r^2 - a^2}}{r_0\sin\varphi - a\,\mathrm{tg}\,\chi_0\cos\varphi}\right]. \qquad (13)$$

Изменение угла β вдоль лезвия нормального спирального С. ($r : a = 10{,}0$; $\varphi = 60°$; $\chi = 30°$) в ф-ии $n = r : a$ приведено в табл. 4. Задав-

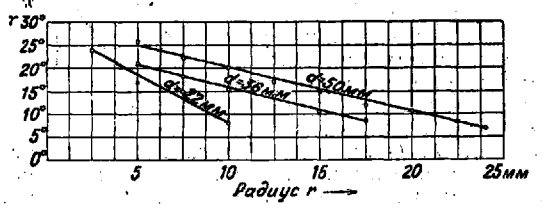


Фиг. 17.

передней поверхностью спиральной канавки С. Вследствие этого рабочая кромка при этом способе имеет слегка выпуклую форму, что невыгодно отзывается на распределении величины заднего угла вдоль кромки. Второй способ—Вейскера — удобнее в том отношении, что не требует перестановки станка по размеру С.; при нем задняя поверхность (фиг. 17, Д) образована конусом с углом при вершине, равным $180° - 2\varphi$ (обычно 64°), с вершиной, лежащей на 1,16 d ниже оси С. и с осью, перпендикулярной к оси С. и лежащей на $(1/15 - 1/20)\,d$ впереди

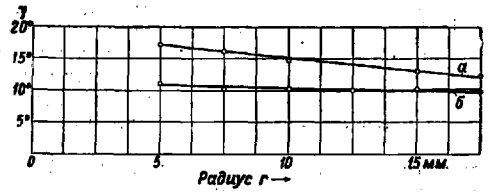


Фиг. 18.



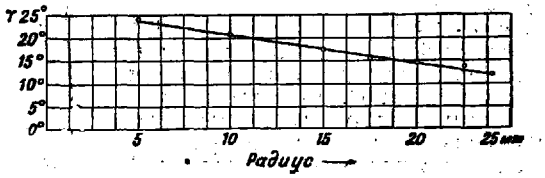
Фиг. 19А.

режущей кромки лезвия. По третьему способу задняя поверхность является поверхностью конуса (фиг. 17, Е) со смещенной осью и вершиной, лежащей впереди острия. Распределение углов



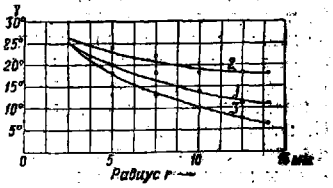
Фиг. 19Б.

задней заточки, смеренных на цилиндрич. концентрич. поверхностях радиуса r при различ-



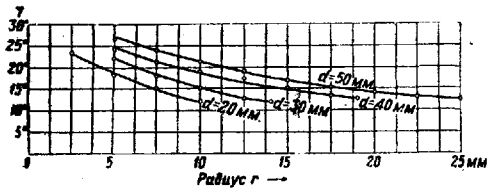
Фиг. 19В.

ных способах заточек, изображено на фиг. 19, а именно: А—заточка по винтовой поверхности ближе к первому типу; Б — то же по третьему типу; В—сложное движение по винтовой и отчасти по конусной поверхности; Г—заточка по методу Уошберна с тремя различными установками: *1*—с нормальным $\gamma_0 = 12°$, *2*—с увеличенным $\gamma_0 = 18°$ и *3*—с уменьшенным



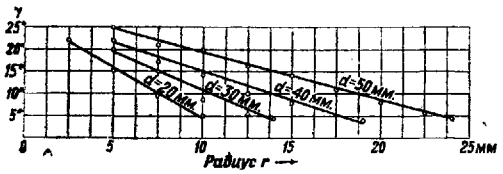
Фиг. 19Г.

$\gamma_0 = 6°$; как видно из диаграмм, влияние установки уменьшается по мере приближения к оси С.; Д—тоже при нормальной установке, для С. че-



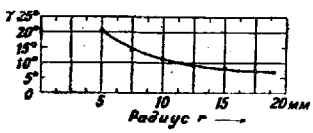
Фиг. 19Д.

тырех различных диаметров; Е—для заточки по системе Вейскера для С. различных размеров и Ж—для способа, изображенного на фиг. 17, Е, причем в этом случае значение угла зависит только от расстояния точки от оси С., но не зависит от диаметра самого С. Типы шлифовальных



Фиг. 19Е.

машин для заточки С. по упомянутым методам описаны в ст. *шлифовальные станки* (см.). Элементы нормального спирального С. (фиг. 20) для обработки стали и других вязких средней твердых материалов следующие: угол острия $2\varphi = 116 \div 118°$; угол подъема винтовой поверхности на внешней поверхности С. $\chi_0 = 30°$, угол наклона побочного лезвия $\psi = 55°$; угол задней заточки лучше брать не особенно большим: 6—8° на внешней окружности С., увеличивая до 20—25° к внутреннему концу лезвия; для уменьшения трения боковые наружные поверхности витков стачиваются на несколько десятых *мм* и оставляют только направляющую фаску шириной b, равной:



Фиг. 19Ж.

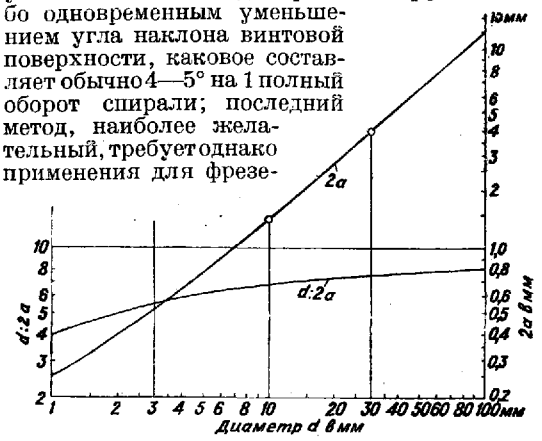
$\varnothing$, *мм*	10	20	30	40	50	60	80	100
b, *мм*	1,3	2,0	2,6	3,0	3,4	3,6	3,8	4,0

Наружный диаметр С. суживается к заднему концу для предупреждения заклинивания С. в работе и уменьшения трения о стенки отверстия. Сужение составляет 0,1—0,15 *мм* на 100 *мм* длины С. Сердечник С., т. е. средняя часть, соединяющая оба лезвия, делается настолько тонкой, насколько это возможно, не ослабляя излишне С.; у нормальных С. толщину сердечника, равную $2a$, делают у рабочего конца нового (т. е. не укоротившегося еще) С. равной (0,13—0,15) d для крупных С. диам. больше 30 *мм*; для более малых С. это отношение увеличивают, доходя до 0,25 d при $d = 1$ *мм*. Графически зависимость $d : 2a$ и $2a$ в ф-ии диаметра С. изображена на фиг. 21. По направлению к хвосту сверла толщина сердечника увеличивается, причем увеличение достигает



Фиг. 20.

емом фрезера, т. е. только уменьшением глубины канавки, что однако нежелательно в виду уменьшения площади прохода стружки, либо одновременным уменьшением угла наклона винтовой поверхности, каковое составляет обычно 4—5° на 1 полный оборот спирали; последний метод, наиболее желательный, требует однако применения для фрезерования канавок специальных станков, автоматически производящих указанное изменение угла наклона при фрезеровании канавки. Для обработки необычных материалов применяют С. с отличными от нормальных параметрами. Изменению подвергают гл. обр. углы φ и χ_0; как общее правило для хрупких и твердых материалов применяют большие углы φ и малые углы χ_0, по мере возрастания вязкости и мягкости материала угол φ уменьшают, а угол χ_0 увеличивают; значения этих углов по данным различных з-дов и исследователей сведены в табл. 6.

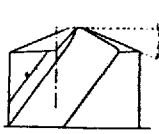


Фиг. 21.

Табл. 6.—Значения углов φ и χ_0 сверл, предназначенных для работы в различных материалах.

Обрабатываемый материал	Герм. данные		Америк. данные	
	φ	χ_0	φ	χ_0
Нормальная мягкая сталь	58°	25—30°	59—60°	28—30°
Строительная сталь	—	—	60—62°	25°
Бронза и медь	—	—	60°	13°
Латунь	65°	16°	—	—
Медь	65°	45°	—	—
Алюминий и дуралюмин	70°	45°	60°	35°
Склерон	50°	45°	—	—
Электрон	50°	40°	—	—
Силумин	70°	40°	45°	35°
Мрамор, тролит	45°	18°	—	—
Эбонит, бакелит	15°	17°	30°	16°

Для сверления очень твердой марганцовистой стали было предложено скашивать от руки оселком режущую кромку С. т. о., чтобы $\beta_u = 0$ (фиг. 22).



Фиг. 22.

Форма фрезера для фрезерования винтовой канавки спиральных С. должна удовлетворять тому условию, чтобы ее меридиональное сечение было одинаково с сечением канавки С. плоскостью $X'OY$ (фиг. 23), перпендикулярной средней винтовой линии канавки на наружной поверхности С. Плоскость эта в ранее принятых обозначениях выражается ур-ием:

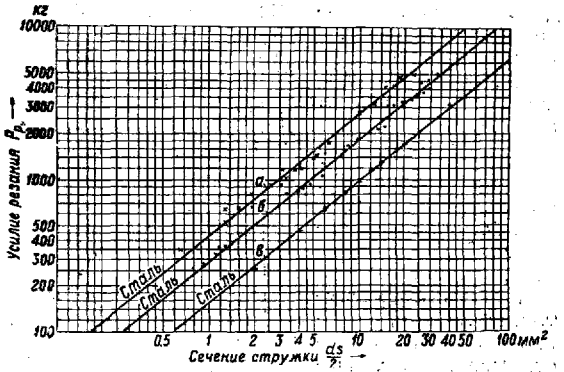
$$x + z \operatorname{tg} \chi_0 = 0.$$

Кривые *а* и *б* (фиг. 26) представляют результаты двух разных серий опытов сверления в цельном материале, тогда как кривая *в* относится к сверлению отверстий по предварительно просверленному отверстию диам. 0,2 *d*. Вопрос об экономических параметрах для С. как оптимуме из сопоставления требования наименьшего расхода энергии на сверление и наибольшей устойчивости лезвия за отсутствием достаточного опытного материала остается до настоящего времени открытым. Равным образом весьма недостаточен имеющийся материал о размерах и точности формы отверстий, обработанных нормальными С.



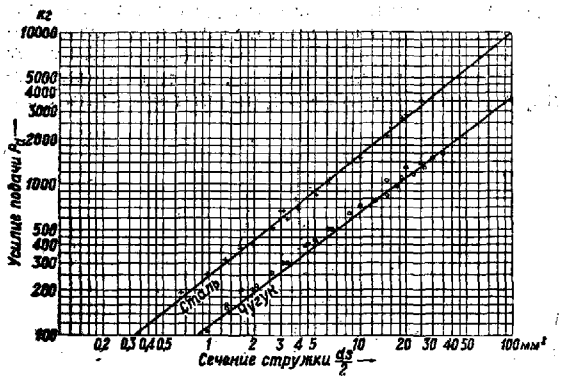
Фиг. 25.

Типы С. Простейшим типом С. является дрельное С. (фиг. 28), работающее одинаково при вращении его в обе стороны, что объясняется симметричностью его лезвия относительно диаметральной плоскости. Т. к. при этих условиях углы резания получаются зна-



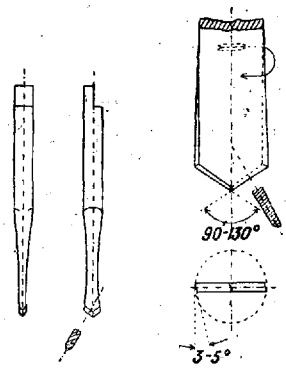
Фиг. 26.

чительно больше 90°, то здесь имеет место не резание, а скобление материала, чем обусловливается малая производительность этих С. Более совершенным является перовое С., элементы к-рого даны на фиг. 29; более тупые углы φ заострения лезвия дают для сверления твердых материалов, более острые—для мягких и вязких. Недостатком С. этого типа является

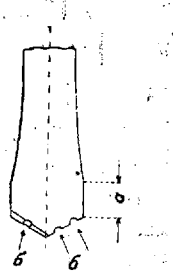


Фиг. 27.

их плохое направление в просверленной части отверстия; для улучшения направления крупные С. снабжают отшлифованными цилиндрич. направляющими поверхностями *а* (фиг. 30), лежащими по бокам режущих граней. Для облегчения отвода стружки крупные перовые С. снабследние, лежащие на двух лезвиях, д. б. смещены один относительно другого. Дальнейшее улучшение условий работы перового С. может быть достигнуто заточкой канавки на его передней грани (фиг. 31). При этом углам лезвия придают значения: $\gamma_u = 4 \div 6°$, $\beta_u = 20 \div 30°$;



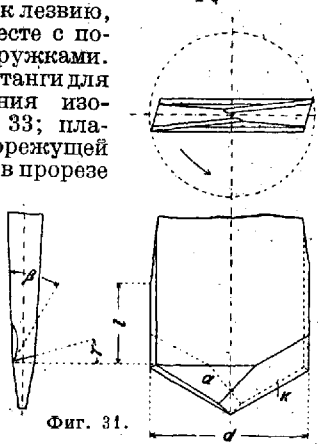
Фиг. 28. Фиг. 29.



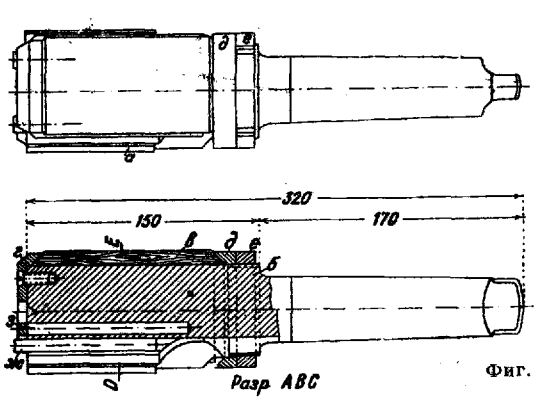
Фиг. 30.

скашивая слегка заднюю нерабочую поверхность С. (фиг. 31, *а*), достигают утончения поперечного лезвия и как следствие этого более легких условий резания. Направляющие по бокам такого С. делают длиной $l = 0{,}5 \div 1{,}0\,d$. В такой форме перовое С. является достаточно удобным и экономичным инструментом, особенно для сверления крупных отверстий диаметром более 30 *мм*. При перовых С. крупного диаметра рекомендуется применение вставных пластинок из быстрорежущей стали, зажатых в борштангу из нормальной сименс-мартеновской стали (фиг. 32). Укрепление пластинки производится б. ч. при помощи конич. штифта.

Для сверления глубоких отверстий необходимо обеспечить как подведение струи охлаждающей жидкости к лезвию, так и отвод ее вместе с получающимися стружками. Конструкция борштанги для глубокого сверления изображена на фиг. 33; пластинка из быстрорежущей стали *а* укреплена в прорезе борштанги *б* двумя винтами *в*, *в*; разветвляющийся канал *г*, *г* служит для подвода охлаждающей жидкости, тогда как канавки *д* предназначены для отвода стружек; упорка *е* служит для показания достижения требуемой глубины сверления. При вырезании пластинок из полосы необходимо выбирать их положение по отношению к направлению вальцевания стальной полосы согласно фиг. 34, т. к. иначе при снятии большой стружки пластинки легко трескаются. Для сверления отверстий с плоским дном применяют центровое С. типа, изображенного на фиг. 35; центр *а* служит для сообщения направления С. в начале сверления отверстия; значения углов лезвия приведены на фигуре. Недостатком перовых С. для глубокого сверления является недостаточность направления, вследствие чего их легко уводит в сторону от оси отверстия. Для



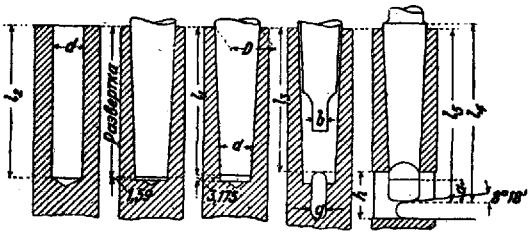
Фиг. 31.



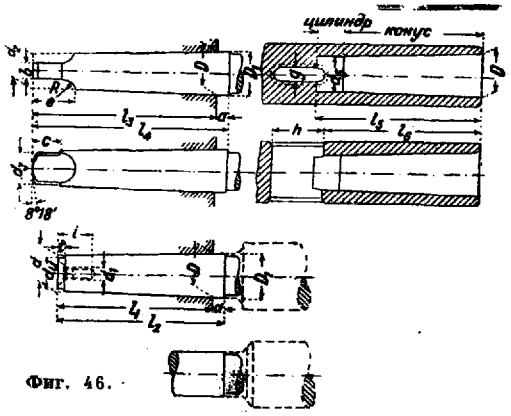
Фиг. 44L.



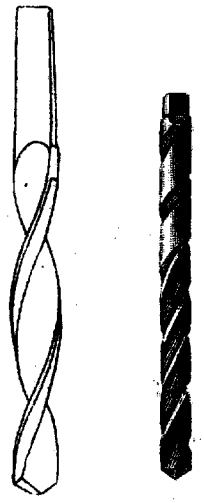
Фиг. 45.



Фиг. 47.

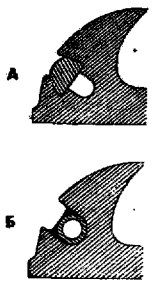


Фиг. 46.

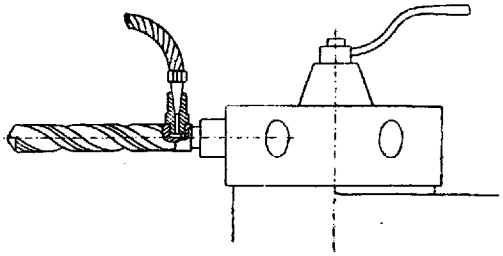


Фиг. 48А.

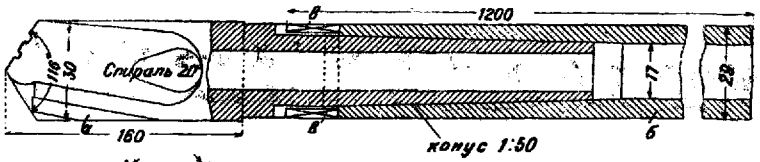
Фиг. 48Б.

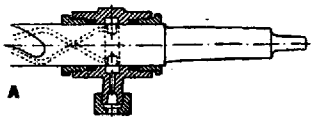


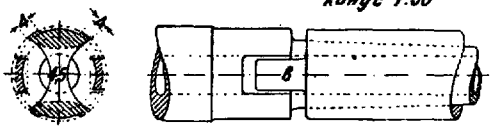
Фиг. 49.



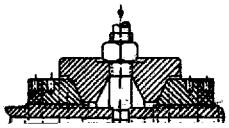
Фиг. 50.







Фиг. 52.



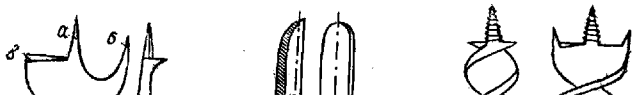


Табл. 9.—Размеры инструментальных конусов Морзе и метрических (фиг. 46).

Система конуса	Обозначение	D	D_1	d	d_1*1	d_2	d_3	d_4	l_1	l_2	l_3	l_4	a	b	c	e	t	R	r*2	t	d_5	l_5	l_6	g	h	Сужение конуса λ *3
рич.	4	4	4,1	2,85	—	—	—	2	23	25	—	—	2	—	—	—	—	—	0,5	2,2	3,0	25	21	2,5	8	1:20=0,05000
	6	6	6,15	4,4	—	—	—	3,5	32	35	—	—	3	—	—	—	—	—	0,5	2,5	4,6	34	29	3,5	12	1:20=0,05000
	0	9,045	9,212	6,401	—	6,115	5,9	5,5	50,8	51	56,3	59,5	3,2	3,9	6,4	10,4	—	—	4	2,5	6,7	51,9	49	4,1	11,5	1:19,212=0,05205
ве	1	12,065	12,239	9,371	M6	8,973	8,7	8	51	57,5	62	65,5	3,5	5,2	9,5	14,5	15	5	1	3	9,7	55,5	52	5,4	18,5	1:20,018=0,04988
	2	17,781	17,981	14,534	M10	14,060	13,6	13	66	69	74,5	78,5	4	6,3	11,1	17,1	20	6	1,25	4	14,9	66,9	63	6,6	22	1:20,020=0,01995
	3	23,826	24,052	19,760	1/2	19,133	18,6	18	81	85,5	93,5	98	4,5	7,9	14,3	21,3	30	7	2	4	20,2	83,2	78	8,2	27,5	1:19,922=0,050196
	4	31,269	31,514	25,909	5/8	25,156	24,6	24	103,2	108,5	117,7	123	5,3	11,9	15,9	24,9	35	9	2,5	5	26,5	105,7	98	12,2	32	1:19,454=0,051938
	5	44,401	44,732	37,470	3/4	36,549	35,7	35	131,7	138	149,2	156,5	6,3	15,9	19	30	45	11	3	6	38,2	131,5	125	16,2	37,5	1:19,002=0,052625
	50	50	50,25	42,9	3/4	42	41	40	142	147	160	165	5	17	18	32	45	14	3	6	43,6	145	136	17,3	40	1:20=0,05
рич.	6	63,350	63,762	53,752	1	52,422	51,3	50	181,1	192	209,6	217,5	7,9	19	28,6	45,6	60	17	4	7	54,8	187,1	177	19,3	47,5	1:19,180=0,052138
ве	80	80	80,40	70,2	1 3/8	69	67	65	196	201	220	228	8	26	24	47	80	23	5	8	71,4	200	186	26,3	62	1:20=0,05
рич.	7	83,061	83,555	69,853	1 3/8	68,215	66,8	65	254	263,5	285,5	295	9,5	28,5	35	55	80	20	5	8	71,1	257,2	241,5	28,8	67	1:19,231=0,05200
ве	100	100	100,50	88,4	1 3/8	87	85	85	232	242	260	270	10	32	28	68	80	30	6	10	89,9	237	220	32,3	60	1:20=0,05
рич.	120	120	120,60	106,6	1 3/8	105	103	100	268	280	300	312	12	38	32	68	80	36	6	11	108,4	274	254	38,3	68	1:20=0,05
	140	140	140,70	124,8	1 1/2	123	121	120	304	318	340	354	14	41	36	78	90	42	8	13	126,9	310	286	44,3	76	1:20=0,05
	160	160	160,80	143	1 3/4	141	139	135	340	356	380	396	16	50	40	88	100	48	8	14	145,4	317	321	50,3	81	1:20=0,05
	180	180	180,90	161,2	1 3/4	159	157	150	376	394	420	438	18	56	44	98	100	54	10	16	163,9	381	355	56,3	92	1:20=0,05
	200	200	201,0	179,4	2	177	175	170	412	432	460	480	20	62	48	108	110	60	10	18	182,4	420	388	62,3	100	1:20 0,05

Резьба дюймовая Витворта за исключением конусов Морзе 1 и 2, у к-рых резьба метрическая (по DIN). *2 Радиус закругления верхнего угла захватной щечки.

Сужение конуса $\lambda = \frac{D-d}{l_1}$.

В странах английской культуры принято обозначение диам. мелких С. по № и литерам; соответствующие им значения в десятитысячных долях дм. и в *мм* приведены в табл. 10. По

Табл. 10.—Перевод английских и американских номерных обозначений сверл (в дм. и *мм*).

Обозначение	Диам. в 10^{-4} дм.	Диам. в *мм*	Обозначение	Диам. в 10^{-4} дм.	Диам. в *мм*
Z	4 130	10,49	25	1 495	3,80
13/32"	4 062	10,32	26	1 470	3,73
Y	4 040	10,26	27	1 440	3,66
X	3 970	10,08	9/64"	1 406	3,57
25/64"	3 906	9,92	28	1 405	3,57
W	3 860	9,80	29	1 360	3,45
V	3 770	9,58	30	1 285	3,26
3/8	3 750	9,52	1/8"	1 250	3,18
U	3 680	9,35	30 1/2	1 245	3,17
23/64"	3 593	9,13	31	1 200	3,05
T	3 580	9,09	32	1 160	2,95
S	3 480	8,84	33	1 130	2,87
11/32"	3 437	8,73	34	1 110	2,82
R	3 390	8,61	35	1 100	2,79
Q	3 320	8,43	7/64"	1 094	2,78
21/64"	3 281	8,33	36	1 065	2,71
P	3 230	8,20	37	1 040	2,64
O	3 160	8,03	38	1 015	2,58
5/16"	3 125	7,94	39	0 995	2,53
N	3 020	7,67	40	0 980	2,49
19/64"	2 967	7,54	41	0 960	2,44
M	2 950	7,49	3/32"	0 938	2,38
L	2 900	7,37	42	0 935	2,37
9/32"	2 812	7,14	43	0 890	2,26
K	2 810	7,13	44	0 860	2,18
J	2 770	7,04	45	0 820	2,08
I	2 720	6,91	46	0 810	2,06
H	2 660	6,76	47	0 785	1,99
17/64"	2 656	6,75	5/64"	0 781	1,98
G	2 610	6,63	48	0 760	1,93
F	2 570	6,53	49	0 730	1,85
E, 1/4"	2 500	6,35	50	0 700	1,78
D	2 460	6,25	51	0 670	1,70
C	2 420	6,15	52	0 635	1,61
B	2 380	6,05	1/16"	0 625	1,59
15/64"	2 344	5,95	53	0 595	1,51
A	2 340	5,94	54	0 550	1,40
1	2 280	5,79	55	0 520	1,32
2	2 210	5,61	3/64"	0 469	1,19
7/32"	2 188	5,56	56	0 465	1,18
3	2 130	5,41	57	0 430	1,09
4	2 090	5,31	58	0 420	1,07
5	2 055	5,22	59	0 410	1,04
6	2 040	5,18	60	0 400	1,02
13/64"	2 031	5,16	61	0 390	0,99
7	2 010	5,11	62	0 380	0,97
8	1 990	5,06	63	0 370	0,94
9	1 960	4,98	64	0 360	0,91
10	1 935	4,92	65	0 350	0,89
11	1 910	4,85	66	0 330	0,84
12	1 890	4,80	67	0 320	0,81
3/16"	1 875	4,76	1/32"	0 313	0,79
13	1 850	4,70	68	0 310	0,78
14	1 820	4,62	69	0 292	0,74
15	1 800	4,57	70	0 280	0,71
16	1 770	4,50	71	0 260	0,66
17	1 730	4,39	72	0 250	0,64
11/64"	1 719	4,37	73	0 240	0,61
18	1 695	4,31	74	0 225	0,57
19	1 660	4,22	75	0 210	0,53
20	1 610	4,09	76	0 200	0,51
21	1 590	4,04	77	0 180	0,46
22	1 570	3,99	78	0 160	0,41
5/32"	1 563	3,97	1/64"	0 156	0,40
23	1 540	3,91	79	0 145	0,37
24	1 520	3,86	80	0 135	0,34

способу производства различают спиральные С. с выфрезерованными канавками (фиг. 45) и со скрученным винтом стержнем из полосовой (фиг. 48А) или фасонной стали (фиг. 48Б); тогда как вторые не обладают прочностью первых, последние в виду правильного расположения неперерезанных канавками волокон материала даже превосходят обычные С. по прочности и упругости. Для подвода охлаждающей

Суперпозиция интенсивностей всегда выполняется для световых пучков, исходящих из двух различных самосветящихся точек (некогерентные пучки). Наоборот, пучки, идущие от одной светящейся точки и пересекающие друг друга вследствие отражений, преломлений и пр., вообще говоря, не подчиняются принципу суперпозиции интенсивностей. Они интерферируют друг с другом (см. *Интерференция света*), обнаруживая в некоторых областях пространства резкое нарушение суперпозиции в одну и другую сторону. Существование чередующихся светлых и темных мест в поле интерференции при наличии стационарного движения света показывает, что состояние света в каждой данной точке пространства есть ф-ия времени t, т. е. что С., распространяясь в пространстве, изменяется во времени. Встречая малые препятствия и отверстия, С. огибает их, обнаруживая при этом интерференционные и другие явления (см. *Дифракция*). В полном соответствии с опытом эти свойства С. математически описываются волновым дифференциальным ур-нем:

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = c^2\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2}\right) = c^2\nabla^2\varphi, \qquad (3)$$

где φ—световая ф-ия, средний квадрат к-рой пропорционален измеряемой на опыте энергии С., c—скорость С., x, y, z—координаты. Ур-ие (3) м. б. получено из ур-ий упругой среды или электромагнитного поля из представлений о С. как об упругих или электромагнитных возмущениях, но при несомненной недостаточности этих представлений оно должно рассматриваться только как математический эквивалент результатов опыта, с большой точностью отображающий законы распространения С. Общее решение ур-ия (3) для расстояния r от светящейся точки имеет вид:

$$\varphi = f_1\left(t - \frac{r}{c}\right) + f_2\left(t + \frac{r}{c}\right), \qquad (4)$$

где f_1 и f_2—нек-рые функции указанных аргументов, соответствующие возмущениям, распространяющимся в двух противоположных направлениях. Ограничиваясь одним направлением и разлагая φ в тригонометрический ряд, можно написать:

$$\varphi = \sum A_i \sin 2\pi\nu_i\left(t + \frac{r}{c} + \delta_i\right). \qquad (5)$$

В предельном (фиктивном) случае

$$\varphi = A \sin 2\pi\nu\left(t + \frac{r}{c} + \delta\right) \qquad (6)$$

(δ—фаза), т. е. имеет вид ур-ия гармонической волны. Амплитуда A связана с энергией С., частота световых колебаний—с его цветностью. Разлагая свет источников в спектральных приборах, пропуская его через светофильтры, или пользуясь избирательными поглощателями (например глазом), можно выделить участки, соответствующие б. или м. узким интервалам частот $\Delta\nu$. Точная монохроматизация С. невозможна, так как процесс излучения всегда конечен и синусоиды ограничены во времени, т. е. не являются точными синусоидами. Поэтому излучение всякого реального источника С. соответствует конечному интервалу $\Delta\nu$, и выделение строго монохроматич. С. было бы возможным только с бесконечно малой энергией. Шкала световых волн, обнаруженных на опыте, простирается от чрезвычайно длинных радиоволн до исчезающе коротких γ-волн радия (см. *Лучи световые*). Природа *космических лучей* (см.) окончательно не выяснена до настоящего времени; есть однако основания считать их корпускулярной, а не световой радиацией.

Решение различных задач о распространении С. может быть осуществлено при помощи уравнения (3) при соответственном задании граничных и начальных условий. В частности из уравнения (3) выводятся вспомогательные принципы оптики, принцип Гюйгенса, принцип Ферма, принцип прямолинейного распространения С. для однородной среды и различные другие положения геометрической оптики (см. *Гюйгенса принцип*, *Ферма принцип*). Явления, наблюдаемые при отражении, рассеянии, распространении С. в анизотропных средах, доказывают для всей шкалы светового спектра поперечность световых возмущений (см. *Поляризация света*). Световые колебания в изотропной среде происходят в плоскости, перпендикулярной к линии распространения. Свойства электромагнитных волн, излучаемых искусственными электрическими системами—*радиостанциями* (см.), *вибраторами Герца* (см.),—вполне совпадают с перечисленными свойствами С., т. е. распространяются с той же скоростью, поперечны и описываются ур-ием (3). На этом основании и по косвенным подтверждениям, получаемым из явлений взаимодействия С. и вещества, можно утверждать, что природа любых световых волн электромагнитная. При этом световой вектор, определяющий действия С. на вещество, есть вектор электрический, что доказано опытами со стоячими световыми волнами при фотохимическом действии (Винер) и при возбуждении флуоресценции (Друде и Нернст).

Изложенный комплекс свойств С. полностью охватывает все особенности законов его распространения. Совершенно иные свойства, не укладывающиеся в волновую схему, обнаруживаются в явлениях излучения и поглощения С. веществом. Действия С. и спектральные закономерности показывают, что энергия С., по крайней мере в момент излучения и поглощения, сосредоточена в нек-рых центрах, т. н. световых квантах, или фотонах, с энергией $h\nu$, где h—универсальная постоянная, равная $6{,}55\cdot10^{-27}$ эрг-сек. Наиболее естественно предположение, что и распространение С. происходит в виде отдельных корпускул (фотонов), хотя эта гипотеза принципиально не м. б. вполне доказана на опыте, т. к. для экспериментального изучения особенностей распространения необходимо заставить С. действовать на вещество, т. е. поглотиться. Попытки воздействовать С. на С., именно обнаружить столкновения фотонов при пересечении интенсивных свойств пучков, дали отрицательный результат. Фотоны либо совершенно свободно проникают друг через друга либо чрезвычайно малы (размеры менее 10^{-20} *см*). Воздействия сильных электрич. и механич. полей на С. также не оказывают никакого заметного влияния на распространение С., т. е. фотоны (если таковые существуют при распространении С.) не обладают заметными магнитными и электрическими моментами. Известные до сих пор свойства фотонов ограничиваются энергией $h\nu$ и количеством движения $\frac{h\nu}{c}$. Предполагается также, что фотон обладает угловым моментом вращения, «спином», величины $\pm\frac{h}{2\pi}$. Ось спина направлена параллельно

уравнений (8) следует, что электромагнитные возмущения поперечны (см. *Поляризация света*), и т. о. теория Максвелла полностью описывает все особенности распространения С. Обобщение теории на случай распространения С. в движущихся системах дано теорией относительности, с развитием которой фактически прекратились дальнейшие попытки построения механич. теорий С. на основе представления об упругом эфире.

Квантовые свойства С., обнаружившиеся при изучении спектров и действий С., не объяснимы теорией Максвелла. Для создания единой теории С., обнимающей как законы распространения, так и процессы излучения и поглощения С., необходима новая квантовая электродинамика. Отсутствие таковой заставило наряду с волновым представлением о С. пользоваться во многих случаях видоизмененной корпускулярной теорией С. Помимо объяснения спектральных закономерностей и действий С. теория фотонов совместима с рядом явлений, которые ранее рассматривались как очевидное доказательство волновой природы С. При этом необходимо помимо квантовых соотношений пользоваться выводами теории относительности. Примером может служить классический опыт Фуко, доказавший, что вопреки корпускулярной механич. теории Ньютона скорость С. в веществе меньше, чем в пустоте. Если корпускула Ньютона с массой m и скоростью c падает под углом i на границу раздела пустоты и среды и, преломляясь под углом r, движется со скоростью u, то тангенциальная слагающая количества движения корпускулы должна остаться неизменной при переходе границы, откуда следует, что

$$mc\sin i = mu\sin r, \text{ т. е. } n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{u}{c}$$

в противоречии с опытом Фуко. По теории световых квантов фотон между частицами вещества вообще не может двигаться со скоростью, отличной от c, сохраняя при этом всегда свою энергию $h\nu$. Наблюдаемое замедление фотона должно толковаться как последовательные поглощения и излучения его частицами вещества. В результате при условии постоянства скорости между частицами фотон может только замедляться в общем продвижении. Другим примером корпускулярного объяснения как будто бы чисто волнового свойства С. служит эффект Допплера (см. *Допплера эффект*). Пусть частица вещества с массою m, двигавшаяся со скоростью v_1 в направлении движения фотона $h\nu_0$, поглотила последний. При этом она испытывает со стороны фотона давление величины $\frac{h\nu}{c}$ и соответственно меняет скорость до v_2. Применяя к этому процессу законы сохранения энергии и количества движения, найдем, опуская для упрощения релятивистские поправки:

$$h\nu_0 + \frac{mv_1^2}{2} = h\nu + \frac{mv_2^2}{2},$$
$$\frac{h\nu}{c} + mv_1 = mv_2.$$

Обозначим среднюю скорость $\frac{v_1+v_2}{2} = \bar{v}$, тогда из обоих ур-ий найдем:

$$\frac{\nu_0-\nu}{\nu} = \frac{\bar{v}}{c},$$

т. е. в первом приближении (при мало отличающихся скоростях v_1 и v_2) ф-лу Допплера. Применение формул теории относительности при этом выводе дает совершенно точное релятивистское выражение для эффекта Допплера.

В свое время одним из доказательств волновой теории С. считалось совпадение экспериментально определенной величины светового давления, равной для случая давления на черную пластинку $\frac{E}{c}$ (E—энергия, падающая в 1 сек.), с вычисленной из теории волн. Для корпускул Ньютона давление, производимое частицами с массой m и скоростью c, равно изменению количества движения:

$$P = Nmc$$

(N—число частиц). Энергия частиц $E = \frac{Nmc^2}{2}$, откуда

$$P = \frac{2E}{c},$$

т. е. вдвое больше, чем получается на опыте. Применяя релятивистские формулы, можно и в этом случае получить правильный вывод. По теории относительности общая энергия частицы, движущейся со скоростью v и имеющей покоящуюся массу m_0

$$E = \frac{Nm_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

С другой стороны, количество движения

$$P = \frac{Nm_0v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

Вставляя выражение P в ф-лу для E и полагая в пределе $v = c$, находим

$$P = \frac{E}{c}$$

в согласии с опытом.

Присоединение к представлениям о фотонах законов квантовой механики (в форме Бора) позволяет в простейших случаях подойти и к формальному объяснению явлений диффракции. Пусть на диффракционную решетку с постоянной a падает под углом α фотон $h\nu$, рассеиваясь под углом β. Ударяясь о решетку, фотон сообщает ей нек-рое количество движения. Решетка с массой M приобретает скорость v. В соответствии с основным постулатом Бора (см. *Кванты*) момент количества движения системы, имеющей периодич. структуру с периодом a (диффракционная решетка), должен подчиняться квантовому условию

$$\int_0^a Mv\,dl = kh,$$

где k—целое число. Напишем закон сохранения количества движения для его тангенциальной компоненты:

$$\frac{h}{\lambda}\sin\alpha = Mv + \frac{h}{\lambda}\sin\beta$$

(ничтожным изменением λ при рассеянии пренебрегаем). Пользуясь постулатом Бора, находим отсюда

$$a(\sin\alpha - \sin\beta) = k\lambda,$$

т. е. обычную ф-лу диффракционной решетки.

Это формальное объяснение диффракции, равно как все представления о фотонах, вынуждают к интерпретации основного ур-ия распространения (3) или (11) как закона статистического, справедливого только при одновременном действии очень большого числа фотонов. В каж-

ным эксплоатационным условиям, но и гармонировать с архитектурой и отделкой тех помещений и пространств, где она применяется. Каждая арматура состоит из основных светотехнических элементов и вспомогательных деталей. В зависимости от рода физич. явлений, происходящих в светотехнич. элементах арматуры, эти элементы называются о т р а ж а т е л я м и, п р е л о м л я т е л я м и или р а с с е и в а т е л я м и; во многих случаях в светотехнич. элементах осветительных арматур имеют место одновременно явления отражения, преломления или рассеяния.

Классификация. До сих пор еще нет международной системы классификации С. Обычно их классифицируют: 1) на основе их назначения и тех эксплоатационных условий, для которых они предназначаются (утилитарная классификация), и 2) на основе их светотехнич. особенностей (светотехнич. классификация). При одновременном указании характеристик С. на основе обоих методов классификации получают основные данные для суждения о С. У т и л и т а р н а я к л а с с и ф и к а ц и я предусматривает в основном деление С. на 3 основных класса: А) для освещения внутренних помещений, Б) для освещения открытых пространств и В) для освещения транспортных средств. Кроме этих трех основных классов установлен класс Г, в к-рый включены С., либо имеющие совершенно специальное назначение, не позволяющее их причислить к классам А, Б и В, либо применяемые в одинаковой мере в тех трех основных случаях практики, для к-рых предназначаются С. классов А, Б и В (аккумуляторные переносные фонари и т. п.). С. каждого из классов могут быть далее разделены на подклассы в зависимости от их конкретного назначения. Так, С. класса А могут служить для освещения жилых помещений, помещений общественного пользования (административного, коммерческого, культурно-просветительного, торгового, лечебного и других назначений), производственных помещений, подземных выработок и помещений специального освещения. Аналогично С. остальных классов предназначаются: класс Б—для освещения транспортных и торговых пространств (улицы, дороги, парки, склады, рынки, пристани), пространств промышленного назначения (открытые разработки, карьеры, земляные работы); класс В—для освещения подвижного состава железных и электрических дорог, автотранспорта, воздушного, морского и речного транспорта. С. класса Г могут применяться в самых различных случаях практики. В целях уточнения характера этих С. целесообразно указывать, имеет ли С. самостоятельный источник питания (аккумулятор, сухая батарея) или предназначен для присоединения к сети. Подразделения С. каждого класса на группы соответственно тому, для каких случаев практики они предназначаются, не всегда дают уточнение характеристик и особенностей С., напр. многие С., вполне пригодные для освещения рабочих помещений, применяются для освещения помещений общественного пользования и т. д. Поэтому указание конкретных областей применения С. является желательным, но не вполне уточняющим моментом в номенклатуре изделий.



С. каждого класса разделяются на типы в зависимости от способа их установки и конструк-

тивного выполнения. В зависимости от способа установки различают С. следующих типов: подвесного (фиг. 1), потолочного (фиг. 2), настенного (фиг. 3), настольного (фиг. 4), напольного (фиг. 5), венчающего (фиг. 6) и ручного (фиг. 7). Возможны такие конструктивные выполнения С., что они одновременно будут настольными и настенными и т. п. Такие универсальные С. могут устанавливаться различным образом без каких-либо конструктивных изменений. С. венчающего типа составляют верхнюю часть колонны или столба, служащего для их поддержания. В зависимости от характера выполнения и оформления различают С. обыкновенные и архитектурные; кроме того по своей плотности и непроницаемости они м. б.: уплотненные пыленепроницаемые, уплотненные влагонепроницаемые, герметические огне- и взрывобезопасные. На основании приведенных принципов классификации С. должен иметь полное наименование, состоящее из: а) типа С., б) его выполнения и в) указания класса, напр. на фиг. 8 подвесной С., обыкновенного выполнения, класса А для промышленного освещения; на фиг. 9 ручной герметический взрывобезопасный С. класса А (при обозначении оформления слова «обыкновенного выполнения» надлежит опускать). Под архитектурным оформлением подразумевают специальное художественное оформление изделия для сочетания его с архитектурой и отделкой тех помещений, где они будут применяться.

Светотехническая классификация основывается на распределении светового потока светильника.

Одним из главных требований является строго определенное местоположение светового центра в С., т. к. с изменением его светотехнич. свойства С. меняются. Под **световым центром** источника света подразумевается место, в которое нужно было бы поместить весьма малую фиктивную поверхность, с таким же распределением светового потока, как и данный источник. Для малых светящихся поверхностей световой центр близко совпадает с геометрич. центром источника, в частности для газонаполненных ламп с кольцевым расположением спирали световой центр практически принимается в геометрическом центре окружности, образуемой светящимся кольцом. Место С., в к-ром должен находиться световой центр лампы, называется **световым центром** С.

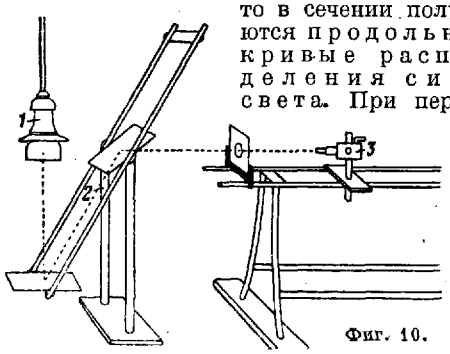
Сила света С. изображается исходящими из светового центра радиусами-векторами; направление их указывает направление, в к-ром сила света изменяется, а длина равна силе света в свечах при соблюдении заранее избранного масштаба. Геометрич. место концов таких радиусов-векторов, проведенных по всем направлениям пространства из светового центра, называется **фотометрической поверхностью**, а ограниченный ею объем—**фотометрическим телом** С. В частном случае фотометрич. поверхность С. может быть поверхностью вращения, ось к-рой совпадает с осью С.; в этом случае С. называется симметричным; если фотометрич. поверхность не является поверхностью вращения, то С. называется несимметричным. Светотехнич. классификация предусматривает деление С. на **симметричные** (табл. 1) и **несимметричные**. Дальнейшие их подразделения находятся в связи с формой фотометрич. поверхности. Для определения формы ее служит схема, изображенная на фиг. 10, где *1*—С., *2*—зеркальный аппарат, *3*—фотометр. Поворачивая систему зеркал вокруг горизонтальной оси, а С. вокруг вертикальной,

Табл. 1.—Характеристики симметричн. С.

Класс	Наименован.	Характеристика	Подкласс	Характеристика
П	Прямого света	Не менее 90% всего светового потока излучается в нижнюю полусферу: $0{,}9\,F_\Theta \geqslant F_\circ \geqslant 0{,}1\,F_\Theta$	Пк*1	Концентрированного светораспределения (0,5 F_Θ излучается внутри зоны не более 0—40°)
			Пс	Среднего светораспределения (0,5 F_Θ излучается внутри зоны не более 0—50°)
			Пш	Широкого светораспределения (0,5 F_Θ излучается внутри зоны более 0—50°)
О	Отраженного света	Не менее 90% всего светового потока излучается в верхнюю полусферу: $0{,}9\,F_\Theta \geqslant F_\circ \geqslant 0{,}1\,F_\Theta$	Ок*2	Концентрированного светораспределения (0,5 F_Θ излучается внутри зоны не более 0—40°)
			Ос	Среднего светораспределения (0,5 F_Θ излучается внутри зоны не более 0—50°)
			Ош	Широкого светораспределения (0,5 F_Θ излучается внутри зоны более 0—50°)
Р	Рассеянного света	Световой поток в обеих полусферах распределяется так, что в одну из полусфер излучается более 10% и в другую менее 90% F_Θ	Рп	Преимущественно прямого света при $0{,}1\,F_\Theta < F_\circ < 0{,}9\,F_\Theta$
			Ро	Преимущественно отраженного света $0{,}1\,F_\Theta < F_\circ < 0{,}9\,F_\Theta$
			Рр	Равномерного светораспределения $\left.\begin{matrix} F_\circ - F_\circ \\ F_\circ - F_\circ \end{matrix}\right\} \leqslant 0{,}1\,F_\Theta$

*1 Для этого типа должен указываться угол рассеяния, т. е. угол при вершине конуса, внутри к-рого сила света не ниже $0{,}1\,I_{max}$. *2 Для этого типа д. б. указан угол рассеяния, т. е. угол при вершине такого конуса, внутри к-рого сила света не ниже $0{,}1\,I_{max}$.

ными плоскостями, проходящими через ось С., а следовательно и через его световой центр, то в сечении получаются **продольные кривые распределения силы света**. При пересе-



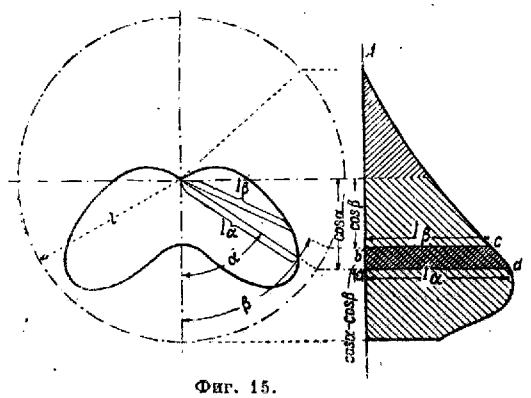
Фиг. 10.

ние потоков сводится к измерению площадей, ограниченных кривой Руссо или ее частью. Для ускорения подсчет потоков вместо измерения площадей ведется аналитически на основе следующих соображений (фиг. 15). Допустим, что I_α и I_β —силы света под углами α и β; проекция отрезка дуги $\beta-\alpha$ окружности радиуса, равного 1, на прямую AA будет равна $\cos\alpha-\cos\beta$. Трапеция $abcd$ имеет площадь $\frac{I_\alpha+I_\beta}{2}(\cos\alpha-\cos\beta)$. Умножив на 2π, получим $F_{(\alpha-\beta)}$. Если разделим нашу сферу на зоны по 5°, то для каждой зоны световой поток можно исчислить следующим образом:

$$F_{0-5^\circ}=2\pi\cdot\frac{I_{0^\circ}+I_{5^\circ}}{2}(\cos 0^\circ-\cos 5^\circ),$$

$F_{5-10^\circ}=2\pi\cdot\frac{I_{5^\circ}+I_{10^\circ}}{2}(\cos 5^\circ-\cos 10^\circ)$ и т. д.

Обычно кривые распределения силы света являются плавными кривыми, и внутри зон, соответствующих плоским углам в 5° или 10° продольной кривой светораспределения, можно без



Фиг. 15.

особой погрешности для технич. расчетов принять изменение силы света по закону прямой. Тогда $\frac{I_\alpha+I_\beta}{2}$ можно принять равной силе света под углом $\frac{\alpha+\beta}{2}$, т. е. проходящего через середину зоны. При этом условии:

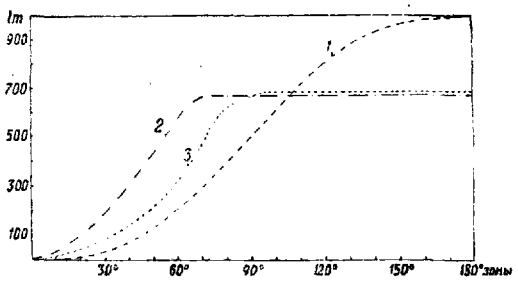
$$F_{\alpha-\beta}=2\pi\cdot\frac{I_{\frac{\alpha+\beta}{2}}}{2}(\cos\alpha-\cos\beta)=\frac{I_{\frac{\alpha+\beta}{2}}}{2}\cdot k,$$

где переводный множитель $k=2\pi(\cos\alpha-\cos\beta)$. Чаще всего кривые распределения силы света строятся при промерах силы света через 10°, т. е. под 0°, 5°, 15° и т. д. В этом случае силу света под углом 5° принимают за среднюю для зоны 0—10°, силу света 15°—среднюю для зоны 10—20° и т. д. Поправочные коэф-ты k даны в табл. 2.

Табл. 2.—Значения поправочного коэффициента k.

α	β	k	α	β	k
0	10	0,095	90	100	1,091
10	20	0,283	100	110	1,058
20	30	0,463	110	120	0,992
30	40	0,628	120	130	0,897
40	50	0,774	130	140	0,774
50	60	0,897	140	150	0,628
60	70	0,992	150	160	0,463
70	80	1,058	160	170	0,283

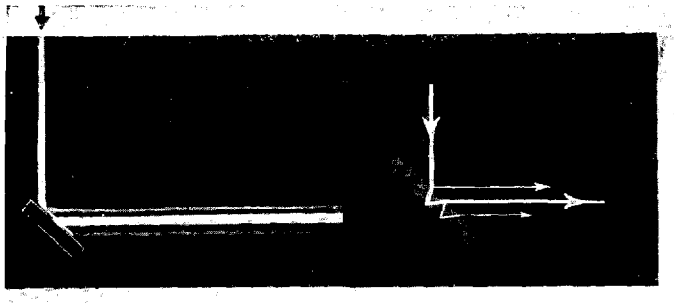
Для облегчения определения светового потока С. внутри любой зоны принято строить кривую световых потоков, отнесенных к условной лампе в 1 000 lm (фиг. 16) или же в % от полного потока, излучаемого С. Кривая *1*—голая



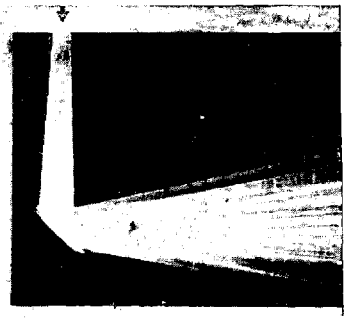
Фиг. 16.

лампа, *2*—арматура для освещения мастерских, *3*—плоская арматура. Кривые распределения силы света и диаграммы изосвечей строят также для условной лампы в 1 klm.

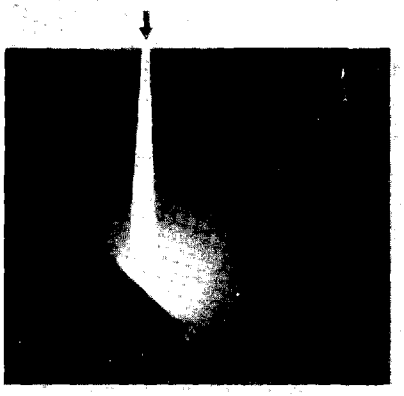
Материалы для построения С. можно разбить на следующие основные категории: 1) строительные материалы, служащие для оформления С., соединения отдельных его элементов, установки С. или для придания ему нек-рых особых свойств (прочности, плотности или безопасности); 2) электротехнич. материалы, служащие для подведения тока к источнику света и его питания, а в некоторых случаях и для трансформирования тока; 3) светотехнич. материалы, составляющие оптич. систему С. и перераспределяющие световой поток при отражении, преломлении или пропускании света. Строительные материалы чрезвычайно разнообразны. Наибольшим распространением пользуются металлы черные (листовое железо, чугунные отливки) и цветные (латунь, алюминий, медное, бронзовое литье, антикоррозийные сплавы). Металлич. светильники благодаря многочисленным способам внешней отделки и возможности придания всевозможных художественных форм и надежной защиты от коррозии составляют наиболее многочисленную группу С. В некоторых конструкциях в качестве строительных материалов применяется дерево. Художественно исполненные деревянные поделки могут до нек-рой степени служить для замены металла, главным образом в С. для освещения бытового, клубов и других помещений общественного пользования. Однако применение дерева для С. ограничено вследствие совершенного несоответствия этого материала для построения некоторых групп С. (для наружного освещения, помещений и мест сырых), т. к. конструкции С. состоят б. ч. из тонкостенных деталей, что не всегда м. б. достигнуто в случае применения дерева; кроме того деревянные С. в целях прочности их должны изготовляться довольно массивными при одновременной их сравнительной легкости по весу. В последнее время получили значительное распространение С. из майолики и фарфора. Эти материалы являются очень подходящими для построения С., предназначенных для службы в сырых помещениях, особенно в помещениях с едкими парами (травилки, отбельные), интенсивно разъедающими металл. Возможность придания фарфоровым и майоликовым деталям разных форм привела к



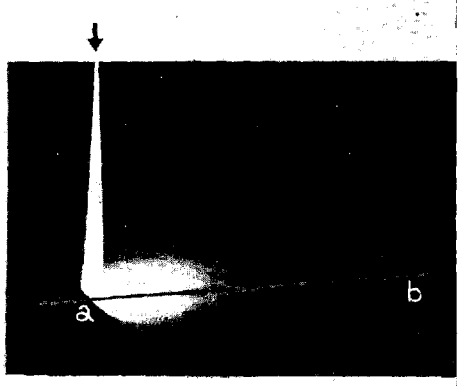
1



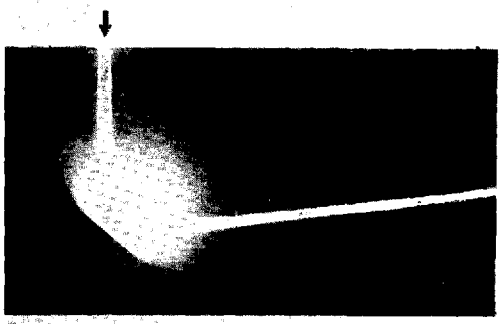
2



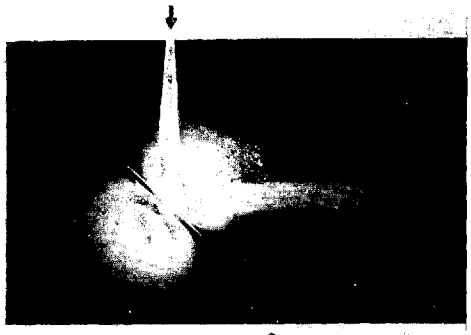
3



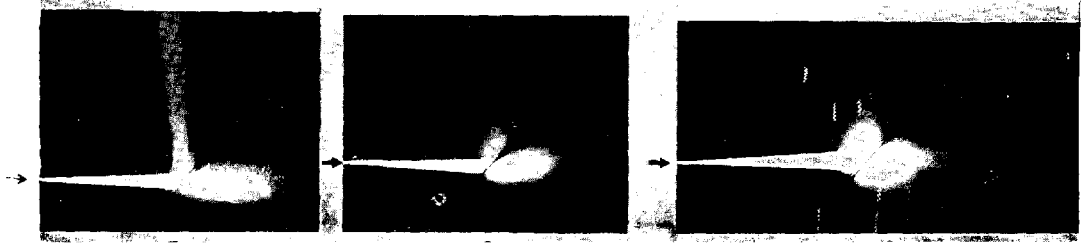
4



5



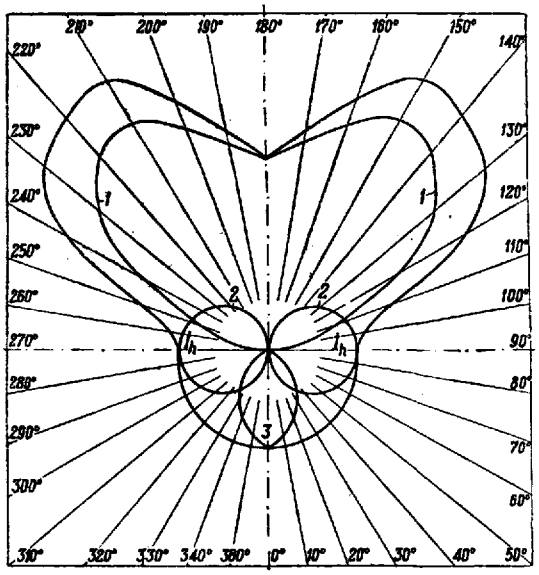
6



Т. Э.

колпак, дающий отражение по схеме а): делим площадь B (фиг. 27) на зоны 0—10°, 10—20° и т. д. горизонтальными прямыми; получим площади $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ и т. д., световые потоки в к-рых д. б. нами получены из площади $C-C'$. Откладываем на площади $C-C'$ последовательно сверху площади $\alpha', \beta', \gamma', \delta'$ и т. д. соответственно равным площадям $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ и т. д. Площади $\alpha', \beta', \gamma', \delta'$ и т. д. ограничат нек-рые зоны светового потока лампы, падающего на отражатель и получающего из каждой этой зоны отражение в зоны $\alpha, \beta, \gamma, \delta$; т. о. мы получаем направление падения того или иного луча лампы и направление отражения этого луча. Эти два условия позволяют построить элемент самой отражающей поверхности. Подобное построение производится в предположении, что источник света точечный; при всяком ином источнике света, в том числе при лампах накаливания, светящее тело будет отличаться от точки. На изменения в светораспределении С., к-рые происходят вследствие отличия формы светящегося тела от точки, вносятся поправки.

Коэфициент использования светового потока учитывает все потери, которые световой поток имеет на своем пути от источников света до места его использования. Коэф. использования



Фиг. 29.

зависит от 1) типа осветительного прибора (учитывая потери световой энергии в осветительных колпаках и рефлекторах и распределение светового потока в нижнее и верхнее полупространства); 2) коэф-тов отражения потолка и стен помещения; 3) геометрич. размеров освещаемого помещения и высоты подвеса источников света. Определение величины коэфициентов использования светового потока в различных установках и выяснение влияния упомянутых факторов были предметом многих экспериментальных работ (Гаррисон и Андерсен) [5]. В результате установлены приемы, позволяющие определять коэф-ты использования для различных случаев путем расчета. Любой осветительный прибор является комбинацией трех фиктивных приборов: одного для направленного света, второго для вполне отраженного света; кроме того Гаррисон и Андерсен ввели понятие о третьем фиктивном приборе «горизонтного» света, имеющего кривую светораспределения в виде двух касающихся в начале координат окружностей (фиг. 29). Для трех фиктивных приборов Гаррисон и Андерсен определили постоянные коэф-ты использования и указали метод получения коэф-тов использования для любого прибора, светораспределение к-рого составляется из трех вышеуказанных светораспределений фиктивных приборов. Метод определения величин коэфициентов использования для общего случая, когда данный осветительный прибор дает световой поток во все стороны, таков: если (фиг. 29) провести две касающиеся в начале координат окружности, диам. к-рых равен горизонтальной силе света, I_h данного прибора, и радиусы-векторы начерченной окружности вычесть из радиусов-векторов данной фотометрической кривой, получим три фиктивные кривые: одна *1* для отраженного света, вторая *2* для горизонтного света и третья *3* для направленного света. Т. о. мы уподобляем конкретный осветительный прибор комбинации трех приборов, вполне эквивалентных по действию исследуемому прибору, и очевидно, что коэф. использования суммарного светового потока составляется из коэф-тов использования трех фиктивных световых потоков исследуемого осветительного прибора. Величину светового потока, даваемого воображаемым прибором с горизонтной кривой светораспределения, исследователи определяют эмпирически в виде:

$$F'_h = \pi^2 I_h = 9{,}87\, I_h \cong 10\, I_h,$$

причем световой поток в равных долях заимствуется из верхней и нижней полусфер; т. о. $F'_{h\cup} = F'_{h\cap} \cong 0{,}5\, F'_h$. Если известны световые потоки $F_\cup$ и $F_\cap$ конкретного осветительного прибора, легко получить потоки двух остальных фиктивных приборов с кривыми направленного и отраженного светораспределения ($F'_\cup$ и $F'_\cap$), т. е.

$$F'_\cup \cong F_\cup - 0{,}5\, I_h$$

и

$$F'_\cap \cong F_\cap - 0{,}5\, I_h.$$

Коэф-ты использования для фиктивных потоков горизонтного и отраженного света даны в основных таблицах Гаррисона и Андерсена. Коэф. использования фиктивного светового потока нижней полусферы зависит от характера распределения светового потока в нижней полусфере. В этом отношении осветительные приборы разделены на три группы: широкого, среднего и концентрированного светораспределения в зависимости от величины фиктивного светового потока внутри зоны 0—40°, отнесенной к величине всего фиктивного потока нижней полусферы. Если это отношение заключается в пределах 0,35—0,40, то светораспределение широкое; если между 0,40—0,45—среднее и если между 0,50—0,55—концентрированное. Для каждой из этих трех групп также даны коэфициенты использования в основных таблицах Гаррисона и Андерсена. В табл. 6 приведены в качестве образца значения коэфициентов использования для одного С. в зависимости от коэф-тов отражения потолка и стен и т. н. индексов помещения. Индексом квадратного помещения называются отношения: $\frac{b}{2h}$ для С. прямого света и $\frac{3b}{4h'}$ для С. отраженного и рассеянного света, где b—сторона помещения в *м*, h—высота подвеса ламп над полезной плоскостью в *м*, h'—высота помещения

Табл. 6.—Коэфициенты использования для осветительного прибора «Универсаль» с полуматовым затенителем.

Коэф-ты отражения: потолка в %	10				30				50				70			
стен в %	10	30	50	70	10	30	50	70	10	30	50	70	10	30	50	70
Индексы помещения	Коэфициенты использования															
0,50	18	19	23	28	18	19	23	28	18	20	23	29	18	20	23	29
0,60	23	24	27	32	23	24	28	33	23	26	28	33	23	26	29	34
0,70	26	27	31	36	27	28	32	36	27	29	32	37	27	29	32	38
0,80	30	31	33	38	30	31	34	39	30	31	34	39	30	32	35	40
0,90	32	32	34	39	32	33	36	40	32	34	36	40	32	34	37	41
1,00	34	34	36	40	34	35	37	41	34	35	37	41	33	35	38	42
1,10	35	35	37	41	35	36	38	42	35	37	38	43	35	37	39	43
1,25	36	37	39	42	36	37	39	43	36	38	40	44	36	38	41	45
1,50	38	40	41	44	38	40	41	45	38	40	42	46	38	41	43	47
1,75	40	41	43	45	40	41	44	46	41	42	44	47	41	42	45	48
2,00	42	43	44	46	42	43	45	48	42	44	46	49	42	44	46	50
2,25	44	45	46	48	44	45	47	49	44	45	47	50	44	46	48	51
2,50	45	46	47	49	45	46	48	50	45	47	49	51	45	47	50	52
3,00	46	47	49	49	46	47	49	51	46	48	50	52	46	49	51	53
3,50	47	48	49	51	47	49	50	52	48	49	50	53	48	50	52	54
4,00	48	49	50	51	48	49	51	52	49	50	52	54	49	51	53	55
5,00	49	50	51	52	49	50	52	54	50	51	53	55	50	52	54	56

в *м*. Если помещение имеет в плане вид прямоугольника шириной b *м* и длиной l *м*, то из таблицы определяются коэф-ты использования η_b и η_l, соответствующие квадратным помещениям со стороны b и l. Для данного прямоугольного помещения индекс получится по ф-ле:

$$\eta_{b,l} = \eta_b + \frac{\eta_l - \eta_b}{3}.$$

Полные таблицы коэф-тов использования С. содержат данные, относящиеся к различным комбинациям потолков и стен с коэф-тами отражения 0,10—0,30 (темные), 0,30—0,50 (средние) и 0,50—0,70 (светлые).

Запыление и загрязнение С. Загрязнение осветительных арматур и ламп является весьма значительным фактором, влияющим на изменение освещенности; при этом, как показали опыты Клюэлла [8], загрязнение самих ламп имеет меньшее значение, чем загрязнение осветительных арматур (табл. 7).

Табл. 7.—Влияние загрязнения арматур и ламп на изменение освещенности.

Наименование данных		Конторские помещения		Фабричные помещения		
		низкие*1	высокие*2	низкие*3	средние*4	высокие*5
Потолок		Светлый		Темный	Светлый	—
Стены		Светлые		Темные	Светлые	Темные
Рабочие места		Конторки		Машины	Верстаки	—
Лампы	Арматура	Освещенность в % от начальной				
Загрязненные	Загрязненная	58*1	83*2	72*3	71*4	60*5
Чистые	Загрязненная	61*1	85*2	73*3	76*4	70*5
»	Чистая	100	100	100	100	100

*1 Чистка происходит каждые 14 недель. *2 Каждые 17 недель. *3 Каждые 9 недель. *4 Каждые 11 недель. *5 Каждые 13 недель.

Уменьшение кпд С. от загрязнения зависит от боров и в наиболее характерных помещениях в отношении условий загрязнения, нашли, что наиболее чувствительными к загрязнению являются С. для рассеянного и вполне отраженного света, особенно открытые сверху; менее чувствительны С. для прямого света, закрытые сверху; среднее положение между этими двумя группами занимают закрытые арматуры для рассеянного света. Если С. прямого света снабдить светорассеивающими стеклами, то в одних и тех же условиях загрязнения и за один и тот же срок их кпд понижается более значительно, чем при отсутствии светорассеивающего стекла. С., имеющие отверстия для вентиляции и улучшения охлаждения ламп, загрязняются быстрее. В течение первых 4—5 недель отмечается резкое уменьшение кпд приборов; после этого срока прибор приходит в такое состояние, что дальнейшее загрязнение гораздо меньше сказывается на кпд. Эти данные вполне подтвердились исследованиями светотехнич. станции фирмы Осрам [8].

Табл. 8.—Изменение кпд С. от загрязнения по неделям в %.

Тип С.	недели							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Прямого света . . .	100	93	90	88	87	87	87	86
Рассеянного света .	100	84	75	59	65	65	65	64
Вполне отраженного света	100	83	73	53	61	61	61	60

Практич. значение имеет вопрос о величине среднего кпд осветительных приборов в случае регулярной чистки их через определенные промежутки времени. Данные для характеристики этого положения представлены в табл. 9.

Табл. 9.—Среднее значение (в %) кпд С. при периодической регулярной чистке их.

Тип С.	Ежедневно	1 раз в неделю	1 раз в 2 недели	1 раз в месяц
Прямого света	100	97	92	90

вичные смолы и сульфат аммония. Полученный в этих печах двойной газ, составляющий смесь газа сухой перегонки с *водяным газом* (см.), хотя и обладает меньшей калорийностью, чем чистый С. г., но благодаря своей дешевизне и возможности использовать худшие сорта угля он имеет значительные перспективы дальнейшего развития, особенно при организации дальнего снабжения. Проблема дальнего снабжения играет большую роль также и при внедрении в потребление газа коксовых печей. Разрешение этой проблемы особенно нужно для Германии, где чрезвычайно важно найти потребителя для использования избыточного газа коксовых печей Рурской обл. Поэтому в Германии развивается дальнее газоснабжение, связанное с объединением в одну цепь газовых сетей отдельных городов. Осенью 1929 г. в Германии пущена в эксплоатацию газопроводная сеть высокого давления, охватывающая район длиной 300 *км* с З. на В. и 170 *км* с С. на Ю. Расход газа по этой сети равнялся 1 млрд. *м*³. Значительно развивалось за последнее предкризисное время дальнее снабжение газом и США.

Динамика потребления высококалорийного газа в европ. странах и США видна из табл. 6.

Табл. 6.—Общее количество выработанного и потребленного газа (в млн. *м*³).

Страны	1913 г.	1925 г.	1928 г.	% 1928 г. к 1913 г.
США	6 230	11 356	13 025	209
Великобритания и Ирландия	6 357	8 036	8 461	133
Германия	2 806	3 156	3 663	131
Франция	—	1 638	1 772	—
Бельгия	—	—	487	—
Голландия	469	498	570	122
Швеция	89	116	149	166
Норвегия	—	—	40	—
Италия	333	393	449	135
Швейцария	147	168	204	139
Австрия	225	284	349	155
Чехо-Словакия	—	80	96	—
Венгрия	—	96	100	—
Югославия	—	10,3	12,5	—
Япония	143	353	—	—

Душевое потребление (на 1 городского жителя) составляло в 1927 г. (в *м*³):

Англия	200—400	Бельгия	150—220
Германия	100—170	Италия	80—100
Голландия	100—130		

Среднегодовое душевое потребление газа за первые десятилетия текущего столетия в *м*³: в Лондоне—400, в Ньюкастле—300, в Бирмингаме—300, в Глазго—200, в Берлине—170, в Кельне—100, в Гамбурге—100, в Роттердаме—100, в Гааге—130, в Амстердаме—130, в Брюсселе—220. В Америке в городах потребляется преимущественно карбюрированный водяной газ. В 1927 г. там было городами потреблено (в млн. *м*³):

Каменноугольного газа	2 042
Карбюриров. водяного газа	7 600
Газа коксовых углей	2 380
Масляного газа	994

Потребление газа в СССР значительно отличается от потребления в капиталистич. странах. В последнее перед революцией время в России ок. 20 городов имели газовые з-ды. Перед войной 29 крупных газовых з-дов общественного пользования вырабатывали около 100 млн. *м*³. Из этих заводов после революции остался лишь один завод в Москве, к-рый в 1920 г. вырабатывал около 3 млн. *м*³. Рост и деятельность Московского газового завода видны из табл. 7.

Табл. 7.—Динамика потребления газа в Москве (в тыс. *м*³).

Годы	1925/26	1926/27	1927/28	1928/29	1929/30
Домашн. надобн.	8 300	10 000	13 000	16 500	19 500
% от общ. потр.	51,2	54,3	54,9	57,3	56
Промышленные надобности	5 100	6 000	7 600	9 100	12 400
% от общ. потр.	31,5	31,7	32	31,6	35,4
Уличн. освещен.	2 800	2 600	3 100	3 200	3 000
% от общ. потр.	17,3	13,9	13,1	11,0	8,6

Лит.: Материалы Всесоюзной топливной конференции М., 1932 г.; Молотов А., Газификация в социалистическом строительстве, М., 1931; Сазонов Н., К вопросу о путях реорганизации энергоснабжения Ленинграда, Л., 1931; Рокотян, Проблема газоснабжения Москвы и области, М., 1931; Иванов Н., Перспективы бытового газоснабжения Москвы, М., 1932; Лоханский И., Значение газовой промышленности в народном топливном хозяйстве, «Журнал химич. промышленности», 1927, *12*; Энциклопедия местного управления и хозяйства, М.; Gasindustrie, Handwörterbuch der Staatswissenschaft, B. 4, 1927; Die wirtschaftlichen Kräfte der Welt, Dresdener Bank, 1931. **К. Р.**

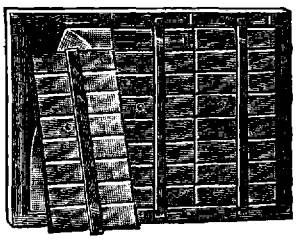
СВЕТОВОЙ ПРИБОР, устройство, излучающее свет и предназначенное для каких-либо осветительных целей, в соответствии с чем С. п. разделяются на осветительные (светильники и прожекторы), проекционные, лечебные (используют световой поток в видимой и невидимой частях спектра для лечебных целей) и сигнализационные. См. *Прожектор, Светильник, Фонарь проекционный, Электрическая сигнализация.*

СВЕТОКОПИРОВАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, размножение технич. чертежей при помощи специальных фотографич. процессов. Обычные фотографич. способы копирования для этой цели неприменимы 1) по своей дороговизне и 2) в виду сложности и длительности процесса изготовления копий; для размножения копий с технич. чертежей, исполняемых обычно на полотняной или бумажной кальке, восковке или пергаменте, пользуются поэтому более упрощенным методом, известным под названием *светокопирования* и основанным на свойстве солей окиси железа в соединении с каким-либо органич. веществом под влиянием солнечного или электрич. света переходить в закиси железа и изменять свою окраску. Так, если бумагу пропитать раствором красной кровяной соли ($FeCy_6K_4$), то она приобретает светочувствительность. После нескольких часов освещения на солнце или при посредстве другого источника света на бумаге, осветочувствленной красной кровяной солью, можно получить вполне отчетливую копию, промыв к-рую водой, можно фиксировать; прибавив в воду для промывки небольшую дозу нитросульфита, можно укрепить образовавшуюся при освещении копии берлинскую лазурь на волокнах бумаги. Если бумагу пропитать раствором лимоннокислого железа или лимоннокислого аммиачного железа, то она, высохнув, примет зеленовато-желтую окраску; при соответствующем освещении она становится цвета охры и даже светлосерой. Но если после самого непродолжительного освещения бумагу, пропитанную раствором лимоннокислого аммиачного железа, промыть в 10%-ном растворе красной кровяной соли, то на освещенных местах копии, т. е. на местах, к-рые на чертеже (кальке) не заполнены чертежом или надписями, получится осадок берлинской лазури; на этих местах соли окиси железа переходят в соли закиси железа, которые нерастворимы и плотно укрепляются на волокнах

бумаги. На неосвещенных местах, т. е. местах, к-рые на чертеже заполнены рисунком или надписями, соли окиси железа под действием красной кровяной соли не изменяются и, будучи легко растворимыми при промывании водой, смываются, и таким путем эти места остаются белыми. Следовательно при указанном методе копирования копия получается негативная, т. е. белыми линиями на темносинем фоне. Такое же действие красная кровяная соль оказывает на бумагу, осветочувствленную растворами щавелевокислого или виннокислого железа или же их вторичных солей.

В практике С. п. применяются более совершенные и удобные методы изготовления светочувствительной бумаги, дающие возможность быстрого и простого способа копирования чертежей. Самая чувствительная эмульсия для светокопирования м. б. получена при помощи щавелевой к-ты в форме щавелевокислого аммиачного железа. Можно осветочувствить бумагу смесями щавелевокислого аммиачного железа и красной кровяной соли; в этом случае при печатании освещенные места также получат синюю окраску, как и при отдельных растворах. В смешанных растворах из щавелевокислого или лимоннокислого аммиачного железа с красной кровяной солью на первый компонент нужно смотреть, как на основную светочувствительную часть, а на второй,—как на производящий только второстепенное синее окрашивание получившейся при печатании соли закиси железа. Простейший практич. способ приготовления светочувствительной бумаги (цианотипной бумаги) следующий: бумагу покрывают смесью равных частей нижеследующих двух растворов: а) воды 375 *см*³, хлорного железа (45° Bé) 8 *см*³, раствора аммиака 175 *см*³, виннокаменной кислоты 95 *г*; б) воды 375 *см*³, красной кровяной соли 80 *г*. Бумагу высушивают в темноте, затем копируют под чертежом, пока не появится рисунок, проявляют в чистой воде и высушивают. Кроме цианотипного способа светокопирования существует большое количество различных способов, из которых укажем следующие: 1) Позитивный способ Пеллеро, дающий рисунок синими линиями на белом фоне. Светочувствительная эмульсия приготовляется из 20 *см*³ 20%-ного раствора аравийской камеди, 8 *см*³ 50%-ного раствора виннокаменной кислоты и 5 *см*³ 50%-ного раствора хлорного железа. Образуется густая смесь, к-рая наносится на бумагу и высушивается. Копирование производят до появления рисунка белыми линиями на темном фоне, после чего копию промывают 20%-ным раствором желтой кровяной соли. При проявлении линии принимают интенсивную синюю окраску, а фон становится белым. Фиксируют копию в 10%-ном растворе соляной к-ты, растворяющей и удаляющей с бумаги остатки солей. После фиксирования отпечаток промывают и сушат. 2) Анилиновое печатание по Вильяму Виллису основано на том, что на неосвещенных местах бумаги, покрытой двухромовокислым калием и фосфорной к-той, при проявлении посредством паров анилина образуются анилиновые краски, дающие четкий рисунок зеленого, синего или красного цветов, в то время как на освещенных местах копии краски не образуются и фон остается белым. 3) Феррогалловый, или чернильный, способ, основанный на переходе солей окиси железа под влиянием освещения в соли закиси железа и образования под действием таннина на неосвещенных местах чернильного осадка, дающего четкий черный рисунок на белом фоне. 4) Весьма значительный интерес представляет т. н. озалидовая бумага; печатание на ней основано на переходе фенолов, входящих в состав эмульсии, под действием паров аммиака в азокраски (путем образования диазосоединений). Отпечатанная светокопия на озалидовой бумаге подвергается действию паров аммиака, и через несколько минут на копии появляется четкий рисунок на белом фоне. Окраска линий темносиняя, темнофиолетовая или же темнокоричневая. Эта бумага имеет то ценное преимущество, что проявление ее производится совершенно сухим способом, что имеет большое значение в смысле сохранения точных размеров копии относительно оригинала, в то время как др. бумаги, требующие применения воды или растворов для проявления, имеют свойство в той или иной степени деформировать.

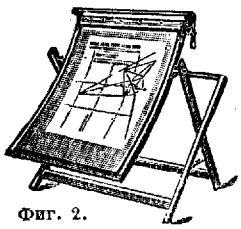
В наших условиях наибольшее распространение имеет цианотипный способ светокопирования, а также аммиачный, в основном вполне сходный с описанным выше озалидовым способом, с той лишь разницей, что проявление копий производится не парами аммиака, а смачиванием 10%-ным раствором двууглекислой соды. Фон и окраска аммиачной бумаги такие же, как и у озалидовой, равным образом эта бумага не деформируется, так как смачивание производится самое незначительное, и бумага тотчас же высушивается. Копирование светокопий производится при посредстве светокопировальной рамы (фиг. 1). На стекло светокопировальной рамы накладывают оригинал (калька) лицом книзу, на кальку кладут светочувствительную бумагу (светочувствительным слоем книзу), оригинал и бумагу покрывают толстым войлоком и закрывают крышкой, после чего раму выставляют под действие солнечных лучей или дневного света. Прижатие кальки и светокопировальной бумаги к стеклу достигается в обычных рамах с помощью листовых пружин, помещающихся на запирающих крышку брусках; очень удобный способ, дающий более легкие рамы, изображен на фиг. 2, здесь прижатие осуществляется натяжением матерчатой крышки на заднюю сторону вогнутого стекла; по этому же принципу делают очень легкие светокопировальные рамы, у которых чертежи прижимаются к выпуклой деревянной крышке натяжением целлюлоидного листа, заменяющего собой стекло. Для определения достаточной степени экспозиции открывают часть крышки рамы, отгибают войлок и смотрят светобумагу. В пневматич. светокопировальных рамах (фиг. 3) между крышкой и стеклом выкачивается воздух, вследствие чего бумага и оригинал плотно прижимаются к стеклу, чем достигается большая точность копии.

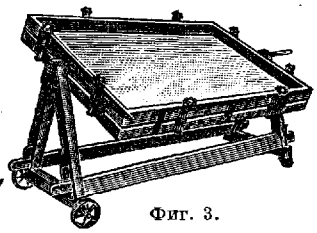


Фиг. 1.

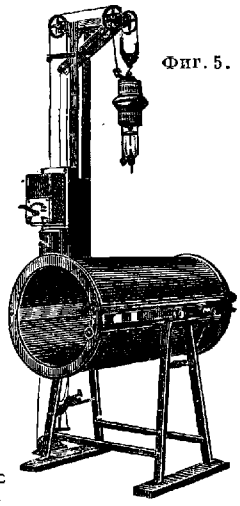
Пользование для целей светокопирования солнечным светом представляет значительные неудобства, т. к. не позволяет производить копирование в закрытом помещении, а также при отсутствии солнца (копирование при обычном

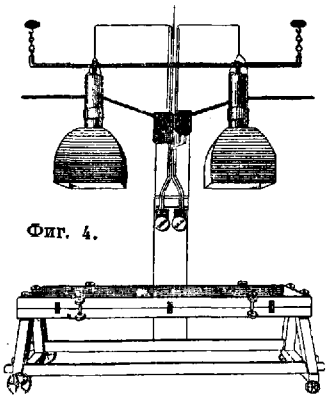
дневном свете происходит слишком долго). Поэтому для копирования чертежей удобнее всего


Фиг. 2.

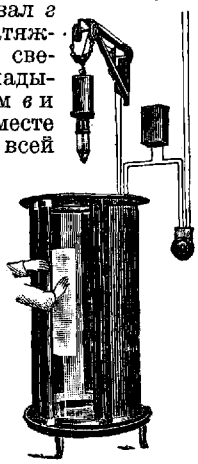

Фиг. 3.

пользоваться электрич. светом, в частности светом электромагнитных дуговых фонарей. На фиг. 4 показана установка, состоящая из светокопировальной рамы и двух дуговых фонарей с абажурами, свет к-рых направлен на раму и под действием к-рого происходит печатание копии, продолжающееся несколько минут в зависимости от степени прозрачности оригинала, светочувствительности бумаги и силы света фонарей. Вторым этапом механизации светокопировального дела является вертикальный цилиндрич. светокопировальный аппарат (фиг. 5), состоящий из двух зеркальных полуцилиндрич. стекол в металлич. раме. Стекла закрываются и застегиваются покрышкой из брезента. Для закладывания светочувствительной бумаги и оригинала цилиндр поворачивается на своей оси и ставится в горизонтальное положение (фиг. 5). Оригинал накладывают на стекло, на него кладут светочувствительную бумагу и затягивают покрышкой. Затем заправляют вторую сторону цилиндра. Для печатания цилиндр ставят в вертикальное положение и сверху опускают дуговой фонарь, к-рый проходит вовнутрь цилиндра и освещает копии. Опускание фонаря производится при помощи часового механизма, имеющего специальное приспособление для регулирования скорости опускания.

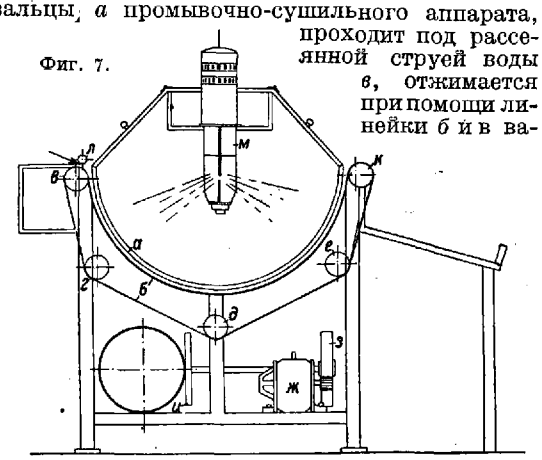

Фиг. 5.


Фиг. 4.

Более совершенный тип вертикального аппарата представляет собой изображенный на фиг. 6 светокопировальный аппарат «Феникс». В этом аппарате, снабженном электромотором, цилиндр вращается вокруг своей оси. По своей вертикальной плоскости цилиндр охвачен бесконечной лентой из брезента, к-рая при вращении цилиндра также вращается в противоположную сторону на двух валиках. Оригинал и светочувствительная бумага закладываются между стеклом цилиндра и транспортером из брезента, по мере их вращения проходят по всей от дугового фонаря, и выходят в отпечатанном виде с другой стороны транспортера. Наиболее удобным и мощным по своей производительности является изображенный на фиг. 7 и 8 светокопировальный аппарат горизонтального типа. В этом аппарате полуцилиндрическое зеркальное стекло *а*, укрепленное в металлич. раме с войлочными прокладками, расположено выгнутой своей плоскостью внизу и по всей поверхности охвачено транспортером *б* из бесконечной ленты прорезиненного брезента. Транспортер вращается на четырех деревянных валах *в*, *г*, *д*, *е*, приводимых в движение электромотором *ж*, соединенным при посредстве шкива *з* и дисковой переменной передачи *и* с ведущим (выходным) валом *к*. Натяжной вал *г* служит для регулирования натяжки транспортера. Оригинал и светочувствительная бумага закладываются между передним валом *в* и направляющим валиком *л* и вместе с транспортером проходят по всей поверхности стекла, подвергаясь при прохождении действию света дуговых фонарей *м*, установленных внутри аппарата и количество которых определяется от двух до четырех фонарей на аппарат. Скорость прохождения в аппарате не превышает одной минуты и обусловливается степенью плотности оригинала и светочувствительностью бумаги. Производительность горизонтального светокопировального аппарата достигает свыше 100 *м*² светокопий в час. Проявление отпечатанных светокопий производится в специальной ванне. Промытые светокопии развешиваются в сушилке. Вопрос полной механизации С. п. разрешен универсальным промывочно-сушильным аппаратом сист. Беневоленского (фиг. 9). В указанном аппарате, соединенном со светокопировальным аппаратом цепной передачей и работающем на одном рабочем ходу, рулон светочувствительной бумаги, отпечатанный на светокопировальном аппарате, непосредственно заправляется в тяговые вальцы *а* промывочно-сушильного аппарата, проходит под рассеянной струей воды *в*, отжимается при помощи линейки *б* и в валиках и поступает на транспортер *г*, представляющий собой две бесконечные цепи Галля, перемещаемые шестернями и соединенные


Фиг. 6.

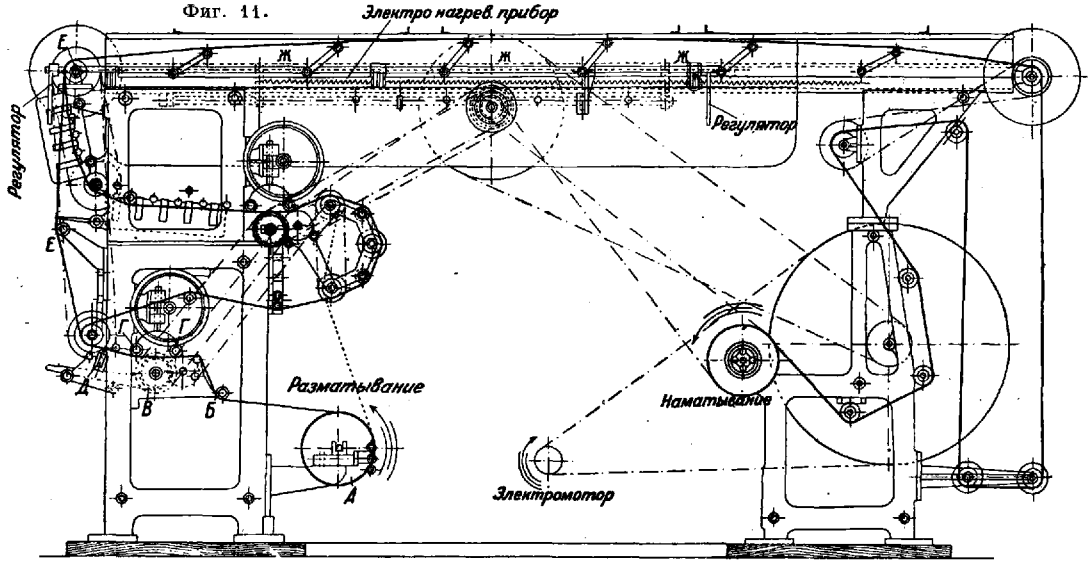
Фиг. 7.



цели цинковые или алюминиевые пластины покрывают светочувствительным раствором; на пластину накладывают оригинал (кальку), который вместе с пластиной закладывают в копировальную раму и выставляют на несколько минут под действие света дуговых фонарей. Для покрытия светочувствительным раствором пластину предварительно промывают водой, затем шлифуют на специальном станке, вытирают насухо и покрывают светочувствительным раствором. Раствор приготовляют из двух составов: а) 100 *г* белого гуммиарабика в 500 *см*³ воды и 10 *см*³ аммиака (уд. в. 0,91); б) 100 *г* двухромовокислого аммония $(NH_4)_2Cr_2O_7$ в 500 *см*³ воды и 10 *см*³ аммиака до получения светложелтой окраски. Одинаковые части вышеуказанных растворов смешивают и к ним прибавляют небольшое количество виноградного сахара, благодаря чему облегчается проявление. Пластину покрывают светочувствительным раствором, вставляют в закрытую центрифугу, где происходят выравнивание нанесенного слоя и сушка пластины при $t°$, не превышающей 70°. Светочувствительный раствор, как и приготовленную пластину, необходимо использовать в тот же день, т. к. светочувствительная эмульсия продолжительного хранения не выдерживает. При копировании рисунок резко появляется в коричневых тонах. Пластина затем проявляется в смеси из 50 *см*³ глицерина и 3 *см*³ конц. серной к-ты. Проявление производится путем обтирания пластины в указанном растворе до тех пор, пока появятся серебристо-белые линии, после чего протирают 3—4 раза денатурированным спиртом и полотняной тряпочкой. Печатание производится на обычной белой бумаге на специальных станках «Шварц-пресс» либо на обычных литографских машинах со специально приспособленным высоким талером. Этот способ имеет широкое распространение для печатания технич. чертежей, альбомов и пр.

Лит.: Беневоленский С., Светокопировальное производство, Москва, 1932; Eder J. M., Ausführliches Handbuch d. Photographie, B. 4, T. 4, Die Lichtpausverfahren, die Platinotypie und verschiedene Kopierverfahren ohne Silbersalze, Halle a/S., 1929; Wandrowsky W., Die Lichtpauseverfahren, Berlin, 1920; Spörl

Фиг. 11.



СВЕТОКОПИРОВАЛЬНЫЕ АППАРАТЫ, см. *Светокопировальное производство.*

СВЕТОФИЛЬТРЫ, среды, обладающие различной прозрачностью в различных участках оптич. спектра; применяются для изменения спектрального состава излучения, распространяющегося от источника. С. бывают газовые, жидкие и твердые. В том случае, когда прозрачность обусловлена абсорбцией вещества, С. носят название а б с о р б ц и о н н ы х; на практике в большинстве случаев употребляются именно такие С.

А б с о р б ц и о н н ы е С. У всякой светопрозрачной среды коэф. пропускания является ф-ией длины волны: $T = T(\lambda)$ (см. *Поглощение света*). Благодаря этому среда в проходящем белом свете кажется, вообще говоря, окрашенной. Поглощение, особенно сильное в определенном спектральном интервале, носит название и з б и р а т е л ь н о г о; величина коэф-та поглощения $k(\lambda)$ по длинам волн определяется в классич. теории собственными частотами молекул среды—положением собственных полос поглощения. У ряда веществ $k(\lambda)$ мало изменяется в зависимости от λ на значительном участке спектра, претерпевая резкое изменение на небольшом интервале длин волн. По виду кривых поглощения м. б. дана к л а с с и ф и к а ц и я С. По К. Джибсону все С. делятся на три класса. К л а с с 1. Большое поглощение в области λ, имеющих нек-рое значение λ_c и сильное пропускание в области $\lambda > \lambda_c$. Область $0{,}002\ \mu < \lambda < 0{,}120\ \mu$ не пропускается твердыми телами и жидкостями. Обычное стекло имеет границу пропускания около $\lambda_c = 0{,}3 \div 0{,}4\ \mu$, вода ок. $\lambda_c = 0{,}17\ \mu$. Из обычных газов H_2 наиболее прозрачен в этой области. С. с границей пропускания в области 0,2—0,35 μ м. б. получен применением нек-рых органич. жидкостей. В области 0,3—0,7 μ очень удобны растворы многих солей и органических красителей. Весьма употребительно прокрашивание последними желатиновых пленок. В качестве фильтров, пропускающих инфракрасную часть и не пропускающих видимой области, применяются раз-

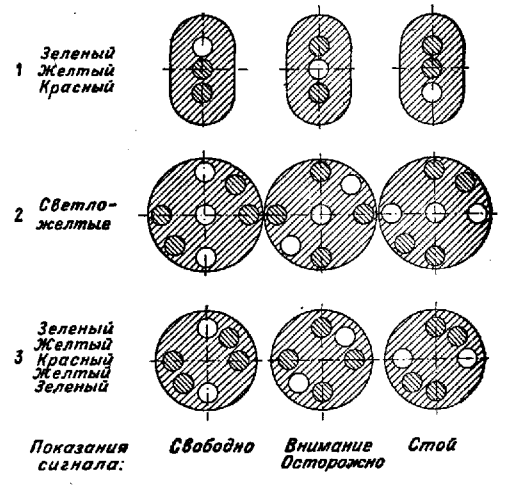
каливания и приравнять распределение энергии в ее спектре к дневному. Эта краска тем более интересна, что она одна из немногих полностью поглощает красную и желтую части спектра. Кривая *III* изображает берлинскую лазурь, но в двойной (по сравнению с *II*) концентрации. На фиг. 4 изображено изменение кривой чувствительности калиевого фотоэлемента (обработанного серой) с помощью С. для приравнивания ее к средней кривой чувствительности (видимости) глаза: *I*—кривая чувствительности глаза, *II*—спектральной чувствительности фотоэлемента KS, *III*—пропускания С., *IV*—кривая чувствительности фотоэлемента со С. Рецепт этого светофильтра: Chrysoidin (хризоидин)—0,34Н; Diamantrot (алмазнокрасный) — 0,14Н; Eosin (эозин)—0,019Н.

3. С. субстрактивные поглощают лишь небольшую область, оставляя без изменения остальной спектр. Примером такого селективного поглощения являются краски группы эозиновых, поглощающие участок спектра 490—560 *mμ*. Меньшее распространение имеют неабсорбционные С., поэтому мы укажем лишь нек-рые типы таких С., т. к. они имеют принципиальный интерес. 1) Монохромы Христиансена. Истолченное стекло насыпается в плоскопараллельную кювету и заливается жидкостью с таким же показателем преломления, напр. смесью α-бромнафталина с кедровым маслом. Благодаря разности дисперсий показатели преломлений стекла и жидкости точно совпадают лишь для какой-нибудь определенной длины волны. В обе стороны от этой точки показатели преломления быстро расходятся. Сквозь такую смесь без потерь пройдет свет только той длины волны, для к-рой показатели преломления стекла и жидкости совпадают; все же остальные лучи благодаря многократным отражениям рассеются в стороны, причем рассеяние будет тем больше, чем оно дальше от точки совпадения показателей преломления. В проходящем свете такая среда будет окрашенной. Вейгерт предлагает на этом принципе сделать монохроматор. При нагревании кривая дисперсии жидкости смещается значительно быстрее, чем стекла, поэтому точка пересечения этих кривых, т. е. точка равенства показателей преломления, будет передвигаться по спектру. Благодаря этому пропускаемый монохромом участок спектра будет тоже перемещаться по спектру. Т. к. процесс вполне обратимый, то, окружив смесь электрич. печкой, $t°$ этой печки можно проградуировать на длину волны пропускного света. 2) С., основанные на вращательной дисперсии (см. *Вращение плоскости поляризации*), представляют удобства для плавного передавания пропускаемого участка по спектру. Между скрещенными николями ставится вещество, обладающее вращательной дисперсией: раствор сахара или кварцевый клин (оптич. ось кварца вдоль хода луча). Двигая клин, т. е. меняя толщину кварца, мы будем менять пропускаемый всем прибором участок спектра. 3) Поляризационный С. сист. Вуда предложен Вудом для отделения двух близких участков спектра: пример разделения двух линий натрия D_1 (λ=5890 Å) и D_2 (λ = = 5896 Å). Свет натриевого пламени пропускают через поляризатор, после этого на пути хода лучей линейно поляризованного света ставят двоякопреломляющую пластинку, напр. кварца (оптич. ось параллельна плоскости пластинки). Вследствие двойного лучепреломления свет, выходящий из пластинки, будет эллиптически поляризован и при определенных толщинах в частности линейно поляризован. Вследствие дисперсии двойного преломления другая спектральная линия будет при той же толщине иметь другую эллиптич. поляризацию, в частности при определенных толщинах будет также линейно поляризованной, но в плоскости, образующей прямой угол с поляризацией первой спектральной линии. Т. о. плоскости поляризации двух линий по выходе из кристаллич. пластинки повернуты одна относительно другой на прямой угол, и поворотом анализатора можно по желанию пропускать одну или другую спектральную линию. Подбирая толщину пластинки, можно в любой степени ослабить одну из линий, пропуская полностью другую, напр. для линий D_1 и D_2, чтобы погасить одну из них до 1%, толщина пластинки кварца д. б. 32 *мм*. Это один из наиболее совершенных С. для разделения очень близких линий.

Лит.: Гюбль А., Светофильтры, пер. с нем., М., 1930; Гольдберг Е., Образование фотографич. изображения, пер. с нем., М., 1929; Справочник: Физико-технические таблицы Т. Э., т. V, VI и VII; Гюбль А., Свойства и применение фотографич. фильтров, «Вестн. фотографии», М., 1915; Потапенко Г. В., Теория и техника исследования пленочных светофильтров, «Журн. русск.-химич. о-ва», М., 1916, т. 48, 4; Гинзбург В. и Левин Б., Желатиновые светофильтры советского производства, «Журнал техн. физ.», 1932, т. 2, стр. 1053; Hübl A., Die Lichtfilter, 3 Aufl., Halle a/S., 1917; Weigert F., Optische Methode in d. Chemie, Leipzig, 1927.

В. Гинзбург.

СВЕТОФОР, сигнальный прибор, дающий и днем и ночью показания при помощи луча света. Применяются С. на ж. д., городских ж. д., на пересечениях ж.-д. путей с дорогами и на улицах для регулирования движения. С. может применяться как при автоматич. регулировании движения, так и при неавтоматическом. Его лучи должны попадать во все точки, где может находиться человек, к-рый должен воспринять сигнал. Расстояние, на к-ром д. б. виден С., его видимость, зависит от тормозной длины поезда или автомобиля и не д. б. меньше

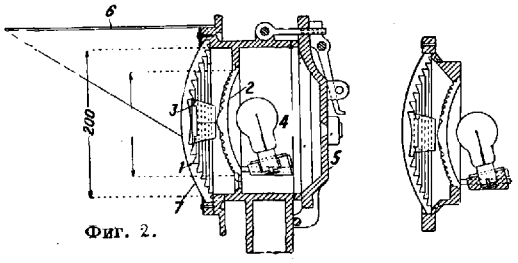


Фиг. 1.

ее. Эта видимость д. б. обеспечена для наиболее светлого дня. В течение всего остального более темного времени видимость будет значительно лучше, в чем и заключается одно из преимуществ С. перед семафорами. Ночью имеется такой большой излишек силы света, что ее можно понизить, уменьшая напряжение. С. виден тем

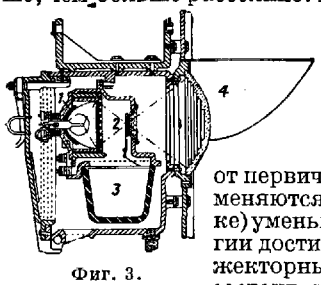
лучше, чем темнее фон, на к-ром он находится. Для уменьшения необходимой силы света огни С. располагаются на сравнительно небольшом черном щите (площадь 1 *м*²), служащем ближайшим фоном. Применяются следующие системы светофорной сигнализации: 1) показания даются цветом огня, одного или нескольких; 2) показания даются положением нескольких «белых» огней; 3) показания даются цветом и положением нескольких огней (фиг. 1). В СССР применяется только первая система. Щиты с одним или несколькими фонарями могут быть укреплены на мачте, рядом с путем, на мостике или подвесе над путем и на низком фундаменте рядом с путем. Конструкции мачт, мостиков и т. д. должны исключать возможность отклонения фонаря от первоначально установленного положения.

В качестве примера конструкции семафорного фонаря для ж. д. рассмотрим линзовый С. (фиг. 2). Фонарь состоит из бесцветной линзы



Фиг. 2.

Френеля *1*, цветной линзы Френеля *2*, отклоняющейся вставки *3*, прецизионной лампы с концентрированной нитью *4*, чугунного кожуха *5* и козырька *6*. Линзы прессованные. Нить лампы помещена в фокусе линзовой системы, которая дает примерно тысячекратное усиление силы света лампы и рассеяние луча в ~3°. Во избежание ложных показаний сигнала от отраженных лучей солнца, позади линз нельзя ставить зеркал для усиления силы света. При установке С. на кривых пути такое рассеяние недостаточно. Для его увеличения перед линзами ставится еще рассеивающее стекло *7* с рассеянием 10° или 20° в горизонтальном направлении. В яркий солнечный день видимость такого С. без рассеивающего стекла, при высоком качестве цветного стекла и линз и удельном расходе ламп ~1,2W/св., равна: 1 200 *м* при 40 W и 10 V; 1 000 *м* при 18 W и 8 V; 700 *м* при 10 W и 8 V. С рассеивающим стеклом видимость тем меньше, чем больше рассеяние. Каждый фонарь дает один цвет. Изменение цвета С. производится при помощи реле, включающего тот или другой фонарь.



Фиг. 3.

При питании С. от первичных элементов (применяются при автоблокировке) уменьшения расхода энергии достигают, применяя прожекторный С. (фиг. 3). Он состоит из эллиптич. зеркала *1*, линзы *4*, прецизионной лампы с концентрированной нитью, расположенной в одном из фокусов зеркала, сектора *2* с двумя или тремя цветными стеклами, расположенного в другом фокусе зеркала, к-рый совпадает с фокусом линзы, реле *3*, устанавливающего положение сектора и цвет огня. Отраженный свет не может вызвать ложного сигнала. В яркий солнечный день видимость такого светофора: 1 200 *м* при 10 W и 6 V; 575 *м* при 3 W и 6 V. При установке на кривых применяются также рассеивающие стекла. Для правильной работы светофорные фонари д. б. отрегулированы после монтажа так, чтобы максимальная сила света попала в точку, где впервые д. б. воспринят сигнал. Регулировка производится при помощи бракета с телескопом. С. с меньшей видимостью, напр. уличные, могут иметь более простую оптику и нормальные лампы. С. для регулирования уличного движения состоит из неглубокого параболич. зеркала, нормальной газонаполненной лампы 60 W и 120 V, цветного стекла и рассеивающего стекла.

Лит.: Озолин И. Х. и Момма А. А., Светофорная сигнализация, М., 1931; Jolley L. B., Waldram J. M., Wilson G. H., The Theory a. Design of Illuminating Engineering Equipment, p. 427—446, L., 1930; Buddenberg, Ueber Lichttages Signale bei der Reichsbahn, «Verkehrstechnische Woche», B., 1929, H. 15—22.

И. Озолин.

СВЕТЯЩИЕСЯ СОСТАВЫ, люминофоры, искусственно приготовленные составы, обладающие б. или м. продолжительным свечением (фосфоресценцией), возбуждаемым различными радиациями как световыми, так и корпускулярными (см. *Люминесценция*).

Получение «светящихся камней» было известно очень давно китайцам (976 г.). В Европе впервые в начале 17 в. на явление фосфоресценции обратил внимание алхимик Винченто Кашиоролло, к-рый при поисках философского камня прокаливал тяжелый шпат из горы Монте-Патерно около Болоньи и получил вещество, названное «болонским камнем»; затем появились другие С. с., а в конце 19 в. Бальмен изобрел состав, к-рый превосходил качеством остальные. Сидо получил С. с. из сульфида цинка. После установления Вернейлем причины свечения «бальменовской краски» и исследования С. с. Ленардом и его сотрудниками изучение явления фосфоресценции стало на твердую научную базу.

По теории Ленарда свечение С. с. связано с фотоэлектрич. активностью вещества: под действием радиации выделяются электроны и С. с. приобретает положительный заряд, локализованный в отдельных областях—центрах, состоящих из нек-рых молекулярных групп. Электроны, выбрасываемые из металлич. атомов центра, задерживаются атомами серы или другого вещества либо находятся между окружающими атомами. При возвращении электронов получается явление фосфоресценции. Ленард считает, что для каждой полосы спектра свечения имеется ограниченный $t°$-ный участок, на протяжении к-рого происходит фосфоресценция, а вне этого участка оно перестает быть деятельным. Инфракрасные лучи и подогревание увеличивают частоту столкновений в фосфоре и облегчают возвращение электронов, чем усиливается яркость свечения и уменьшается его продолжительность. В нек-рых случаях красные и инфракрасные лучи тушат свечение, т. е. уменьшают его «световую сумму». Необходимым условием возникновения фосфоресцирующего центра является его кристаллич. структура, как следует из данных рентгеновского анализа фосфоров. В теории, недавно предложенной Томашеком, предполагается, что металлич. атом центра внедряется в кристаллич. решетку сульфида (или другого соединения), сильно деформируя ее и разрыхляя. Эта деформированная решетка начинает поглощать свет, являясь т. о. первичным аккумулятором световой энергии в фосфоре. При поглощении света в решетке происходит внутренний фотоэлектрич. эффект. Время, протекающее между выбрасыванием электрона и его возвращением, определяет в основном длительность фосфоресценции. При возвращении электрона в решетку энергия последней передается металлич. атому, к-рый, возбуждаясь, излучает затем через очень короткое время квант света, соответствующий фосфоресценции. Так. обр. по Томашеку поглощающая и излучающая части центра разъединены, причем роль первой играет кристаллич. решетка, роль второй—металлич. атом. В некоторых случаях металлич. атом поглощает свет непосредственно, излучая его через очень короткое время, при этом получается кратковременное свечение (флуоресценция). Изложенные представления являются только качественными гипотезами; до сих пор нет точной теории С. с. несмотря на колоссальный точный экспериментальный материал, касающийся спектров излучения и возбуждения фосфоров, их законов затухания и других особенностей.

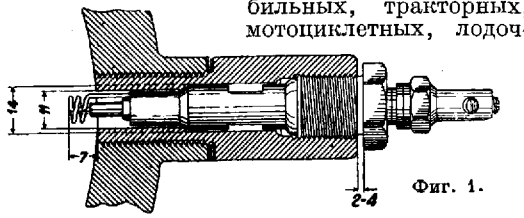
Все известные фосфоресцирующие вещества м. б. разделены на два класса: сложные фосфоры, фосфоресценция к-рых обязана нали-

чию в основном веществе следов определенных элементов или соединений, и простые С. с., к-рые в чистом виде обладают люминесцирующими свойствами. С. с. первого класса представляют собою твердые растворы, состоящие из о с н о в а н и я — главной массы основного вещества, ф о с ф о р о г е н а—ничтожно малого количества активного металла или соединения, присутствие к-рого дает явление свечения, иногда широко применить в различных областях жизни, напр. для освещения помещений холодным светом, для вывесок, надписей и т. д. Однако, так как яркость фосфоресценции сравнительно слаба и кроме того свет виден лишь в ближайшее время после освещения, то после дневной зарядки состав разряжается в период сумерек и к моменту наступления темноты свечение незаметно. С. с. могут быть примене-

смешивают в ступке с нужным количеством фосфорогена, а затем осторожно прокаливают в платиновой чашке, пока периодически охлаждаемый состав не покажет яркого свечения. В качестве фосфорогена применяются: фенантрен (1 : 100) дает зеленое свечение, ангидрид фталевой к-ты (1 : 500)—голубовато-фиолетовое свечение, натрийфлуоресцеин (1 : 3 000) — голубовато-зеленое свечение и др.

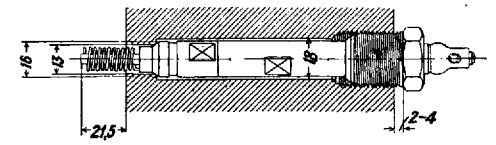
Лит.: Богоявленский Л., Светящиеся составы постоянного действия, П., 1919; Иванов В., Светящиеся краски, П., 1917; Жиров Н., Об изготовлении фосфоресцирующих веществ, «Журнал прикладной химии», Л., 1929—30, т. 2, 3, вып. 1—5; Lenard P., Schmidt P. u. Tomaschek R., Phosphoreszenz u. Fluoreszenz, Handb. d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 23, T. 1—2, Lpz., 1928; Berndt G., Radioaktive Leuchtfarben, Brschw., 1920; Rhode B., Die technische Herstellung phosphoreszierender Substanzen, «Ch.-Ztg», 1930, *39*, p. 369; Guntz A., Étude sur les sulfures de zinc phosphorescents, «Annales de Chimie», P., 1926, t. 5, 6; Fox J., «The Chemical Trade Journal a. Chemical Engineer», L., 1928, November; Wanino L., Leuchtfarben, Ullm. Enz., 2 Aufl., B. 7; Marckwald W., Radioaktivität, ibid., B. 9, 1 Aufl; Tomaschek R., Über den Phosphoreszensvorgang, «Sitzungsberichte d. Gesellschaft zur Beförderung d. gesamten Naturwissenschaften zu Marburg», B., 1929, B. 63, H. 4. **А. Кучеровский.**

СВЕЧИ ЗАЖИГАТЕЛЬНЫЕ (электрические), приборы, служащие для воспламенения горючей смеси в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания (авиационных, автомобильных, тракторных, мотоциклетных, лодочных и т. д.). Различают 2 основных вида С. з.: калильные и искровые. Зажигательное действие калильных С. з. основано на соприкосновении накаленной части С. з. с горючей смесью. Вследствие соприкосновения частицы горючей смеси, нагреваясь до $t°$ вспышки, воспламеняются, и зажженная так. обр. небольшая часть горючей смеси производит зажигание в виде взрыва остальной ее части. В калильных С. з. накаливающим телом служит металлич. проволока в виде спирали; накаливание этой спирали производится посредством электрич. тока. Другим видом источника тепла, могущего производить нагрев горючей смеси до $t°$ воспламенения и зажигать смесь, является искра. Искровая С. з. представляет собою особый вид электрич. разрядника; прикладывая источник высокого напряжения к электродам разрядника, можно получить между ними искру и ею воспламенить горючую смесь, если этот разрядник поместить в камере сгорания. Калильные С. з. применяют гл. обр. для пуска в ход двигателей, работающих на тяжелом (черном) топливе. Искровые С. з. в настоящее время являются основным зажигательным прибором для всех двигателей внутреннего сгорания, работающих на карбюрированном топливе.

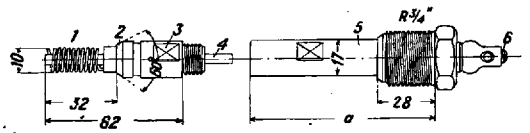


Фиг. 1.

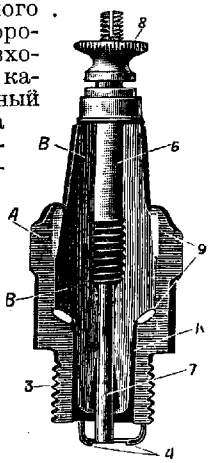
Устройство калильных С. з. Калильная С. з. (фиг. 1) состоит из штифтообразного корпуса, имеющего с одной стороны резьбу и шестигранную головку внутреннего контактного стержня, изолированного от корпуса свечи, контактной головки и спирали, один конец к-рой соединяется с корпусом С. з., а другой с центральным контактным стержнем. Спираль под действием электрич. тока и горящих газов подвергается сильному нагреву; поэтому во избежание перегорания спираль должна изготовляться из металлов или сплавов, стойких в отношении влияния высоких $t°$ и разрушительного действия газовой коррозии. В качестве



Фиг. 2.



металла для калильной спирали применяют чистый никель, в ответственных же случаях—платину. Калильную С. з. ввертывают в стенку головки цилиндра двигателя. Если стенка цилиндра тонкая, то гнездо для калильной С. з. удлиняется посредством втулки, ввертываемой в стенку цилиндра (фиг. 1). Подвод тока к спирали производится посредством кабеля; кабельный наконечник прикрепляется к головке С. з. при помощи винта; обратным проводником для тока служат корпус С. з. и масса двигателя. На фиг. 2 изображены калильные С. з. штепсельного типа; они состоят из двух частей: штепсельного держателя *5* и калильного штепселя *3*. Первая часть калильной С. з. выполнена в виде стальной полой трубки; наружная часть этой трубки с одного края несколько уширена и снабжена резьбой и шестигранником. В полость трубки вставлен изолированный стержень; он имеет с одной стороны головку с шурупом *6* для присоединения кабельного наконечника, а с другой стороны—гнездо, в к-рое должен входить контактный штифт *4* калильн. штепселя *3*. Калильный штепсель состоит из корпуса с конич. заточкой *2*, проволочной спирали *1*, к-рая одним концом соединяется с корпусом, а другим с контактным штифтом *4*. Корпус штепселя ввертывается в штепселедержатель *5*. Для удобства ввертывания калильного штепселя в держатель на корпусе штепселя в теле держателя сделаны прямоугольные запилы. В собранном виде калильная С. з. ввертывается в стенку цилиндра двигателя внутреннего сгорания.

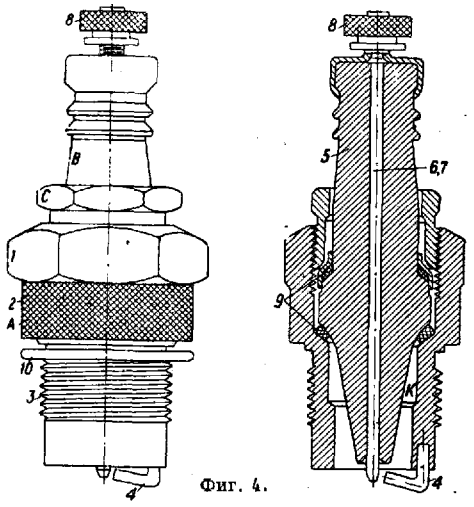


Фиг. 3.

Герметичность достигается путем плотного сопротивления конич. заточки корпуса штепселя с конич. выточкой в гнезде для С. з. в стенке цилиндра. Питание калильной С. з. осуществляется от аккумуляторной батареи напряжением в 2 или 10—12 V. Потребляемая мощность калильной С. з. составляет 30—200 W. Вес зажи-

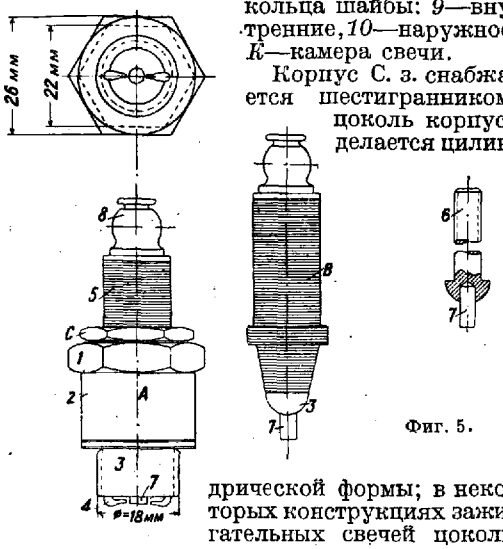
гательной свечи колеблется в зависимости от ее размера от 0,1 до 0,35 *кг*.

Искровые С. з. Для двигателей внутреннего сгорания, работающих на карбюрированном топливе, применяют исключительно искровые С. з. По своему устройству искровые



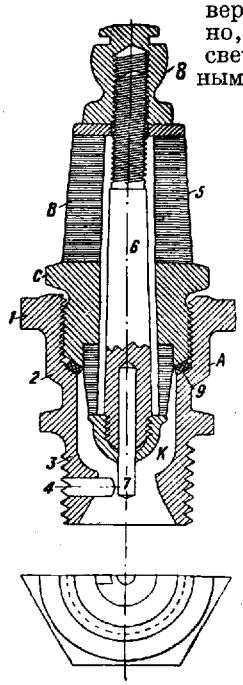
Фиг. 4.

С. з. бывают разборные и неразборные. Первые м. б. разобраны без разрушения материала и без нарушения каких-либо постоянных соединений. В этих С. з. внутренняя часть (изолированный центральный электрод) вынимается из корпуса путем отвертывания нипеля, гайки и т. д. В неразборных С. з. внутренняя часть ее (сердечник) закреплен в корпусе наглухо. На фиг. 3—7 приведены чертежи, на основании которых можно получить представление о деталях устройства С. з. На этих фигурах: *А*—корпус свечи: *1* — шестигранник, *2* — цоколь, *3* — ввертная часть, *4* — электрод массы; *Б* — сердечник: *5*—изолятор, *6*—центральный стержень, *7*—центральный электрод, *8*—контактная головка свечи; *С*—нипель; *В*—уплотнительные кольца шайбы: *9*—внутренние, *10*—наружное; *К*—камера свечи.

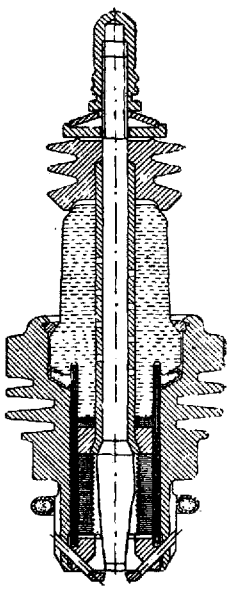


Фиг. 5.

Корпус С. з. снабжается шестигранником; цоколь корпуса делается цилиндрической формы; в некоторых конструкциях зажигательных свечей цоколь и шестигранник для усиления охлаждения делаются с ребрами. Корпус С. з. имеет внизу резьбу; ввертной частью С. з. входит в гнездо цилиндра двигателя. Нормальные размеры диам. резьбы ввертной части корпуса С. з. 18 *мм* и $^7/_8$, высота ввертной части обычно бывает 12—15 *мм*. В нек-рых С. з., применяемых гл. обр. для двигателей с небольшой степенью сжатия, ввертная часть имеет цилиндрич. удлинение (юбку, см. фиг. 4). Цоколь корпуса в большинстве случаев бывает цилиндрич. формы; для лучшего охлаждения С. з. он также снабжается ребрами или делается рифленым. Высота цоколя нормально 12—15 *мм*; если же в стенках цилиндра гнезда для ввертывания С. з. утоплены, то высоту цоколя приходится брать большей, до 25 *мм*. Материалом для корпуса С. з. служит гартованное железо или сталь; кроме того для приготовления корпуса употребляется латунь и медь. Ранее меди и латуни часто отдавалось предпочтение перед сталью в качестве материала для корпуса С. з.; это мотивировалось тем, что при применении меди и латуни, обладающих большей теплопроводностью, можно достигнуть лучшего охлаждения С. з. Результаты же опытов, приведенных за последние годы, показывают совершенно обратное, а именно, что $t°$ внутренней части свечи с медным или латунным корпусом выше, чем при



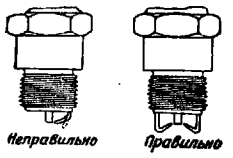
Фиг. 6.


Фиг. 7.

стальном. Это явление объясняется тем, что при отводе тепла на пути из более теплопроводного материала получается меньший перепад $t°$; т. о. при одной и той же разности $t°$ внутренней части свечи и гнезда для свечи в стенке цилиндра остальная часть падения $t°$ приходится на изолятор. На основании этого для корпуса свечи более предпочтительно применять не медь и латунь, а сталь. К материалам, идущим на приготовление корпусов, ставится требование в отношении механической прочности. Материал должен иметь твердость по Бринелю 125—250. Наружная поверхность корпуса, если таковой выполнен из стали, д. б. защищена от окисления путем паркеризации, оксидирования, хромирования и т. п.

Сердечник С. з., состоящий из изолятора и центрального стержня с электродом, является наиболее ответственной частью. От термич., механич. свойств и электрич. прочности этой детали зависит надежность действия С. з.

Формы устройства сердечника и способы крепления его в корпусе С. з. весьма разнообразны; наиболее удачные из них представлены на фиг. 3, 4, 6, 7 и 8. В качестве изолирующих материалов применяют: слюду, перлитовые вещества (стеатит, кианит, силлиманит и т. п.), кварц и сплавленные особым образом окислы алюминия. Поэтому в отношении изоляции С. з. могут быть разбиты на две группы: с л ю д я н ы е и н е с л ю д я н ы е. В нек-рых конструкциях С. з. применяют и комбинированный способ изоляции (слюда, керамиковые материалы). Для наружной изоляции и внешней защиты применяют иногда и пластич. массы. Слюдяные С. з. употребляют гл. обр. для авиационных двигателей; они более надежны в термич., электрич. и механич. отношениях, но стоимость их дороже и срок службы меньше по сравнению со С. з. с другой изоляцией. В слюдяных С. з. на изоляцию центрального стержня идет мусковит, остальная часть изолятора сердечника выполняется из шайб мусковита и флогопита. Исследования Гос. исследовательского керамич. ин-та привели к выводам, что довольно подходящим керамиковым материалом для изоляторов автотракторных С. з., могущим быть полученным из материального сырья в СССР, является глиноземисто-тальковая масса (типа стеатитовой, с уральским тальком). Обычный электротехнич. фарфор не пригоден в качестве свечного изолятора, т. к. при нагреве он теряет свои изоляционные свойства и кроме того неустойчив при резких изменениях $t°$, действию к-рых подвергается при своей нормальной работе С. з. Кварц широкого применения для изоляции С. з. не получил. В 1931 г. был предложен в Германии фирмой Сименс и Гальске для изготовления свечных изоляторов новый материал—плотная масса из кристаллов чистого окисла алюминия. Эта масса обладает большой термич. и механич. устойчивостью и высокими изоляционными свойствами, почти неизменяющимися при высоких $t°$. Теплопроводность этих масс примерно в 20 раз больше, чем у керамиковых материалов. При применении этого материала, обладающего большой теплопроводностью, имеется возможность создать изолятор с удлиненной нижней частью, благодаря чему путь для утечки тока, получающийся при осаждении на изоляторе нагара, увеличивается, и надежность действия С. з. возрастает.



Фиг. 8.

К изоляторам из керамиковой и др. масс ставят след. требования: 1) изолятор д. б. плотным, однородным и свободным от пустот, борозд, вкрапленных посторонних тел и прочих дефектов. Поверхность излома д. б. гладкой и пористой; 2) наружная поверхность изолятора, за исключением частей, подлежащих соприкосновению с уплотнительными кольцами, д. б. покрыта равномерно плотным, твердым, непрерывным слоем глазури. Кромки изолятора, на к-рые изоляторы опираются во время обжига, д. б. на частях, не подвергающихся глазуровке. Глазурь не должна подвергаться изменениям при $t°$ 800°; 3) в механич. отношении изолятор д. б. достаточно прочным; после трехкратного бросания с высоты 5 *м* на бетонный пол в любом положении, но без сообщения начальной скорости, изолятор не должен иметь никаких внешних повреждений, трещин и должен сохранять свою электрич. прочность. Изолятор в своей нижней части должен также выдерживать, не ломаясь, удар при падении бабки весом в 300 *г* с высоты 100 *см*; 4) изолятор д. б. устойчив в термич. отношении; он должен свободно выдерживать нагрев до 400° и быстрое охлаждение в воде (объем воды не менее 10 *м*) $t°$ в 20°. Поверка отсутствия нарушения целости изолятора производится путем испытания напряжением переменного тока в 12 000 V; 5) изолятор в холодном состоянии должен выдерживать испытательное напряжение в 30 kV. Продолжительность испытания—3 минуты, частота—50 пер/ск. При испытании на пробой изолятор погружают в сосуд с трансформаторным маслом; 6) эффективное темп-рное число д. б. не ниже 650° для изоляторов авиационных свечей и не ниже 500° для изоляторов автосвечей (эффективным темп-рным числом называется число градусов по С, при к-ром объемное сопротивление на 1 $см^3$ изолятора при нагреве становится равным 1 MΩ). Размеры изоляционной части сердечника свечи устанавливаются по соображениям электрич. прочности и условиям необходимости получения определенных тепловых свойств. Верхняя часть изолятора, т. н. г о л о в к а, должна иметь длину, при к-рой была бы обеспечена невозможность образования разрядов от контактной головки на корпус, когда свеча находится под напряжением. Это требование особенно важно для изоляторов авиационных С. з., которые могут находиться на значительных высотах, где вследствие понижения давления атмосферной среды образование поверхностных разрядов и перекрытий облегчается. Нижняя часть изолятора должна иметь такую длину и форму, при к-рой путь утечки тока по поверхности обладал бы большим сопротивлением. Кроме того нижняя часть изолятора (ножка изолятора) и весь сердечник в целом д. б. рассчитаны так, чтобы, с одной стороны, ножка при работе двигателя достигала бы $t°$ т. н. с а м о о ч и щ е н и я от нагара и копоти (т. е. такой $t°$, при к-рой осаждающиеся частицы копоти и масла сгорали бы немедленно), с другой стороны, ножка изолятора не должна сильно перегреваться, с тем, чтобы не могла давать калильного зажигания. Согласование этих требований возможно лишь в известных пределах. В зависимости от скорости вращения, охлаждения и конструкции двигателя, степени сжатия, рода применяемого топлива, места расположения С. з. в головке цилиндра двигателя, количество тепла, сообщаемое С. з., получается различное. В зависимости от условий, в к-рых находится С. з., нижняя часть изолятора делается длинной или короткой. При уменьшении длины ножки изолятора происходит меньший нагрев и лучший отвод тепла; при удлинении ножки и увеличении поверхности ее, соприкасающейся с горячими газами, нагрев увеличивается. Поэтому для двигателей, имеющих небольшую степень сжатия, ножка изолятора д. б. удлиненной, а для двигателей с высокой средней $t°$ — укороченной.

Стержень сердечника закрепляют в изоляторе трояким образом: 1) путем затяжки в верхней части посредством гаек или контактной головкой, для чего верхняя часть стержня снабжается резьбой (фиг. 5—7), 2) посредством ввертывания во внутреннюю часть тела изолятора (фиг. 3) и 3) при помощи простой посадки в центральное отверстие изолятора на связующей массе (фиг. 4). Для достижения газонепроницае-

[redacted]

таковая необходима). 11) Сушка изготовленных втулок. 12) Глазуровка поверхности втулок. 13) Обжиг изоляторных втулок. 14) Контроль втулок после обжига (проверка размеров и испытание на электрич. прочность). 15) Посадка центрального стержня или электрода в изолятор (на связующей массе). 16) Контроль газонепроницаемости места посадки стержня в изоляторе. б) Из слюды: 1) Сортировка и расщепление слюды. 2) Штамповка слюдяных шайб. 3) Нарезка полос и контроль толщины пластин. 4) Сортировка отштампованных шайб. 5) Набор комплектов шайб. 6) Скручивание трубок из слюдяных пластин на центральном стержне. 7) Посадка комплекта шайб на центральный стержень со слюдяной трубки. 8) Протирка маслом (олифой с марганцевым сикативом). 9) Прессовка шайб на центральном стержне и затяжка верхней головки (под давлением 1—2 *m*). 10) Сушка слюдяного сердечника. 11) Обточка высушенного слюдяного сердечника и полировка его поверхности. Б) Изготовление металлических частей. 1) Калибровка и правка шестигранной стали, идущей на изготовление корпусов и нипелей. 2) Обмотка, сверление корпусов и нарезка резьбы (на автоматах). 3) Обмотка, сверление нипелей, нарезка резьб (на автоматах). 4) Маркировка корпусов путем накатки. 5) Выточка головок С. з. 6) Выточка внутреннего стержня из круглой стержневой стали и нарезка. 7) Нарезка центральных и боковых электродов из проволоки (никелевой, железной, алитированной и т. д.). 8) Отжиг электродов (никелевых). 9) Приварка или запрессовка электрода к центральному стержню. 10) Штамповка прокладочных колец и шайб. 11) Штамповка уплотнительных колец, закладка асбестового шнура. 12) Чернение и хромирование корпусов, нипелей для предохранения от ржавчины. 13) Приварка или присадка боковых электродов к корпусу. В) Монтаж. Г) Испытание С. з. состоит: а) В наружном осмотре и проверке размеров: 1) Свеча и ее детали должны по своему внешнему виду свидетельствовать об аккуратности выполнения. Резьба ввертной части не должна иметь разрывов и заусенцев. Небольшие риски допустимы. Наружная поверхность стальных деталей д. б. защищена от коррозии каким-либо надежным способом. 2) Электроды С. з. и все соединения д. б. надежно закреплены, чтобы не могло быть расшатывания и выпадения от действия температурных деформаций или вибраций во время работы мотора. Размеры С. з. должны соответствовать: данным габаритного чертежа и таблицы допусков на резьбу ввертной части, рабочим чертежам деталей свечи с указанными в них производственными допусками, сборочным чертежам с указанными в них монтажными допусками. Проверка размеров и допусков производится соответствующими предельными калибрами. Резьба ввертной части проверяется предельными резьбовыми калибрами, выверенными по точным оптич. измерительным приборам Главной палаты мер и весов или заводской лаборатории. Искровой промежуток электродов проверяется щупами. б) В проверке герметичности. При испытании на герметичность свечу ввертывают или закрепляют иным способом в баллон, в котором устанавливается давление воздуха 20 *atm* манометрических. Наружную часть С. з. погружают в стеклянный пузырьки через соединения в С. з. С. з. не должна давать пропуска воздуха через керосин или костяное масло при разности давлений на концах С. з. в 20 манометрич. *atm*. в) В контроле правильности искрообразования. Для проверки искрообразования С. з. ввертывают или закрепляют иным образом в сосуд, в котором устанавливают давление воздуха в 8 *atm* манометрических, и в течение 1 мин. С. з. питается током от магнето высокого напряжения при частоте не менее 15 искр в ск. Если более чем одна С. з. из пробы окажется неудовлетворительной, то вся партия возвращается заводу для пересортировки. С. з. при ее испытании в течение 1 мин. током от магнето высокого напряжения должна давать равномерное, без пропусков искрообразование под давлением воздуха в 8 *atm* манометрических. Искрение должно происходить только между электродами; электрич. разряды не должны иметь места ни внутри ни снаружи С. з. по ее поверхности. г) В проверке электрич. прочности. Для этого испытания наружная часть изолятора во избежание поверхностных разрядов погружается частично в масло, а нормальный разряд между электродами предотвращается каким-либо способом. Электроды же С. з. в течение 1 мин. питаются переменным синусоидальным током (50 пер/ск.) амплитудного значения в 12 000 V. Если более чем одна С. з. из пробы будет иметь пробой изоляции, то вся партия возвращается заводу для пересортировки. В качестве источника тока применяется трансформатор, питаемый синусоидальным током, причем вольтметр может приключаться к первичной или вторичной цепи трансформатора. С. з. при испытании ее в течение 1 мин. синусоидальным током напряжением 12 000 V амплитудного значения частотой 50 пер/ск. не должна давать пробоя изоляции сердечника. д) В проверке термич. устойчивости изолятора (не слюдяного). Для этого испытания изолятор помещают в печь, где нагревают до $t°$ 500—600° при последующем охлаждении воздухом или до 350—400° при последующем охлаждении водой. После нагревания изолятор вынимается и охлаждается либо в струе воздуха со скоростью 15 *м/ск* при $t°$ 15—20° либо в воде при $t°$ 20°. Когда изолятор примет $t°$ охлаждающей среды, его вынимают и высушивают при $t°$ 100° (в случае охлаждения водой) и затем подвергают испытанию на пробой согласно п. «г» настоящего параграфа. Для слюдяных С. з. испытание термич. устойчивости изолятора не производится. е) В проверке надежности действия при работе на двигателе.

Лит.: Равич А. С., Электрич. оборудование автомобилей, М.—Л., 1931; Helt P., Der Automobilbau, B. 3, Die elektrische Ausrüstung des Kraftwagens, B., 1923; Klaiber E. u. Lippart W., Zündung, Automobiltechnische Bibliothek, B. 13, Teil 1, B., 1928; Seiler E., Elektrische Zündung, Licht u. Anlasser der Kraftfahrzeuge, Halle a/S., 1926; Watson E. A., The Electrical Characteristics of Spark Gaps a. Sparking Plugs, «The Automobile Engineer», L., 1928, v. 18, *240*, April. **В. Кулебакин.**

СВИНЕЦ, Pb, тяжелый металл, химич. элемент IV группы периодич. системы, аналог олова; ат. в. 207,2, порядковый номер 82. Известны изотопы Pb с ат. в. 206, 207, 208 (209?) (подробнее см. *Изотопы*, *Периодический закон*, *Радиоактивность*). Металлич. С. синевато-серого цвета, образует кристаллы правильной (кубич.) системы с сильным металлическим блеском на свежем разрезе; он очень мягок (твердость по шкале Моса 1,5, по Бринелю 4), легко режет-

лическая—глет. При окислении Pb ниже его $t°_{пл.}$ при осторожном восстановлении PbO водородом или при нагревании щавелевокислого Pb до 300° без доступа воздуха образуется черно-серый тонкий порошок закиси свинца Pb_2O, самовозгорающийся при нагревании с образованием PbO. Образование Pb_2O является причиной чернения Pb на воздухе. PbO, как и гидроокись и двуокись (см. ниже), является амфотерным соединением: она растворяется с образованием солеобразных соединений в к-тах и в щелочах. Благодаря легкой растворимости в кислотах PbO обычно является исходным продуктом для получения большинства других С. с.; применяется в производстве легкоплавких, сильно преломляющих свет стекол, эмалей и глазурей, а также в небольших количествах в медицине. Гидроокись свинца известна в виде различных гидратов: $Pb(OH)_2$; $2PbO \cdot H_2O$; $3PbO \cdot H_2O$ и др.; осаждается в виде белого, иногда кристаллического осадка из растворов солей Pb аммиаком и едкими щелочами, причем в последнем случае растворяется, как упомянуто, в избытке реактива с образованием плумбитов:

$$Pb(OH)_2+NaOH=NaHPbO_2+H_2O.$$

Из таких растворов сильные восстановители осаждают металлич. Pb. Получается также при окислении металлич. Pb во влажном, не содержащем углекислоты воздухе, причем согласно реакции

$$Pb+2H_2+2O_2=Pb(OH)_2+H_2O_2$$

одновременно образуется эквивалентное количество перекиси водорода. При нагревании уже при 130° теряет воду с образованием PbO. На воздухе поглощает углекислоту с образованием карбонатов. В воде растворяется слабо со щелочной реакцией, в многочисленных органич. веществах, как в молочной, винной, яблочной к-тах, глицерине, тростниковом сахаре и т. д.— с образованием комплексных соединений. Растворы плумбитов применяют в текстильной пром-сти в качестве протравы. Щелочные плумбиты окрашивают шерсть, волосы, ногти и т. д. в черный цвет вследствие образования сернистого свинца.

Двуокись свинца (название «перекись свинца» необосновано, так как в молекуле этого вещества нет двух соединенных друг с другом атомов кислорода) PbO_2 получается в виде темнобурого осадка на аноде при электролизе растворов С. с., а именно: в кислом растворе— в виде безводного соединения, в щелочном — в виде моногидрата $PbO_2 \cdot H_2O$. В воде растворяется весьма трудно. PbO_2 получают технически чаще путем окисления щелочных растворов Pb или суспензий PbO гипохлоритами или гипобромитами или же путем плавки PbO с хлоратом калия. При обработке сурика Pb_3O_4 и плумбата кальция (см. ниже) кислотами PbO_2 остается нерастворенной. Переход PbO в PbO_2 сопровождается выделением лишь небольшого количества тепла:

$$2PbO+O_2=2PbO_2+25\ cal,$$

вследствие чего PbO_2 начинает распадаться уже при 400°, а при обычной $t°$ является весьма сильным окислителем; энергично окисляется SO_2 или H_2S, окисляет азотистую кислоту до азотной, марганцевые соли — до перманганатов, HJ—до J. При нагревании с H_2SO_4 образует $PbSO_4$ и свободный кислород. На этих окислительных свойствах основаны многочисленные применения PbO_2: в производстве спичек ее примешивают к содержащей азотнокислый свинец или хлораты смеси для спичечных головок; в производстве органич. красителей ее применяют для окисления их лейкосоединений, в аналитич. и в препаративной лабораторной практике—в качестве окислителя. Большие количества PbO_2 используются также в производстве аккумуляторов. Солеобразные соединения PbO_2 со щелочами, т. н. плумбаты, производят от несуществующих в свободном виде орто- и метасвинцовой к-ты H_4PbO_4 и H_2PbO_3. Важнейшие из этих солей—плумбаты кальция и калия; первый получается путем сплавления на воздухе PbO с известью в виде буро-оранжевого порошка, разлагающегося под действием воды при повышенных $t°$, а под действием разбавленных кислот уже при обычных условиях с выделением PbO_2. При прокаливании Ca_2PbO_4 отдает кислород. Благодаря легкости, с к-рой Ca_2PbO_4 регенерируется при последующем осторожном нагревании, оно м. б. использовано для получения кислорода из воздуха. Применяется в спичечном производстве. Плумбат калия $K_4PbO_4 \cdot 3H_2O$ получается путем плавления едкого кали с водой и PbO в серебряных чашках. Из отфильтрованного раствора соль кристаллизуется в виде бесцветных ромбоэдров, изоморфных с платинатом и станнатом калия. Вода растворяет плумбат калия с выделением бурого коллоидного гидрата PbO_2. *Сурик* свинцовый (см.) Pb_3O_4 следует также считать солью *о*-свинцовой к-ты, а именно ортоплумбатом свинца $Pb^{II}_2 \cdot Pb^{IV}O_4$.

Углекислый свинец средний $PbCO_3$ осаждается в виде белого осадка карбонатами или углекислотой из растворов солей. Существует в природе в виде минерала церуссита (см. *Свинцовые руды*). В воде растворяется очень трудно (1 ч. на 23 000 ч. холодной воды), легче в присутствии солей аммония. Технически более важны основные карбонаты Pb, состава например $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$, являющиеся благодаря весьма высокой укрывистости ценной белой краской (см. *Свинцовые краски*).

Сернистый свинец PbS, черного цвета, осаждается H_2S или щелочными сульфидами из растворов нейтральных, кислых и щелочных С. с. Получается также сухим путем при нагревании смеси S и Pb или PbO и при воздействии содержащих серу соединений (в том числе и органических) на соединения свинца. Полученный сухим путем из элементов ($t°_{пл.}$ 1 120°; уд. в. 7,48) применяется для детекторов в радиотехнике. Осажденный PbS обладает высокими адсорбционными свойствами, чем иногда пользуются в фармацевтич. и пищевом анализе. Специальные препараты, состоящие из PbO и PbS, применяются иногда в качестве ускорителей вулканизации каучука. В природе встречается в виде минерала галенита, или свинцового блеска, важнейшей руды Pb, а также в виде многочисленных двойных сульфидов. При нагревании на воздухе образуется смесь сульфата и PbO, к-рые реагируют с остатком PbS с образованием металлич. Pb. Этой реакцией пользуются в металлургии Pb; PbS возгоняется при $t°$ уже ок. 800°, вследствие чего кристаллы его часто образуются в верхних частях шахтных металлургич. печей. Азотная к-та окисляет PbS до сульфата; соляная к-та разлагает его с образованием H_2S и хлористого свинца. Сернокислый свинец, свинцовый купорос, $PbSO_4$ встречается в природе в виде минерала англези-

т а; образуется при осаждении растворов Pb разбавленной серной кислотой или сульфатами в виде тяжелого белого осадка; часто находят его в камерах сернокислотных заводов в виде хорошо образованных кристаллов. М. б. также получен путем окисления PbS. В воде растворяется очень мало (при 20° ок. 40 *мг/л*), лучше в присутствии аммонийных солей, особенно ацетата. Последним свойством пользуются в лабораторной практике для отделения его от бария. $PbSO_4$ применяют в производстве литографских лаков и в ситцепечатании; получающийся в больших количествах в качестве побочного продукта в нек-рых органич. производствах перерабатывается обычно на металлич. Pb. Основные сульфаты свинца разного состава, например $PbSO_4 \cdot 3PbO \cdot H_2O$; $2PbSO_4 \cdot PbO \cdot H_2O$ и др. получаются при взаимодействии едких щелочей и среднего сульфата или же PbO и щелочных сульфатов. $PbSO_4 \cdot PbO$ встречается в природе в виде минерала л а н а р к и т а.

Х р о м о в о к и с л ы й с в и н е ц $PbCrO_4$, встречающийся в природе в виде минерала к р о к о и т а, осаждается в виде оранжевого осадка из растворов соединений Pb под действием щелочных хроматов или бихроматов. Применяется, как и основная соль $PbCrO_4 \cdot PbO$, получающаяся напр. путем обработки нейтральной соли PbO, в виде краски; еще более основная соль $PbCrO_4 \cdot 2PbO$ встречается в природе в виде минерала м е л а н о х р о и т а, применяется как желтая краска (см. *Свинцовые краски*). В сплавленном виде $PbCrO_4$ применяется в анализе органич. веществ благодаря тому, что легко окисляет последние и связывает галоиды и серу.

Д в у х л о р и с т ы й с в и н е ц $PbCl_2$ встречается в природе в виде минерала к о т у н и т а в продуктах извержения вулканов, получается при осаждении растворов Pb соляной кислотой или хлоридами в виде игольчатых шелковистых кристаллов. В холодной воде растворяется мало (при 15° ок. 9 *г в л*), в горячей лучше (при 100° 33 *г в л*). В присутствии большого избытка соляной к-ты или хлоридов растворимость увеличивается благодаря образованию комплексных соединений типа $PbCl_2 \cdot MeCl$; $PbCl_2 \cdot 2MeCl$ и др. $PbCl_2$ плавится ок. 500° и легко возгоняется. Основные хлориды разного состава, например $PbCl_2 \cdot PbO$, встречаются в природе. Получаются из PbO при обработке ее хлористыми щелочами. Применяются в производстве *свинцовых красок* (см.). Известны также аналогичные сульфохлориды состава $PbS \cdot PbCl_2$, $2PbS \cdot PbCl_2$ от оранжевого до красного цвета. Получаются иногда при осаждении сероводородом растворов Pb, содержащих соляную к-ту.

Ч е т ы р е х х л о р и с т ы й с в и н е ц $PbCl_4$ получается путем обработки PbO_2 холодной дымящей соляной к-той или же путем пропускания Cl при охлаждении через суспензию $PbCl_2$ в крепкой соляной кислоте. Из полученного желтого раствора осаждают хлористым аммонием лимонножелтую хорошо кристаллизующуюся двойную соль $(NH_4)_2PbCl_6$, изоморфную с аналогичной хлороплатиновой. При обработке этой соли холодной конц. H_2SO_4 выделяется HCl и на поверхность к-ты всплывает чистый $PbCl_4$ в виде тяжелой желтой жидкости, уд. в. 3,18, застывающей при −15°. С соляной к-той образует свободную кристаллич. хлоросвинцовую к-ту H_2PbCl_6; $PbCl_4$ легко распадается ролитически с образованием HCl и PbO_2. Благодаря легкости, с к-рой $PbCl_4$ отщепляет Cl, ее применяют иногда для хлорирования органических соединений. Другие соли четырехвалентного Pb, как сульфат и ацетат, известны, но мало стабильны.

И о д и с т ы й с в и н е ц PbJ_2 осаждается в виде золотистожелтых пластинчатых кристаллов, плавящихся при 393° и кипящих при 900°, из растворов солей Pb растворами иодидов. PbJ_2 хорошо растворяется в горячей воде; раствор его бесцветен. С иодистыми щелочами образует комплексные соединения, например $K[PbJ_3] \cdot 2H_2O$. Бумага, пропитанная раствором этой соли в ацетоне, бледножелтого цвета, но в присутствии следов воды становится интенсивно желтой вследствие выделения PbJ_2 и применяется поэтому в лабораториях в качестве чувствительного реактива на воду.

А з о т н о к и с л ы й с в и н е ц $Pb(NO_3)_2$ получают обычно путем растворения PbO в разбавленной HNO_3. Кристаллизуется в виде безводных октаэдров, разлагающихся при 350° с образованием PbO. Благодаря легкости, с которой отдает кислород, применяется иногда и в зажигательных смесях, фитилях и т. д. В воде растворяется легко (при 20°—50 *г*, при 100°—127 *г* на 100 *г* воды). Применяется также как исходное вещество для получения других соединений Pb. А з и д с в и н ц а $Pb(N_3)_2$ получается при осаждении растворов Pb щелочными азидами в виде труднорастворимых игольчатых кристаллов, напоминающих внешним видом $PbCl_2$. Благодаря большой взрывчатости применяется в производстве капсюлей и запалов.

Б о р а т с в и н ц а $Pb(BO_2)_2 \cdot H_2O$ получается при взаимодействии растворов буры и азотнокислого свинца в виде труднорастворимого белого кристаллич. порошка. Применяемый в качестве краски обнаруживает большую стойкость в отношении морской воды. При сплавлении этой соли или же смесей PbO с борной к-той образуются сильно преломляющие свет стекла.

С и л и к а т ы с в и н ц а разного состава образуются в виде аморфных осадков при взаимодействии растворов щелочных силикатов (см. *Растворимое стекло*) и солей Pb или же при плавлении PbO с кремнеземом в виде легкоплавких бесцветных или желтых (при больших количествах свинца), сильно преломляющих свет стекол. Легкоплавкость, высокий уд. вес и большая светопреломляемость силикатов Pb обусловливают применение Pb (обычно в виде окиси) в производстве оптич. стекол, а также легкоплавких глазурей, эмалей и подделок драгоценных камней.

К р е м н е ф т о р и с т ы й с в и н е ц $PbSiF_6$, хорошо растворимый в воде, применяется в качестве электролита для получения химически чистого Pb.

Ф о с ф о р н о к и с л ы й с в и н е ц $Pb_3(PO_4)_2$ встречается в природе в соединении с $PbCl_2$ в виде минерала п и р о м о р ф и т а $Pb_5(PO_4)_3Cl$. Изучены также многочисленные другие свинцовые соли фосфорных кислот, как $PbHPO_4$, $Pb_2P_2O_7$, $Pb(PO_2)_2 \cdot 2H_2O$; но технического значения не имеют.

С у р ь м я н о к и с л ы й с в и н е ц основной, колеблющегося состава в древности получался обжигом содержащих сурьму свинцовых руд и высоко ценился как желтая краска; в наст. время применяется гл. обр. как керамич. краска.

ствами С. к. имеют два важных недостатка: 1) все они в большей или меньшей степени ядовиты; 2) чувствительны к сероводороду, при действии к-рого темнеют вследствие образования сернистого свинца; по этой причине С. к. не следует смешивать с красками, содержащими серу, например с киноварью, ультрамарином. С. к. имеют высокий уд. вес и являются по сравнению с другими минеральными красками одними из наиболее тяжелых.

Глет свинцовый и *массикот* (см.) в прежнее время применяли как желтые краски, под названием свинцовой желтой, королевской желтой и др. В настоящее время их употребляют в красочной технике гл. обр. как исходный материал для получения различных свинцов. солей, напр. уксуснокислого свинца, в производстве свинцовых белил по французскому способу, в производстве хромовой желтой и т. д., а также они служат для получения различных свинцовых красок: массикот—для получения *сурика* (см.), свинцовый глет—для получения неаполитанской желтой, кассельской желтой, белил Паттисона и многих других.

Закись свинца Pb_2O получила значение как краска только в последнее время, гл. обр. для защиты металлов от ржавления; порошок серовато-черного цвета. Получается путем обработки свинца воздухом или другим окисляющим газом, а также по способу Бишофа распылением мелкодисперсного свинцового глета в водяном газе. Противокоррозийное действие краски объясняется по мнению одних выделением на окрашенной поверхности железа тонкого слоя металлич. свинца, которое происходит или вследствие взаимодействия между железом и свинцом или вследствие взаимодействия между закисью свинца и маслом. По мнению нек-рых исследователей Pb_2O состоит из механич. смеси PbO и Pb. Перекись (двуокись) свинца (свинцовая коричневая) PbO_2 получается в виде осадка при обработке сурика азотной к-той или при пропускании хлора через кипящий раствор свинцовой соли в присутствии щелочи, после чего хорошо промывается и сушится; коричневая, довольно прочная и укрывистая краска; применяется в настоящее время редко, гл. обр. для окрашивания спичечных головок, где играет также роль окислителя. Сернокислый свинец $PbSO_4$ известен в красочной технике также под названием мюльгаузских белил, металлич. белил и т. д., но как краска применяется очень редко. Получается осаждением соли свинца, напр. уксуснокислого свинца, раствором Na_2SO_4 или разбавленной H_2SO_4, а также как отход в текстильной пром-сти при получении глиноземных протрав. В воде растворяется очень мало, в к-тах трудно, но в щелочах довольно легко. Не изменяется от действия света, воздуха и сернистой кислоты. По сравнению со свинцовыми белилами менее ядовит. Недостатком краски является слабая кроющая и высыхающая способность. Входит как составная часть в светлые свинцовые кроны, а также употребляется как примесь к свинцовым краскам и как субстрат при получении красильных лаков. Хромовая желтая (желтый свинцовый крон) $PbCrO_4$ и хромовая светложелтая (палевый свинцовый крон) $PbCrO_4 \cdot PbSO_4$—желтые краски с постепенным переходом оттенков от палевого до желтого цвета, в зависимости от содержания в краске $PbSO_4$. Краски находят благодаря красивому цвету и удовлетворительной прочности широкое применение для самых различных целей. О свойствах и получении см. *Хромовые краски*. Иодистый свинец (иодная желтая) PbJ_2 получается из уксуснокислого свинца и иодистого калия. Представляет красивую светложелтую массу или гибкие листочки с золотистым блеском. В воде растворяется трудно, под влиянием света темнеет. В виду дорогой цены применяется редко, иногда в качестве типографской краски, для замены бронзы и других целей. Углекислый свинец $PbCO_3$ получается при пропускании CO_2 в нейтральный раствор уксуснокислого свинца. В виду плохой кроющей способности как краска почти не имеет значения. Углекислые свинцовые белила, основная углекислая соль свинца (см. *Белила*), отличаются высокой кроющей способностью и прочностью, но очень чувствительны к сероводороду и очень ядовиты. Несмотря на недостатки, свинцовые белила применяются в живописи, что объясняется: 1) незначительным содержанием сероводорода в жилых помещениях и 2) отбеливающим действием света и воздуха, благодаря которому потемневшая краска снова принимает свой первоначальный цвет. О правилах приемки свинцовых белил и о методах испытаний в СССР см. ОСТ 380. Ядовитость свинцовых белил (см. *Свинцовое отравление*) способствовала тому, что они в настоящее время постепенно выходят из употребления и заменяются другими, менее ядовитыми красками, но равноценными по качеству. Такой краской в настоящее время являются сернокислые свинцовые белила—основной сернокислый свинец. Наилучший по качеству продукт соответствует повидимому формуле $2PbSO_4 \cdot Pb(OH)_2$. Для получения его были предложены различные способы, напр. кипячение сернокислого свинца с раствором основной уксусносвинцовой соли, перемешивание влажной пасты сернокислого свинца с бо́льшим или меньшим количеством глета и т. д. Однако получаемые т. о. продукты содержали много сернокислого свинца и не обладали укрывистостью и скоростью высыхания настоящих свинцовых белил. В последнее время для получения сернокислых белил применяют продувание расплавленного свинца струей воздуха и сернистого газа в присутствии газообразного горючего и другие способы. По своим свойствам (высыхаемости, укрывистости, способности реагировать с маслом и т. д.) новые продукты мало уступают углекислым свинцовым белилам и в то же время являются менее ядовитыми, чем последние (по указанию изготовляющих фирм в три раза). Кроме того прочны по отношению к свету, воздуху и атмосферным влияниям, нечувствительны к действию аммиака и паров к-т, но темнеют от сероводорода. В присутствии свободных смоляных к-т, напр. резинатной олифы, подобно углекислым белилам могут вызывать загущение красок. В Америке краску получают непосредственно из руд, напр. свинцового блеска с примесью цинковой обманки. Для этого руду обжигают в высоких шахтных печах и выделяющиеся газообразные продукты (туман) сжигают в особой камере в основной свинцовый сульфат, который собирают в воде и подвергают дальнейшей обработке. В США таким путем было добыто в 1925 г. около 12 000 *т* сернокислых белил. Продукт отвечает формуле $2PbSO_4 \cdot PbO$ и называется также сублимированными свинцовыми белилами. Они имеют сероватый оттенок, хорошо

Мировая выплавка свинца за период 1923—1929 гг. (в *т*).

Страны	1923	1924	1925	1926	1927	1928*1	1929*2
СССР	307*2	685*2	1 021*2	1 342*2	1 217*2	—	—
Великобритания	6 815	5 388	4 815	4 334	6 100	5 600	10 839
Франция	17 413	18 881	20 540	22 000	25 000	22 911	20 500
Бельгия	51 100	58 320	65 570	61 762	62 000*3	64 786	62 213
Германия	31 900	50 200	70 500	76 600	84 000	123 245*4	97 900*4
Швеция	119	477	723	522	323	—	64
Испания	127 514	141 849	153 576	149 514	144 023	123 063	123 261
Италия	17 131	22 062	24 475	23 590	22 850	21 260	22 665
Греция	4 234	5 106	4 497	5 059	5 250	7 200	8 500
Австрия	4 255	4 984	5 408	6 478	8 100	8 135	6 589
Чехо-Словакия	2 452	2 264	2 212	2 316	2 402	—	—
Югославия	9 261	11 457	10 950	9 809	10 672	—	—
Польша	18 204	20 223	27 410	21 573	21 226	—	—
Канада	45 528	75 660	104 271	121 832	134 800	154 518	144 392
США	524 644	570 031	665 394	674 978	650 180	589 499	624 154
Мексика	150 500	133 900	157 900	167 091	215 801	236 484	248 783
Прочие страны Америки	6 096	8 128	7 824	10 000	14 800	—	—
Тунис	14 292	15 736	13 671	18 382	18 662	—	—
Родезия	11 198	5 999	3 041	3 885	5 313	4 745	1 661
Прочие страны Африки	1 000	1 000	1 000	1 700	2 800	—	—
Турция	1 400	5 104	4 786	6 000	8 300	—	—
Индия	46 799	52 590	48 430	55 201	67 025	79 643	81 521
Япония	2 699	2 940	3 821	5 567	5 000*3	4 000	3 400
Австралия	124 036	130 494	151 183	155 398	167 863	165 842	176 672
Итого ...	1 218 897	1 343 508	1 553 014	1 604 933	1 683 707	1 675 277	1 755 519

*1 За 1928 и 1929 гг. выплавка других стран, кроме указанных, выражается следующими цифрами: в 1928 г.— 64 000 *т*, в 1929 г.—122 489 *т*; эти цифры, наравне с приведенными в таблице, входят в общий итог. *2 Год, оканчивающийся 30/IX. *3 Предположительная цифра. *4 Включая Верхнюю Силезию.

влять около 4 500 *т*. Основной минеральной базой этого з-да служит Садонское полиметаллическое месторождение, в котором запасы свинца достигают примерно 52 000 *т*. В Закавказьи наибольший интерес в отношении свинца (гл. обр. цинка) представляют полиметаллич. жилы восточной части Катар-Кавартского месторождения (группа Шаумяна) и разведываемое сейчас Мехманинское месторождение в Нагорном Карабахе. Можно думать, что в первом из них запасы металлического свинца будут не меньше 2 000 *т*. Получение концентратов из этих руд предусмотрено введением селекционной флотации. Получение свинца тесно связано с получением серебра; повышение стоимости последнего влечет за собой усиленную разработку свинцовых месторождений. Извлечение свинца из руд производится исключительно плавкой. В СССР главным производителем за последнее время был Сев. Кавказ. Довоенная Россия собственным свинцом удовлетворяла только 3,7% своей потребности (напр. в 1913 г. было получено 1 400 *т*). Остальное количество ввозилось.

Наиболее крупными месторождениями серебро-свинцово-цинковых руд считаются: в США—Cœur d'Alene в штате Айдахо (на него падает ок. $^1/_3$ всего добытого в США свинца), месторождения штата Юта и свинцовые месторождения ю.-в. части штата Миссури (последний производит также ок. $^1/_3$ всего свинца в США); месторождения комплексных руд имеются в Канаде, Перу, Мексике, С. Родезии, Австралии (особенную важность имеет месторождение Mount Isa), Британской Индии, Испании, Великобритании и других странах (см. табл.). Ввоз и вывоз руды играет незначительную роль в свинцовой промышленности. Главными странами, потребляющими свинец, являются США (почти полностью удовлетворяющие свою потребность свинцом из собственных руд), Великобритания и Германия. Данные о потреблении, вывозе и ввозе свинца за последние годы приводят к заключению, что в дальнейшем роль США в вывозе свинца увеличится, т. к. в Европе не найдено значительных свинцовых месторождений.

Лит.: Walch D. F., «The Mineral Industry During 1929», New York, 1930, v. 38; см. также *Полиметаллические руды*.

Н. Федоровский.

СВИНЦОВЫЙ БЛЕСК, галенит, минерал, представляющий собой простой сульфид свинца PbS, с теоретич. содержанием свинца 86,6%, серы 13,4%. Тв. 2,5—2,75; уд. в. 7,4—7,6; кристаллизуется в кубич. системе. Цвет—серый с металлич. блеском. Разлагается крепкой азотной к-той. С.б.—основная руда не только на свинец, но и на серебро, примеси к-рого почти всегда содержит (обычно в виде аргентита Ag_2S). Хотя под серебряными рудами обычно понимают различные соединения серебра, но практически главная масса серебра добывается из серебросодержащего галенита. Продуктами окисления галенита являются англезит, церуссит, пироморфит, крокоит и др. В СССР галенит известен на Кавказе, Урале, Алтае, в Забайкалье, Киргизской степи и нек-рых других местах. С. б. встречается обычно вместе с кварцем, пиритом, халькопиритом и цинковой обманкой. Основной породой м. б. кристаллический сланец или гранит, жильным телом обычно бывает кварц. Об условиях залегания месторождений и данных по добыче см. *Свинцовые руды*.

Лит.: см. *Свинцовые руды*.

Н. Федоровский.

СВОБОДНАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ЭНЕРГИЯ, избыток свободной энергии, заключенный в поверхностном слое на границе двух соприкасающихся фаз, отнесенный к 1 *см*^{2}; называется иногда *поверхностным натяжением* (см.). Основными величинами, определяющими своеобразные свойства поверхностных слоев как на гладких поверхностях раздела, так и в дисперсных системах, являются: 1) поверхностное натяжение (или удельная свободная поверхностная энергия) σ в эрг/*см*^{2}=дин/*см*; 2) адсорбция, определяющая химич. состав поверхностного слоя Γ в мол/*см*^{2} или $A = \Gamma \cdot S_1$ в мол/*г* (на *г* порошка-

адсорбента с удельной поверхностью S_1 *см*²/*г*), 3) механич. прочность поверхностного слоя и 4) величины, определяющие электрич. свойства поверхности раздела—поверхностная плотность электрич. заряда (заряд двойного слоя) и скачок потенциала в пограничном слое.

Поверхностное натяжение определяется как работа σ изотермич. и обратимого образования 1 *см*² данного поверхностного слоя, т. е. как максимальная работа перевода в поверхностный слой необходимого для его образования числа молекул n_1, из объема граничащих фаз. Из самого определения следует, что σ м. б. легко измеряемо только для жидких поверхностей раздела (жидкость—газ или жидкость *1*—жидкость *2*), т. е. для поверхностей, образованных фазами, молекулы которых легкоподвижны и потому позволяют провести процесс образования нового поверхностного слоя практически вполне обратимо. Для твердых поверхностей раздела (твердое тело—жидкость или твердое тело—газ) обратимое проведение механич. диспергирования невозможно, и потому σ не м. б. измерено обычными прямыми методами, связанными с увеличением поверхности. Поверхностное натяжение твердых тел на границе с окружающей средой—жидкостью или газом, м. б. приближенно оценено однако работой диспергирования, т. е. работой всегда определенным образом производимого, но необратимого измельчения тела (напр. сошлифовывания, истирания или процарапывания). Такую работу или пропорциональное ей преодолеваемое усилие следует принять за меру твердости твердого тела. Твердость является т. о. мерой поверхностной энергии тела в данных условиях. Обычная шкала твердости дает расположение твердых тел (минералов) в порядке возрастания их поверхностной энергии (см. *Склерометрия*, *Капиллярные явления* и *Поверхностное натяжение*). Свободная энергия любого поверхностного слоя возрастает с увеличением различия в интенсивности молекулярных сил соприкасающихся фаз, т. е. с увеличением разности их полярностей, и следовательно изменяется обратно взаимной растворимости обеих фаз, образующих поверхность. σ убывает почти линейно для чистых жидкостей на границе с собственным паром при повышении $t°$, обращаясь в 0 незадолго до критич. точки, при к-рой полярности обеих фаз выравниваются. При низких $t°$ σ падает с $t°$, причем для ассоциированных жидкостей кривая несколько выпукла, а для мало ассоциированных—почти линейна, что связано с практич. неизменяемостью полной поверхностной энергии E с T:

$$E = \sigma - T\frac{\partial\sigma}{\partial T} = \sigma + q,\quad \frac{\partial E}{\partial t} = 0,$$

где $q = -T\frac{\partial\sigma}{\partial T}$ изотермич. тепло образования 1 *см*² слоя. Вблизи же $t°_{крит.}$ кривая, спадая до 0, загибает, касаясь оси абсцисс.

Адсорбция определяется как избыток массы данного компонента системы (растворенного вещества или одного из компонентов газовой смеси) в молях на 1 *см*² поверхностного слоя. Адсорбция связана с понижением свободной поверхностной энергии того поверхностного слоя, в к-ром адсорбция происходит. Компонент системы, адсорбирующийся и тем понижающий поверхностное натяжение, называется поверхностно-активным. За меру поверхностной активности удобно принять величину G, выражающуюся следующей формулой:

$$G = -\frac{\partial\sigma}{\partial c} = f(c, T)$$

в эрг *см*$^{-2}$/мол *л*$^{-1}$, зависящую от концентрации в одной из фаз, образующих поверхность, и от $t°$. Для определенности мерой поверхностной активности данного реагента удобно считать максимальное значение $G = G_{max}$, обычно достигаемое при концентрации $c = 0$ или при весьма малых концентрациях. Количественная связь между поверхностной активностью и адсорбцией дается ур-ием Гиббса

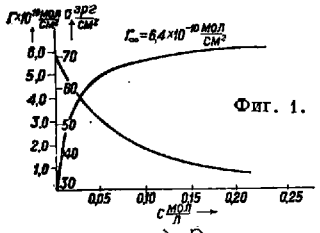
$$-\frac{\partial\sigma}{\partial\mu} = \Gamma \text{ или } -\frac{\partial\sigma}{\partial c} = \Gamma\cdot\frac{\partial\mu}{\partial c};$$

но химич. потенциал $\mu = RT\ln a + \mu_0$, где a—термодинамич. активность адсорбирующегося вещества в растворе $a = fc$; f—коэф. активности; для идеально разбавленных растворов $f = 1$; при $c \to 0$, $f \to 1$, $a = c$; итак, в общем случае $-\frac{\partial\sigma}{\partial\ln a}\frac{1}{RT} = \Gamma$ или $\frac{\partial\Delta\sigma}{\partial\ln a}\frac{1}{RT} = \Gamma$, где $\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma$ — понижение σ, вызванное адсорбцией. Вводя вместо Γ $A = \frac{1}{\Gamma\cdot N}$, площадь, занятую 1 молекулой в адсорбционном слое, имеем: $kT\frac{\partial\ln a}{\partial\Delta\sigma} = A$, где $k = \frac{R}{N}$; $\Delta\sigma = F$ иногда называется двухмерным давлением адсорбционного слоя. Для слабых растворов из условия $a \to c$ (при $c \to 0$): $-\frac{c}{RT}\frac{\partial\sigma}{\partial c} = \Gamma$ или $\Gamma = \frac{1}{RT}(c\cdot G)$. Полагая в области разреженных адсорбционных слоев $G = \frac{\Delta\sigma}{c} = \frac{F}{c}$, находим: $\Gamma = \frac{\Delta\sigma}{RT}$ или $F\cdot A = kT$ — уравнение состояния адсорбционного слоя, аналогичное ур-ию Клапейрона $pv = kT$ (здесь $v = \frac{V}{N}$, где V—объем 1 моля газа). В этом уравнении F играет роль двухмерного давления, а само ур-ие может рассматриваться как ур-ие состояния двухмерного газа.

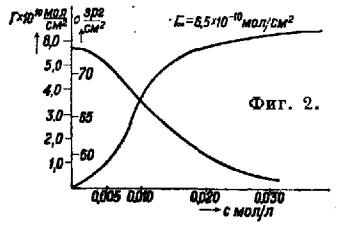
Как это показано классич. исследованиями Гарди, Лангмюира и Гаркинса, адсорбция всегда связана с ориентацией адсорбирующихся молекул в пограничном слое. Поэтому типично поверхностно-активными являются вещества с полярными молекулами резко выраженной ассиметрич. структуры типа @-*b*, где *a*—полярная группа (OH, NH_2, COOH, CSSH и др.), а *b*—неполярная часть молекулы (напр. углеводородная цепь)—CH_2—CH_2—CH_2—...CH_3. Такие ассиметричные молекулы ориентируются в пограничном слое, а следовательно и адсорбируются тем сильнее, чем больше разность полярностей обеих соприкасающихся фаз, причем адсорбция сопровождается уравниванием этой разности полярностей в пограничном слое, происходя поэтому обычно только тогда, когда полярность адсорбирующегося вещества лежит между полярностями обеих фаз системы. Этим правилом уравнивания полярностей объясняется то обстоятельство, что из водных растворов на поверхности «раствор—воздух» или «раствор—пар» адсорбируются поверхностно-активные растворенные вещества, полярность к-рых в чистом состоянии меньше полярности воды. Из газовых же сред на твердых адсорбентах адсорбируются, наоборот, наиболее полярные компоненты газовой смеси, т. к. твердые тела всегда полярнее окружающей их газовой среды.

Дифференциальное ур-ие Гиббса связывает друг с другом две кривые: изотерму поверх-

ностного натяжения $\sigma = f(c)_T$ и изотерму адсорбции $\Gamma = F(c)_T$ (см. фиг. 1—2, на к-рых представлена форма этих кривых). Начальная, резко изменяющаяся часть кривой при малых c соответствует поверхностному слою, еще далеко не насыщенному адсорбирующимися молекулами («газообразному» адсорбционному слою). Эта часть кривых почти линейна—адсорбция растет пропорционально концентрации, и ориентация молекул (осями нормально к поверхности) начинает проявляться только к концу этого интервала. При больших c слой все больше насыщается с достижением предельной ориентации и принимает характер двухмерной кристаллической «твердой» пленки. При этом достигается предел адсорбции Γ_∞, соответствующий минимальной площади S_∞, занимаемой каждой адсорбирующейся молекулой; при этом $S_\infty = \frac{1}{\Gamma_\infty N}$ (в $см^2$ на одну молекулу). Величина предела Γ_∞ и площади S_∞ зависит в основном лишь от природы полярной группы ориентированной молекулы a, т. к. только эта группа занимает место в поверхностном слое. В качестве иллюстрации независимости Γ_∞ от природы поверхности раздела приводятся результаты тщательных измерений (табл. 1), выполненных А. Б. Таубманом [2], над адсорбцией толуидина на разных жидких поверхностях раздела по методу измерения поверхностной активности.



Фиг. 1.



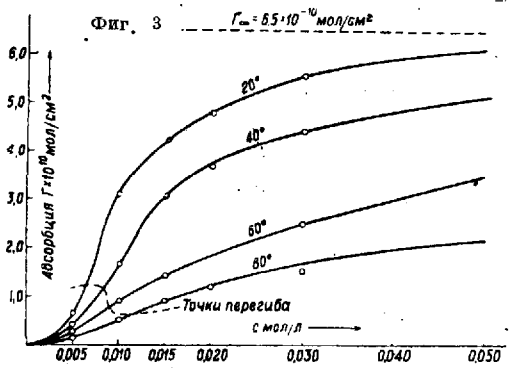
Фиг. 2.

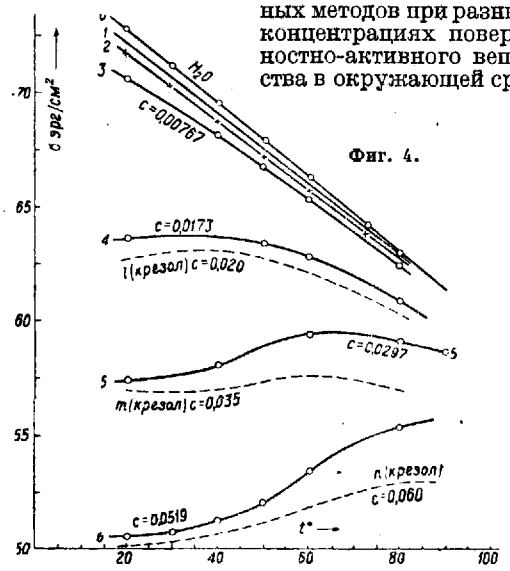
Табл. 1.—Адсорбционные константы *p*-толуидина на разных поверхностях раздела.

Символ величины	Вода—бензол	Вода—гексан	Вода—воздух [пар]
Γ_∞, мол/см²	$6{,}4 \cdot 10^{-10}$	$6{,}3 \cdot 10^{-10}$	$6{,}5 \cdot 10^{-10}$
S_∞, см²/мол . . .	$25{,}8 \cdot 10^{-16}$	$26{,}2 \cdot 10^{-16}$	$25{,}4 \cdot 10^{-16}$
δ, (длина молекулы); см	$6{,}6 \cdot 10^{-8}$	$6{,}5 \cdot 10^{-8}$	$6{,}7 \cdot 10^{-8}$

Понижающее влияние $t°$ особенно сильно на «газообразные» ненасыщенные адсорбционные слои. С насыщением же слоя влияние $t°$ становится все меньшим и адсорбционный предел не зависит от $t°$ (Ребиндер), хотя он и достигается при тем больших равновесных концентрациях, чем выше $t°$ опыта (фиг. 3) [1]. В водных растворах поверхностно-инактивных веществ, повышающих поверхностное натяжение чистой воды (для к-рых $\frac{\partial\sigma}{\partial c} > 0$, $G < 0$, $\Gamma < 0$—отрицательная адсорбция), поверхностно-активным веществом является сама вода, адсорбирующаяся в поверхностный слой. Поэтому такие достаточно разведенные растворы, т. е. растворы с большим содержанием воды (слабые растворы минеральных солей, напр. KCl, $AgNO_3$ и др.), покрыты на поверхности мономолекулярной адсорбционной пленкой сриентированных молекул воды  δ; толщина такого слоя δ = диаметру молекулы = $3{,}5 \cdot 10^{-8}$ *см*. При неполном насыщении адсорбционного слоя адсорбция Γ убывает с T (дезориентирующее действие теплового движения, фиг. 3). С повышением T адсорбционный предел Γ_∞ достигается поэтому при все более высоких концентрациях (a растет, см. далее), но величина Γ_∞ (т. е. S_∞) при этом не изменяется. Эти обстоятельства и объясняют характерные особенности изменения σ растворов поверхностно-активных веществ по сравнению с чистыми жидкостями $\sigma = \sigma_0 - \Delta\sigma$, где $\Delta\sigma$ обусловлено образованием адсорбционного слоя: $\Delta\sigma = RT \int_0^c \frac{\Gamma}{c} dc$; σ_0 приблизительно линейно падает с $t°$, $\Delta\sigma$ же вследствие падения Γ с $t°$ может и возрастать с $t°$. Поэтому кривые $\sigma = \Phi(t)_c$ несколько загибаются кверху и в случае поверхностно-активных веществ (особенно для ароматических фенолов, аминов) дают при средних концентрациях аномальное повышение σ с $t°$ вместо нормального понижения [1] (фиг. 4 и табл. 2). Для жидких поверхностей раздела поверхностное натяжение σ м. б. измерено одним из известных методов при разных концентрациях поверхностно-активного вещества в окружающей среде, что позволяет по кривой $\sigma = f(c)$ вычислить адсорбционную изотерму, т. е. определить при разных концентрациях адсорбцию на 1 $см^2$ жидкой, т. е. «идеально гладкой», поверхности раздела (вода—воздух, пар, вода — органические жидкости, вода—ртуть). Такое вычисление удобнее всего производить одним из графических методов, напр. строя к заданным точкам

Фиг. 3





Фиг. 4.

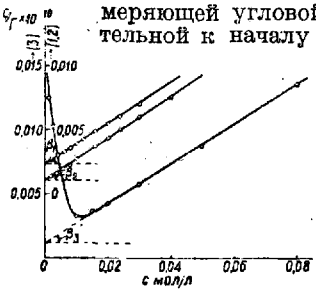
изотермы $\sigma(c)$ касательные и измеряя отрезки, отсекаемые ими на оси ординат от точки пересечения с той же осью горизонтали, проведенной через заданную точку (см. далее фиг. 7). Длина такого отрезка ζ и дает величину cG, пропорциональную адсорбции $\Gamma = \frac{1}{RT} cG$

$$\frac{\zeta}{c} = \operatorname{tg}\varphi = G = -\frac{\partial\sigma}{\partial c},\ \zeta = cG.$$

Полученные значения Γ_c дают адсорбционную изотерму. В том простейшем случае, когда кривые $\sigma(c)$ и $\Gamma(c)$ имеют постоянный знак кривизны на всем интервале концентраций [кривая $\sigma(c)$—выпукла, а кривая $\Gamma(c)$—вогнута к оси абсцисс], обычно справедливо простейшее уравнение изотермы адсорбции Ленгмюира—Райхинштейна:

$$\Gamma = \Gamma_\infty \frac{c}{c+a},\ \Gamma = \Gamma_\infty \frac{ac}{ac+1}.$$

Здесь Γ_∞—адсорбционный предел, т. е. значение $\lim_{c\to\infty}\Gamma$, а a—величина, являющаяся обратной адсорбционной активности $a: a = \frac{1}{a}$, измеряющей угловой коэфициент касательной к началу адсорбционной изотермы, т. е. крутизну кривой $\Gamma(c)$ в начале. Уравнение Ленгмюира позволяет, интегрируя с его помощью ур-ие Гиббса, найти зависимость $\sigma = f(c)$—изотерму поверхностного натяжения $\sigma = \sigma_0 - \Delta\sigma$, где



Фиг. 5.

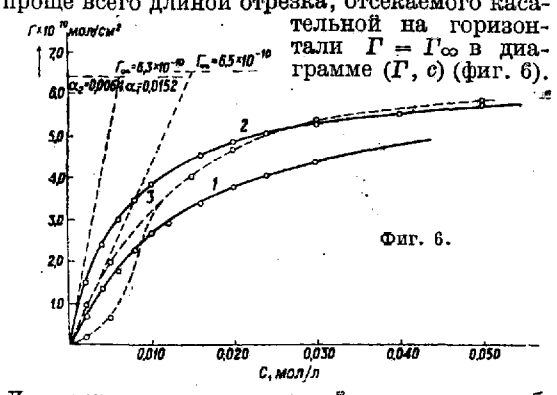
$\Delta\sigma = RT\Gamma_\infty \ln\left(\frac{c}{a}+1\right)$—ур-ие Шишковского. Для определения константы Γ_∞ удобно наносить значения Γ в диаграмме $\left(\frac{c}{\Gamma}, c\right)$ (фиг. 5). В случае справедливости изотермы Ленгмюира, изотерма на такой диаграмме представится прямой линией

$$\frac{c}{\Gamma} = \frac{a}{\Gamma_\infty} + \frac{1}{\Gamma_\infty}\cdot c,$$

по углу наклона к-рой легко определяется Γ_∞:

$$\frac{1}{\Gamma_\infty} = \operatorname{tg}\beta,\ \Gamma_\infty = \operatorname{ctg}\beta.$$

Вторая же константа ур-ия a определяется проще всего длиной отрезка, отсекаемого касательной на горизонтали $\Gamma = \Gamma_\infty$ в диаграмме (Γ, c) (фиг. 6).



Фиг. 6.

Для твердых же поверхностей раздела σ не м. б. определено непосредственным опытом, а потому в этих случаях адсорбция не вычисляется указанными методами, а измеряется обычно

Табл. 2.—С. п. з. растворов p-толуидина $CH_3C_6H_4NH_2$ на разных поверхностях раздела.

a) Поверхность раздела «водный раствор — воздух» $\sigma_{12} = f(c)$ при разных $t°$

c	20°	40°	50°	60°	80°
0	72,75	69,55	—	66,25	62,85
0,00096	72,52	69,43	—	66,20	62,80
0,00192	72,42	69,02	—	66,13	62,80
0,00382	71,78	68,50	67,03	—	62,50
0,00767	70,70	68,10	66,62	65,45	—
0,0173	63,70	63,62	63,38	62,18	60,82
0,0297	57,46	57,99	58,95	59,32	59,00
0,0519	50,56	51,27	52,04	53,38	55,28
0,0578	48,30				

b) Поверхность раздела «водный раствор—бензольная фаза»

c мол/л в воде	c_2 мол/л в бензоле	σ_{12} эрг/см²
0	0	35,0
0,0041	0,1400	31,8
0,0096	0,3100	27,5
0,0110	0,5570	26,5
0,0131	0,7382	24,6
0,0148	0,7202	23,6
0,0187	0,9510	22,1
0,0275	1,3510	20,6

c) Поверхность раздела «водный раствор—гексановая фаза»

c мол/л в воде	c_2 мол/л в гексане	σ_{12} эрг/см²
0	0	48,5
0,0050	—	39,6
0,0121	0,0115	32,5
0,0160	0,0723	31,4
0,0207	0,1143	25,7
0,0340	0,1400	22,6
0,0392	0,2260	20,8

Табл. 3.—Поверхностная активность $G = -\frac{\partial\sigma}{\partial c}$ и адсорбция $\Gamma = \frac{1}{RT}(cG)$ толуидина на поверхности раздела «водный раствор—гексановая фаза» при разных концентрациях (T = 293,2° со стороны водной фазы).

c_1	G	cG	$\Gamma_{12}\cdot 10^{10}$ экспер.	$\Gamma_{12} = \Gamma_\infty \frac{c}{c+a}$ a=0,0064
0,002	1 725	3,4	1,4	1,50
0,004	1 550	6,2	2,5	2,42
0,006	1 250	7,5	3,1	3,01
0,008	1 050	8,4	3,4	3,50
0,010	900	9,0	3,7	3,84
0,016	640	10,2	4,2	4,50
0,020	525	10,5	4,3	4,77
0,024	460	11,1	4,6	4,95
0,030	400	12,0	4,9	5,20
0,040	325	13,0	5,3	5,43
0,050	270	13,5	5,5	5,58

$(\Gamma_{12})_\infty = 6{,}3\cdot 10^{-10}$ мол/см².

непосредственно по изменению концентрации адсорбирующегося компонента в окружающей среде в результате адсорбции (табл. 3—5). Для таких измерений требуется значительная поверхность раздела, достигаемая измельчением твердого тела в порошок; при этом остается неизвестной величина действующей поверхности S и потому на опыте определяется не Γ, а адсорбция на 1 $г$ адсорбента, образующего поверхность раздела S_1 с окружающей средой: $A = \Gamma\cdot S_1$ (фиг. 7), на которой представлена

Табл. 4. — Адсорбция *i*-амилового спирта $C_5H_{11}OH$ на границе «водный раствор—воздух».

c мол/л	cG	$\Gamma = \frac{1}{RT} cG$ мол/см²·10¹⁰	$\left(\frac{c}{\Gamma}\right)\cdot 10^{-7}$ экспер.	$\left(\frac{c}{\Gamma}\right)10^{-7}$ вычислен.
0,005	5,4	2,2	2,3	2.3
0,010	8,2	3,4	3,0	3.0
0,020	10,6	4,4	4,5	5.5
0,030	11,8	4,8	6,2	6.7
0,040	12,0	4,9	8,1	8.1
0,100	12,2	5,0	20,0	19.0
0,150	12,8	5,2	28,0	28.0
0,200	13,2	5,4	36,0	36.2
∞	—	—	—	—

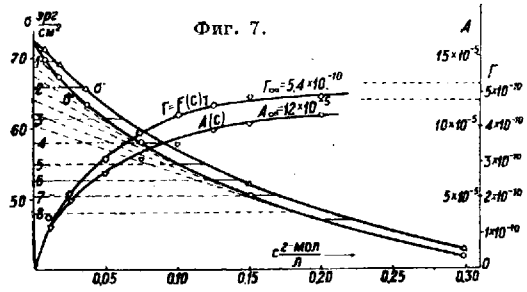
$\Gamma_\infty = 5{,}8\cdot 10^{-10}$ мол/см².

Табл. 5. — Адсорбция *p*-толуидина на границе «водный раствор—воздух».

c	20°	40°	60°	80°
	$\Gamma\cdot 10^{10}$	$\Gamma\cdot 10^{10}$	$\Gamma\cdot 10^{10}$	$\Gamma\cdot 10^{10}$
0,001	0,08	0,04	0,02	0,0
0,002	0,15	0,10	0,07	0,02
0,005	0,36	0,42	0,27	0,17
0,010	3,08	1,65	0,90	0,51
0,015	4,02	3,03	1,44	0,89
0,020	4,72	3,65	1,63	1,19
0,030	5,25	4,34	2,45	1,53
0,050	5,66	5,30	4,51	2,15
0,080	5,91			

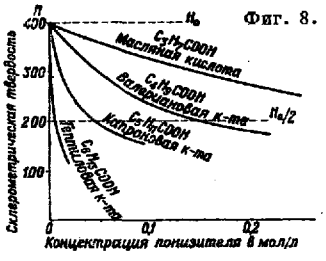
Общий предел адсорбции $\Gamma_\infty = 6{,}5\cdot 10^{-10}$.
$S_\infty = 25{,}4\cdot 10^{-16}$ см²/мол.

адсорбция *n*-бутилового спирта графитом из водного раствора: $A = f(c)$, $A(c)$ и σ'' для курейского графита (4 *г*); верхняя кривая $\Gamma = F(c)_T$. При адсорбции поверхностью твердого тела



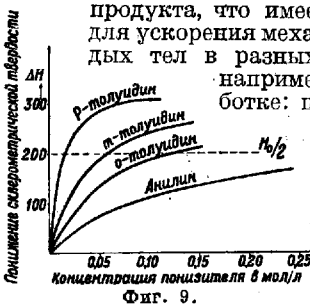
Фиг. 7.

поверхностно-активные вещества вызывают также понижение свободной поверхностной энергии соответствующей поверхности, что выражается в данном случае понижением ее твердости (в смысле, указанном выше) [3].



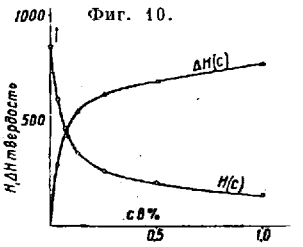
Фиг. 8.

Непосредствен. измерения показывают [3], что твердость при адсорбции действительно убывает по кривой, идущей вполне параллельно адсорбцион. изотерме, и достигает минимальн. значения при насыщении адсорбционного слоя. Для твердых тел понижение поверхностной твердости (поверхностной энергии) означает понижение работы, затрачиваемой на механическое диспергирование и увеличение степени дисперсности получаемого при этом продукта, что имеет большое значение для ускорения механич. обработки твердых тел в разных областях техники, например при металлообработке: шлифовании, сверлении, при шлифовании оптич. стекла, помоле в шаровых и коллоидных мельницах и бурении. Действие существующих в технике обработки металлов и стекла эмпирич. рецептур, так называемых смазывающих или охлаждающих жидкостей, сводится к адсорбционному понижению твердости, и эти рецептуры представляют собой растворы поверхностно-активных веществ в неполярных минеральных маслах или в воде. В качестве иллюстрации адсорбционного понижения твердости можно привести фиг. 8, 9 и 10: для мрамора в водных растворах жирных кислот и аминов (фиг. 8 и 9) и для флуорита (CaF_2, грань спайности, фиг. 10) в водных растворах мыла (олеата Na).



Фиг. 9.

Измерение поверхностной активности и свободной поверхностной энергии (см. *Поверхностное натяжение*) в особенности на границе двух антиполярных жидкостей (вода—углеводород) может с успехом применяться как чувствительный метод физико-химического анализа в различных областях техники. В качестве примера можно привести метод определения содержания полярных примесей, т. е. кислородных, сернистых и азотистых соединений, а также непредельных углеводородов в нефтепродуктах. Для этого следует измерять при 20° поверхностное натяжение данного нефтепродукта (или для вязких битумов и минеральных масел его раствора в очищенном неполярном керосине) на границе с водными растворами щелочи различных концентраций от 0 (чистая вода) до 0,001 *N*—0,01 *N* NaOH. При этом σ_{12} очень чувствительно к малейшим следам полярных примесей. В случае же наличия омыляемых полярных веществ (нафтеновых, асфальтогеновых к-т) σ_{12} резко падает с увеличением концентрации щелочи, т. е. с образованием соответствующих мыл, адсорбирующихся на границе раздела из водной фазы. На границе с чистой водой, смеси предельных углеводородов практически независимо от числа углеродных атомов в цепи дают $\sigma_{12} = 50$—52 эрг/см². Таковы значения для парафинового масла, высоко очищенных бензинов и керосинов, а также индивидуальных углеводородов (гексана, гептана). При подщелачивании воды значения σ_{12} для этих жидкостей остаются неизменными и получаются горизонтальные прямые в диаграмме (σ_{12}, c_{NaOH}). Бензол, толуол и смеси непредельных углеводородов (нафтенов, полиметиленов или олефинов) дают тоже горизонтальные прямые, но лежащие значи-



Фиг. 10.

тельно ниже первых. Самое низкое значение получается для бензола: $\sigma_{12}=35$ эрг/см².

С чрезвычайно высоко развитой удельной поверхностью дисперсных систем и наличием избытка свободной энергии, адсорбционных и электрич. явлений [4] в поверхностных слоях у междуфазных поверхностей, связан целый ряд физико-химич. величин специфичных именно для дисперсных систем и коллоидных растворов (см. *Электроосмос* и *Электрофорез, Коллоиды*). Из них здесь отмечаются лишь те величины, к-рые, будучи весьма тесно связаны со свободной поверхностной энергией, м. б. уже причислены к вполне строго определяемым физико-химич. величинам. 1) Работа сцепления или с обратным знаком—работа разрыва, дающая изотермич. работу разрыва тела с поперечным сечением в 1 см². Для жидкостей, где соответствующий процесс можно представить себе идущим обратимо, эта работа равна

$$W_1=2\sigma_1 \text{ (для жидкости } 1)$$

и

$$W_2=2\sigma_2 \text{ (для жидкости } 2),$$

и т. о. прямо находится из значения поверхностного натяжения; 2) работа растекания $W'=\sigma_{12}+\sigma_1-\sigma_2$ жидкости *1* по жидкости *2*, и 3) работа прилипания $W_{12}=\sigma_1+\sigma_2-\sigma_{12}$ при этом $W_{12}=W_1-W'$; 4) смачиваемость данной поверхности (большей частью — поверхности твердого тела) либо на границе «жидкость—воздух» либо на границе двух антиполярных жидкостей (вода—углеводород) $B=\cos\theta$ (см. *Смачивание*). При этом угол, образуемый жидкой поверхностью раздела с поверхностью твердого тела вдоль периметра смачивания, т. е. вдоль границ соприкосновения трех фаз (1, 2, 3 участвующих в процессе), называется краевым углом, или углом смачивания, θ. Смачивание же, или смачиваемость, может быть удобно определено величиною B. Для границы твердое тело (*3*) $\left|\frac{\text{жидкость (1)}}{\text{жидкость (2)}}\right.$ (причем жидкости *1* и *2* должны иметь возможно большую разность полярностей, как напр. в случае вода *1*—углеводород *2*) величина B может быть названа избирательным смачиванием. Смачиваемость связана с тремя поверхностными натяжениями на соприкасающихся по периметру смачивания поверхностях раздела простым соотношением (закон Юнга-Лапласа—Неймана):

$$B=\frac{\sigma_{23}-\sigma_{13}}{\sigma_{12}}.$$

Тогда как смачиваемость на границе твердое тело $\left|\frac{\text{воздух}}{\text{жидкость}}\right.$ не может служить для характеристики чистой поверхности твердого тела (так напр., все минеральные поверхности дают при смачивании в отдельности и водой и неполярными жидкостями — бензолом — $\theta\cong 0°$, т. е. $B\cong+1$), избирательное смачивание позволяет разделить все поверхности на 2 группы: а) гидрофильные, для к-рых $\sigma_{23}>\sigma_{13}$ и $0<B\leqslant+1$ избирательно-смачиваемые водой и б) гидрофобные—избирательно водой несмачиваемые; для них $\sigma_{23}<\sigma_{13}$ и $0>B\geqslant-1$. Промежуточный случай $B=0$, $\theta=90°$ отвечает безразличному смачиванию. К а) относятся типично гетерополярные кристаллы (окислы, сульфаты, карбонаты), гидрофильные коллоиды типа желатины, стекло и др. К б)—сульфиды, сера, графит, угли, гомеополярные органич. соединения, олеофильные коллоиды типа каучука. Металлы являются промежуточными телами; обычно они покрыты тонкой пленкой поверхностного окисла (платина) и потому оказываются гидрофильными. Экспериментально было показано на обширном материале [5], что с введением в систему поверхностно-активного адсорбирующегося вещества абсолютная величина B всегда убывает, причем B меняет знак (инверсия смачивания); гидрофильные тела становятся при адсорбции полярных ориентирующихся молекул гидрофобными, так как в наружную среду обращены при этом углеводородные цепи адсорбированных молекул. Обратная ориентация при адсорбции на первоначально гидрофобной поверхности вызывает обратное изменение. Т. о. всегда

$$\left(\frac{\partial B}{\partial c}\cdot B_0\right)<0.$$

Измерения B можно производить, помещая каплю одной из двух жидкостей *1* или *2* на твердую поверхность *3*, предварительно смоченную другой жидкостью *2* или *1*. В зависимости от порядка смачивания получаются два значения B_{12} и B_{21}, причем только в случае идеально гладких, чистых поверхностей

$$B_{12}=B_{21}=B_i=\frac{\sigma_{23}-\sigma_{13}}{\sigma_{12}}.$$

При образовании же адсорбционного слоя ориентированных молекул на твердой поверхности абсолютное значение разности $B_{12}-B_{21}$ возрастает (знак ее определяется знаком B_0) по адсорбционной изотерме. Разность $B_{12}-B_{21}$ (статич. гистерезис смачивания) обусловлена наличием статич. трения вдоль периметра растекающейся капли; в обоих случаях B_{12} и B_{21} это трение различно. Гистерезис B сильно понижает точность и воспроизводимость измерений, особенно в случае не вполне гладких поверхностей. В случае смачивания на границе трех жидких фаз (или жидкости *1*—жидкости *2*—газ *3*) гистерезис отсутствует вовсе вследствие идеальной молекулярной гладкости поверхности и полной подвижности периметра капли [2].

Лит.: 1) Rehbinder P. «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1924, B. 111, p. 447; ibid., 1926, B. 121, p. 103; 2) Taubmann A., ibid., Lpz., 1932, B. A 161, *1—2*, p. 129, 141; 3) Rehbinder P., «Ztschr. f. Physik», B., 1931, B. 72, *3—4*, p. 191; 4) Frumkin A., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1924, B. 109, p. 34; ibid., 1925, B. 116, p. 485; ibid., 1926, B. 123, p. 321; Frumkin A., «Ergebn. d. exakt. Naturwissensch.», B., 1928, B. 7, p. 235; 5) Ребиндер П., «Журнал физич. химии», М., 1930, т. 1, вып. 4/5, стр. 533; Таубман А., там же, стр. 553; Липец М. Е. и Римская М. М., «Цветные металлы», М.—Л., 1931, *5*, *8*; Талмуд Д., «Журнал физ. химии», М., 1931, т. 2, стр. 744.—Freundlich H., Kapillarchemie, 4 Aufl., B. 1—2, Lpz., 1930—32; Rehbinder P., «Biochem. Ztschr.», B., 1927, B. 181, p. 19; Rehbinder P. u. Taubmann A., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1930, B. 147, p. 120; Fuchs N., «Kolloid. Ztschr.», Lpz., 1930, B. 52; Langmuir J., «Journ. of the Amer. Chem. Soc.», Wsh., 1917, v. 39, p. 1048; Harkins W., ibid., 1917, v. 39, p. 354, 541; ibid., 1919, v. 41, p. 970; ibid., 1920, v. 42, p. 700; Talmud D., «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1931, B. A 156, p. 237; ibid., 1930, B. 151, p. 401.

П. Ребиндер.

СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ, часть внутренней энергии тела или системы тел, целиком превращающаяся в работу при изотермических обратимых процессах. С. э. является термодинамич. ф-ией F состояния системы, вид которой легко определяется из общего выражения 1-го и 2-го начал *термодинамики* (см.):

$$T\,dS\geqslant dU+dA \quad (dA=p\,dv).$$

Для изотермич. процессов: $T=\text{Const}$ и

$$dA-p\,dv\leqslant -dF_T, \quad F=U-TS=f(v,T),$$

т. е.

$$-\frac{\partial F}{\partial v}=p, \quad -\frac{\partial F}{\partial T}=S \quad \text{и} \quad U=F-T\frac{\partial F}{\partial T}, \quad U=F+TS$$

(ур-ие Гиббса-Гельмгольца). Физич. смысл понятий С. э. и связанная энергия $G = TS$ был дан Гельмгольцем (1881 г.). С. э., как наиболее простой вид термодинамич. потенциала, определяющего равновесие и условия возможности (необратимости) процессов при $T = \text{Const}$, $v = \text{Const}$, $dF_T = 0$, $dF_T < 0$, была введена Массье (1869 г.) и затем подробно рассмотрена Дж. В. Гиббсом (1873—76 гг.) (см. *Потенциал* термодинамический). С. э. является внутренним изотермич. потенциалом и определяет условия равновесия любой сложной системы при $T = \text{Const}$ ур-ием $dF = 0$. Из условия возможности процессов в такой системе $dF < 0$ следует, что устойчивому равновесию отвечает минимум С. э.:

$$F = \min, \quad \frac{\partial F}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} > 0.$$

В обратимых изотермических процессах внешняя работа, совершаемая системой, в точности равна убыли С. э.:

$$dA_m = -dF_T.$$

Эта работа—наибольшая и называется максимальной работой dA_m. При любом другом процессе перехода системы между двумя данными состояниями—начальным 1 и конечным 2, т. е. при любом неизотермическом или необратимом процессе, работа A_n всегда меньше A_m.

$$A_{12} \leqslant A_m = -(F_2 - F_1)_T.$$

С. э. любого тела м. б. представлена в виде

$$F(T, v) = F_0 + \psi(T) - \int_T p\, dv.$$

Зная вид этой ф-ии, можно найти уравнение состояния, т. к.

$$p = \varphi(v, T) = -\frac{\partial F}{\partial v}.$$

Для идеального газа находим:

$$F(T, v) = F_0 + c_v T(1 - \ln T) - RT \ln v.$$

По 3-му началу термодинамики — тепловому принципу Нернста—для конденсированных систем, т. е. систем, состояние к-рых практически определяется одной лишь T, постоянная интегрирования F_0—начальное значение F при абсолютном нуле—равно U_0 и

$$\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_0 = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_0 = 0.$$

С. э. или максимальной работой обратимой химической реакции

$$n_a a + n_b b + \ldots + \rightleftarrows n_A A + n_B B + \ldots$$

называется изменение С. э. (или вообще термодинамич. потенциала) при этой реакции:

$$A_m = -\Delta F = \Sigma n_a \mu_a - \Sigma n_A \mu_A.$$

Здесь μ—химич. потенциал данного реагента $\left(\mu_a = \frac{\partial F}{\partial m}\right)$, т. е. прирост С. э. системы при увеличении числа молей данного реагента m на 1 без изменения концентрации. При вычислении A_m условно полагают концентрации всех реагентов равными единице. Если при этом $A_m > 0$, реакция пойдет при $T = \text{Const}$ и $v = \text{Const}$ слева направо; при $A_m < 0$ произойдет обратное. Когда при этом все концентрации, изменившись, достигнут равновесных значений, то удовлетворится условие динамич. равновесия при химич. реакциях $A_m = 0$ (см. *Равновесие*).

Строго говоря, поверхностный слой каждого тела обладает иным запасом С. э., нежели соответствующая часть того же тела, взятая внутри его объема, что обусловлено особым состоянием молекул у поверхности раздела, вследствие различия в интенсивности молекулярных сил в обеих граничащих фазах (см. *Поверхностное натяжение*, *Полярность*). Избыток С. э., приходящийся на 1 $см^2$ поверхности раздела двух фаз, называется удельной свободной поверхностной энергией σ_{12}, или поверхностным натяжением данного пограничного слоя. Поэтому вообще для всякой двухфазной системы имеем не $F = F_1 + F_2$, а $F = F_1 + F_2 + F_{12}$, где $F_{12} = \sigma_{12} \cdot S$ (Дюгем, Гиббс). Для двухфазных систем с сильно развитой поверхностью раздела (дисперсных систем, напр. эмульсий, туманов и др.) дополнительный член $\sigma_{12} \cdot S$ м. б. весьма велик, чем и определяются их особые свойства (см. *Эмульсии*, *Капиллярные явления*). Если, в случае многокомпонентной системы, состав пограничного слоя отличается от состава прилегающих объемных частей фаз, то

$$F_{12} = \sigma_{12} \cdot S + \mu \Gamma S;$$

при этом сгущение или *адсорбция* (см.) $\Gamma = m_s - m_v$ моль/$см^2$ будет иметь место для тех компонентов, к-рые своим нахождением в пограничном слое понижают избыток С. э., т. е. понижают σ_{12}. Адсорбция Γ связана с вызываемым ею понижением поверхностного натяжения ур-ием Гиббса:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial \mu} = \Gamma$$

или для малых концентраций

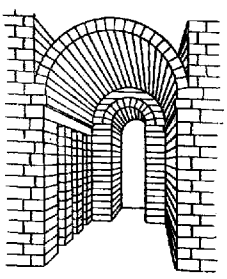
$$\mu = RT \ln c + \mu_0, \quad -\frac{c}{RT} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial c} = \Gamma(c, T),$$

являющимся основным законом теории адсорбционных явлений. См. *Свободная поверхностная энергия*.

Лит.: Планк М., Термодинамика, Л.—М., 1925; Брандт А. А., Основания термодинамики, 4 изд., ч. 1—2, М.—П., 1923; Богуславский С. А., Основания молекулярной физики и применение статистики к вычислению термод. потенциалов, «Научные известия», Физика, сборн. 3, М., 1922, стр. 1—93; Вознесенский С. А. и Ребиндер П. А., Руководство к лабораторным работам по физич. химии, М.—Л., 1928; Lewis G. a. Randall M., Thermodynamics a. the Free Energy of Chemical Substances, N. Y., 1923; Gibbs J. W., «Scientific Papers». London, 1906; Duhem P., Traité d'Energétique ou de thermodynamique générale, t. 1—2, Paris, 1911; Massieu, «CR», 1869, t. 69, p. 858, 1057; «Le journal de physique et de radium», Paris, 1877, t. 6, p. 216; Helmholtz H., Abhandlungen zur Thermodynamik, Ostwalds Klassiker d. exakten Wissenschaft, *142*, Lpz., 1921.

П. Ребиндер.

СВОДЫ, такие конструкции, перекрывающие пространства между стенами или столбами (фиг. 1), при к-рых в отличие от балочных перекрытий возникает распор. В настоящее время кирпичные и каменные С. в гражданских сооружениях почти не применяются, за исключением перекрытий над подвалами специального назначения (погреба). Теперь вместо трудоемких кирпичных и вообще каменных С. устраивают более легкие и целесообразно сконструированные бетонные и железобетонные пологие сводики, а б. ч. даже совсем плоские перекрытия. В настоящей статье между прочим даются самые краткие общие сведения о кирпичных С., чтобы иметь представление о них, т. е. уметь разбирать их при сломках старинных зданий.

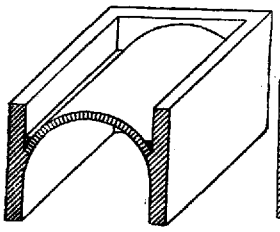


Фиг. 1.

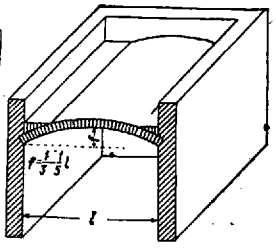
Формы С. По форме С. можно подразделить на 2 основные группы: цилиндрич. и сферич. К первой группе относятся: цилиндрич. полные

и пологие, крестовые, сомкнутые и лотковые; ко второй—купольные, парусные и бочарные.

Цилиндрические С. (фиг. 2 и 3) применяются при перекрытии подвальных помещений,

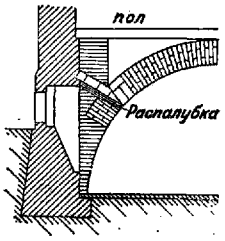


Фиг. 2.

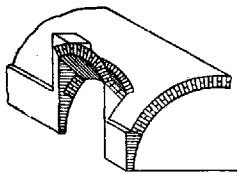


Фиг. 3.

коридоров, вестибюлей, воротных проездов в домах и т. д. Профилем цилиндрич. С. могут быть полукруг, эллипс, коробовые и подобные им кривые. В зависимо-

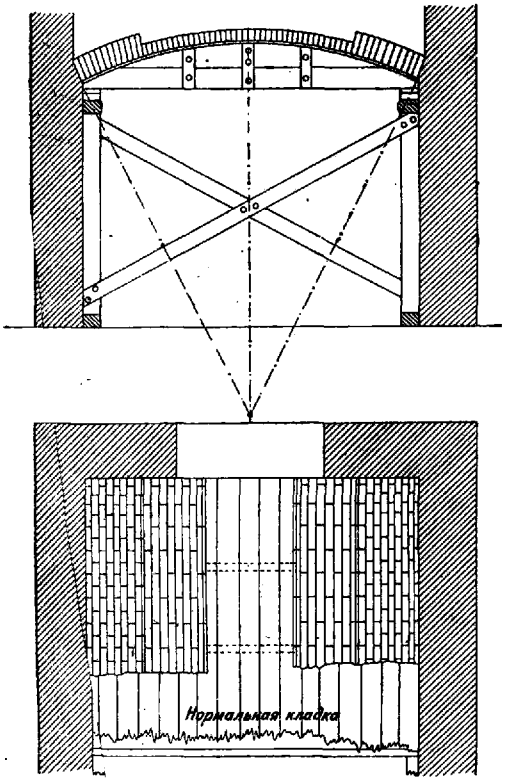


Фиг. 4.



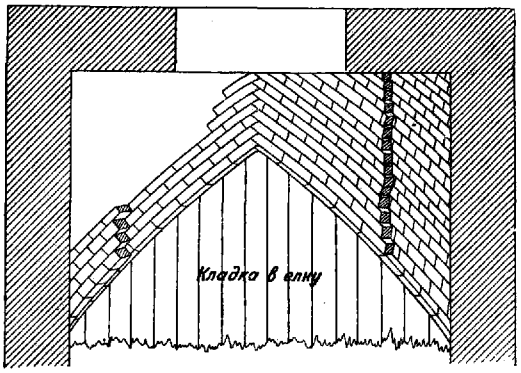
Фиг. 5.

сти от вида кривых С. разделяются: на полные цилиндрич. С. (профиль—полукруг, фиг. 2); по-



Фиг. 6 и 7.

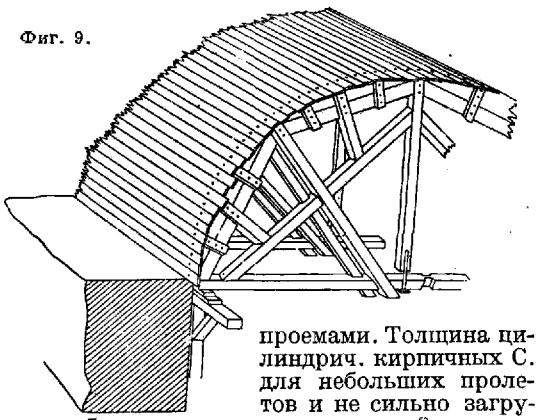
вышенные цилиндрич. С. (профиль — полуэллипс с большой вертикальной осью); пониженные, или пологие, цилиндрич. С. (стрела подъема $f = 1/3 \div 1/5\ l$, фиг. 3). Для лучшего освещения помещения, перекрываемого цилиндрич. С., напр. подвала, когда пятовые части С. про-



Фиг. 8.

ходят по наружным стенам, является необходимость устраивать распалубки (фиг. 4 и 5), т. е. отдельные сводчатые части над оконными

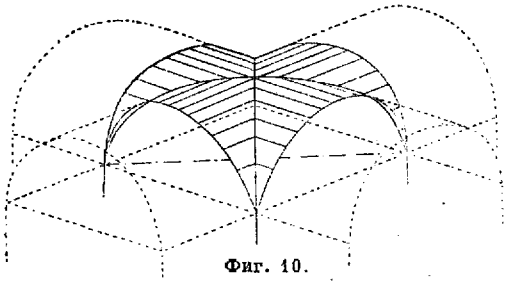
Фиг. 9.



проемами. Толщина цилиндрич. кирпичных С. для небольших пролетов и не сильно загруженных была установлена практикой следующая (примерно $1/30$ пролета):

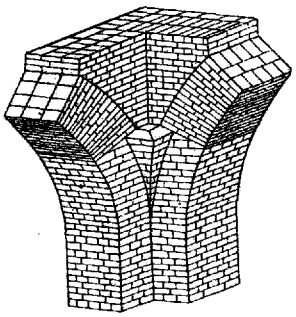
Пролет в *м* до . .	3	5	7	9	10—12
Толщина сводов в замке в кирпичах	1/2	1/2—3/4	1	1 1/2	2

Для С. с большими пролетами, а также сильно загруженных, толщина должна определяться статич. расчетом. При устройстве пологих С. необходимо также считаться с их распором на стены. Опорные стены (устои) д. б. достаточной толщины, чтобы выдержать этот распор. В подвальных этажах распор не имеет большо-

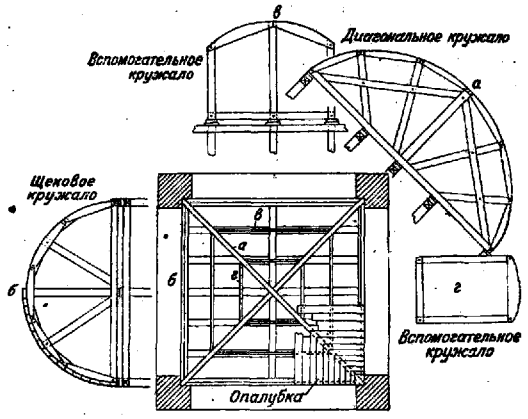


Фиг. 10.

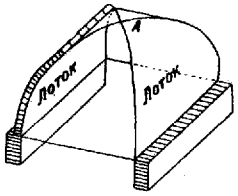
го значения, т. к. давление земли и нагрузка на стены от верхних этажей уравновешивают его. При кладке кирпичных цилиндрич. С. сопрягающие швы должны быть параллельны оси С., а стыковые—перпендикулярны и в перевязку (фиг. 6 и 7). Такая кладка называется



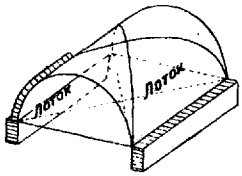
Фиг. 12.



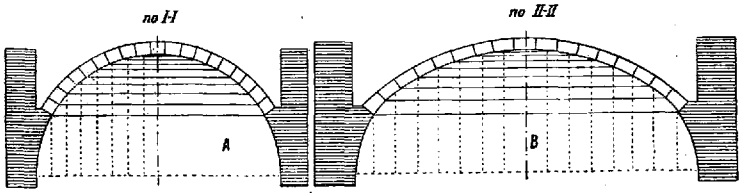
Фиг. 13.



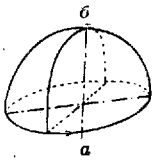
Фиг. 14.



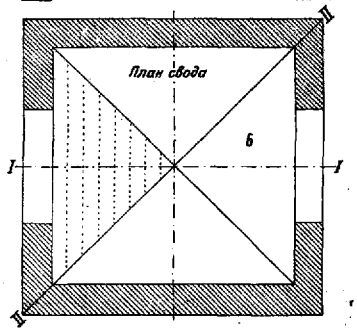
Фиг. 15.

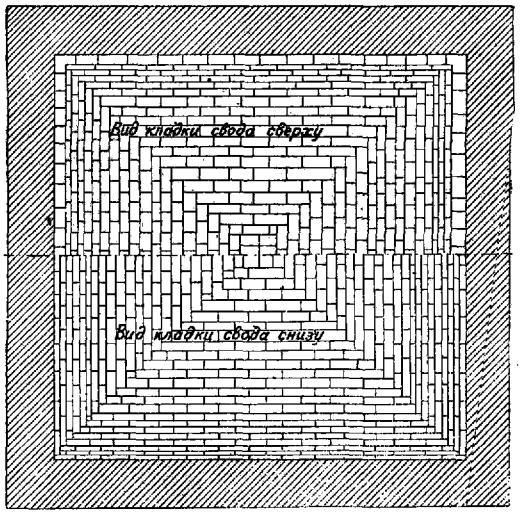


Фиг. 16.

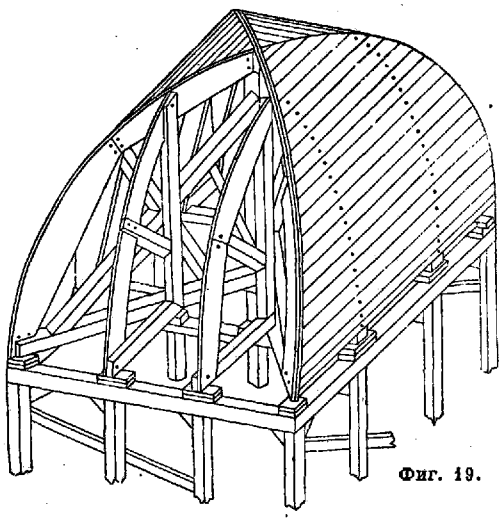


Фиг. 21.

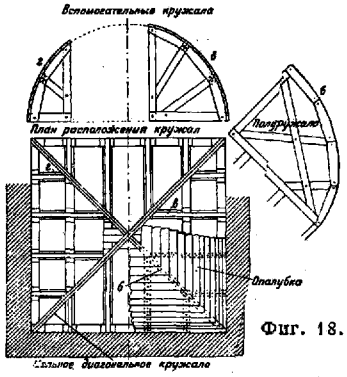




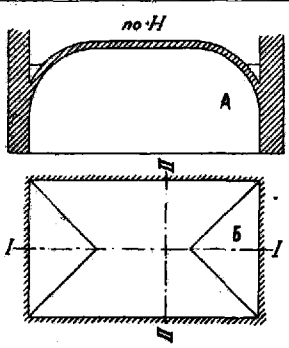
Фиг. 17.

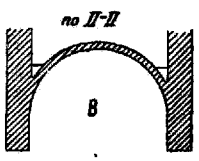


Фиг. 19.

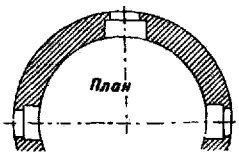


Фиг. 18.

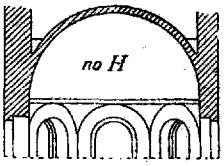


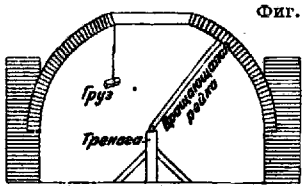


Фиг. 20.

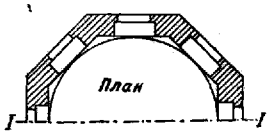


Фиг. 23.

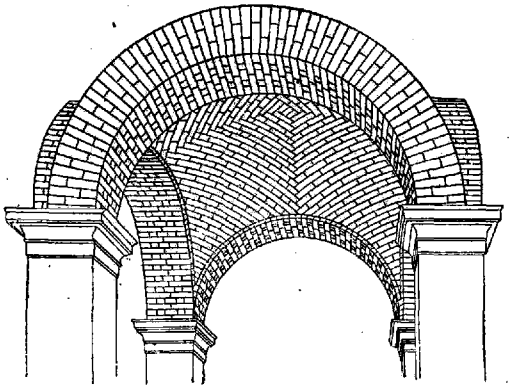




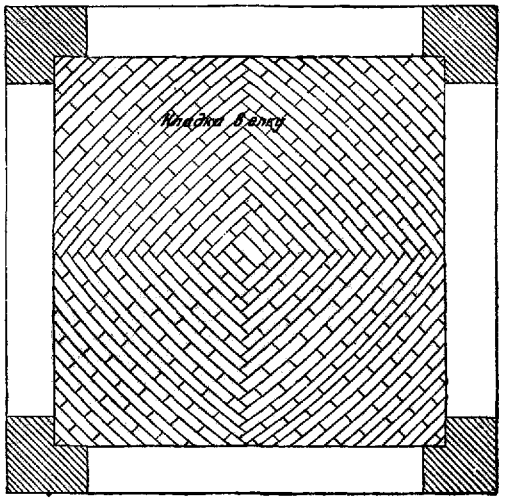
Фиг. 24.



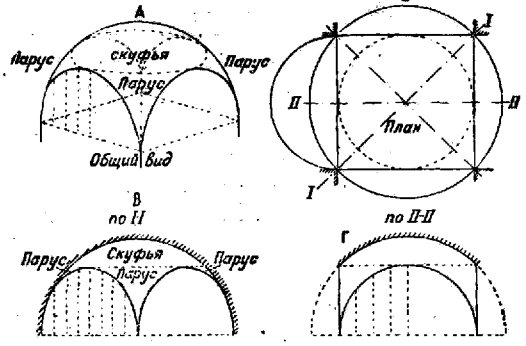
Фиг. 22.



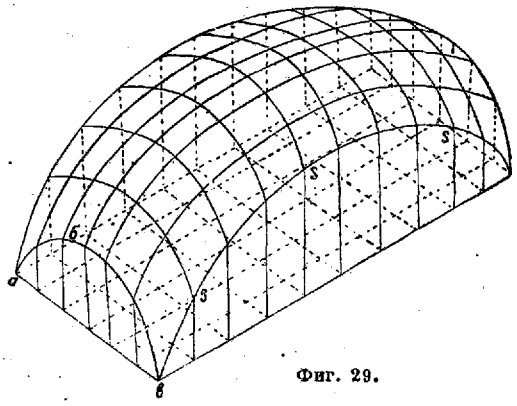
Фиг. 25.



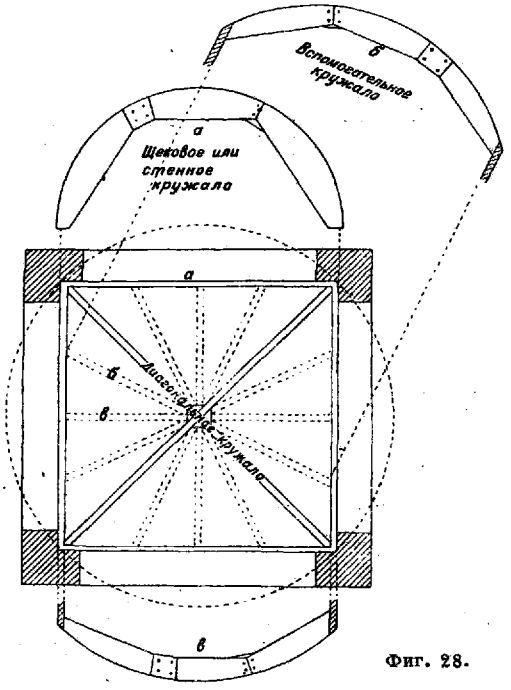
Фиг. 27.



Фиг. 26.



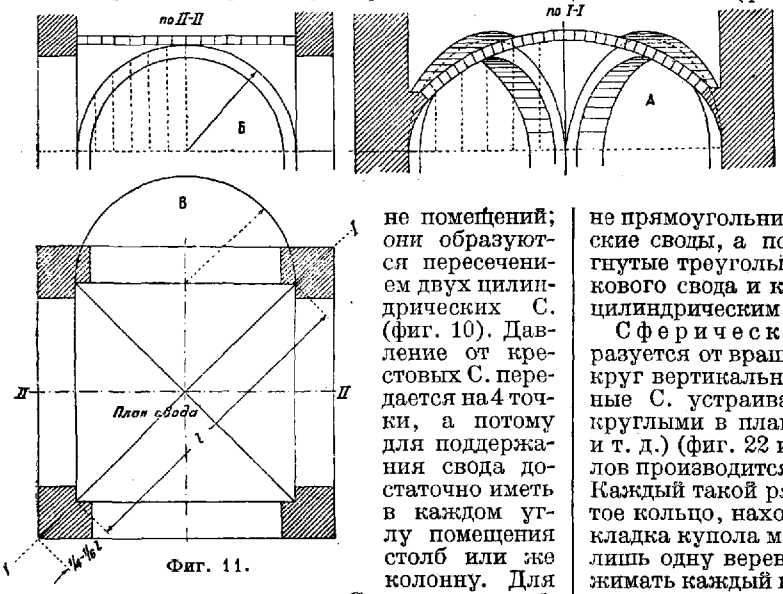
Фиг. 29.



Фиг. 28.

нормальной. Пологие С. могут быть выложены также и «в елку», как показано на фиг. 8; здесь сопрягающие швы составляют с осью свода угол в 45°. Подобная кладка ведется со всех четырех углов одновременно. Преимущества последней кладки: 1) отсутствие сквозного шва перелома и 2) распор от С. воспринимается всеми четырьмя стенами, а не только двумя, как на фиг. 6 и 7, при нормальной кладке. На фиг. 6 и 9 показаны примерные конструкции кружал с опалубками для цилиндрич. С.

Крестовые С. (фиг. 10—11) применяют для квадратных и реже прямоугольных в плане помещений; они образуются пересечением двух цилиндрических С. (фиг. 10). Давление от крестовых С. передается на 4 точки, а потому для поддержания свода достаточно иметь в каждом углу помещения столб или же колонну. Для воспроизведения крестового С. в натуре необходимо иметь точные конструктивные чертежи С., т. е. план его и разрезы (поперечный и диагональный: фиг. 11, А, Б и В), без к-рых нельзя сделать кружал с опалубкою. Толщина кирпичных крестовых С. для небольших пролетов, не сильно загруженных, практикою установлена следующая:



Фиг. 11.

Расстояние между столбами в м до	6	9	15
Толщина С. в кирпичах: в замке	1/2—1	1	1
Толщина С. в кирпичах: в пятах	1	1 1/2	1 1/2—2

Толщина опорных столбов $^1/_6$—$^1/_4$ диагонального пролета (фиг. 11, В). Кладка кирпичных крестовых С. производится так же, как и цилиндрич., т. е. рядами, параллельными осям, с перевязкою швов по диагональным ребрам, т. к. сквозные швы в последних недопустимы. Такая кладка называется нормальной и ведется от углов, для чего в столбах предварительно должны быть приготовлены выпускные пяты (фиг. 12). Выпускные пяты иногда делаются из специально заготовленных угловых тесаных камней. На фиг. 13 представлен план расположения кружал с видами их *а*, *б*, *в* и *г*, вынесенными отдельно.

Сомкнутые С. (фиг. 14) м. б. также применены для квадратных и прямоугольных в плане помещений. Сомкнутый С. состоит из 4 выгнутых тр-ков (лотков), вершины которых сходятся в одной точке *А*. Выгнутые тр-ки или иначе лотки—части цилиндрич. С., если последний разрезать двумя вертикальными плоскостями по диагонали (фиг. 15). Взяв четыре таких вырезки и расположив по четырем сторонам квадрата, получаем сомкнутый С. Сомкнутый С. передает нагрузку и распор на все четыре стены, чем выгодно отличается от цилиндрического и крестового С. Для воспроизведения сомкнутого С. в натуре необходимы план и разрезы—поперечный и диагональный,—т. к. без последних нельзя сконструировать кружала с опалубкой (фиг. 16, А, Б и В). Толщина сомкнутых С. одинакова с цилиндрич., если радиус вырезки (лотка) одинаков с радиусом цилиндрич. С. Кладка кирпичных сомкнутых С. производится рядами, параллельными опорным стенам (фиг. 17). На фиг. 18 представлен план расположения кружал и опалубки с видами отдельных кружал *б*, *в*, *г*. На фиг. 19 представлен примерный общий вид кружал с опалубкой.

Лотковые С. (фиг. 20, А, Б, В) образуются из сочетания цилиндрич. с сомкнутым, а именно: по длинной стороне прямоугольника располагаются цилиндрические своды, а по коротким его сторонам—выгнутые треугольники или лотки. Толщина лоткового свода и кладка его во всем одинакова с цилиндрическим.

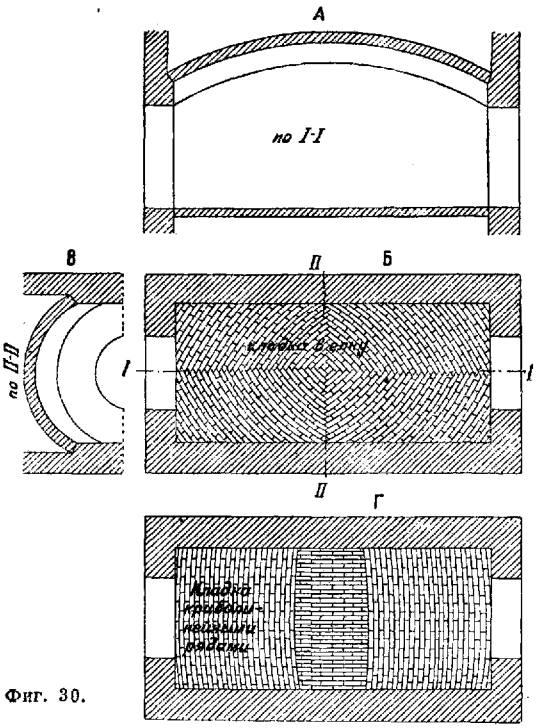
Сферические С. Купольный С. образуется от вращения четверти окружности вокруг вертикальной оси *а*—*б* (фиг. 21). Купольные С. устраиваются над многоугольными и круглыми в плане строениями (башни, вышки и т. д.) (фиг. 22 и 23). Кладка небольших куполов производится кольцевыми рядами (фиг. 24). Каждый такой ряд, представляя собою сомкнутое кольцо, находится в равновесии. Подобная кладка купола может вестись без кружал, имея лишь одну веревку с грузом, к-рая будет прижимать каждый вновь уложенный кирпич. Правильное очертание сферы и направление сопрягающих швов достигается при помощи особой треноги с вращающейся рейкой, точка прикрепления которой должна совпадать с центром купола. Кладка куполов больших диаметров производится по кружалам и опалубкам. Толщина купольных С. примерно следующая:

Пролет в м до	4	6	8	10
Толщина свода в кирпичах: вверху	1/2	1/2	1	1
Толщина свода в кирпичах: у опор	1/2	1	1 1/2	2

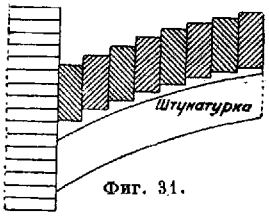
Парусный С. (фиг. 25) представляет собою сферу полушара, построенного на диагонали квадрата с отсеченными с четырех сторон сферич. полусегментами (фиг. 26, А, Б, В, Г). Оставшаяся сферич. часть на четырех опорах-ножках и называется парусным С. Верхняя часть этого С. (сферич. сегмент) называется скуфьей, а 4 сферич. тр-ка называются треугольными сферическими парусами. Для воспроизведения парусного С. в натуре необходимо вычертить план (фиг. 26, Б) и разрезы—диагональный и поперечный (фиг. 26, В и Г). Кладка таких С. производится в елку (фиг. 25 и 27), т. е. рядами нормально к диагонали перекрываемого помещения. На фиг. 28 представлен план расположения кружал, к-рые устанавливаются радиально.

Бочарный С. (фиг. 29) представляет собою поверхность с двоякой кривизной, к-рая м. б. сферич. вырезкой из полушара. Подобная сферич. поверхность м. б. получена и более простым способом, а именно двигая поступательно небольшую кривую *abв* вдоль другой кривой (большой) *SSS*. Эти кривые м. б. одного радиуса или разных. На фиг. 30, А, Б, В

представлен бочарный С. в плане и двух разрезах—продольном и поперечном. Кладка бочарных С. производится б. ч. арочками (фиг. 31), параллельными меньшей стороне прямоугольника в плане (нормальная кладка). Другие способы кладки—в елку (фиг. 30, Б) и криволинейными рядами (фиг. 30, Г). Елочный способ рациональнее, т. к. распор от С. можно передать на четыре стены.

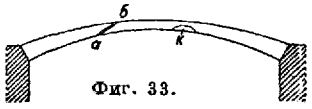


Фиг. 30.



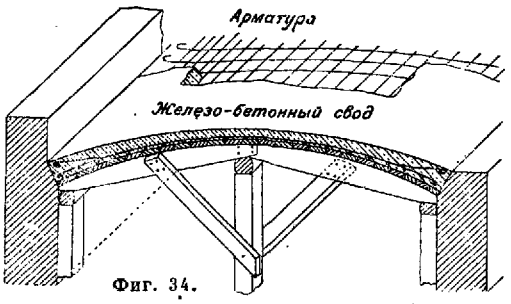
Фиг. 31.

Монолитные С. К монолитным относятся набивные бетонные и железобетонные С. Монолитные С. могут иметь любую форму; обыкновенно им придают формы цилиндрич. пологую или купольную в виде полушара, а чаще сегмента. Бетонные С. (фиг. 32) для своего изготовления (набивки) требуют устройства прочной и незыбкой опалубки с кружалами, чтобы от трамбования бетона опалубка не приходила в сотрясение. Поверхность опалубки должна делаться более гладкой, с тщательной пригонкой досок, если поверхности С. предполагают отделать затертыми, а не заштукатуренными. Набивку С. следует начинать с пят, к-рые делают несколько толще, чем замковую часть. Самую набивку необходимо производить быстро, чтобы между отдельными порциями набивки было обеспечено взаимное схватывание бетона. Свеженабитые С. в летнее время следует предохранять от быстрого высыхания, а потому их нужно помимо поливки еще закрывать рогожами и поливку производить поверх рогож. Толщина бетонных С. бывает различная, так как она зависит от величины пролета, от стрелы подъема С., от величины загрузки С. Для пологих С. (со стрелою подъема $f = 1/8\ l$) пролетом $l = 5{,}5$—6 *м* толщина в замке делается 12—15 *см*. По сравнению с кирпичными С. толщину бетонных следует считать в 0,5—0,7 от кирпичных. Прочность бетонных С. зависит от качества бетона и тщательности выполнения работ. Состав бетона для С. в среднем 1 : 3 : 5 или 6. Преимущества бетонных С. перед кирпичными: 1) меньшая толщина С., 2) возможность придавать С. любую форму, а также и разную толщину в направлении поперечного сечения его и 3) быстрое изготовление С. Недостатки бетонных С.: от динамич. усилий и перегрузки в С. могут появиться трещины невыгодного направления *а*—*б* (фиг. 33), отчего возможны частичные отпадения и даже выпадения целых кусков бетона к, а вслед за этим возможно и обрушение всего С.; в кирпичных С. трещины идут всегда по направлению шва, а потому они менее опасны.



Фиг. 33.

Железобетонные С. (фиг. 34) благодаря включению в толщу С. железной арматуры значительно прочнее бетонных, вследствие чего



Фиг. 34.

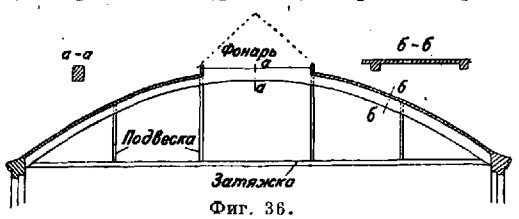
толщина их получается на много меньше бетонных. Железная арматура д. б. так проложена, чтобы она воспринимала на себя возникающие в С. растягивающие усилия. На этой фигуре представлено расположение арматуры в толще С., где видно, что в замковой части С. она находится ближе к внутренней поверхности, а по



Фиг. 35.

мере приближения к пятам С. арматура несколько отходит к наружной. Арматура состоит из уложенных в виде решетки прутьев, количество к-рых определяется расчетом. По укладке арматуры на опалубку наносится бетон литой или трамбованый. Железобетонные С., служащие покрытиям кровли, проектируются без-

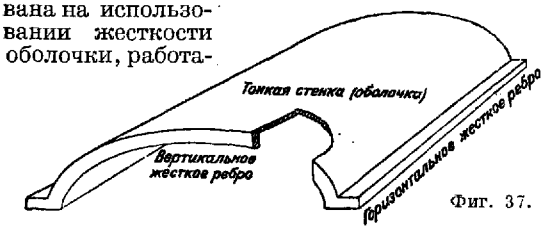
распорными, т. е. распор воспринимается затяжкой. Затяжки могут быть или металлич. или железобетонные. В конструктивном отношении железобетонные сводчатые покрытия делятся на г л а д к и е, или п л и т н ы е, без ребер (фиг. 35) и р е б р и с т ы е (фиг. 36). Первые покрытия



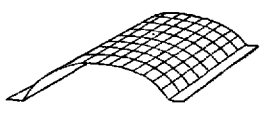
Фиг. 36.

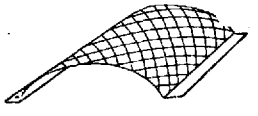
применяются для пролетов до 20 *м* и конструируются так, что толщина С. увеличивается от ключа к пятам при жестком соединении С. с бортовой карнизной плитой-балкой. Затяжки в таких С. устраивают на расстояниях 3—4 *м* с таким расчетом, чтобы каждая затяжка воспринимала на себя арочный распор на данной ширине. При больших пролетах затяжки во избежание прогиба поддерживают подвесками. Для придания металлич. затяжкам и подвескам необходимой огнестойкости их обделывают бетоном по проволочной обмотке или применяют иные огнестойкие одежды. Для больших пролетов, в к-рых сильнее отражается влияние односторонней нагрузки (снег, ветер) рациональнее применять С. с ребрами и тоже с затяжками. Такие покрытия более жестки по сравнению с гладкими. Расстояния между ребрами выбирают в соответствии с рабочим пролетом, допустимым для опирающейся непосредственно на эти ребра плиты кровли. Ребра С. воспринимают нагрузку части покрытия, равной по ширине расстоянию между ними. Горизонтальный распор каждого ребра воспринимается затяжкой, к-рая также подвешивается во избежание провисания (фиг. 36).

Т о н к о с т е н н ы е С. Последним достижением в области сводчатых перекрытий являются тонкостенные перекрытия типа Цейсс-Дивидаг (фиг. 37). Работа подобных С. основана на использовании жесткости оболочки, работающей на сжатие. Необходимым условием для создания С.-оболочки являются боковые жесткие ребра по периметру С. Большая жесткость С. позволяет применять С.-оболочку над значительными пролетами при сравнительно малой толщине этой оболочки в ключе, примерно до 7—8 *см*. При применении торкрет-бетона возможны С.-оболочки и меньшей толщины—



Фиг. 37.

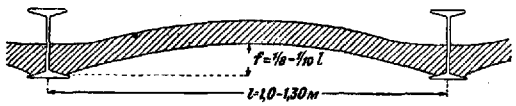

Фиг. 38.


Фиг. 39.

до 4 *см* в ключе. Арматура С.-оболочки является простейшим типом квадратной или диагональной сетки-решетки (фиг. 38 и 39).

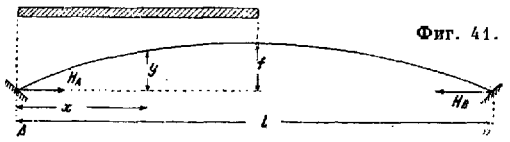
Небольшие бетонные и железобетонные сводики в гражданском строительстве нередко являются не самостоятельными несущими конструкциями, а лишь в качестве составных элементов, напр. в виде заполнения между железными балками (фиг. 40).

Р а с ч е т б е т о н н ы х и ж е л е з о б е т о н н ы х С. в гражданских сооружениях. В зависимости от назначения бетонных и железобетонных С. в конструкции перекрытий и покрытий их можно подразделить на следующие типы: 1) небольшие сводики в виде заполнений между несущими балками; 2) плитные своды гладкие; 3) ребристые своды без затяжек и с затяжками; 4) тонкостенные своды (своды-оболочки). С в о д и к и между железными балками обыкновенно имеют сравнительно небольшие пролеты—



Фиг. 40.

1,25—2,5 *м* (фиг. 40) и м. б. сделаны или бетонные или железобетонные. Нагрузка сводика составляется из собственного веса и располагающихся на нем нагрузок (засыпка, чистый пол, полезная нагрузка и т. д.). Расчетная схема бетонного сводика может быть представлена в виде трехшарнирной арки (фиг. 41) с односторонней



Фиг. 41.

временной нагрузкой, расположенной на половине пролета. Значение распоров для шарнирной арки

$$H_A = H_B = \frac{pl^2}{16f}. \qquad (1)$$

Вертикальные слагающие опорных реакций

$$A = {}^3/_8 p;\ B = {}^1/_8 p. \qquad (2)$$

Момент в любом сечении

$$M_x = M_0 - H_A y, \qquad (3)$$

где M_0—изгибающий момент простой балки той же расчетной длины l, в сечении, отстоящем от левого конца балки на таком же расстоянии, как рассматриваемое сечение сводика. Сечение сводика при малом пролете принимается постоянным. Для такого бетонного сводика необходимым условием является отсутствие растягивающих усилий в любом его сечении. Поверка напряжений производится по ф-ле для внецентренного сжатия

$$\sigma_b = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{W} \leq [n],$$

где $[n]$—допускаемое напряжение на сжатие. В железобетонном сводике фиг. 42 подбор тол-



Фиг. 42.

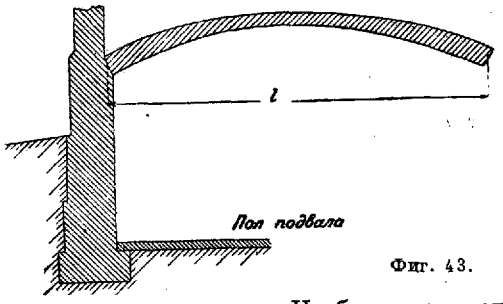
щины его и арматуры в нем производится по таблицам, в которых даны значения следующих величин:

$$h' = r\sqrt{\frac{M}{b}} \text{ и } Fe = t\sqrt{Mb}; \qquad (4)$$

h'—рабочая высота сечения, r и t—табличные

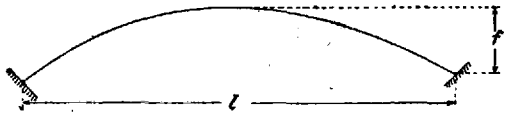
коэф-ты, M—изгибающий момент, b—ширина сечения, Fe—площадь сечения арматуры. Толщина железобетонных сводиков в зависимости от расчетного пролета обычно 7—12 *см*. Армирование его простейшее, в виде решетки, и состоит из рабочей (не менее 6 на *п. м*) и распределительной арматуры (на расстоянии 25 *см* при ⌀ 6 *мм*).

П л и т н ы е С. (фиг. 43) могут нести на себе большие нагрузки и применяются также в пере-



Фиг. 43.

крытиях над подвалами. Необходимым условием для такого перекрытия является наличие достаточно жестких и неподвижных опор для пят С., к-рые могли бы полностью воспринять максимальный расчетный распор. Фундаментные стены с невысокой цокольной частью стены могут служить достаточно надежными опорами для С., перекрывающих подвальное помещение. Расчетной схемой плитного С. может служить двухшарнирная арка с переменным сечением (фиг. 44). Обычные соотношения $\frac{f}{l}$ колеблются в пределах $\frac{1}{8} \div \frac{1}{5}$. Т. к. практической расчетной нагрузкой обычно является сплошная равно-



Фиг. 44.

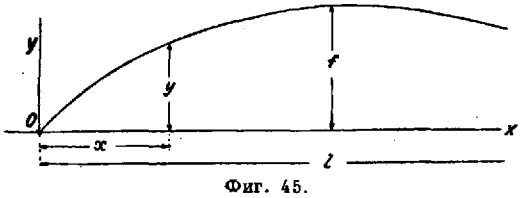
мерная нагрузка, то очертание С. принимается параболическим. Построение оси производится по уравнению

$$y = \frac{4fx}{l^2}(l-x),$$

где x—текущая координата (фиг. 45). Поперечные сечения С. определяются из условий изменения их по закону

$$\frac{I_c}{I\cos\varphi}, \qquad (5)$$

где I_c—момент инерции С. в ключе, I—момент инерции С. в пяте, φ—угол, образуемый каса-



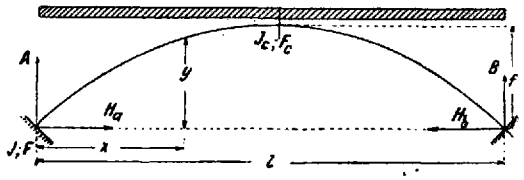
Фиг. 45.

тельной к оси С. в данном сечении с горизонталью. Точное решение задачи сводится к вычислению распора, определяемого из ур-ий деформации в статике сооружений, основанных на теории упругости. Приближенно же распор м. б. вычислен в зависимости от характера загрузки по следующим ф-лам:

1. При сплошной равномерной нагрузке (фиг. 46)

$$H_a = H_b = \frac{pl^2}{8f(1+\xi)}, \qquad (6)$$

где $\xi = \frac{15I_c}{8f^2F_c}$; I_c—момент инерции в ключе, F_c—площадь сечения С. в ключе.



Фиг. 46.

Реакции опор

$$A = B = \frac{pl}{2}. \qquad (7)$$

Момент в любом сечении на расстоянии x от левой опоры

$$M_x = M_0 - H_A y, \qquad (8)$$

где

$$M_0 = Ax - \frac{px^2}{2}.$$

2. При одностороннем загружении (загружена только левая половина С.)

$$H = \frac{pl^2}{16f(1+\xi)}, \qquad (9)$$

$$A = \frac{3}{8}pl, \qquad (10)$$

$$B = \frac{1}{8}pl. \qquad (11)$$

Момент в любом сечении С. определяется по ф-ле (8). Поверка напряжений производится как для сводиков небольших пролетов.

Р е б р и с т ы й С. (фиг. 36). Расчетной схемой служит арка с затяжкой (фиг. 47). При полном загружении С. сплошной равномерной нагрузкой усилие в затяжке определяется по ф-ле:

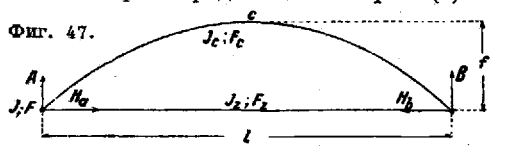
$$H_a = \frac{pl^2}{8f(1+\xi)}, \qquad (12)$$

где

$$\xi = \frac{15}{8f^2}\left(\frac{I_c}{F_c} + \frac{I_z}{F_z}\right); \quad A = B = \frac{pl}{2}.$$

Момент в любом сечении арки на расстоянии x от левой опоры определяется по ф-ле (8). По-

Фиг. 47.

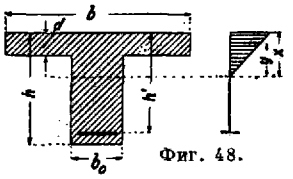


перечное сечение С. конструируется тавровым (фиг. 48). Размеры сечения определяются по эмпирич. ф-ле

$$h - d = 12\sqrt{M}, \qquad (13)$$

где h—полная высота сечения в *см*, d—толщина плиты в *см*, M—изгибающий момент в *тм*. Арматура сечений определяется по формуле:

$$f_c = \frac{M}{\sigma_e\left(h' - \frac{d}{2}\right)}. \qquad (14)$$



Фиг. 48.

По нормам $\sigma_e = 1\,250$ *кг/см²*; $\sigma_b = 50$ *кг/см²* для бетона марки II, что соответствует $R_{-28} = 110$ *кг/см²*. Поверка напряжений материалов для

тавровых сечений без учета сжатой зоны в ребре производится по ф-лам:

$$x = \frac{2nh'f_e + bd^2}{2(nf_e + bd)}, \quad (15)$$

$$y = x - \frac{d}{3} \cdot \frac{3x-2d}{2x-d}, \quad (16)$$

$$\sigma_e = \frac{M}{f_e(h'-x+y)}, \quad (17)$$

$$\sigma_b = \sigma_e \frac{x}{n(h'-x)}. \quad (18)$$

Что касается расчета С.-оболочек, то следует отметить, что статич. расчет их встречает значительные затруднения и до настоящего времени точного решения не имеется. О тонкостенных перекрытиях см. *Тонкостенные своды.*

Лит.: Германский бетонный союз, Проектирование и расчет железобетонных сооружений, т. 1, М., 1928; Давыдов С. С., Курс железобетона, М.—Л., 1931; Справочник для инженеров строительной специальности и архитекторов, т. 1, М., 1928; Мерш Э., Железобетонные сооружения, пер. с нем., М.—Л., 1931; Taschenbuch für Bauingenieure, hrsg. v. M. Foerster, 5 Aufl., B., 1928; Mörsch E., Der Eisenbetonbau, B. 1—2, 6 Aufl., Stg., 1923—29; Handbuch für Eisenbeton, hrsg. v. E. Emperger, 3 Aufl., B. 7, B., 1921; Смотров С. и Беляев Б., Расчет свода с учетом деформации основания под фундаментами, М.—Л., 1931; Риттер М., Теория и расчет каменного или железобетонного моста, пер. с нем., П., 1916; Михайлов П., Новый метод расчета упругих арок переменного сечения, П., 1923; Mörsch E., Berechnung v. Dreigelenkbogen, «Ztschr. f. Architekter- u. Ingenieurwesen», Hannover—Wisbaden, 1900, H. 2; Mörsch E., Berechn. v. eingespannten Gewölben, «Schweizerische Bauztg», Zürich, 1906, B. 47, 7, 8, 1909, B. 53, 7—10; Ritter W., Anwend. d. graph. Statik, 4 Teil, Der Bogen, Zürich, 1906; Ritter M., Beitrag zur Theorie u. Berechn. d. vollwand. Bogenträger, B., 1909; Kögler, Vereinfachte Berechn. eingespannter Gewölbe, Berlin, 1913; Weyrauch F., Elast. Bogenträger, einschliesslich der Gewölbe, 2 Aufl., Stg., 1911; Melan J., Der Brückenbau, 3 Aufl., B. 2, Leipzig, 1924; Melan J., Theorien d. Gewölbes im Handb. f. Eisenbetonbau, hrsg. v. F. Emperger, 2 Aufl., B. 1, B., 1912; Pichl E., Die Berechnung v. Viadukten, «Der Bauingenieur», Berlin, 1921; Mörsch E., Berechn. d. Brückengewölbe f. Winddruck, exzentr. Belastung u. einseitige Erwärmung, «B. u. E.», 1923; Ritter M., Die Formgeb. d. gelenklosen Brückengewölbe mit Hilfe virtueller Zusatzlasten, Zürich, 1926; Strassner A., Neuere Methoden zur Statik der Rahmentragwerke und der elastischen Bogenträger, B. 2, II bis IV Abschnitt, 2 Aufl., B., 1921; Kirchhoff R., Die Statik der Bauwerke, B. 2, IV Abschnitt, 1 Aufl., B., 1922; Hartmann F., Die genauere Berechnung gelenkloser Gewölbe und der Einfluss des Verlaufs der Achse und der Gewölbestärke, 2 Aufl., Lpz.—W., 1925; Legay, Mémoire sur le tracé et le calcul des voûtes en maçonnerie, «Annales des ponts et chaussées», P., 1900.

С. Герольский.

СВЯЗАННЫЕ СИСТЕМЫ, в электротехнике и радиотехнике—электрич. цепи (две или более), в к-рых, при появлении меняющегося или переменного тока в одной из них, в других появляются электрич. напряжения и токи. Обычно цепь, из к-рой получается энергия, называется первичной цепью; цепи, получающие энергию, называются вторичными. Однако вторичные цепи, получив энергию от первичной, сами начинают ее передавать в первичную цепь, благодаря чему явление сильно усложняется, т. к. на имеющийся уже переменный ток в первой системе накладываются токи, индуктированные из вторичных систем, имеющих каждая свой период и фазу. Математически сложный анализ явлений для нескольких С. с. в. дальнейшем проводится лишь для наиболее характерного случая двух С. с., с к-рым часто встречаются в радиотехнике.

Характер явлений в С. с. зависит, во-первых, от параметров первичной и вторичной систем, т. е. от их коэф-тов самоиндукции, емкостей и сопротивлений, которые в дальнейшем будут обозначаться соответственно L_1, C_1, R_1 для первичной цепи и L_2, C_2, R_2 для вторичной цепи; во-вторых, от коэф-та связи k между двумя системами, к-рый устанавливает величину взаимодействия между ними; в-третьих, явления, происходящие в С. с., зависят от параметров, характеризующих источник энергии, включенный в первичную цепь, или, если такового нет, от начальных условий, характеризующих первичный запас энергии системы, имеющийся в ней к начальному моменту времени, от к-рого ведется счет. Начальные условия позволяют определить постоянные интегрирования и дать ур-ия с числовыми коэф-тами. Т. о. для решения задачи надо знать напряжение E источника энергии (например динамомашины) в V, период или угловую частоту его ω, фазу, соответствующую моменту включения, т. е. величину мгновенного значения напряжения E_0, какое имел источник тока в момент включения его в колебательные системы. Запас энергии, вложенный в систему, характеризуется энергией заряда конденсатора первичной сети

$$W_C = \frac{C_1 E_0^2}{2}$$

и энергией, запасенной в магнитном поле самоиндукции первичной цепи, т. е.

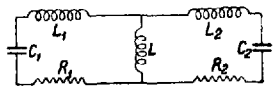
$$W_L = \frac{L_1 I_0}{2}.$$

Т. о. токи и напряжения в С. с. являются ф-иями времени и указанных выше постоянных, независящих от времени параметров цепей, т. е. L_1, C_1, R_1, L_2, C_2, R_2, ω, E_0, I_0 и k. Коэф. связи k, входящий в ф-лу, вычисляется на основании данных о взаимном расположении контуров. Для всех видов связи он определяется как отношение

$$k = \frac{x_m}{\sqrt{x_1 x_2}},$$

где x_m—величина реактивного сопротивления на общем связующем участке цепи, x_1—полное реактивное сопротивление первой системы, x_2—полное реактивное сопротивление для второй из С. с.

Виды связи. Различают следующие виды связи. 1) Связь автотрансформаторная (частный случай индуктивной связи): контуры расположены согласно фиг. 1 и имеют общий участок цепи—самоиндукцию L. В этом случае общее выражение для коэф-та связи приводит к ф-ле:



Фиг. 1.

$$k = \frac{\omega L}{\sqrt{\omega(L_1+L)\omega(L_2+L)}} = \frac{L}{\sqrt{(L_1+L)(L_2+L)}}.$$

В этой ф-ле, переписанной в виде

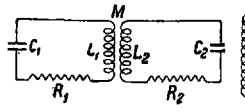
$$k^2 = \frac{L\omega_1 I_1}{(L_1+L)\omega_1 I_1} \cdot \frac{L\omega_2 I_2}{(L_2+L)\omega_2 I_2},$$

первый множитель показывает отношение напряжения, индуктируемого во вторичной цепи, к полному напряжению, имеющемуся в этот момент на всей самоиндукции первичного контура, второй множитель показывает такое же отношение, характеризующее относительную величину напряжения, индуктируемого вторичной цепью в первичной. На этом основании коэф. связи часто дают в %, т. к. его максимальное значение по определению не м. б. больше 100% или единицы. Ф-ла в последней интерпретации служит базой для измерений k (см. *Автотрансформаторная связь*).

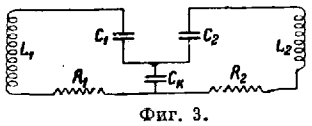
2) Связь индуктивная, или трансформаторная, когда энергия из одной цепи в другую переходит через магнитное поле, создаваемое первичной самоиндукцией второго контура, и обратно; в этом случае самоиндукции расположены одна около другой, но непосредственной связи не имеют (фиг. 2). Коэф. связи аналогично предыдущему вычисляется по ф-ле

$$k=\frac{\omega M}{\sqrt{\omega(L_1+M)\omega(L_2+M)}}=\frac{M}{\sqrt{L_1L_2}}.$$

Здесь M—коэф. взаимоиндукции двух катушек самоиндукции L_1 и L_2, каковой и определяет напряжение, индуктированное первичным кон-



Фиг. 2.



Фиг. 3.

туром во вторичном и обратно. О применениях индуктивной связи и измерении k см. *Индуктивная связь* и *Катушки связи*.

3) Третий случай имеет в виду емкостную связь, т. е. такую, когда напряжение из одной цепи передается в другую за счет падения напряжения на емкостном участке цепи. В этом случае связанные контуры расположены согласно фиг. 3. Коэф. связи в квадрате опять является произведением двух отношений напряжений в первом контуре и во втором контуре. Именно:

$$k^2=\frac{\left(\frac{I_1}{C_k\omega_1}\right)}{\left(\frac{I_1}{C_{\mathrm{I}}\omega_1}\right)}\cdot\frac{\left(\frac{I_2}{C_k\omega_2}\right)}{\left(\frac{I_2}{C_{\mathrm{II}}\omega_2}\right)}$$

или

$$k=\frac{\sqrt{C_{\mathrm{I}}C_{\mathrm{II}}}}{C_k}.$$

Та же ф-ла получается из общего определения коэф-та связи

$$k=\frac{x_m}{\sqrt{x_1x_2}}=\frac{\frac{1}{\omega C_k}}{\sqrt{\left(\frac{1}{\omega C_1}+\frac{1}{\omega C_k}\right)\left(\frac{1}{\omega C_2}+\frac{1}{\omega C_k}\right)}}.$$

Здесь C_{I} и C_{II}—емкости (полные) контуров, состоящие каждая из двух последовательно включенных емкостей C_1 и C_k, C_2 и C_k соответственно. C_{I} и C_{II} вычисляются по известной ф-ле последовательно включенных емкостей.

$$\frac{1}{C_{\mathrm{I}}}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_k},$$

$$\frac{1}{C_{\mathrm{II}}}=\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_k}.$$

Из ф-лы для k видно, что связь тем меньше, чем больше конденсатор связи. Об измерении k см. *Емкостная связь*.

4) Четвертый случай охватывает разнообразные возможности комбинированных связей, напр. индуктивной и гальванической (см. *Гальваническая связь*), за счет общих участков цепи, обладающих самоиндукцией, сопротивлением и емкостью. Этот случай в каждом отдельном виде д. б. разобран специально, ибо общей ф-лой он охвачен быть не может.

Колебания в С. с. Колебательное движение электричества в С. с. может быть результатом движения энергии, данной однажды первичному контуру в виде заряда емкости или магнитного поля самоиндукции. В этом случае энергия будет постепенно расходоваться в сопротивлениях системы, и колебания будут затухающими. Основным примером являются связанные контуры *искровых передатчиков* (см.). Вторым источником колебательной энергии в связанных контурах является альтернатор или иной генератор незатухающих колебаний, включенный в первичную цепь. Этот случай мы имеем в современных радиостанциях незатухающих колебаний. Физические соображения и математич. расчет показывают, что в этом случае в первый момент после включения существуют собственные затухающие колебания контуров, одновременно с которыми устанавливаются через короткое время вынужденные колебания постоянной амплитуды, обязанные воздействию внешнего источника энергии. Через относительно длительный промежуток времени затухающие колебания исчезают и остаются одни вынужденные незатухающие колебания. Колебания первого рода называются свободными колебаниями С. с., колебания второго рода—вынужденными колебаниями С. с. Свободные колебания—всегда затухающие, вынужденные—обычно незатухающие.

Для математич. исследования свободных колебаний в С. с. можно воспользоваться схемою фиг. 2, предположив, что энергия в эту систему внесена в момент $t=0$ в виде заряда конденсатора C_1 до потенциала V_1. После этого произошли электрич. колебания системы первичной и вторичной. При отсутствии постороннего источника энергии можно написать уравнения для первичного и вторичного контуров, изображающие закон равенства нулю суммы всех эдс замкнутого колебательного контура:

$$L\cdot\frac{dI_1}{dt}+M\frac{dI_2}{dt}+R_1I_1+V_1=0; \quad (1)$$

$$L\cdot\frac{dI_2}{dt}+M\frac{dI_1}{dt}+R_2I_2+V_2=0. \quad (2)$$

Принимая во внимание, что

$$I_1=C_1\frac{dV_1}{dt}\text{ и }I_2=C_2\frac{dV_2}{dt}; \quad (3)$$

$$\frac{dI_1}{dt}=C_1\frac{d^2V_1}{dt^2}\text{ и }\frac{dI_2}{dt}=C_2\frac{d^2V_2}{dt^2}, \quad (4)$$

из (1) и (2) ур-ий получим

$$L_1C_1\frac{d^2V_1}{dt^2}+R_1C_1\frac{dV_1}{dt}+MC_2\frac{d^2V_2}{dt^2}+V_1=0; \quad (5)$$

$$L_2C_2\frac{d^2V_2}{dt^2}+R_2C_2\frac{dV_2}{dt}+MC_1\frac{d^2V_1}{dt^2}+V_2=0. \quad (6)$$

Диференцируя (5) и (6) ур-ия два раза, мы получим еще четыре ур-ия, совместные с (5) и (6). Из последних пяти мы можем вычислить неизвестные нам величины:

$$\frac{d^4V_2}{dt^4},\ \frac{d^3V_2}{dt^3},\ \frac{d^2V_2}{dt^2},\ \frac{dV_2}{dt}\text{ и }V_2$$

в ф-ии параметров контуров и производных от V_1 до четвертого порядка. В результате получим из ур-ия (5) после подстановки в него вычисленного значения

$$\frac{d^2V_2}{dt^2}$$

линейное диференциальное ур-ие четвертого порядка вида

$$C_1C_2(L_1L_2-M^2)\frac{d^4V_1}{dt^4}+C_1C_2(L_1R_1+L_1R_2)\frac{d^3V_1}{dt^3}+$$
$$+(C_1L_1+C_2L_2+C_1C_2R_1R_2)\frac{d^2V_1}{dt^2}+$$
$$+(C_1R_1+C_2R_2)\frac{dV_1}{dt}+V_1=0. \quad (7)$$

Наиболее интересным в практике радио и достаточно освещающим метод расчета является частный случай: $R_1=R_2=0$, т. е. затухание кон-

туров очень мало (им можно пренебречь). Положив затем, что

$$\omega_1^2 = \frac{1}{C_1 L_1} = \omega_2^2 = \frac{1}{C_2 L_2} \qquad (8)$$

и учитывая, что

$$\frac{M^2}{L_1 L_2} = k^2, \qquad (9)$$

получим после деления ур-ия (7) на C_1, C_2, L_1, L_2 и подстановок из ур-ий (8) и (9) следующее упрощенное ур-ие:

$$(1-k^2)\frac{d^4V_1}{dt^4} + 2\omega_1^2\frac{d^2V_1}{dt^2} + \omega_1^4 V_1 = 0. \qquad (10)$$

Такой же точно вид будет иметь и ур-ие для V_2, ибо отличие их было лишь в членах, содержащих сопротивление, а они исчезли после сделанного предположения, что $R_1 = R_2 = 0$. Известно, что это ур-ие имеет решение вида

$$V_1 = A_1 \cos \omega' t + B_1 \cos \omega' t \qquad (11)$$

$$V_2 = A_2 \cos \omega'' t + B_2 \cos \omega'' t, \qquad (12)$$

где ω' и ω''—корни характеристич. ур-ия, получаемого путем подстановки:

$$V_1 = e^{\omega t};\ \frac{dV_1}{dt} = \omega e^{\omega t};\ \frac{d^2V_2}{dt^2} = \omega^2 e^{\omega t} \text{ и т. д.} \qquad (13)$$

Ур-ие (10) после подстановки из (13), сокращения на $e^{\omega t}$ и деления на $(1-k^2)$ получает вид

$$\omega^4 + \frac{2\omega_1^2}{1-k^2}\omega^2 + \frac{\omega_1^4}{1-k^2} = 0; \qquad (14)$$

ур-ие (14) биквадратное и дает четыре мнимых корня:

$$\omega = \pm\sqrt{\frac{-\omega_1^2 \pm \sqrt{\omega_1^4 - \omega_1^4(1-k^2)}}{1-k^2}}; \qquad (15)$$

после упрощения

$$\omega = \pm\sqrt{\frac{-\omega_1^2(1 \pm k)}{1-k^2}}, \qquad (16)$$

или, не считаясь со знаками

$$\omega' = \frac{\omega_1}{\sqrt{1-k}},\ \omega'' = \frac{\omega_1}{\sqrt{1+k}}. \qquad (17)$$

Из ур-ия (16) следует, что характеристическое ур-ие имеет четыре мнимых попарно сопряженных корня, что нам указывает на синусоидальный вид V_1

$$V_1 = A_1\left(\frac{e^{-\sqrt{-1}\omega' t} + e^{+\sqrt{-1}\omega' t}}{2}\right) + B_1\left(\frac{e^{-\sqrt{-1}\omega'' t} + e^{+\sqrt{-1}\omega'' t}}{2}\right) = A_1 \cos \omega' t + B_1 \cos \omega'' t. \qquad (18)$$

Из ур-ия (17) следует, что хотя до начала колебания оба контура и были настроены в резонанс на частоту ω_1, во время колебаний появляются новые частоты связи, одна больше ω_1

$$\omega' = \frac{\omega_1}{\sqrt{1-k}}$$

и другая меньше ω_1

$$\omega'' = \frac{\omega_1}{\sqrt{1+k}}.$$

Эти частоты связи можно получить и измерить с помощью волномера, и тогда мы, зная ω' и ω'', можем вычислить k—коэф. связи по ф-ле:

$$k = \frac{(\omega')^2 - (\omega'')^2}{(\omega'')^2 + (\omega')^2}, \qquad (19)$$

получаемой из ф-л (17) путем исключения из них ω_1. Полагая $k = 0{,}01$, мы находим, что и частоты связи будут отличаться примерно на половину процента $\left(\frac{k}{2}\right)$ от основной резонансной частоты. Эта точность достаточна для большинства измерений по резонансному методу, почему такая связь считается весьма слабой и ее влиянием на результат измерений пренебрегают. При связях от $k = 0{,}01$ до $k = 0{,}05$ связь считается слабою, но она уже влияет на точность измерений и ее приходится учитывать. Свыше $k = 0{,}05$ связь считается сильной.

Чтобы закончить исследование ур-ий (11) и (12), необходимо определить постоянные интегрирования A_1, B_1, A_2 и B_2. Их легко можно получить, зная начальные условия системы E_0 для заряда C_1 и условия о том, что токи i_1 и i_2 при $t = 0$ равны нулю. В результате получим:

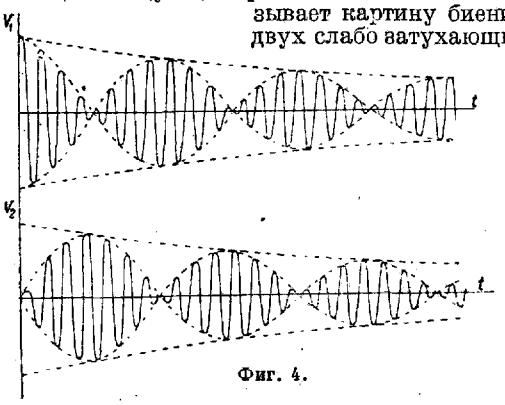
$$V_1 = \frac{E_0}{2}(\cos \omega' t + \cos \omega'' t), \qquad (20)$$

$$V_2 = \frac{E_0}{2}\sqrt{\frac{C_1}{C_2}}(\cos \omega' t - \cos \omega'' t). \qquad (21)$$

Из ф-лы (21) видно, что напряжение во вторичном контуре будет больше напряжения первичного контура в $\sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$. Последнее соотношение может быть использовано для повышения напряжения во вторичных контурах: в этом случае C_2 нужно взять значительно меньше C_1. В радиотехнической практике, а равно и в области сильных токов могут встретиться случаи нежелательных и вредных повышений напряжений за счет резонанса системы, имеющей малую емкость, с системой, имеющей большую емкость, например когда катушка самоиндукции попадает в резонанс с колебательным контуром; в результате на концах ее возникнут опасные перенапряжения. Другой случай—короткое замыкание, вызвавшее колебательный разряд в одной линии, может в другой параллельной линии при резонансе обеих систем индуктировать повышенное напряжение в отношении $\sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$. Изучая ф-лы (20) и (21), видим, что в первичной цепи сначала оба колебательных напряжения одинаковы по фазе, и следовательно их напряжения складываются, но затем разность их периодов приводит к тому, что одно колебание получает фазу, противоположную другому, в результате напряжения вычитаются. Явление это носит название *биений* (см.). Та же картина имеет место и во вторичной цепи, но здесь явление сдвинуто по фазе, именно максимум напряжения (сложение колебаний) произойдет тогда, когда в первичной цепи будет минимум. Это указывает, что в это время почти вся энергия перешла из первичной цепи во вторичную. Т. о. если в этот момент разомкнуть первичную цепь, то энергия уже в нее вернуться не может и останется во вторичной, создавши в ней свободные затухающие колебания с частотой вторичного контура и со свойственным ему затуханием. В радиотехнике искровой этот случай имел место при т. н. ударном возбуждении вторичной цепи. В этом случае первичная цепь, содержащая в себе искровой промежуток, разрывалась автоматически потуханием искры при ослаблении тока в первый же минимум, и вся энергия переходила во вторичную цепь, создавая в ней слабо затухающие колебания. Ускорению этого разрыва первичной цепи способствовали специально сконструированные разрядники: немецкий Вина и английский сист. Маркони.

В современной радиотехнике чаще встречается ударное возбуждение в виде вредного мешания т. н. атмосферных разрядов и индустриальных помех от искр и вольтовых дуг

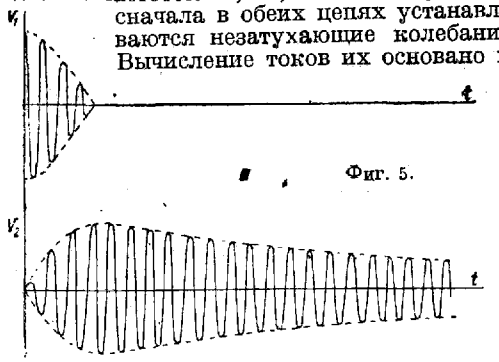
трамвая, моторов, сварочных аппаратов, к-рые дают толчки вторичным системам—цепям радиоприемников, создавая в них затухающие колебания того же периода, на к-рый настроен приемник. Поэтому меры борьбы с этими помехами чрезвычайно затруднены, т. к. острота настройки приемника здесь уже не играет решающей роли. Общий характер явления изображен на следующих фиг. 4 и 5. Фиг. 4 показывает картину биений двух слабо затухающих



Фиг. 4.

контуров; фиг. 5 показывает характер явления при ударном возбуждении, когда первичная цепь разрывается путем погасания искры, а вторичная продолжает колебаться за счет запасенной энергии.

Если в первичный контур двух С. с. включен источник незатухающих колебаний с напряжением E и частотою ω, то, как было указано, сначала в обеих цепях устанавливаются незатухающие колебания. Вычисление токов их основано на



Фиг. 5.

решении приведенных выше ур-ий (1) и (2), но к первому ур-ию необходимо сейчас во второй части написать вместо нуля $E\cos\omega t$, так как мы теперь имеем уже внешнюю эдс. Решение этого ур-ия складывается из решения ур-ий (1) и (2) без $E\cos\omega t$, что дает первую часть решения (токи неустановившегося режима в виде затухающих колебаний). Добавление члена $E\cos\omega t$ вызывает прибавление новых членов для I_1 и I_2, зависящих от параметров контуров и параметров введенной эдс. Не проделывая расчета, который заключается в подстановке решения в основные дифференциальные ур-ия и отыскании значений постоянных, удовлетворяющих ур-ию, мы выписываем значения установившихся сил токов I_1 и I_2:

$$I_1=\frac{E\cos(\omega t-\varphi)}{\sqrt{\left(R_1+\frac{M^2\omega^2}{Z_2^2}R_2\right)^2+\left(x_1-\frac{M^2\omega^2}{Z_2^2}x_2\right)^2}}; \quad (22)$$

$$I_2=\frac{M\omega E\cos(\omega t-\varphi_2)}{Z_2\sqrt{\left(R_1+\frac{M^2\omega^2}{Z_2^2}R_2\right)^2+\left(x_1-\frac{M^2\omega^2}{Z_2^2}x_2\right)^2}}. \quad (23)$$

Здесь принято

$$x_1=L_1\omega-\frac{1}{C_1\omega},$$

$$x_2=L_2\omega-\frac{1}{C_2\omega},$$

$$z_2=\sqrt{R_2^2+\left(L_2\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right)^2}. \quad (24)$$

В радиотехнич. практике чаще всего ставится задача, опираясь на эти ур-ия, получить путем настроек максимум тока во вторичной цепи. Рассматривая знаменатель ф-лы (23) для I_2 как ф-ию x_2, мы путем дифференцирования находим, что знаменатель будет минимальным при

$$x_2=\frac{M^2\omega^2}{Z_1^2}x_1, \quad (25)$$

что нам после преобразований и подстановки в (23) даст максимум I_2 для этого случая.

$$I_{2max\,II}=\frac{M\omega E}{Z_1R_2+\frac{M^2\omega^2}{Z_1}R_1}, \quad (26)$$

где

$$Z_1=\sqrt{R_1^2+\left(\omega L_1-\frac{1}{C_1\omega}\right)^2}.$$

Это следовательно достигается настройкой вторичной цепи, руководясь ф-лой (25).

Из рассмотрения знаменателя ф-лы (23) для I_2 следует, что можно получить еще частный резонанс—максимум тока, обращая в нуль второе слагаемое знаменателя. Это нам дает новое условие настройки на этот раз в первичном контуре за счет изменения x, именно:

$$x_1=\frac{M^2\omega^2}{Z_2^2}x_2. \quad (27)$$

В этом случае вторичный ток будет равен

$$I_{2maxI}=\frac{M\omega E}{Z_2R_1+\frac{M^2\omega^2R_2}{Z_2}}, \quad (28)$$

Ф-ла (26) для максимального тока I_2 показывает, что M входит и в числитель и в знаменатель; т. о., меняя связь контуров, возможно еще увеличить вторичный ток. Еще раз решая задачу на максимум для M, находим:

$$M_{maxII}=\frac{Z_1}{\omega}\sqrt{\frac{R_2}{R_1}}, \quad (29)$$

Подставляя в ф-лу (26), получаем наибольший возможный ток:

$$I_{2max\text{-}maxII}=\frac{E}{2\sqrt{R_1R_2}}; \quad (30)$$

условия для его получения из ур-ий (25) и (29) получаются в виде

$$\frac{x_2}{x_1}=\frac{R_2}{R_1}, \quad (31)$$

т. е. должна быть пропорциональность между сопротивлениями активным и реактивным. Аналогично находим:

$$I_{2max\text{-}maxI}=\frac{E}{2\sqrt{R_1R_2}}.$$

Лит.: Жеребцов И., Электрич. колебания и резонанс, М.—Л., 1932; Берг А., Основы радиотехнич. расчетов, Л., 1928; Рейнер, Справочник по радиотехнике, пер. с англ., Москва, 1929; Ивановский В., Теоретич. исследование колебаний в связанных системах, П., 1917; Электрич. колебания и волны, Сбор. основных работ под ред. В. Лебединского, вып. 4, Резонанс связанных цепей, СПБ, 1911, вып. 3, Резонанс несвязанных цепей, СПБ, 1911; Круг К., Основы электротехники, 3 изд., т. 2, Колебания в связанных цепях, М.—Л., 1932; Pierce G. W., Electric Oscillations a. Electric Waves, N. Y., 1920; Bedeau F., Cours élémentaire de télégraphie et téléphonie sans fil, P., 1931; Morecroft Y., Pinto A. a. Curry W., Principles of Radiocommunication, N. Y., 1927; Fleming J. A., The Principles of Electric Wave Telegraphy a. Telephony, Damping a. Resonance, L., 1919; Turner L. B., Wireless a. Treatise on Theory a. Practice of High Frequency, Electric Signalling, Oscillatory Circuits, Cambridge, 1931. **А. Углов.**

СВЯЗИНИТ, серо-черный матовый ископаемый уголь, из ряда сапропелевых углей (богхедов), допускающий механич. обработку и полировку и обладающий значительными электроизоляционными и хемостойкими свойствами; может итти на поделки и как электроизоляционный материал. Высшие, чисто черные сорта подобных углей с твердостью 3—4 по Мосу и уд. в. 1,35 известны на Западе под названием гагата, или джета, а на Кавказе—гешира; его называют также черным янтарем. Гагат обычно встречается небольшими кусками и издавна шел на поделки, траурные украшения, бусы, пуговицы и т. д. Во многих странах (Англия, Ирландия, Испания, Франция, Кавказ) гагат был предметом довольно развитой пром-сти уже в 18 в. Под С. разумеют материал, родственный гагату, но более низкого качества; залегает он большими пластами, отдельные глыбы к-рых бывают до 15 $м^2$ площадью и 60 *см* толщиною. Известно много месторождений бурых углей, подобных С., но степень пригодности к обработке доставляемаго ими материала до настоящего времени не была предметом специального испытания. Высококачественный гагат добывается в Англии (Иоркшир), Испании, Богемии и Штирии. Из союзных известны месторождения гагата в б. Терской обл., в ряде мест б. Кутаисской губ., в Карской обл., в б. Тифлисской губ., по Черноморскому побережью, в Крыму, на Сахалине, на Урале близ Каменского з-да и в других местах. В связи с отмеченными в 1931 г. И. А. Алексеевым изоляционными свойствами нек-рых сибирских бурых углей, добываемых в Иркутском бассейне около Черемхова и подчиненных юрским отложениям, пром-сть обратила особенное внимание на угли Матаганского, Черемховского, Хакарейского и Зоринского месторождений в Иркутском районе. Действительные запасы всех видов углей по району площадью 71 $км^2$ согласно данным Геологич. комитета доходят до 300 млн. *т* при 51 615 млн. *т* вероятных и возможных. Богхеды распространены преимущественно в Приангарском и Хакарейском районах. Сведения о степени однородности означенных запасов богхедов как материала отсутствуют. Но и на тех образцах, к-рые в качестве наиболее высококачественного материала попадали в исследовательские лаборатории, обнаружено довольно значительное разнообразие свойств, каковым вероятно и объясняется разноречивость данных испытания. Испытания этих углей произведены в Научно-исследовательском ин-те НКсвязи и в Отделе материаловедения Всесоюзного электротехнического института (ВЭИ).

По химич. составу С. характеризуется следующими значениями показателей в %:

Показатели	Черемховский	Матаганский	Хакарейский
Влажность	1,66	1,26	3,98
Зола	5,93	10,14	14,79
Кокс в тигле	29,60	19,02	20,0
Летучие	70,60	80,98	80,0
Сера (по Эшке)	0,70	3,05	0,70
» (» бомбе)	1,19	3,29	1,68
Углерод	81,10	78,69	76,5
Водород	8,34	10,41	9,8
Азот (по Кьельдалю)	1,12	0,56	0,33
Извлекаемые битумы	—	0,6	—
Гуминовые кислоты	—	0,46	0,44

Образцы, испытанные в ВЭИ, дали зольность 17%, причем в золе обнаружено железо. Цвет серо-черный, в изломе коричневый. Излом струйчатый. Текстура С. сланцеватая и даже трещиноватая по поверхностям сланцевания. Вследствие сланцеватой текстуры С. весьма анизотропен; это обстоятельство существенно понижает его полезные качества, которые были установлены в направлении, нормальном к поверхностям сланцевания, и дали повод к расчетам на С., едва ли оправдываемым. Механич. обрабатываемость С. удовлетворительна, однако при учете его направления сланцеватости. Обработка может вестись на токарном и сверлильном станках; резьба не крошится лишь при наиболее высокосортных С.; распиливаться связинит может пожовкой или циркулярной пилой, но при умеренных скоростях; шлифовка и полировка сукном или войлоком дают блестящую поверхность. Прессовка измельченного С. при комнатной *t°*, а также при нагреве до 50—170° не дает компактной массы. Уд. в. 1,11 (в доставленном состоянии 1,186). Прочность на сжатие в нормальном направлении при кубиках ребром в 2 *см* 1 150 $кг/см^2$. Прочность на изгиб в нормальном направлении при брусках сечения 2×2 *см*—233,5 $кг/см^2$. Прочность на разрыв в направлении поверхности сланцевания 89 $кг/см^2$. Упругость связинита характеризуется восстановлением кубика ребром в 2 *см*, сжатого до 1,5 *см*; через 16 ч. высота кубика стала 1,95 *см*. Гигроскопичность и водопоглощение характеризуются данными НИИС НКсвязи: за 24 ч. при 110° образец не обнаружил убыли массы, как равным образом не обнаружил он и приращения ее за 24 ч. нахождения в воде; по данным ВЭИ пластинка С. за 12 ч. хранения над водою дала привес 0,024%, а прогрев этой пластинки при 105° дал убыль веса 0,7%, 0,24% и 0,27% по прошествии 1, 2 и 3 ч. соответственно. Теплостойкость С. характеризуется неплавкостью и неразмягчаемостью при нагреве. При постепенном повышении *t°* до 240° заметно не изменяется, при 275° начинает выделять запах, а при 400° выделяет дым и загорается; продолжительное нагревание при более низкой *t°* заставляет С. рассыпаться в порошок. При сухой перегонке (швелевании) С. дает большое количество смолы, по консистенции, внешнему виду и запаху стоящей в середине между сланцевым и буроугольным дегтем. Огнестойкость С. характеризуется согласно германской классификации (см. *Изоляционные электротехнические материалы*) баллом 0; С. легко загорается и горит коптящим пламенем. В электрич. отношении С. обнаруживает частичную униполярность. Электрич. свойства его характеризуются данными: уд. поверхностное сопротивление свежевыточенной пластинки в одном направлении $3{,}14\ 10^{10}$, а в другом $2{,}44 \cdot 10^{10}$ Ω-*см*; после 12-час. выдержки той же пластинки в пространстве насыщенного пара уд. поверхностное сопротивление было $3{,}77 \cdot 10^{11}$ и $3{,}60 \cdot 10^{11}$ Ω-*см*; после часовой просушки той же пластинки при 105° уд. поверхностное сопротивление было $3{,}84 \cdot 10^{12}$ и $1{,}92 \cdot 10^{12}$ Ω-*см*. В других опытах уд. поверхностное сопротивление колебалось в пределах от $1{,}53 \cdot 10^{5}$ до $2{,}84 \cdot 10^{11}$ Ω-*см*. Объемное сопротивление свежевыточенной пластинки было в нормальном направлении $2{,}25 \cdot 10^{9}$ и $2{,}03 \cdot 10^{9}$ Ω-*см*; после выдержки пластинки в пространстве насыщенного пара оно оказалось $5{,}02 \cdot 10^{10}$ и $6{,}77 \cdot 10^{10}$ Ω-*см*, а после часовой просушки при 105° в обоих направлениях $3{,}95 \cdot 10^{12}$ Ω-*см*. В других опытах уд. объемное сопротивление различных пластинок колеба-

лось от $2{,}84 \cdot 10^8$ до $3{,}46 \cdot 10^{11}$ Ω-*см*. Следует отметить, что при повышении градиента поля поверхностное и объемное сопротивление С. понижается. Диэлектрический коэф. при акустич. частоте оказался весьма изменчивым и колеблющимся в пределах от 6,4 до 16,6. Диэлектрич. потери при технич. частоте весьма значительны и $\operatorname{tg}\delta \gg 0{,}2$ при 20° и напряжении 250 V. Электрич. крепость в нормальном к поверхностям сланцевания направлении, определенная при помощи пластинки и шара диам. 5 *см* и при толщине пластинки в 5—6,5 *мм*, оказалась колеблющейся в пределах 48—61 $kV_{eff}/см$. Электрич. крепость в тангенциальном направлении, т. е. вдоль поверхностей сланцевания, и при межэлектродном расстоянии 3,5 *см* оказалась колеблющейся в пределах 7,5—10,9 $kV_{eff}/см$. По данным НИИС НКСвязи С. хорошо выдерживает действие полей высокой частоты. В отношении растворителей С. при комнатной $t°$ весьма устойчив: почти не растворяется в воде, спирте, скипидаре, эфире, вазелиновом масле, ацетоне, хлороформе, петролейном эфире и бензоле, теряя за 10 суток 0,1—0,3% своей массы, в хлороформе же и спирте увеличивает свою массу (в спирте на 2,8%), а при кипячении в бензоле окрашивает его в слабожелтый цвет. Щелочи (50%-ный раствор KOH) и к-ты (серная к-та уд. в. 1,84, азотная к-та уд. в. 1.84, соляная к-та уд. в. 1,19, царская водка и фтористоводородная к-та, уксусная к-та) не оказывают за 10 суток видимого действия; взвешиванием же обнаруживается увеличение массы на 0,22% для серной к-ты, 0,910% для азотной, 1,32% для царской водки и убыль массы на 0,26% для уксусной к-ты и 0,30% для едкого кали. При часовом кипячении в воде С. почти не меняется; при часовом нагревании при 60° с серной к-той 66° цвет к-ты тоже не показал изменения, а 10-минутное нагревание С. в 10%-ном растворе KOH сделало бесцветный раствор слабожелтым.

Свойства С. заставляют отнести его к промышленным материалам, заслуживающим внимания, в особенности в виду указываемой огромности его запасов. Из этих свойств особого внимания заслуживают механич. прочность, обрабатываемость и хемостойкость; электрич. свойства С. не таковы, чтобы его м. б. отнести к числу хороших изоляционных материалов, но для некоторых неответственных целей при малых напряжениях и м. б. в качестве второй ступени изоляции этот материал может пойти и в электропромышленности в тех случаях, где его воспламеняемость не будет признана основанием для отвода. В настоящее время С. идет гл. обр. как изоляционный материал в технике связи—на телеграфных аппаратах Бодо, Юза, Уитстона, на аппаратах телефонных, для реостатов и распределительных щитов; в этих случаях он заменяет собой эбонит, но было бы ошибочно говорить о С. как о заменителе эбонита вообще, поскольку электрич. свойства С. несравненно ниже, чем эбонита. Попытки применения С. в технике сильных токов и высокого напряжения потерпели, как и следовало ожидать, неудачу; из этих областей в тех случаях, когда требуется ответственный изоляционный материал, С. должен быть решительно исключен. Но, с другой стороны, следует попытаться применить С. в химич. пром-сти—для ванн, баков и т. д. и в частности для целей электрохимических. Затем С. может войти в поделочную промышленность, напр. пуговичную.

Лит.: Ферсман А., Драгоценные цветные камни России, т. 1, П., 1922; «Техника связи», 1931, *5*; «Новости техники», 1931, январь; «Правда», 1931, *44 (5209)*; Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1925—26 гг., Л., 1925; Жемчужников Ю., О месторождении богхеда Приангарского района в Иркутском бассейне, «Известия Геолог. комитета 1924», 1926, т. 43, *8*; его же, Богхедовые районы Иркутской губернии, «Поверхность и недра», М., 1926, *1*; его же, Угли Черемховского (Иркутского) бассейна, там же, 1927; его же, Введение в петрографию углей, М.—Л., 1927; Дурилин П., Состав и испытания каменных углей России, М., 1916; Богданович К., Материалы по геологии и полезным ископаемым Иркутской губ., СПБ, 1896; Dammer B. u. Tietze O., Die nutzbaren Mineralien, B. 2, 2 Aufl., Stg., 1928; Сапропелитовые угли Восточно-Сибирского края, «Материалы по геологии и полезным ископаемым Восточной Сибири», Иркутск, 1932, *5*; Материалы по изучению качества углей Сибири, «Труды научно-исслед. угольного института Кузбассугля», Новосибирск, 1932, серия Б, вып. 1.

П. Флоренский.

СВЯЗУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, минеральные и органич. вещества, употребляемые в смеси с пигментами или сухими красками с целью равномерного распределения и закрепления последних на поверхности тел. В качестве С. в. применяют: 1) жидкости: высыхающие масла, олифу и т. п., 2) растворы различных твердых тел, имеющие в большинстве случаев коллоидный характер, например растворы клея в воде, эфиров целлюлозы в органич. растворителях и т. д., 3) суспензии: известковое молоко, различные эмульсии и другие составы. Роль С. в. в краске заключается, во-первых, в том, чтобы смочить и окружить тонким слоем каждую частицу сухой краски, во-вторых, в том, чтобы закрепить последнюю возможно более прочно на окрашенной поверхности. Поэтому при употреблении С. в. необходимо прежде всего учитывать его отношение к пигменту и к покрываемой поверхности; различные пигменты с одним и тем же С. в. дают краски, к-рые отличаются по укрывистости, по различному расходу С. в. и т. д.; в нек-рых случаях пигмент вступает со С. в. в химич. взаимодействие, образуя соединения, повышающие прочность красочной пленки; с другой стороны, при употреблении одного и того же пигмента с различными С. в. получаются краски, обладающие неодинаковой стойкостью к атмосферным, химическим и механич. воздействиям и различными защитными свойствами против коррозии, действия микроорганизмов и других факторов. В отношении к покрываемой поверхности (дерево, металл, камень и т. д.) одна и та же краска дает часто пленки, сильно отличающиеся по своим свойствам в зависимости от С. в., материала поверхности и в особенности от того, происходит ли при этом только механич. связь поверхности с краской или образуется химич. соединение, скрепляющее их в один общий красочный слой.—Качество, прочность и другие свойства окрасок находятся во многих случаях в прямой зависимости от применения того или другого С. в. Выбор С. в. определяется назначением краски, ценой и теми требованиями, к-рые предъявляются к окрашенной поверхности.

Состав С. в. С. в. обычно состоят: 1) из жидкой или т. н. дисперсной среды, в к-рой распределяется дисперсоид—частицы пигмента или краски, и 2) из растворенного или суспензированного в ней защитного коллоида. Последний делает дисперсную систему более однородной и препятствует осаждению частиц пигмента из жидкой среды; при отсутствии защитного коллоида осаждение краски происходило бы вследствие большой разницы уд. в. пигмента и жидкости значительно легче. Защитный коллоид после высыхания остается в красоч-

ной пленке и обусловливает ее свойства: прочность, твердость, блеск, эластичность и т. д. В зависимости от состава жидкой среды С. в. образуют: 1) водную дисперсию, в к-рой дисперсионной средой является вода, а защитным коллоидом—клей, декстрин и другие вещества, 2) дисперсию с летучими органич. растворителями, в к-рой средой является один или несколько органич. растворителей: спирты, углеводороды, эфиры и т. п. соединения, а защитным коллоидом—смолы, эфиры целлюлозы и т. д., 3) масляную дисперсию, в к-рой дисперсионной средой служит высыхающее или полувысыхающее масло, играющее в то же время роль защитного коллоида, т. к. дает после высыхания твердую, блестящую и эластичную пленку. Кроме масел в качестве С. в. применяются также лаки, или растворы в масле естественных и искусственных смол. В зависимости от состава защитного коллоида С. в. делятся на: 1) минеральные (гашеная известь, жидкое стекло и др.) и 2) органические растительного (крахмал, масло, смолы) и животного (животный клей, казеин и др.) происхождения. По способу получения различают С. в. естественные (камеди, казеин и т. д.) и искусственные (эфиры целлюлозы, искусственные смолы и др.). Кроме растворимых защитных коллоидов в качестве С. в. применяют также нерастворимые или суспензированные в жидкости твердые и жидкие вещества. Нерастворимые коллоиды представляют: 1) соединения, к-рые сами по себе нерастворимы в жидкой среде, но при помощи особых веществ, т. н. пептизаторов, м. б. переведены в растворимое состояние (напр. казеин при помощи обработки щелочами), 2) эмульсии, состоящие из веществ, при обычных условиях не смешивающихся друг с другом, но при помощи эмульгаторов или коллоидной мельницы их можно превратить в совершенно однородную и устойчивую по внешнему виду массу, напр. эмульсии из клея и масла, воска-масла-клея, казеина-масла и др. (см. *Эмульсии*), 3) более грубые суспензии различных вяжущих веществ, обладающие способностью при смешивании с водою затвердевать и закреплять смешанную с ними краску, напр. различные цементы и тому подобные соединения. В зависимости от свойств пленки, к-рую коллоиды образуют после высыхания, они м. б. разделены на обратимые и необратимые. К первым относятся такие, у к-рых пленка после высыхания способна снова растворяться в той же жидкости, например пленка клея при действии воды; необратимые коллоиды дают пленку, теряющую способность растворяться и потому более прочно закрепляющую краску, например раствор казеина в нашатырном спирте, который во время высыхания улетучивается, казеин же переходит из золя в нерастворимый гель. В действительности связующие вещества представляют собою более сложные дисперсные системы, чем указано выше, т. к. в состав их входят различные добавки. Например к эфирам целлюлозы прибавляют смягчители, олифы содержат сикативы и т. д. Кроме того к С. в. добавляют различные вспомогательные вещества, служащие: 1) для повышения гигроскопичности (у водных С. в.): глицерин, сахар и др., 2) для предохранения от загнивания: карболовую к-ту, β-нафтол и др., 3) для понижения поверхностного натяжения (смачивания) и более равномерного нанесения краски: спирт, некаль, мыла и т. п., 4) для регулирования скорости испарения и уменьшения концентрации (у летучих и жирных С. в.)—органич. растворители и разбавители: бензол, амиловый спирт, скипидар и др., 5) для повышения эластичности пленки: касторовое масло, жирные к-ты льняного масла и т. д., 6) для улучшения запаха: нитробензол, гвоздичное и другие эфирные масла. Перечень С. в., применяемых для различных красок, приведен в табл. 1.

Свойства и применение С. в. Из минеральных С. в. наибольшее применение находят гашеная *известь* (см.) и *растворимое стекло* (см.). Они обладают щелочной реакцией и потому могут смешиваться только с пигментами, стойкими к щелочам, напр. охрой, ультрамарином. Гашеная известь в виде известкового молока, или раствора гидрата извести, при высыхании поглощает углекислый газ и превращается в мел. Известковые окраски отличаются дешевизной, они не требуют сложных приемов работы (см. *Малярное дело*) и дают, например по штукатурке, довольно прочное покрытие. На дереве держатся плохо. Для получения более прочных окрасок к извести прибавляют клей, казеин и другие С. в. Растворимое, или жидкое, стекло представляет коллоидный раствор кремневой кислоты в калиевой или натровой щелочи или в их смеси (двойной калиево-натриевый силикат). Если жидкое стекло закреплено на поверхности тела только механически, то окраска подвержена действию атмосферных условий и легко смывается дождем, т. к. вода извлекает из нее растворимую щелочь. При добавлении к жидкому стеклу магнезии, мела, витерита и тому подобных материалов или при окраске им поверхностей, содержащих такие вещества, напр. штукатурки, бетона, цемента, образуются нерастворимые силикаты, очень прочные к действию погоды, благодаря чему жидкое стекло находит применение для фасадных красок. Особенно большой прочностью отличаются т. н. кеймовские краски (см. *Краски для живописи*), в состав к-рых входит также и растворимое стекло. Из растворимых в воде органич. С. в. наиболее часто применяют *крахмал* (см.) и его препараты, растительный и животный клей. Крахмалы в виде клейстера имеют желеобразную консистенцию и дают после высыхания хрупкую пленку. Поэтому в качестве С. в. чаще употребляют препараты крахмала: растворимые крахмалы, декстрины и другие. Растворимые крахмалы получают гл. обр. путем обработки крахмала щелочью. При этом происходит деполимеризация молекул крахмала с одновременным понижением вязкости растворов и связывающей способности. В виду этого обработку щелочью целесообразно доводить только до получения надлежащих свойств С. в. В отличие от крахмала растворимые крахмалы имеют сильную щелочную реакцию и относятся к обратимым коллоидам, т. к. легко растворимы в воде; благодаря дешевизне они в настоящее время широко применяются в малярной технике и для других целей; так, они с успехом заменяют иногда даже животный клей. *Декстрины* (см.) получают из крахмала путем обработки его разбавленными к-тами или нагреванием. Различают желтый декстрин, растворимый и в холодной воде (раствор, содержащий 25% декстрина, остается на холоду еще жидким), и белый декстрин, растворяющийся полностью только в горячей воде (при охлаждении застывает в белую желатинообразную массу). Декстрины, получаемые с помощью к-т, имеют слабо-

Табл. 1.—Применение связующих веществ.

Связующие вещества	Обозначение красок по составу входящих в них связующих веществ	Применение
А. Водная дисперсия	**Водяные краски**	
I. Минеральные вещества		
1. Гашеная известь	Известковые	Для окрасок по штукатурке, для фресковой живописи и других работ
2. Растворимое стекло	Силикатные, кеймовские, цементные и др.	Для фасадных работ по бетону, цементу, штукатурке и другим материалам
3. Цементы и т. п. составы		
II. Органич. вещества растительного и животного происхождения		
а) Растворимые в воде		
1. Углеводы: крахмалы, растворимые крахмалы, декстрины, сахар, мед и др.	Клеевые, акварельные, медовые и т. п.	В живописи, в декоративной технике, в полиграфич. пром-сти и других отраслях техники, а также для внутренних окрасок по дереву, бумаге, тканям и другим волокнистым материалам
2. Камеди: гуммиарабик, трагант и др.	Акварельные, гуашь и др.	
3. Животный клей: кожный, костяной, рыбий, холодный и др.	Клеевые	
4. Альбумин: кровяной, яичный, консервированная кровь	Альбуминные, яичная темпера и др.	Для закрепления бронзовых красок, в живописи, ситцепечатании и для других целей
б) Нерастворимые в воде		
1. Казеин и казеиновые эмульсии	Казеиновые и эмульсионные	Для наружных и внутренних окрасок по камню, штукатурке, дереву, бумаге и другим материалам
2. Смолы: шеллак, канифоль и др.	Водяные, лаковые, смоляные и др.	Для водонепроницаемых покрытий, для бумаги, кожи, бронзовых тинктур и для других целей
3. Воски и восковые эмульсии	Восковые, восковая темпера и др.	В живописи как добавки для повышения стойкости к воде, для получения блестящих поверхностей и т.д.
Б. Дисперсия с летучими органич. растворителями	**Летучие лаковые краски**	
1. Смолы: а) растворимые в спирте: шеллак, канифоль, мастикс, сандарак, альбертоли и др.	Спиртовые лаковые, спиртовые глазури и др.	Для окрашивания дерева, бумаги, кожи, жести и других материалов
1. Смолы: б) растворимые в углеводородах: даммар, асфальты, кумароновые и другие смолы	Лаковые со скипидаром, сольвент-нафтой и другими растворителями	Для закрепления бронз, в полиграфич. пром-сти, для окраски железа и т. д.
2. Эфиры целлюлозы: а) нитроцеллюлоза	Нитрокраски	Для наружных и внутренних работ по окраске металлов, для окрашивания кожи, покрытия тканей, дерева, стекла и для других целей
2. Эфиры целлюлозы: б) ацетилцеллюлоза	Ацетилцеллюлозные	
В. Масляная дисперсия	**Масляные краски**	
1. Жирные высыхающие и полувысыхающие масла: льняное, ореховое, подсолнечное и др.	Малярные, печатные, художественные и т. п., фиксоли	В живописи, декоративной технике, в полиграфич. пром-сти, для наружных и внутренних работ по окраске металлов, дерева и других материалов, покрытия тканей, окрашивания кожи и для многих других целей
2. Олифа, полимеризованные и окисидированные масла		
3. Лаки: копаловые, канифольные, альбертолевые и др.	Лаковые или эмалевые	
4. Масляные эмульсии с клеем, декстрином и другими веществами	Эмульсионные	

кислую реакцию, к-рая препятствует употреблению с ними нек-рых пигментов, напр. ультрамарина, или является причиной изменения консистенции краски вплоть до загустения и свертывания. Из группы камедей, или т. н. растительных клеев, чаще всего применяют гуммиарабик, дающий при нагревании б. или м. вязкую прозрачную жидкость слабокислой реакции. Благодаря большому коэф-ту преломления гуммиарабик, как и желтый декстрин, сообщает нек-рым краскам особенную прозрачность, какую они получают только в смеси с маслом. Поэтому они находят применение как С. в. гл. обр. в акварельных красках и в декоративной технике. К этой группе относятся также сульфитные щелоки, получаемые в производстве сульфитной целлюлозы. Их применению в малярной технике несмотря на дешевую цену препятствуют темный цвет и плохой запах. Очищенный же продукт обладает незначительной связывающей способностью. Из животных клеев наиболее часто применяют кожный и костяной клеи (см. *Клей*). Главной составной частью животного клея является глютин—белковое вещество, *нерастворимое в холодной воде, с которою оно* набухает и образует студнеобразную массу, растворяющуюся при нагревании. При охлаждении растворы животного клея снова желатинируются, что препятствует применению его в качестве С. в. несмотря на очень хорошую связывающую способность. Поэтому за границей часто употребляют продукты, получаемые путем обработки животного клея на холоду (т. н. холодные клеи) при помощи: 1) щелочей, 2) хлористых, роданистых, азотнокислых и других солей, гл. обр. двувалентных металлов (Ca, Mg), хлоральгидрата, и другими способами. Наиболее дешевой является обработка щелочами; напр. 100 ч. животного клея заливают во-

дою, после набухания избыток воды сливают, остаток расплавляют, прибавляют 30 ч. NaOH в 70 ч. воды и нагревают на водяной бане, пока проба при охлаждении не будет более желатинироваться. При обработке клея часть глютина гидролизуется, вследствие чего клей остается после охлаждения жидким. При высыхании водных растворов С. в. вода улетучивается, и из раствора защитного коллоида образуется твердая пленка, закрепляющая частицы краски на поверхности тела. Описанные С. в. (за исключением крахмального клейстера) являются обратимыми коллоидами, вследствие чего получаемые с ними окраски не стойки к атмосферным влияниям и могут применяться только для внутренних работ. Несмотря на это клеевые окраски находят широкое применение благодаря своей дешевизне, несложности изготовления и красоте получаемых тонов.

Из водных С. в. к необратимым коллоидам относятся альбумин, казеин, смолы и др. Альбумин (в виде яичного и кровяного альбумина) при нагревании переходит в нерастворимое состояние и т. о. закрепляет частицы краски на поверхности тела. Вследствие дорогой цены чистый альбумин применяется редко. С темными красками иногда в качестве С. в. употребляется консервированная кровь. Казеин в воде не растворяется, но растворим в едких щелочах, извести и т. д.; поэтому его можно применять только с пигментами, стойкими к щелочам. Казеиновые окраски прочны к действию атмосферных условий только в том случае, если остающийся в пленке пептизатор образует с казеином нерастворимое соединение, как напр. гидрат извести, или улетучивается при высыхании пленки, как например нашатырный спирт. При употреблении едких щелочей казеин не образует необратимого коллоида, т. к. щелочь при действии воды снова переводит его в растворимое состояние. Казеиновые краски отличаются быстрой высыхаемостью, дают ровные и прочные пленки, находящие применение как для наружных, так и внутренних покрытий (см. *Казеин*). Важнейшие реакции для распознавания водных С. в. приведены в табл. 2. Из смол чаще всего применяют шеллак. В отличие от воска шеллак дает блестящую, твердую и довольно эластичную пленку. Растворы канифоли в щелочах—канифольное мыло—употребляют для получения матовых пленок как добавку к другим С. в., чтобы увеличить их прочность к воде. Пчелиный воск и др. вещества дают при нагревании со щелочами т. н. «восковые мыла»—суспензии молочно-белого цвета, застывающие при охлаждении в пасту. Они употребляются или сами по себе или как добавки к другим С. в., напр. для получения после полировки блестящих покрытий. В качестве С. в. для эмульсионных красок, называемых также темпера, служат эмульсии из клея, казеина, воска, масла и других веществ. При высыхании эмульсий сначала происходит удаление летучей фазы, напр. воды, после чего остающийся в пленке коллоид связывает частицы краски. На этом основана бо́льшая прочность эмульсионных красок по сравнению с водяными и их применение для наружных работ (см. *Эмульсии*).

Из С. в. с летучими органич. растворителями применяются главным образом смолы и эфиры целлюлозы. Смолы, напр. шеллак, эфиры канифоли и др., растворяются в спирте или углеводородах. При высыхании С. в. органич.

Табл. 2.—Реакции важнейших водных связующих веществ [1].

Связующие вещества	Цвет	Консистенция 25%-ного раствора	Реактив Фелинга	Реакция	Раствор в J+KJ	Концентрир. HCl	Битуретовая реакция $CuSO_4$+NaOH	Щелочной раствор уксуснокислого свинца	Молибденовокислый аммоний *2	H_2SO_4+лединая уксусная кислота	Окраска при освещении ультрафиолетовыми лучами *2
Крахмал	Беловатый	От желеобразной до слизистой	—	Нейтральная или щелочная	Синий	—	—	—	—	—	Темносине-фиолетовая
Декстрин	Желтый	Густая, никогда не бывает желеобразной	*1	Нейтральная	Фиолетовый	—	—	—	—	—	а) Светложелтая слабая флюор. б) Слегка зеленоватая флюор.
Декстрин	Белый	Пастообразная, мазеобразная	*1	Слабокислая	Фиолетовый	—	—	—	—	—	а) Темная б) Слабо зелен. флюор.
Гуммиарабик	Бесцветный	Вязкая	—	Слабокислая	—	—	—	—	—	—	Слабая флюор.
Сульфитный щелок	Коричневый	Вязкая	Восстанавл.	Кислая	—	—	—	—	—	—	Светлая синяя флюор.
Животный клей	Коричневатый	Желеобразная	—	Нейтр. (кожный клей), кислая (костной клей)	—	—	Сине-фиолетовое окрашивание	—	Следы желтого окрашивания	Желто-коричневое окрашивание	Светлая сине-зеленая флюор.
Казеин	Беловатый	Вязкая или желеобразная	—	Нейтральная или щелочная	—	Белый осадок	Сине-фиолетовое окрашивание	—	Обильный желтый осадок	Красное окрашивание	а) Светлая слегка голубая флюор. б) Сильная зеленая флюор.
Альбумин	Почти бесцветный	Жидкий раствор	—	Нейтральная	—	Белый осадок	Сине-фиолетовое окрашивание	Коричневый	Слабожелтое окрашивание	Красно-фиолетовое окрашивание	а) Светложелтоватая с голубоват. флюор. б) Слабоголубоватая флюор.

*1 Нек-рые сорта настолько деполимеризованы, что содержат следы сахара и дают реакцию восстановления. *2 После предварительного окисления с азотной к-той.

*3 Обозначения: а)—в сухом виде (порошке); б)—в растворе; флюор.—флюоресценция.

растворитель улетучивается, а защитный коллоид образует с пигментом твердую, блестящую и стойкую к воде пленку. Такого рода краски применяют для предохранения различных предметов, например чанов, от постоянного действия влаги. Краски, содержащие в качестве связующих веществ битумы (асфальты и другие вещества), употребляются для окраски крыш, для предохранения помещений от сырости и т. д.

Совершенно иной характер по сравнению с описанными видами дисперсии имеет масляная дисперсия, у к-рой дисперсионная среда—высыхающее или полувысыхающее масло—подвергается при высыхании окислению, изменяет свой химич. состав и превращается в твердую пленку, играющую роль необратимого коллоида. Количество С. в. в масляных красках оказывает существенное влияние на свойства окрасок и находится в зависимости от применения их для тех или иных целей.

Различные С. в. дают пленки, отличающиеся структурой, внешним видом, прочностью и другими свойствами. Большинство водных С. в., если они взяты не в очень большом количестве, образует с красками шероховатые и пористые пленки, отличающиеся матовым видом (табл. 3). Эти пленки у некоторых С. в., представляющих обратимые коллоиды, как напр. у клеевых красок, способны поглощать влагу, которая при повышении $t°$ снова испаряется, вследствие чего объем пленок постоянно изменяется, что приводит к растрескиванию и отлетанию нанесенного слоя. У большинства водных С. в. пленки довольно хрупки и потому очень чувствительны к механич. воздействиям. Эмульсионные краски, содержащие масло, хотя и дают еще пористую пленку, но являются уже более устойчивыми к действию влаги, лучше связываются с поверхностью и менее хрупки. Чем больше масла в краске, тем слой становится более цельным, блестящим и эластичным, достигая у собственно масляных красок большой прочности как к атмосферным, так и к механическим влияниям. С. в. с летучими органич. растворителями образуют также блестящие пленки, мало чувствительные к действию воды, но стойкость их к механич. усилиям, напр. ударам, сильно колеблется в зависимости от применения той или иной смолы, рода растворителей, способа приготовления, добавки смягчителей, скорости высыхания и многих других условий.

Табл. 3.—Свойства водных связующих веществ [2].

Название связующих веществ	Цвет	Прозрачность	Сухая пленка			Обратимость коллоида
			Глянец	Эластичность	Гигроскопичность	
Кожный клей	Желтоватый	Прозрачный	Слабый	Не дает трещин	Негигроскопичен	Обратим
Кожный клей+щелочь	»	»	Матовый	» » »	Гигроскопичен	»
Кожный клей + щавелевая кислота	»	»	Блестит	Сильно трескается	Слабо гигроскопичен	»
Кожный клей+$CaCl_2$	»	»	»	Не дает трещин	Очень гигроскопичен	»
Казеин с NH_3	Бесцветный	Мутный	Слабый блеск	» » »	Негигроскопичен	Необратим
Казеин с Na_3PO_4	»	»	Слабый блеск	» » »	»	Отчасти обратим
Казеиновая эмульсия (льняное масло+ $+NH_3$)	Желтоватый	»	Не блестит	» » »	»	Необратим
Крахмальный клейстер (вареный)	Бесцветный	»	Матовый	» » »	»	Мало обратим
Крахмальный клейстер с NaOH без нагревания	»	»	»	» » »	»	Обратим
Препарированный растительный клей (зихель-клей)	»	»	»	» » »	»	Частично обратим
Декстрин желтый	Желтоватый	Прозрачный	Сильный блеск	Очень сильно трескается	Немного гигроскопичен	Обратим
Декстрин белый	Бесцветный	Мутный	Матовый	Немного трескается	Мало гигроскопичен	»
Гуммиарабик	»	Прозрачный	Блестит	Заметно трескается	Мало гигроскопичен	»
Сульфитный щелок	Коричневый	»	» »	Не трескается	Очень гигроскопичен	»
Смоляное мыло (с содой)	Желтоватый	»	Матовый	Сильно трескается	Негигроскопичен	»
Шеллачное мыло (с двууглекислым аммонием)	До коричневатого	»	Блестит	Сильно трескается	»	Необратим
Восковое «мыло»	Беловатый	Мутный	Матовый	Не трескается	»	Обратим
Жидкое стекло	Бесцветный	Прозрачный	Блестит	» »	»	Необратим

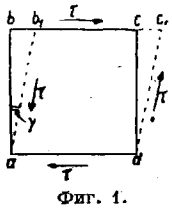
Лит.: [1]) Taschenbuch f. die Farben- u. Lackindustrie, hrsg. v. H. Wolff, W. Schlick u. H. Wagner, 6 Aufl., Stg., 1930; [2]) Wagner H., Die Körperfarben, Stg., 1928; Киселев В., Краски, масла и лаки, 2 изд., Л., 1926; Михайлов С., Производство минеральных и земляных красок, П., 1915; Stock E. u. Antony W., Waren- u. Materialienkunde des Lack- u. Farbenfaches, B., 1927; Ullm. Enz., B. 7, 1929; Eibner A., Malmaterialienkunde, B., 1909; Pöschl V., Farbwarenkunde, nebst Grundlagen d. Giftlehre, 1921; «Farben-Zeitung», B.; «Farbe u. Lack», Hannover; «Farben-Chemiker», B.; «Z. ang. Ch.», B.; «Korrosion u. Metallschutz», B. **П. Черемин.**

СВЯЗЬ, см. *Связанные системы.*

СВЯЗЬ ОБРАТНАЯ, см. *Обратная связь.*

СДВИГ, один из видов деформации. Возьмем элементарный прямоугольник (фиг. 1), на грани которого действуют касательные напряжения (см. *Напряженное состояние*). При этом первоначально прямые углы прямоугольника изменятся. Квадрат $abcd$ превратится в ромб ab_1c_1d. Диагональ ac удлинится, а диагональ bd

укоротится на одну и ту же величину; длина сторон ромба останется равной первоначальной длине стороны квадрата (с точностью до малых величин 1-го порядка). Перемещение bb_1 называется а б с о л ю т н ы м С. грани bc относительно грани ad. Угол γ называется углом С.; отношение $\frac{bb_1}{ba} = \operatorname{tg}\gamma$ — о т н о с и т е л ь н ы м С. При малых деформациях можно заменить $\operatorname{tg}\gamma$ углом γ и считать, что относительный С. равен углу γ, т. е. изменению первоначально прямого угла bad. Углом С. γ вполне определяется С. Касательное напряжение и угол С. γ связаны ур-ием



Фиг. 1.

$$\tau = G\gamma, \qquad (1)$$

являющимся выражением частного случая закона Гука. G—модуль упругости при С., или короче—м о д у л ь С., к-рый связан с модулем упругости при растяжении (модулем Юнга) E и коэф-том Пуассона μ следующим равенством:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}. \qquad (2)$$

Для железа и стали численные значения μ получаются ок. $^1/_3$; для них $G \cong \frac{3}{8}E$. На опыте величины G наиболее точно определяются из кручения призматич. стержней. Приводим величины G для нек-рых материалов (в *кг/см²*):

Железо . .	770 000—810 000	Гранит . .	50 000—180 000
Сталь . . .	810 000—850 000	Известняк .	220 000—300 000
Чугун . . .	290 000—400 000	Песчаник .	24 000— 46 000
Медь	360 000—470 000	Каучук при	
Латунь . .	320 000—390 000	t 20° . . .	16

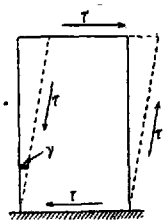
Потенциальная энергия С. для первоначально прямоугольного параллелепипеда (фиг. 2) длиной l при площади основания F и сдвигающей силе T м. б. представлена следующими ф-лами:

$$W = \frac{T^2 l}{2FG} = \frac{FGl\gamma^2}{2} = \frac{1}{2}Tl\gamma; \qquad (3)$$

уд. потенциальная энергия С., т. е. энергия, отнесенная к единице объема, получится путем деления (3) на объем параллелепипеда

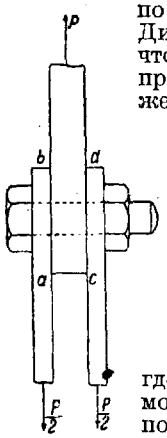
$$w = \frac{\tau^2}{2G} = \frac{G\gamma^2}{2} = \frac{1}{2}\tau\gamma. \qquad (4)$$

Допускаемое напряжение при С. R_s для таких материалов, как железо, сталь, медь, обыкновенно принимается равным 0,8 R_z, где R_z—допускаемое напряжение на растяжение; лучше согласуются с опытными данными величины $0{,}5R_z$, полученные на основании т. н. 3-й теории *прочности* (см.), по которой разрушение тел зависит не от нормальных, а от касательных напряжений. Явление сдвига в чистом виде встречается в *кручении* (см.), а в более сложной форме—в изгибе, где кроме основных нормальных напряжений, вызываемых изгибающим моментом, возникают касательные напряжения от действия перерезывающей силы; они малы в длинных балках и довольно заметны в коротких (см. *Изгиб*). Многие детали инженерных сооружений испытывают касательные напряжения. Так, соединительный болт (фиг. 3) под действием растягивающей силы P может разрушиться от касательных напряжений в сечениях ab и cd. Такой тип разрушения называется с р е з ы в а н и е м. При расчете такого



Фиг. 2.

болта обыкновенно предполагают, что касательные напряжения распределяются равномерно по обоим опасным сечениям ab и cd. Диаметр болта D подбирают так, чтобы касательные напряжения не превосходили допускаемых напряжений R_s на сдвиг:



Фиг. 3.

$$\frac{2P}{\pi D^2} \leqslant R_s. \qquad (5)$$

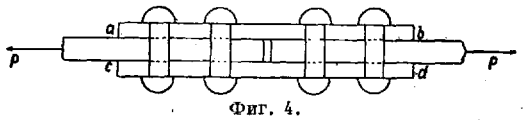
Заклепки (фиг. 4) могут срезываться по плоскостям ab и cd. Предполагая, что сила P распределена равномерно между всеми заклепками, диаметр их определяют из уравнения

$$\frac{4P}{k\pi d^2} \leqslant R_s, \qquad (6)$$

где k—число плоскостей, по к-рым может произойти срезывание заклепок (на фиг. 4 k=4). При соединении двух деревянных брусьев врубками (фиг. 5) размеры зуба определяют из уравнения:

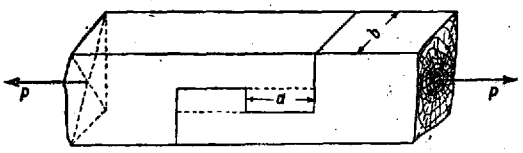
$$\frac{P}{ab} \leqslant R_s. \qquad (7)$$

Все подобные расчеты на срезывание носят весьма грубый характер, так как касательные



Фиг. 4.

напряжения, как показывают точные решения некоторых из таких задач, в действительности распределяются по сечениям далеко не равномерно; на контуре имеются сильные перенапряжения материала. Поэтому соединения, так рассчитанные, являются более слабыми, чем это



Фиг. 5.

предполагается при расчете. Временное сопротивление срезыванию можно представить формулой $\tau_b = \mu_1\sigma_b$, где σ_b—временное сопротивление разрыву. Коэф. μ_1 для железа и стали 0,84—0,87, для чугуна 1,02—1,17, в среднем 1,10. Для хвойных древесных пород по Винклеру в среднем μ_1=0,064 параллельно волокнам и 0,32 перпендикулярно волокнам; для дуба соответственно 0,084 и 0,27. В среднем по Мелану временное сопротивление дерева на срезывание в *кг/см²* приведено в след. таблице:

Порода дерева	*1	*2	Порода дерева	*1	*2
Сосна	61	210	Лиственница	72	247
Ель	63	273	Дуб	75	270
Пихта	67	219	Бук	85	290

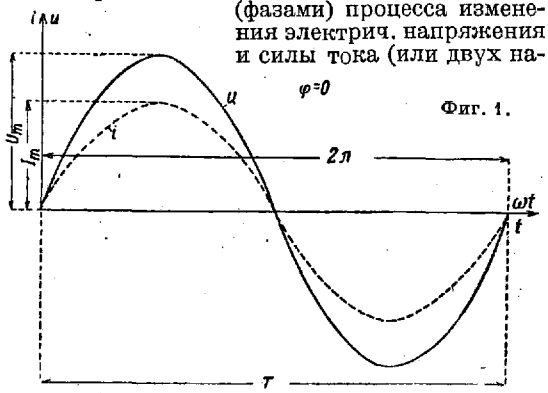
*1 Параллельно волокнам. *2 Перпендикулярно волокнам.

Для камней по Hütte $\tau_b = \frac{1}{15}\sigma_b$, где σ_b—временное сопротивление сжатию; для бетона и цементного раствора $\tau_b = \frac{1}{5}\sigma_b \div \frac{1}{8}\sigma_b$. Бах дает такие числа в *кг/см²*: гранит 40—160, известняк

30—120, песчаник 15—80 и кирпич 13—17; бетон по Баушингеру 26—30 *кг/см²*.

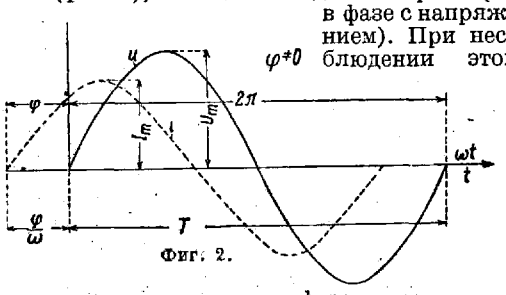
Лит.: Тимошенко С. П., Сопротивление материалов, 9 изд., М.—Л., 1930; Бах К., Детали машины, пер. с нем., т. 1, М.—Л., 1930; Handbuch d. physik. u. techn. Mechanik, hrsg. v. F. Auerbach u. W. Hort, B. 3, Lpz., 1927; Bach C. u. Baumann R., Elastizität u. Festigkeit, 9 Aufl., B., 1924. **А. Динник.**

СДВИГ ФАЗ, разность фаз, несовпадение во времени между одинаковыми стадиями (фазами) процесса изменения электрич. напряжения и силы тока (или двух напряжений или двух токов), изменяющихся периодически (обычно по закону синусоиды) с одинаковой частотой (см. *Переменные токи*).



Фиг. 1.

Если напряжение U и ток I проходят через нулевые или максимальные значения одновременно (фиг. 1), то они «совпадают по фазе» (ток в фазе с напряжением). При несоблюдении этого условия они «сдвинуты по фазе»; в таком случае изображающие их кривые сдвинуты одна относительно другой на нек-рую часть периода (фиг. 2). Пусть ток и напряжение изображаются соответственно ур-иями



Фиг. 2.

$$i = I_m \sin \omega t$$

и

$$u = U_m \sin (\omega t + \varphi),$$

где i и u—мгновенные значения силы тока и напряжения, I_m и U_m—их максимальные значения, $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ — электрическая угловая скорость, причем f—частота, т. е. число пер/ск., T—продолжительность периода в долях ск.; t—время, отсчет к-рого ведут с того момента, когда $i = 0$ и возрастает в положительном направлении. Ток достигает максимального значения, когда $t = \frac{\pi}{2\omega}$, напряжение же достигает максимума, когда $t = \frac{\pi}{2\omega} - \frac{\varphi}{\omega}$. Если $\varphi > 0$, то напряжение достигает максимума на $\frac{\varphi}{\omega}$ ск. ранее, чем ток станет максимальным (или ток достигает максимума на $\frac{\varphi}{\omega}$ ск. позже, чем напряжение); если $\varphi < 0$, то ток достигнет максимума на $\frac{\varphi}{\omega}$ ск. ранее напряжения. Угол φ называют **углом сдвига фаз** (или **сдвигом фаз**) между напряжением и током: ток запаздывает относительно напряжения на угол φ (при $\varphi > 0$) или опережает напряжение на угол φ (при $\varphi < 0$). При изображении с помощью векторной диаграммы φ есть угол между векторами напряжения и тока. С. ф. изменяется в зависимости от электрич. постоянных цепи в пределах от $\varphi = 0$ до $\varphi = \frac{\pi}{2}$. При отсутствии магнитных и электрических полей (цепь составлена только из безиндукционных сопротивлений) $\varphi = 0$: ток и напряжение совпадают по фазе. В идеальной цепи с одними лишь индуктивными сопротивлениями (магнитные поля) и свободной от омического сопротивления ток запаздывает относительно напряжения на $\varphi = 90°$ (сдвиг фаз положительный); в идеальной цепи с одними лишь емкостными сопротивлениями (электрич. поля) и свободной от омич. сопротивления ток опережает напряжение: $\varphi = -90°$ (С. ф. отрицательный). В этих двух предельных случаях, когда $\varphi = \pm 90°$, говорят, что напряжение и ток «находятся в квадратуре» (в русской литературе это выражение применяется сравнительно редко). На практике приходится иметь дело с цепями, наряду с реактивными сопротивлениями (индуктивным сопротивлением ωL или емкостным $\frac{1}{\omega C}$, а иногда и с обоими одновременно), содержащими и активное (омическое) сопротивление R; при этом С. ф. будет иметь какое-нибудь промежуточное между 0 и 90° значение, определяемое выражением

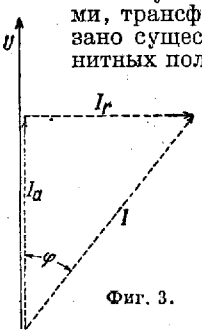
$$\varphi = \operatorname{arc\,tg} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}.$$

В частном случае, если

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0,$$

то φ обращается в нуль и ток совпадает по фазе с напряжением: влияние индуктивных сопротивлений компенсируется влиянием емкостных (**резонанс**).

Причины сдвига фаз и практические последствия его. На многие из цепей переменного тока (установки для генерирования, канализации и потребления электрической энергии) оказывает неблагоприятное влияние то обстоятельство, что в них циркулируют токи, к-рые необходимы для поддержания надлежащего электромагнитного режима, но не м. б. превращены в полезную энергию. С электродвигателями, трансформаторами и проводами связано существование пульсирующих магнитных полей; возникновение и исчезновение этих полей сопряжено с пульсацией энергии, к-рая передается из электрической цепи в магнитное поле и обратно из поля в цепь, не совершая при этом полезной работы. Соответствующие этой реактивной мощности токи в проводах называются **реактивными**; они сдвинуты по фазе на 90° относительно **активных** токов. Полный ток I, состоящий из реактивной слагающей I_r и активной I_a (фиг. 3), оказывается вследствие этого сдвинутым по фазе относительно напряжения на нек-рый угол φ. Отношение активной составляющей тока I_a к полному току I, т. е. $\cos \varphi = \frac{I_a}{I}$, называют **коэфициентом мощности**: на него надо умножить произведение



Фиг. 3.

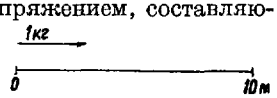
U на I, чтобы получить действительную мощность (к-рую можно превратить в механич. мощность или мощность, соответствующую какому-нибудь другому виду энергии), зависящую от активной составляющей тока I_a:

$$P_a = UI\cos\varphi = UI_a$$

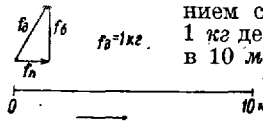
(активная составляющая мощности). Реактивной составляющей тока I_r соответствует реактивная составляющая мощности

$$P_r = UI\sin\varphi = UI_r,$$

связанная с существованием магнитного поля. Соотношения между напряжением, составляющими тока (I_a и I_r) и мощностью в известной степени поясняет аналогия с общим законом для механич. работы: работа равна произведению силы на путь. Пользуясь такой формулировкой закона, получают (путем умножения силы в *кг* на путь в *м*) правильное значение работы в *кгм* только в том случае, если пройденное расстояние совпадает с направлением силы; на фиг. 4 сила в 1 *кг* действует на отрезке пути в 10 *м*—работа равна 10 *кгм*; на фиг. 5 сила f_∂ действует под углом в 60° к пути перемещения—полезная работа равна произведению пройденного расстояния на составляющую силы f_n, действующую по направлению пути перемещения (аналогия с активной составляющей тока). Все части установки (провода и пр.) д. б. рассчитаны на полную (кажущуюся) мощность



Фиг. 4.



Фиг. 5.

$$P = \sqrt{P_a^2 + P_r^2} = U\sqrt{I_a^2 + I_r^2}.$$

Поэтому реактивные токи и связанные с ними С. ф. между напряжениями и токами заставляют увеличивать размеры частей установки по сравнению с теми, к-рые были бы необходимы для передачи желаемой полезной мощности.

Магнитное поле является аккумулятором энергии: с возникновением магнитного поля сопряжена затрата некоторого количества энергии, необходимого для создания поля; эту энергию поле при своем исчезновении отдает обратно в электрич. цепь, из к-рой оно эту энергию почерпнуло. При получении поля с помощью переменного тока все время имеет место процесс переливания энергии из электрич. цепи в магнитное поле и обратно. Поля и связанные с ними С. ф. зависят от характера нагрузки (приемников) и свойств самих проводов (см. *Провода электрические* и *Сети электрические*). На практике чаще встречаются поля магнитные; с электрич. полями приходится иметь дело преимущественно в высоковольтных установках (обладающие значительной емкостью кабели и линии большого протяжения). Практически С. ф. можно считать равным нулю при нагрузке в виде одних ламп накаливания или синхронных двигателей (или синхронных преобразователей), работающих при $\cos\varphi = 1$ и при низковольтных не слишком длинных проводах (распределительные сети). Во всех других случаях, и особенно при наличии асинхронных двигателей, $\varphi \neq 0$. У асинхронных двигателей вообще $\cos\varphi < 1$ (в лучшем случае порядка 0,8). Выгодны для асинхронных двигателей (в отношении уменьшения С. ф.) большое число оборотов, небольшой воздушный промежуток между статором и ротором и небольшая частота питающего двигатель тока. Коэфициент мощности ($\cos\varphi$), к-рый изображает отношение превращаемой в механическую активной мощности к полной электрич. мощности цепи

$$\cos\varphi = \frac{P_a}{P} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_r}{P_a}\right)^2}}$$

при холостом ходе двигателя почти равен нулю; при возрастании нагрузки $\cos\varphi$ улучшается (увеличивается), т. к. реактивная мощность, соответствующая главному магнитному полю (в воздушном промежутке между статором и ротором) и полю рассеяния (вокруг проводов статора и ротора), возрастает медленнее, чем активная мощность P_a, соответствующая полезной механич. мощности и потерям энергии; только при очень больших перегрузках $\cos\varphi$ может начать вновь убывать вследствие быстрого возрастания полей рассеяния. У больших двигателей $\cos\varphi$ больше, чем у малых. У трансформаторов для понижения реактивной мощности желательно возможное уменьшение воздушных промежутков (возможно более плотная пригонка сердечника к ярму в стыках); тогда реактивная мощность зависит только от энергии намагничивания самого железа, к-рая сравнительно мала, пока магнитная индукция не превышает 15 000 гауссов. При нагрузке трансформаторов между первичной и вторичной обмоткой также возникают увеличивающие реактивную мощность поля рассеяния, к-рых невозможно избежать полностью. Провода линий передач также создают в окружающем пространстве магнитное поле, с к-рым при больших силах токов, значительной длине линий и больших расстояниях между проводами связана значительная реактивная мощность; т. к. величина ее пропорциональна квадрату силы тока, протекающего по проводам, то она равна 0 при холостом ходе, сильно возрастая при перегрузке.

Т. о. физич. причины возникновения реактивной мощности не удается устранить полностью, вследствие чего, оперируя с переменными магнитными полями, всегда приходится иметь дело с некоторой величиной реактивной мощности и следовательно с коэф-том мощности, меньшим единицы. Двигатели рассчитывают т. о., чтобы они имели наибольшее значение $\cos\varphi$ приблизительно при нормальной нагрузке; при недогрузке двигателя $\cos\varphi$ неизбежно понижается. Если по соображениям механич. надежности работы двигатели выбирают большей мощности чем необходимо, или с особенно большим воздушным промежутком, то $\cos\varphi$ ухудшается. Применение многих мелких трансформаторов вместо небольшого числа крупных больше нагруженных также сопряжено со значительной силы токами холостого хода, к-рые в периоды слабой нагрузки сильно ухудшают $\cos\varphi$ установки. Так же и та реактивная мощность, к-рая обязана своим возникновением системе проводов, может при нек-рых обстоятельствах стать заметной (но в отличие от двигателей и трансформаторов—только при сильной нагрузке). В связи с этим и способность линий передач к перегрузкам оказывается ограниченной вследствие быстрого возрастания реактивной мощности. Наиболее вредные влияния реактивных токов на электрич. установки связаны с тем, что эти токи создают точно так же, как и активные токи, во всех проводниках джоулевы по-

тери на нагревание, что сопряжено с подводом непроизводительно затрачиваемой энергии от электрической станции. Полные потери на нагревание складываются арифметически из потерь, вызываемых активными токами, и потерь от реактивных токов:

$$Q = Q_a + Q_r = R(I_a^2 + I_r^2).$$

Т. о. $\cos\varphi$, которым чаще всего пользуются в качестве мерила С. ф., дает преуменьшенное представление относительно увеличения потерь: напр. при реактивном токе, составляющем 80% от активного, когда вызываемые реактивным током потери на нагревание равны следовательно 64% величины потерь от активного тока, $\cos\varphi$ упадет только до 0,78. Гораздо более показательные результаты получались бы, если для оценки увеличения потерь пользоваться выражением:

$$\frac{Q_r}{Q_a} = \frac{I_r^2}{I_a^2} = \frac{P_r^2}{P_a^2} = \operatorname{tg}^2\varphi.$$

Эти увеличенные потери на нагревание получаются не только в проводах, но и в трансформаторах, через которые они протекают от мест своего возникновения к электрической станции; в связи с ними приходится увеличивать сечения всех проводов. В меньшей степени это сказывается, если сеть невелика, а снабжающая ее станция расположена в центре ее (например фабрично-заводская установка). Но реактивная мощность может оказать весьма неблагоприятное влияние на экономичность установки, если станция находится на большом расстоянии от района потребления; в этом случае необходимо принять особые меры для улучшения $\cos\varphi$ или для разгрузки системы проводов от реактивных токов. Кроме потерь реактивный ток вызывает в длинных линиях значительное падение напряжения: при больших С. ф. над падением, к-рое создает активный ток, будет преобладать падение, вызываемое реактивным током в индуктивном сопротивлении линии. В сетях большого протяжения это обстоятельство используют для регулирования напряжения. Устанавливая в соответствующих местах машины, генерирующие реактивную мощность, регулируют циркуляцию реактивных токов в линиях т. о., чтобы искусственно увеличивать или уменьшать падение напряжения; кроме того для регулирования С. ф. применяют специальные трансформаторы. Особенно неблагоприятное влияние оказывает С. ф. на генераторы электрич. станции: чтобы поднять напряжение генераторов, понизившееся вследствие размагничивающего действия реактивных токов, приходится значительно усиливать ток возбуждения, что возможно только до известных пределов, в связи с нагреванием обмотки возбуждения.

Измерение угла С. ф. реактивной мощности и энергии. Угол С. ф. можно определить при однофазном токе по показаниям ваттметра, вольтметра и амперметра (перемножив вольты на амперы и разделив на это произведение ватты, получают $\cos\varphi$), а при трехфазном токе с симметричной нагрузкой фаз по показаниям двух ваттметров:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}\sqrt{3},$$

где W_1—большее и W_2—меньшее из двух показаний ваттметров. От хлопотливых вычислений избавляет и дает более точные результаты

метрами,—непосредственно показывающими $\cos\varphi$. За последнее время в связи с тарифной политикой, стремящейся стимулировать улучшение $\cos\varphi$ у абонентов, приобрел большое значение вопрос об особом учете реактивной мощности и энергии, а также кажущейся мощности и энергии. Специальные ваттметры непосредственно показывают реактивную мощность. Благодаря искусственному, с помощью реактивных катушек, С. ф. на 90° между токами в обмотках ваттметра он показывает, вместо

$$P_a = UI\cos\varphi$$

величину

$$P_r = UI\cos(90-\varphi) = UI\sin\varphi$$

(т. н. синус-ваттметр) или кажущуюся мощность (вольтамперметры, принцип действия к-рых основан также на искусственном С. ф. между токами в обмотках прибора). Аналогичные идеи положены в основу устройства синус-счетчиков, служащих для учета реактивной энергии в однофазной цепи. В трехфазной цепи для этой цели применяются двухэлементные синус-счетчики, включаемые по схеме Арона, либо двух- или трехэлементные счетчики специальной конструкции.

Средства для улучшения $\cos\varphi$. Тарификация электрической энергии. Война 1914—1918 гг., приведшая в связи с вызванным ею топливным кризисом к стремлению рационализировать использование энергетических ресурсов, создала за границей повышенный интерес к проблеме улучшения $\cos\varphi$. Грандиозные масштабы развития энергетики в СССР придают этой проблеме в нашей стране особое значение. Вместе с тем плановый характер нашего хозяйства открывает широкие возможности для эффективного использования всех средств, предложенных для уменьшения С. ф. в целях возможного смягчения его неблагоприятных последствий как технических (более высокие падения напряжения, трудности регулирования и большие токи короткого замыкания вследствие необходимости сильно перевозбуждать генераторы), так и экономических (меньшая возможность полного использования установки, а отсюда—увеличение капитальных вложений на первоначальное оборудование, большие расходы на капитал и повышение потерь). Поэтому за границей, а за последнее время и у нас, распространяются тарифы, имеющие целью: 1) покрыть убытки производящей энергию организации, вызванные низким $\cos\varphi$, и 2) заставить абонентов, преимущественно промышленных (т. к. от них с их многими двигателями зависит преимущественно результирующий С. ф.), принять меры к улучшению $\cos\varphi$. Такие тарифы делают надбавки на основную цену за электрич. энергию, потребленную при $\cos\varphi$ ниже нормального (за нормальный берут $\cos\varphi = 0{,}8$), и скидки за электрическую энергию, отпущенную при $\cos\varphi$, большем нормального. При этом исходят из среднего $\cos\varphi$ за расчетный период, определяемого по $\operatorname{tg}\varphi = \frac{A_r}{A_a}$, где A_r—реактивная составляющая энергии, учитываемая например синусным счетчиком, и A_a—активная составляющая, измеряемая нормальным счетчиком.

В. Хащинский.

Технические средства для улучшения $\cos\varphi$ имеют назначение либо устранить самые причины, к-рые могли бы вызвать большой С. ф., либо уменьшить уже возникший почему-либо

со своей нагрузкой у источника тока, в конечном счете определяется нагрузкой вторичной сети трансформатора. Трансформатор этот С. ф. передает источнику тока, лишь отчасти влияя на общую величину этого сдвига. В целях улучшения $\cos\varphi$ сети и установки необходимо заботиться о том, чтобы мощности трансформаторов, приключаемых к сети, возможно ближе отвечали той действительной средней нагрузке, с которой работает трансформатор. На трансформаторных подстанциях с сильно меняющейся в разные часы суток нагрузкой иногда бывает выгодно для улучшения $\cos\varphi$ и уменьшения потерь устанавливать вместо одного два трансформатора с автоматич. отключением одного из трансформаторов при малых нагрузках и приключением его при увеличении нагрузки.

2) Компенсация С. ф. в линиях передачи и электрических сетях. Провода и кабели, служащие для передачи электрической энергии, обладают самоиндукцией и емкостью и при известных условиях могут оказывать заметное влияние на сдвиг фаз передаваемой по ним электрической энергии. В зависимости от того, преобладает ли в них действие самоиндукции или емкости, получается под их влиянием увеличение или уменьшение общего сдига фаз приключенной к ним нагрузки. В обычных воздушных распределительных сетях влияние самоиндукции и емкости проводов настолько незначительно, что им можно пренебречь. Только при длинных линиях электропередач с большими силами тока и высоким напряжением приходится принимать во внимание действие их самоиндукции и емкости. Линия передачи оказывает на общий С. ф. по преимуществу индуктивное, ухудшающее С. ф. действие при значительных силах тока и относительно меньшем напряжении и, наоборот, линия уменьшает общий (индуктивный) С. ф. передаваемой энергии и оказывает емкостное действие при малых силах тока и более высоком напряжении. Действие линии м. б. то индуктивным то емкостным в зависимости от нагрузки. При расчетах и устройстве высоковольтных линий передачи необходимо в каждом случае обследовать вопрос о пределах изменения величины добавочного С. ф. $\varphi_1-\varphi_2$, обусловливаемого самой линией передачи не только при средней (нормальной) нагрузке, но и при крайних величинах (максимальной и минимальной), которые могут получиться в действительном режиме работы линии. При больших колебаниях величины $\cos\varphi$ на станции или подстанции иногда для удержания его в желательных пределах приходится прибегать к установке как на подстанциях, так и на станции синхронных конденсаторов. Устанавливаемые на подстанциях, они преследуют в этих случаях также цель регулирования и поддержания напряжения в сети на определенной высоте. Пределы желательного регулирования $\cos\varphi$ на подстанциях и на станции обычно устанавливаются по условиям экономической выгодности путем сравнительного расчета нескольких вариантов.

3) Синхронные конденсаторы, или синхронные компенсаторы, представляют собой перевозбужденные *синхронные двигатели* (см.), к-рые могут работать как вхолостую, без активной нагрузки на их валу, так и совершая одновременно механич. работу в качестве двигателя. Последний случай является более выгодным с точки зрения использования мощности двигателя, но в силу нек-рых отрицательных свойств синхронных двигателей (трудный пуск в ход, отсутствие возможности регулирования числа оборотов) не всегда возможно бывает применить синхронные конденсаторы одновременно и для механич. нагрузки. Довольно обычно использование в качестве синхронных конденсаторов старых неработающих синхронных генераторов. При использовании синхронных конденсаторов для целей улучшения $\cos\varphi$ приходится считаться с тем, что на вращение их вхолостую без активной нагрузки затрачивается некоторое количество электрич. энергии, которая должна рассматриваться как потеря и д. б. учтена при подсчетах выгодности применения синхронных конденсаторов для улучшения $\cos\varphi$. С точки зрения расположения синхронные конденсаторы выгодно устанавливать в центре реактивной нагрузки на подстанциях или даже непосредственно у потребителей этих реактивных токов. Выгода здесь заключается в освобождении от реактивных токов не только станции, но и линии передачи или сети; между тем как при установке конденсатора на станции улучшается в этом отношении работа только станционных генераторов, линия же и сеть попрежнему остаются перегруженными реактивными токами. Вопрос о том, где следует ставить конденсатор, а также, выгодно ли вообще его ставить и не следует ли вместо установки конденсаторов просто подобрать на станции генераторы на худший $\cos\varphi$, а при недостатке мощности установить новую машину, необходимо решать параллельными расчетами как стоимости установок, так и эксплоатационных расходов при разных вариантах. Такими же расчетами разрешается вопрос о том наивыгоднейшем пределе, до которого следует улучшать $\cos\varphi$; при этом можно заранее сказать, что улучшение $\cos\varphi$ до единицы в обычных условиях является менее выгодным (а иногда и совсем невыгодным), чем улучшение до 0,9—0,95. Экономия, которая получается при улучшении $\cos\varphi$ от 0,9—0,95 до 1, не окупает увеличившихся при этом расходов. В силу изложенного обычно ограничиваются улучшением $\cos\varphi$ до 0,9—0,95.

4) Статические конденсаторы могут быть употребляемы для улучшения $\cos\varphi$ вместо вращающихся синхронных. При высоких напряжениях статич. конденсаторы можно приключать к сети через промежуточные трансформаторы. Как и во вращающихся конденсаторах, в статич. конденсаторах и их трансформаторах приходится считаться с потерями (правда, меньшими, чем в первых). В силу того что емкостная реактивная мощность при одной и той же емкости установки возрастает пропорционально квадрату напряжения, статич. конденсаторы являются более выгодными при высоких напряжениях, при низких же напряжениях они слишком дороги; с другой стороны, статич. конденсаторы на высокое напряжение являются недостаточно надежными в работе, что в настоящее время ограничивает возможность их удешевления за счет повышения напряжения. Преимущества статич. конденсаторов: 1) лучший кпд по сравнению с синхронными, 2) отсутствие вращающихся частей и 3) отсутствие необходимости в постоянном обслуживающем персонале. К недостаткам их надо причислить: 1) несколько бо́льшую стоимость, 2) значительный объем и 3) отсутствие возможности легко регулировать $\cos\varphi$ в установке при различных нагрузках, как это делается при синхронных

конденсаторах. В соответствии с преимуществами и недостатками синхронных конденсаторов надо считать, что чем выше стоимость электрич. энергии и чем больше использование конденсаторов, тем относительно выгодны будут в эксплоатации статич. конденсаторы. Наоборот, при более дешевой электрич. энергии и меньшем коэф-те использования относительно выгоднее синхронные конденсаторы.

5) Применение синхронных, синхронно-асинхронных и компенсированных асинхронных двигателей. Средством для улучшения $\cos\varphi$ в электрич. установках служит применение вместо обычных асинхронных двигателей двигателей, у которых $\cos\varphi$ равен или близок к единице. В качестве таких двигателей находят применение нормальные синхронные двигатели, у к-рых $\cos\varphi$ легко м. б. отрегулирован на единицу и даже сделан опережающим. Главным препятствием для более широкого применения синхронных двигателей служат сложный пуск в ход и полная невозможность регулирования их числа оборотов. Т. о. в первую очередь синхронные двигатели могут найти применение в тех случаях, где не требуется регулирования скорости и особенно большого пускового момента. Стоимость синхронных двигателей при небольших мощностях несколько выше асинхронных, но при больших мощностях мало от них отличается. Большее междужелезное пространство, кпд такой же и даже несколько лучший, чем у асинхронных двигателей, и возможность легкого регулирования $\cos\varphi$ синхронных двигателей являются их преимуществами. Большое значение, придаваемое в настоящее время вопросам улучшения $\cos\varphi$ в электрических установках, повело к тому, что за последние годы области применения синхронных двигателей все более и более расширяются.

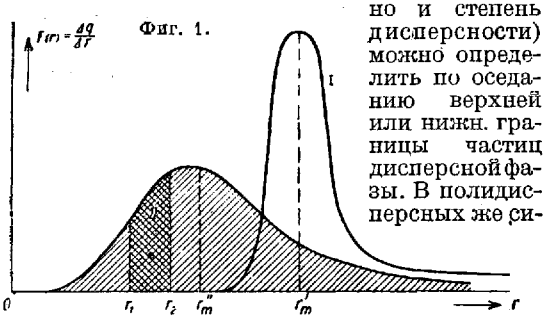
Вполне аналогичными по своим свойствам в отношении $\cos\varphi$ являются синхронно-асинхронные, или синхронизированные асинхронные двигатели. Преимущества таких двигателей по сравнению с синхронными заключаются в легком пуске в ход с хорошим вращающим моментом и большой допустимой перегрузке; недостатком их является плохое использование обмоток ротора вследствие неравномерного распределения тока возбуждения (постоянного) между обмотками отдельных фаз, а вследствие этого понижение мощности двигателя по сравнению с мощностью, развиваемой им при работе асинхронным двигателем. Другим недостатком синхронизированных асинхронных двигателей является по необходимости пониженное напряжение цепи возбуждения постоянного тока. Это напряжение поднять не представляется возможным, так как при разгоне двигателя в роторе двигателя получались бы слишком высокие напряжения, вызывающие необходимость усиления изоляции и удорожания обмотки ротора. Синхронизированные асинхронные двигатели так же, как и нормальные синхронные двигатели, могут быть использованы в качестве синхронных конденсаторов. Необходимость иметь особый возбудитель низкого напряжения усложняет и удорожает конструкцию синхронно-асинхронных двигателей, особенно при малых мощностях. В силу этого были предложены новые типы синхронизированных асинхронных двигателей, в к-рых необходимый постоянный ток для возбуждения вырабатывается в самом же двигателе при помощи дополнительной обмотки с коллектором, расположенной на роторе двигателя. Такие двигатели строят обычно для небольших мощностей (3—20 IP).

Кроме двигателей, построенных на принципе компенсации С. ф. постоянным током, целым рядом з-дов изготовляются компенсированные асинхронные дигатели при компенсации в них С. ф. переменным током. Такие двигатели (Осноса, Гейланда и др.) были предложены около 30 лет тому назад, но первоначально не нашли себе широкого применения, т. к., с одной стороны, они дороже нормальных асинхронных двигателей, и, с другой стороны, вопросы улучшения $\cos\varphi$ в электрич. установках в то время не имели такого острого значения, какое имеют теперь. В настоящее время эти двигатели изготовляются рядом з-дов и начинают находить себе большое распространение. Стоимость компенсированных асинхронных двигателей получается на 20—40% выше стоимости нормальных асинхронных двигателей; кпд, несмотря на лучший $\cos\varphi$, благодаря дополнительным обмоткам и коллектору оказывается приблизительно одинаковым с нормальными двигателями, а в некоторых случаях и несколько более низким при полной нагрузке. В силу этого компенсированные двигатели могут найти себе рациональное применение для улучшения $\cos\varphi$ установок лишь в нек-рых случаях.

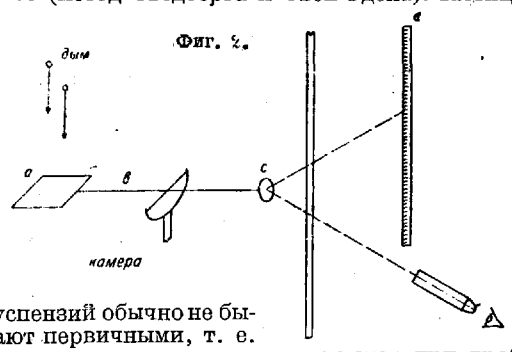
6) Многофазные коллекторные двигатели переменного тока. $\cos\varphi$ многофазных коллекторных, в частности трехфазных, двигателей может регулироваться и быть установленным на единицу и даже сделан опережающим. Эти двигатели м. б. применяемы для улучшения $\cos\varphi$ установок, что и имеет место, но в силу очень большой стоимости таких двигателей по сравнению с обычными асинхронными применение многофазных коллекторных двигателей целесообразно лишь в тех случаях, когда это оказывается необходимым в силу других свойств коллекторных двигателей (см. *Коллекторные машины*), а именно возможности у них экономичной регулировки скорости.

7) Каскадные соединения асинхронных двигателей. При больших мощностях вместо применения компенсированных двигателей на практике обычно переходят к каскадным соединениям нормальных асинхронных двигателей с вспомогательными машинами, к-рые вырабатывают необходимый для намагничивания асинхронных двигателей реактивный ток. В качестве таких вспомогательных машин могут применяться трехфазные коллекторные двигатели и одноякорные *преобразователи* (см.): каскады Кремера, Шербиуса и др. Эти каскадные соединения дают возможность одновременно производить экономич. регулировку числа оборотов асинхронных двигателей. В силу сложности и относительно большой стоимости (в виду большого числа вспомогательных машин) такого способа улучшения $\cos\varphi$ асинхронных двигателей каскадные соединения с коллекторными двигателями применяются лишь в случаях, когда одновременно требуется получить экономич. регулирование числа оборотов двигателя. Когда не требуется регулировки скорости двигателя, а желательно лишь получить улучшение его $\cos\varphi$, применяются каскадные соединения асинхронных двигателей с фазными компенсаторами, из к-рых различают два главных типа: 1) качающиеся, или вибраторы (см. *Вибратор Каппа*), и 2) вра-

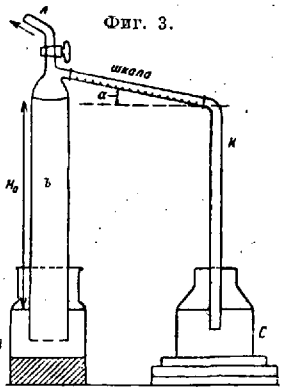
позволяет определить т. н. эквивалентный радиус частицы, т. е. то r, к-рым обладает сферич. частица, оседающая при тех же условиях с той же скоростью v. В дисперсных системах с частицами одинаковых размеров (монодисперсных системах) r (а следовательно и степень дисперсности) можно определить по оседанию верхней или нижн. границы частиц дисперсной фазы. В полидисперсных же системах задачей С. является нахождение кривой распределения, дающей распределение всей массы дисперсной фазы по фракциям частиц различных размеров (фиг. 1). По оси ординат откладывают при этом функцию распределения $F(r)=\frac{\Delta q}{\Delta r}$, дающую массу Δq данной фракции частиц от r до $r+\Delta r$ в % от всей массы дисперсной фазы, приходящуюся на интервал радиуса = 1 (напр. 1 μ). По оси же абсцисс кривых распределения откладывается радиус или диаметр частиц. Общий характер таких кривых ясен из фиг. 1. Кривая *II* соответствует более высокодисперсной и более полидисперсной суспензии, чем кривая *I*. Площадь кривой между двумя значениями r_1 и r_2 дает фракцию частиц $r_1 < r < r_2$ $[q_{r_2-r_1}=\int_{r_1}^{r_2} F(r)dr]$ в %, а вся площадь $\int_0^\infty F(r)dr$—всю массу дисперсной фазы, принимаемую за 100%. Для получения этих кривых при седиментометрич. анализе надо определить массу дисперсной фазы, оседающую m или остающуюся m_0-m в данном столбе H системы через различные промежутки времени τ_1, τ_2, τ_3, ... Зависимость m от τ можно определить экспериментально либо по изменению гидростатич. давления столба суспензии (т. е. средней плотности его) со временем либо непосредственно, определяя вес выпавшей дисперсной фазы m, напр. при помощи специальных весов (метод Сведберга и Свен Одена). Частицы суспензий обычно не бывают первичными, т. е. такими напр., как они получаются при дроблении, а представляют собой сгустки первичных частиц, что затрудняет часто седиментометрический анализ. Поэтому при седиментометрии часто дисперсную систему стабилизуют, вводя стабилизатор — поверхностно-активное вещество, обволакивающее своими адсорбционными пленками первичные частицы дисперсной фазы и тем препятствующее их коагуляции. Для С. дымов и туманов удобно пользоваться последним методом, применяя микровесы типа Нернста со слюдяной пластинкой a, на к-рую оседает дым, на одном конце стеклянной нити коромысла b, и зеркальцем c на другом конце (фиг. 2). Весы помещаются в камеру—в то пространство, где находится исследуемый аэрозоль. С помощью зеркала отклонение коромысла весов измеряется вне камеры либо наблюдением в трубу деления вертикальной шкалы d, отражающегося от зеркала, либо по перемещению светового зайчика по шкале. В системах же с дисперсионной жидкой средой—в суспензиях и эмульсиях — удобнее применять приборы, основанные на изменении гидростатич. давления определенного столба H дисперсной системы, называемые седиментометрами (Вигнер, Вольф, Оствальд, Ган, Ребиндер). В приборе последнего типа (фиг. 3) засасыванием воздуха ртом или водоструйным насосом через A одновременно засасываются в прибор: суспензия, предварительно перемешанная, из банки B в широкую трубку b (диаметром 12—16 *мм*), а чистая сравнительная жидкость, например чистая дисперсионная среда, из банки C в узкую трубку K, наклоненную под малым углом α в верхней части и разделенную на *мм* (300 *мм*). Оба столба жидкости находятся в каждый момент в гидростатич. равновесии и вначале сравнительная жидкость достигает верхней части шкалы—ее начала. С течением времени по мере уменьшения средней плотности столба H_0 суспензии вследствие выпадения дисперсной фазы столб сравнительной жидкости понижается в узкой трубке. Это смещение l мениска в капилляре и дает нам в ф-ии от τ седиментометрич. кривую $l=f(\tau)$; l во столько раз больше перемещения, к-рое имелось бы при вертикальном положении сравнительной трубки, во сколько $\sin\alpha$ меньше 1. Если отношение площадей поперечного сечения трубок b и K достаточно велико (обычно оно составляет 20—40), то столб суспензии H_0 можно считать постоянным, и тогда l пропорционально m. Если все седиментометрич. кривые вычерчивать в диаграмме $100\cdot\frac{l}{l_\infty}$, то ординаты прямо дадут m в %; при этом l_∞—предельное положение мениска при полном выпадении всей дисперсной фазы. Прибор пригоден только для случая $d_2 > d_1$. Для случая же $d_2 < d_1$ (напр. эмульсии масла в воде) надо применять прибор типа Вигнера в форме Келли (фиг. 4) с сообщением между обеими трубками не через газовое про-



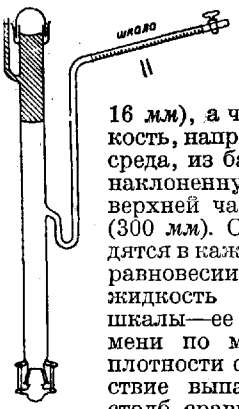
Фиг. 1.



Фиг. 2.



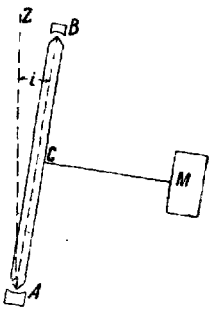
Фиг. 3.



Фиг. 4.

два класса землетрясений наблюдаются редко и имеют исключительно местное значение. Тектонич. землетрясения имеют преобладающее значение, и их последствия бывают часто весьма разрушительны. Нарушение условий равновесия внутренних слоев земли, происходящее в результате землетрясений, сопровождается возникновением упругих колебаний (сейсмических волн) в горных породах. Место внутри земной коры, где произошло нарушение равновесия ее слоев, называется гипоцентром, или очагом землетрясения; точка же земной поверхности, ближайшая к гипоцентру, называется эпицентром. Гипоцентр и эпицентр землетрясения—не точки, но области, имеющие известное протяжение и весьма растянутые. Но т. к. размеры их в сравнении с размерами земли весьма ничтожны, то их и принимают за точки, подразумевая под эпицентром середину действительной эпицентральной области. От гипоцентра землетрясения расходятся во все стороны сейсмич. волны двоякого рода: продольные и поперечные, движущиеся с различными скоростями. Цёппритц и Гейгер в самых верхних слоях земли нашли для скорости продольных волн значение $v_1=7{,}17$ *км/сек*, а для скорости поперечных $v_2=4{,}01$ *км/сек*. Кроме того при распространении сейсмич. волн у границы двух середин земной коры с неодинаковыми физич. свойствами возникают особые поверхностные волны с большим периодом; их называют длинными (скорость их равна 3,53 *км/сек*). Наиболее сильные и разрушительные сотрясения наблюдаются в эпицентре. В этой области кроме колебаний, вызываемых распространением упругих волн, замечаются и действительные смещения материальных частиц, т. е. обнаруживаются видимые поверхностные волны (волны тяжести), вызывающие наибольшие разрушения. Они возникают только среди рыхлых отложений, амплитуда их весьма велика, скорость всего 4 *м/сек*, им не могут сопротивляться ни почва ни здания. Продолжительность и число сотрясений, а также промежутки между отдельными ударами, весьма разнообразны при каждом землетрясении. Повторяемость землетрясений, выражающаяся в частом проявлении их в какой-либо области, и наибольшая степень их напряженности определяют понятие сейсмичности страны. На карте земли можно выделить области сейсмичные—потрясаемые часто и разрушительно, пенесейсмичные—потрясаемые часто и сильно и асейсмичные—потрясаемые редко и слабо или вовсе не потрясаемые. Для обозначения силы землетрясений руководствуются интенсивностью разрушительных последствий их; в этом отношении почти во всеобщее употребление вошла шкала Росси-Фореля, разделяющая землетрясения на 10 классов: от незаметных непосредственному наблюдению и обнаруживаемых лишь чувствительными сейсмографами микросейсмич. колебаний (I класс) до всеобщего разрушения зданий, образования трещин и сбросов в земной коре и обвалов и оползней в горах (X класс). Шкала Росси-Фореля, давая очень подробные подразделения для слабых ударов, недостаточна для ударов более сильных. Поэтому в практике итальянских сейсмологов принята шкала Меркалли с 12 классами. Изучение основных элементов землетрясений происходит при помощи особых инструментов, трактующий эти вопросы, называется сейсмометрией. **И. Мельников.**

Сейсмометрия. Приборы, которые лишь отмечают движения земли во время землетрясения, называются сейсмометрами; если же они приспособлены для непрерывной записи, то называются сейсмографами, а получаемые записи—сейсмограммами; последние дают возможность определить характер совершающихся перемещений почвы. Самая общая форма перемещений заключает в себе шесть возможных независимых движений—три прямолинейных (одно вертикальное, два горизонтальных) вдоль координатных осей и три вращения вокруг этих осей. Измерение вращений, вообще величин ничтожно малых, представляет весьма сложную задачу, и обычно записей их не производится. Т. о. необходимо обратить внимание на измерение указанных трех линейных перемещений, к-рые обычно рассматриваются по отношению к трем координатным осям, направленным к востоку, северу и к зениту места наблюдения. Во всяком сейсмографе имеется одна точка (центр качания), к-рая не изменяет своего положения и около к-рой совершают колебания подвижные части прибора. Если на тонкой, длинной нити, верхний конец к-рой закреплен в точке, связанной с землей, подвесить тяжелый груз, на конце которого находится тонкое перо, слегка касающееся стеклянной пластинки, покрытой слоем сажи, то при землетрясении на пластинке останется весьма запутанный след пера, если пластинка будет оставаться неподвижной; если же пластинка перемещается, на ней различные смещения почвы будут отмечены в виде колебательных движений. По такому принципу построены нек-рые итальянские сейсмографы. Другой принцип положен в основу след. приборов (фиг. 1). Стержень AB может вращаться в гнездах A и B рамы, прочно связанной с землею. Линия AB наклонена на незначительный угол i от вертикали AZ. От средней точки C отходит стержень CM под прямым углом к AB и несет на своем конце тяжелый груз M. Если бы стержень AB занимал вертикальное положение, то имело бы место равновесие безразличное.



Фиг. 1.

Вследствие наклона AB под углом i ускорение силы тяжести уменьшается с g до $g\sin i$. При отсутствии сейсмич. возмущений груз M занимает самое низкое положение, и при возникновении этих возмущений стержень CM начнет совершать колебательное движение вокруг AB, как около оси, причем величина периода зависит от значения угла i. Наибольший эффект возникнет в случае, когда возмущение идет по направлению, перпендикулярному к плоскости ABM. На этом принципе построены сейсмографы Омори, Мильна, Голицына, Майнка и др. Одно из главных отличий этих инструментов заключается в методе подвеса горизонтального маятника. Цёльнеровский подвес (фиг. 2) состоит из двух проволок CF и DE, натягивающих стержень AB, на конце которого находится тяжелая масса M. Точ-

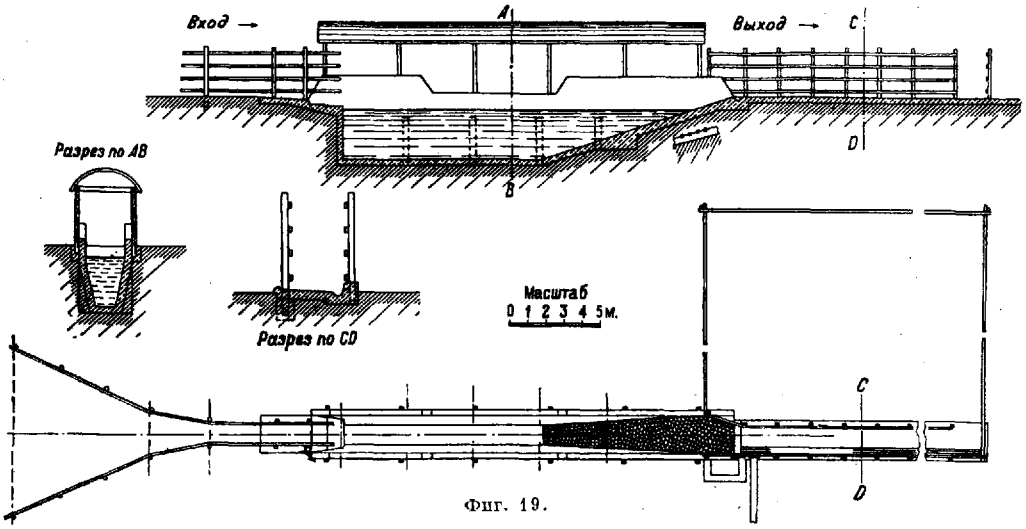
кость 0,078, тв. 2 по Мосу, $t°_{пл.}$ 217, при 250° вполне жидкий; при быстром охлаждении застывает в стекловидную массу; проводит электричество, при соприкосновении с металлами обнаруживает термоэлектричество; в холодном сероуглероде нерастворим; легко растворяется в хлороформе; металлич. С. есть смесь двух форм, из к-рых α-форма матовосерая, отливающая красным, при комнатной $t°$ плохо проводящая ток; β-форма светлосерая, проводящая ток; α-форма метастабильна и легко переходит в β-форму, особенно при нагревании до 200°. Усиление освещения С. способствует образованию β-формы, проводящей ток; по мнению нек-рых авторов β-форма в свою очередь состоит из двух модификаций, находящихся в равновесии, причем усиление освещения способствует образованию более электропроводящей формы. С. во всех модификациях диамагнитен.

Важнейшее физическое свойство С.—изменение электропроводности с освещением С.—представляет большой практич. интерес. Для одного и того же образца С. электропроводность растет с увеличением напряжения при постоянном токе сильнее, чем при переменном; при постоянном напряжении электропроводность растет со временем. Сопротивление С. прохождению тока падает очень резко с усилением освещения. Повышение электропроводности прямо пропорционально корню квадратному (по некоторым авторам корню 4-й степени) из силы света. Примесь теллура делает С. восприимчивее к более коротким волнам. Рентгеновы лучи, ультрафиолетовые и другие действуют как видимые лучи. По Адамсу освещенный С. обнаруживает фотоэлектрич. эффект. На этом свойстве основано применение С. для фотоэлементов, в частности в приборах для измерения силы света звезд. Свыше 220° все твердые модификации С. переходят в расплавленное состояние. Жидкий С. коричнево-темнокрасного цвета, не изменяющегося с $t°$. Вязкость С. не изменяется с $t°$, как это свойственно сере; $t°_{кип.}$ жидкого С. 690°. Расплавленный С. проводит электрич. ток; он легко м. б. переохлажден, причем образуется аморфный или стекловидный С. В химическом отношении С. близок к сере и теллуру, ближе к сере; дает соединения с галоидами и металлами (селениды). Расплавленный С. действует на железо. На воздухе сгорает, образуя окись С. SeO_2; с водородом соединяется при достаточном нагревании, образуя селенистый водород H_2Se. Соляная к-та не реагирует с С., азотная к-та окисляет до SeO_2. Серная к-та разбавленная не действует, а конц. H_2SO_4 растворяет, давая раствор зеленого цвета, и при разбавлении выделяет С.; щелочи растворяют С. Кислород при обыкновенной температуре на С. не действует. В щелочах селен растворяется с образованием солей: селенидов, селенитов и полиселенидов.

Соединения С. В соединениях С. бывает 2-, 4- и реже 6-валентным, образует комплексные соединения типа $Me_2(SeR_6)$. С. дает ряд солей, аналогичных солям серы; селеносульфит Na_2SSeO_3 (тип гипосульфита), селеносульфид Na_2SSe_n (тип полисульфида), селеноцианид KCNSe (тип роданида) и т. д. Известны также органич. соединения С., построенные также по типу соответствующих соединений серы, например дихлордиэтилселенид $Se(C_2H_4Cl)$, аналог *иприта* (см.). Немногие соединения С. находят практич. применение. Селенистый водород H_2Se получается при действии к-т на его соли (селениды Me_2Se), легко образуется также из элементов при нагревании до 350° в присутствии пемзы; от водорода очищается конденсацией при $t°$ 40—60°. При обычной $t°$ H_2Se—газ уд. в. (по воздуху) 2,795; H_2Se легко разлагается на элементы, на воздухе горит с образованием окиси С.; SeO_2 мало растворим в воде; с водой образует гидрат. В водном растворе является слабой к-той. Соли H_2Se, селениды, подобны сульфидам. Двуокись С. SeO_2 образуется при сильном накаливании С. в токе кислорода или воздуха, причем С. воспламеняется; кристаллизуется в бесцветных иглах, $t°_{пл.}$ 340°, восстановителями (напр. фенилгидразином) переводится снова в С.; уд. в. 3,95; легко растворима в воде, спирте, плохо—в бензоле; SeO_2—сильный окислитель, при окислении восстанавливающийся до Se; выделение Se из SeO_2 происходит при нагревании с S, P, C, H_2 и металлами. При растворении в воде SeO_2 образует селенистую кислоту H_2SeO_3—большие кристаллы гексагональной системы, уд. в. 3,006, выпадающие при выпаривании раствора. Селеновая к-та H_2SeO_4 получается при окислении H_2SeO_3 с помощью перекиси водорода, перманганата калия, двуокиси марганца и др. H_2SeO_4—сильная к-та, почти как серная. С. дает соли—селениты типа Me_2SeO_3. Селенит натрия Na_2SeO_3 кристаллизуется в маленьких призмах гексагональной системы; легко растворим в воде, в спирте меньше; получается выпариванием H_2SeO_3 с теоретическим количеством раствора соды или едкого натра, также нагреванием SeO_2 с NaOH. С галоидами С. дает ряд соединений: SeF_6—инертный газ, SeF_4—бесцветная жидкость; Se_2Cl_2—жидкость красноватого цвета; четыреххлористый С. $SeCl_4$ получают хлорированием С. с избытком Cl; твердое кристаллич. тело. Технич. интерес имеет оксихлорид С. $SeOCl_2$, получаемый перегонкой $SeCl_4$ с SeO_2, по реакции $SeO_2 + SeCl_4 = 2SeOCl_2$, или осторожным добавлением H_2O к $SeCl_4$; $t°_{пл.}$ 8,5°; $t°_{кип.}$ 177,2°; при нагревании до $t°_{кип.}$ разлагается, смешивается во всех отношениях с CCl_4, CS_2, $CHCl_3$, C_6H_6; растворяет S, Se, Te, Br и J; известен также оксифторид С.—бесцветная дымящая жидкость. Почти все соединения селена оказывают сильное физиологическое действие: H_2Se ядовит и вызывает головные боли, воспаление глаз и слизистых оболочек; SeO_2 и H_2SeO_3 вызывают раздражение кожи, подобное экземе; еще сильнее действует H_2SeO_4: вызывает на коже раны, разъедает ногти. Действие $Se(C_2H_4Cl)_2$ аналогично действию *иприта* (см.).

Распространение С. в природе. В свободном состоянии С. встречается в залежах элементарной серы, гл. образом вулканич. происхождения. Однако подобные месторождения сравнительно редки, и сырье этого рода в технологии С. не имеет большого значения. Чаще С. встречается в виде селенидов: берцелианит—селенид меди Cu_2Se, тиеманит—селенид ртути, клаусталит—селенид свинца, науманит—селенид серебра; известны также и селениты: меди (Аргентина)—халькоменит, свинца—молибдоменит и кобальта—кобальтоменит; зоргит (Аргентина) содержит до 31% Se; известны также эйкарит—$(Cu,Ag)_2Se$ и крукезит—$(Cu, Fe, Ag)_2Se$. В небольших количествах С. содержится в *пирите* (см.); при его сжигании в производстве серной к-ты С. окисляется до SeO_2 и вместе с SO_2 попадает в пыльные камеры; там сернистым газом SeO_2 восстанавливается до Se, в результате чего, в зависимости от метода производства серной кислоты, выделяется в элементарном виде в пыльных камерах, котрелях, гловеровой башне, в сернокислотных камерах и т. п. (см. *Серная кислота*), где и накопляется

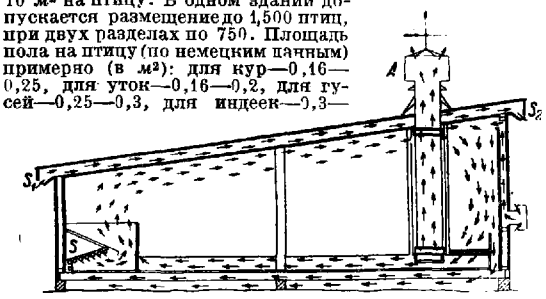
ше. Проветривание достаточно форточками при условии отсутствия сквозняков. Около крольчатников д. б. свободное место для выгона кроликов. Выращивание молодняка производится в особых сетчатых переносных л у г о-



Фиг. 19.

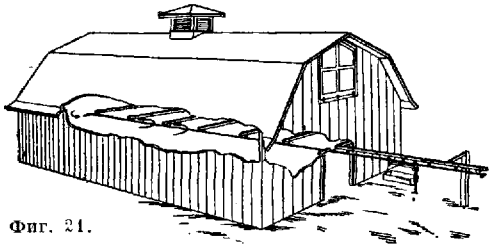
в ы х к л е т к а х и с а д к а х размером ок. 2,3 × 1,4 × × 0,5 *м* (высота), вмещающих 20—30 крольчат.

П т и ч н и к и строят в местности по возможности с песчаной почвой, причем около птичника д. б. зеленое свободное место, служащее пастбищем, размером не менее 10 *м*² на птицу. В одном здании допускается размещение до 1,500 птиц, при двух разделах по 750. Площадь пола на птицу (по немецким данным) примерно (в *м*²): для кур—0,16—0,25, для уток—0,16—0,2, для гусей—0,25—0,3, для индеек—0,3—



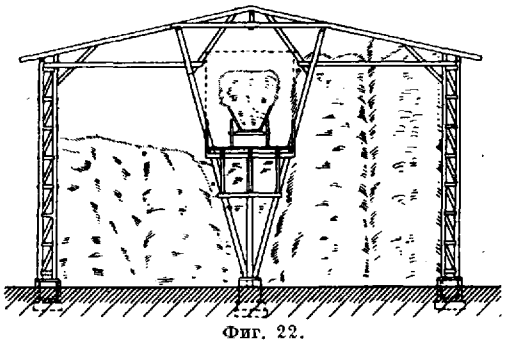
Фиг. 20.

0,35. Американская практика берет цифры вдвое большие. Их придерживаются и у нас. Высота помещения неотапливаемого птичника не должна превосходить 2,3 *м* до теплой подшивки стропил, так как особый потолок обычно отсутствует. В северном климате впрочем он всегда желателен, т. к. просто и хорошо утепляется насыпкой на него к зиме соломы, мха или сухих листьев. Полы птичников земляные, плотно утрамбованные, глинобитные или землебитные (15 *см*), с примесью мелкого шлака или окалины. Хорош пол асфальтовый по слою бетона в 8 *см* или из теплого бетона. Деревянный пол иногда применяют, но его труднее поддерживать в чистоте, и в щелях его легче задерживаются паразиты. От паразитов полезна возобновляемая побелка стен и потолка известью с примесью буры (двуборнокислого натра). Полы, легко поддающиеся разрушению крысами, д. б. защищаемы от подкапывания прокладкой слоя из боя кирпича, бетона или глины с битым стеклом, а иногда и железной сетки с глиняной забивкой. В больших птичниках пол защищают



Фиг. 21.

т. о. на расстоянии в 2 *м* от стен, а снаружи делают тоже на 2 *м* непроницаемую бетонную или кирпичную отмостку. Если требуется отапливать большой птичник, то отопление д. б. водяным и легко связываться с вентиляционной установкой, общий и наилучший принцип которой показан на фиг. 20, где видна нижняя вытяжка через трубу *A* и подвод впуском *S* наружного воздуха. Через впуск *S* воздух идет без подогрева, а циркуляция внутреннего воздуха в помещении и в подполье и пропускание наружного воздуха через двойной потолок S_1S_2 в жаркое время показаны стрелками. Подобная схема вентиляции осуществляется в птичниках в США. Проветривание (кроме показанной на фиг. 20 схемы) может производиться еще вставкой в фасадные окна рам, затянутых бумажной материей (муслином и пр.), что в настоящее время весьма употребительно. Размер муслиновых отверстий берется в $^1/_{20}$ площади пола (а иногда в $^1/_2$ площади окон). Окна делают часто в новейших птичниках вверху у пола, защищая сетками от разбивания. Дверки для выхода птиц делают размером 50 × 35 *см* для мелких пород и до 70 × 70 *см*—для крупных. Насесты выполняют в виде ряда планок на ребро размером 5 × 10 *см*, размещаемых на расстояниях 30—40 *см*, полагая 0,2—0,3 *п. м* длины насеста на 1 голову. Высота насестов над полом ок. 1 *м*. Первый ярус гнезд ставится на высоте 0,6 *м* над полом и снабжается лесенками для входа. Размер гнезд для кур 30 × 35 × 35 ÷ 30 × 45 × 45 *см*. Здания для размещения *инкубаторов* (см.) строятся по типу жилых построек. Для воспитания инкубаторных цыплят в США применяют длинные постройки (б р у д е р-г а у з ы) с невысокими навесиками, заменяющими собою насадок, и обогреваемые водяным отоплением. В небольших хозяйствах применяют для этой же цели домики с грибообразной и с к у с с т в е н н о й



Фиг. 22.

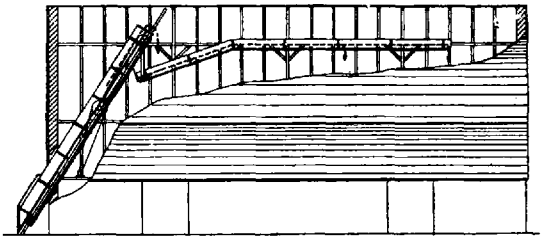
п а с а д к о й (брудер), поставленной в середине и обогреваемой каким-либо источником тепла. Вместимость такого домика размером 2,5 × 3 *м*—до 200 цыплят. Помещения для индеек отличаются от курятников размерами, а для водяной птицы—отсутствием насестов и необходимостью близости воды, лучше всего в виде прудов, во избежание уплывания птицы. Птичники снабжаются выгонами для птиц с размерами приблизительно в 10—20 *м*² на курицу и 8—10 *м*² на утку.

Механизация помещений для животных состоит главным образом в применении средств перемещения корма и навоза по рельсовым или воздушным путям, а затем в устройстве различных служебных аппаратов: доилок, аппаратов для заготовки корма (корне- и соломорезок, зацарок и пр.) и электрич. вентиляторов. Корм и навоз перемещают в тележках и вагонетках по рельсам или подвесными к о ш о л к а м и, причем вместимость

всех их колеблется для корма в пределах 0,5—0,7 $м^3$, а для навоза—0,25—0,3 $м^2$. Пути перемещения корма и навоза д. б. по возможности удалены друг от друга во избежание загрязнения корма, коротки и просты—с наименьшим числом стрелок (фиг. 21, 22). Тележки, вагонетки и кошолки для корма необходимо дезинфицировать горячим паром во избежание запаха дезинфицирующих средств. Аппараты для дойки и заготовки кормов весьма разнообразны и всецело относятся к области специального машиностроения. См. *Дойка механическая, Запарник, Кормушки, Корнерезки, Моечные машины, Поилки.*

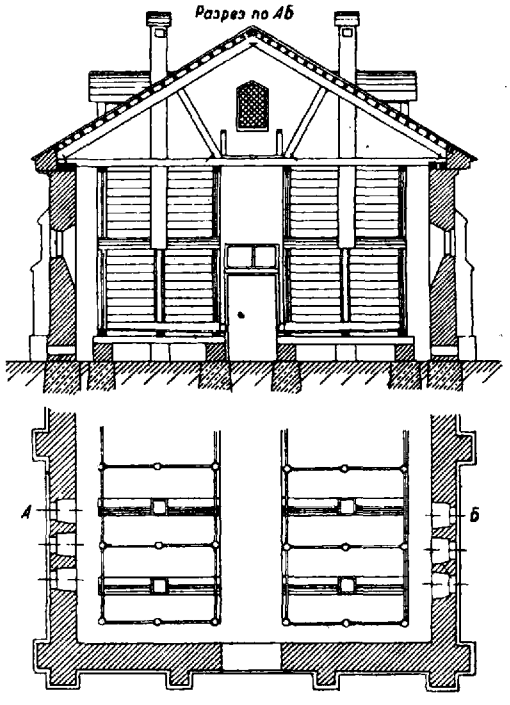
Кормовые помещения и базы для заготовки корма в самом помещении, где размещены стойла, возможны лишь при числе голов рогатого скота и свиней не свыше 200 и овец не свыше 1 000. В больших хозяйствах заготовка кормов выносится в особый кормовой пункт, к-рый вместе с относящимися к нему хранилищами кормов образует кормовую базу. Кормовое отделение, помещающееся в связи со стойлами, кроме свинарен, где это недопустимо, получает размер 0,5—0,8 $м^2$ на голову, и лишь при силосованном корме и *силосных башнях* (см.) оно вообще невелико (0,2—0,3 $м^2$ на голову). Но при числе голов свыше 400 и силосные башни уже соединяются в одну общую группу, в связи с к-рой делается и более обширная заготовочная. Размер всякого рода кормовых помещений следует рассчитывать по суточной даче кормов, а склады—по крайней мере на полугодовой их запас. Кроме того при каждом кормовом отделении д. б. сохранено место для запаса корма на 2—3 дня. Для кормовых помещений при стойлах принимают размер площади 0,5—0,6 $м^2$ на 1 голову рогатого скота и 0,1—0,2 $м^2$ для одной овцы. Размеры суточных дач корма служат основанием для выбора и размещения нужных заготовочных аппаратов в больших кормовых пунктах, а также и для вычисления затрат работы на подготовку корма. С общей же производительностью этой работы согласуется и механич. транспорт как еще не подготовленных материалов непосредственно со складов, так и готового корма—в стойла. При кормовых помещениях, устраиваемых в непосредственной связи со стойлами (кроме свинарен), удобно помещать хранилища кормовых трав (сеновалы) над заготовочными отделениями, подавая кормовой материал сверху. Точно так же хранилища для корнеплодов располагают в подвалах под заготовочными: для подачи корнеплодов из подвалов в заготовочную устанавливают подъемники. В обширных, отдельно устраиваемых кормовых базах между сгруппированными аппаратами, на которых ведут подготовку кормов (мойками, резками и пр.), и кормовым транспортом располагаются сборные резервуары и бункеры. Для заготовочных пунктов необходим тщательный расчет распределения и кооперации всех аппаратов и средств транспорта во избежание неправильности или нарушения действия всей механизированной кормовой системы. Дезинфекция паром всего того, что соприкасается с кормом, особенно необходима, и к ней надо относиться внимательно. Вблизи кормового пункта необходимо устраивать склад запасного инвентаря с отдельным помещением для его текущего ремонта. Всякого рода транспорт д. б. краток, прост, без лишних переводных стрелок, скрещений и поворотов, сильно затрудняющих движение, а также с минимальным числом холостых пробегов. Учет и осуществление всего этого требуют внимательного и опытного проектирования.

При выяснении плана и размеров заготовочных отделений крайне важно заранее твердо установить систему и размеры требуемых аппаратов и их взаимное размещение, т. к. ошибки в этом отношении трудно в дальнейшем поправимы. В заготовочных д. б. очаг для согревания воды, а вверху—водяной бак на 500—600 $л$, кроме высокого резервуара общего пользования, рассчитываемого на полтора полного стойлового расхода, но не свыше 1 000 $м^3$ объема для одного резервуара. Высота таких резервуаров 15 $м$, и они д. б. снабжаемы насосами с расчетом на расход до 200 $л$ в мин. на случай пожара. Пол в заготовочных делают водонепроницаемым (бетон, асфальт) для того, чтобы его можно было обильно промывать. Сено и солома хранятся всего проще в стогах или скирдах, складываемых на расстоянии друг от друга не менее 4 $м$ для свободного проезда между ними возов, для хорошего обвевания их ветром, для облегчения ликвидации начинающегося пожара и пр. Место постановки стогов, или гумно, располагается на 40—50 $м$ от ближайших строений и обводится двумя канавами с разделяющим их валиком. Канавы служат для стока воды с гумна и для его внешней защиты. Иногда на скирдовом гумне производят молотьбу, и тогда там делают молотильный ток в виде глинобитных площадок шириною не менее 6 $м$ и длиною 12—13 $м$. Хранение трав на гумнах неудобно, т. к. трудно разбирать продукт из стогов и скирд по частям, не нарушая прочности этих укладей. Поэтому обычно сено и солому запасают под навесами или в сараях. Как в кладях, так и под навесами и в сараях можно считать, что 1 $м^3$ объема соответствует 80 $кг$ сена. Для простоты конструкций и для удобства складочной и разборочной работы надо, чтобы ширина навесов не превосходила 10 $м$, а сараев—15—20 $м$. Длина навесов и сараев обычно вдвое-втрое более их ширины, а высота до стропильных затяжек в самых больших устройствах не более 12 $м$ и обычно 3—10 $м$. Размеры таких хранилищ исчисляют, полагая количество сена в 30 $м^3$ на голову рогатого скота и лошадей при полном сенном рационе, а если сено идет лишь как добавка, то всего в 10 $м^3$ на голову. Кормовые травы и подстилку для овец запасают в количестве 2,5—3 $м^3$ на голову, считая лишь стойловое время; солому на подстилку берут в количестве 10—15 $м^3$ на голову крупного рогатого скота и лошадей. Полный объем каждого хранилища не превышает 2 000 $м^3$ при навесах и до 16 000 $м^3$ (обычно 5 000—10 000)—в сараях, особенно с верхним въездом (сист. Мюллера). Конструкция навесов и сараев д. б. легкой,



Фиг. 23.

хорошо проницаемой для воздуха и дешевой. Главное—устройство крыши, к-рая, как и вообще во всякого рода хранилищах, д. б. особенно непроницаема для дождя. Значительную экономию в этом отношении, соединенную с удобством, представляют собою сараи, поставленные сверх стойлового здания,—сеновалы. Таковы обширные америк. сеновалы (фиг. 1); в СССР, как и вообще всякие сеновалы, не принимаются из-за пожарной опасности, хотя они очень удобны для подачи сена вниз. Иногда сараями сист. Мюллера пользуются как молотильными с верхней подачей снопов в молотилки. Обшивая досками стенки таких навесов, получают специально молотильные сараи, в к-рых д. б. сохраняемо место для молотьбы (ток) шириною в 6 $м$ при складочных местах шириною 7—9 $м$ вдоль токов. На каждую молотилку отводят место 80—100 $м^2$, причем сюда должен легко и удобно подходить привод от двигателя. Пол в сарае делается глинобитным, асфальтовым или из толстых 7-$см$ досок. Сено и солома подаются в большом количестве механически, схватываясь

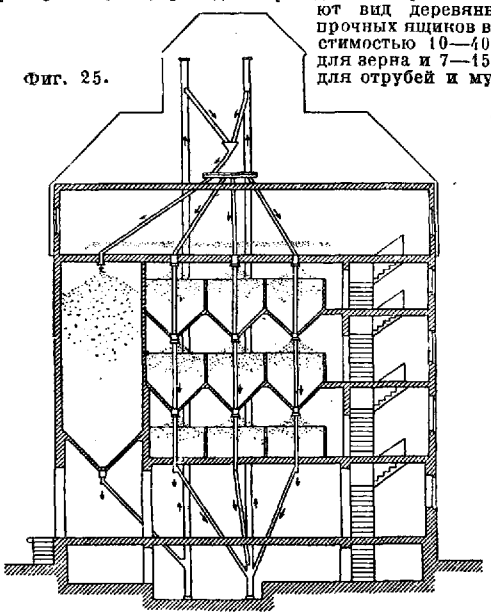


Фиг. 24

и перемещаясь *грейферами* (см.), родом больших острых щипцов с раскрытием в 1,5—2 $м$, или слингами, большими захватами из веревок или цепочек длиною (раскрытием) в 1—2 $м$. Кроме того применяются самотаски (фиг. 23) и пневматические вдуватели, подающие сено через широкие трубы при помощи центробежных вентиляторов. Амбары служат для сохранения зерна, отрубей и муки. Это—сухие и темные, хорошо про-

ветриваемые здания, достаточно защищенные от нападения мышей. Размер амбарных запасов вычисляют, исходя из условий кормления животных, а потому он значительно варьируется для различных случаев. Задачи (рацион ы) корма должны устанавливаться специалистами, причем считают, что стойловая кормежка продолжается ок. 200 дней в году. Амбары при нормальных условиях достаточны на 50% годовой потребности в зерновом корме. Муку и отруби запасают вообще не в слишком больших количествах, и для них достаточно отводить в амбарах место в 1—2% общей вместимости. Если амбар предназначается для сохранения зерна вообще независимо от кормежки животных, то полезный объем его, т. е. полная вместимость закромов, рассчитывается на 50—75% урожая. Пол или этажи амбара-зернохранилища должны рассчитываться на груз 900—1 000 *кг/м²*, причем ок. 30% плана уходит на промежутки, проходы и проезды. Закрома имеют вид деревянных прочных ящиков вместимостью 10—40 *м³* для зерна и 7—15 *м³* для отрубей и муки.

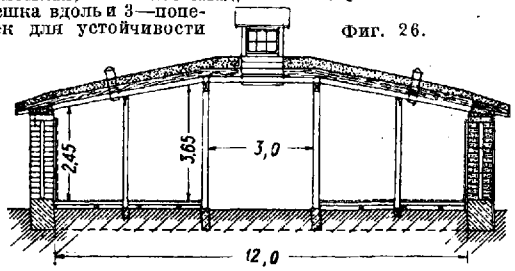
Фиг. 25.



Закрома чаще располагают в два ряда (фиг. 24) со средним проходом в 1,5 *м*. Нагрузку их производят сверху, куда в с.-х. амбарах всего проще подавать мешки самотаской. Для удобства выгребания дно закрома получает уклон по направлению к выгребу не менее 20°. Выгребы задвигаются заслонками, имея впереди сыпные совки. При запасах зерна свыше 100 *т* удобны шахтные амбары с размерами шахт в 8—100 *м³*. Зерно здесь насыпают сверху, а берут снизу через воронкообразное дно, вследствие чего вся масса его движется вниз, пересыпается; зерно может также при помощи особых приспособлений подаваться вновь кверху для проветривания. На фиг. 25 дано большое зернохранилище, совмещающее в себе все виды способов хранения: большой шахтный закром, ряд малых с воронками, простые закрома (внизу), хранение зерна россыпью (ворохом)—вверху, и наконец мешочный склад в подвале. Тут же видно распределение зерна разводными трубами. Вверх зерно подается норией с ковшами. Амбары от мышей и крыс лучше всего защищаются устройством гладкого цоколя, снабжаемого на высоте примерно 45 *см* или выступом или железным козырьком, выступающим горизонтально на 12 *см*. Деревянные амбары ставятся вместо сплошного фундамента на столбах высотою в 50 *см*, размещенных рядами по всей поверхности плана и получающих такую же защиту от мышей и крыс. Но, чтобы эта защита была действительна, всякого рода всходы к дверям амбара д. б. съемными, а у стен его не должно стоять никаких приспособлений, приставляющихся к нему предметов. Постановка на столбах дает амбару проветривание еще и снизу. В америк. хозяйствах применяются зернохранилища круглой, цилиндрич. формы со стенками, проницаемыми для воздуха и для этого выполняемыми или из специального пустотелого, сквозного цементного кирпича на железном каркасе или же прямо из штампованных железных листов с соответственно проделанными отверстиями. В центре такого хранилища идет вертикальная труба ⌀1,5—2,5 *м*, оканчивающаяся вверху вытяжной головой, т. ч. внешний воздух, проходя через внешнюю стенку хранилища и вытягиваясь вентиляционным концом внутренней трубы, пронизывает и освежает зерно. Такие хранилища получают внешний ⌀6—8 *м* при такой же высоте и вмещают 100—250 *т* зерна. В суровых климатах такие хранилища неприменимы. Преимуществом зернохранилищ из железных листов является

Хранилища для корнеплодов наиболее трудны для выполнения и требуют постоянного наблюдения за их внутренней *t°* (3—5° зимой) и степенью влажности их воздуха (60—80° по психрометру). Все это сильно зависит от вентиляции, за к-рой надо постоянно следить. Для наиболее простого достижения постоянства *t°* и влажности хранилища часто делают в виде подвалов и полуподвалов, снабжаемых насыпной земляной крышей. Железо и черепица неприменимы по своей теплопроводности. Стены надземных хранилищ делают теплыми, и потому здесь наиболее пригодны такие материалы, как землебит или пустотелые конструкции. Наиболее удачно корнеплоды сохраняются в хранилищах, не превышающих вместимостью 200 *т*, причем нужный объем определяется или кормовыми нормами или урожаем (15—25 *м³* на *га*). В 1 *м³* в зависимости от размера и формы корнеплодов помещается их 600—800 *кг*. Сохраняют их в закромах, сходных с зерновыми и точно так же располагаемых около среднего прохода шириною в 1,8 *м*, где идет тот или иной транспорт. Лишь для проезда простых телег ширина прохода повышается до 2,5 *м*. В виду того что при выгребании лопатами корнеплоды легко повреждаются, дно закромов д. б. наклонено круче, именно до ~30°, чтобы продукт легче скатывался. Высота засыпки здесь не может превышать 2 *м* во избежание раздавливания, обыкновенно же она берется в 1,5 *м*. Объем закромов для удобства перемещений продукта не должен превосходить 15 *м³* и падает часто даже до 8 *м³*. Вентиляция здесь играет очень важную роль и выполняется вытяжными трубами, а чистый воздух, предварительно подогретый во время прохождения по внутренним каналам, подводится или снизу через решетчатый пол, сделанный из досок вразбежку, или трехугольными каналами, сходными с зерновыми, но могущими быть сплошь решетчатыми, или такими же решетчатыми конусами, устанавливаемыми среди закрома и ведущими чистый воздух из подполья. В местностях с суровым климатом чистый воздух в хранилищах проводится вдоль теплого борова, подогреваемого в сильные морозы. Обычно вытяжка идет снизу вверх, но м. б. и обратной (опрокинутой), т. е. итти из подполья при подаче чистого воздуха сверху. Но это более затруднительно и требует более сильной вытяжки. Вытяжные трубы получают размер не менее 30 *см²* на 1 *м³* вместимости хранилища и снабжаются побуждающими тягу флюгарками и заслонками, к-рыми надо умело управлять для достижения хороших результатов, при постоянном наблюдении за термометром и психрометром. Наилучшая вытяжка электрич. вентиляторами. На фиг. 26 дан поперечный разрез картофелехранилища со стенами из земляного кирпича (13 × 30 × 45 *см*) с воздушной прослойкой (10 *см*) и крышей из 5 × 20-*см* досок на ребро, на взаимном расстоянии в 45 *см*. Сверх дощатой опалубки уложен слой соломы (25 *см*), и затем сделана земляная засыпка (30 *см*). Пол деревянный, съемный, решетчатый по гравию. Стены обшиты вразбежку. Вентиляционные трубы с поперечником в 20 *см* поставлены в два ряда, через 3—3,5 *м* по длине хранилища. При указанных размерах его, на 1 *п. м* его длины помещается 250 мешков картофеля, при проезде в середине в 3 *м*. Если картофель хранят в мешках, то мешки кладут в 8—10 рядов по высоте: 3 мешка вдоль и 3—поперек для устойчивости

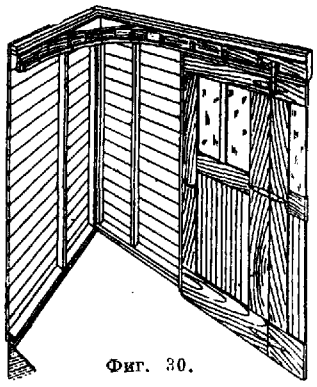
Фиг. 26.



груд. Для такого хранилища берут план 0,15—0,16 *м²* на 100 *кг* картофеля. В США картофель хранят в корзинах, ставимых рядами до высоты в 1,5—2 *м*. Такое хранилище обогревается печами, а вентилируется щелеобразными отверстиями под крышей. Овощи вследствие их сравнительной нежности нельзя успешно сохранять большими массами, только лук (в луковицах) это допускает, причем при сохранении его в корзинах (США), устанавливаемых в 8 рядов по высоте, требует 15 *м* хранилища на 1 вагон груза. Высота лукохранилища 3 *м* над полом, выполняемым в виде слоя плана толщиною в 25 *см*.

Навозохранилища располагают в настоящее время, при употреблении коротких стойл скота с навозными канавами и при развитии воздушного транспорта навоза, на расстоянии ~50 *м* от стойл, и лишь жижеприемники оставляются вблизи. В США навоз прямо удаляют на места удобрения, а остающееся небольшое количество жижи — на место удобрительных поливок. При правильном удобрительном режиме удается обходиться без поливки хранимого навоза жижей, что очень удобно для северных стран, где этому мешает мороз. Из жижеприемников жижа выкачивается насосами и идет для поливания

площади достаточно 1—2 $м^2$ площади плана сарая. Высота его берется в 2,5 $м$ до стропильных затяжек для простого инвентаря и в 4—5 $м^2$ для сложных машин (молотилок, комбайнов и пр.). Размещение инвентаря разнообразно и делается в зависимости от соображений удобства пользования им для работ и его мелкого ремонта. Запасные части д. б. хранимы в особых сухих кладовых, допускающих строгий учет. То же относится и к мелкому инвентарю (косы, грабли и пр.). В общем площадь плана сарая не должна превышать 1 000 $м^2$ при ширине ок. 10 $м$. Для перемещений крупного инвентаря удобны сквозные ворота в длинных фасадах шириною в 3,5 $м$ при высоте в 2—4 $м$ для молотилок и до 6,5 $м$ для комбайнов. Воротные полотна делают складными, створчатыми, с шириною створов в 0,6—0,7 $м$. Полы сараев лучше всего делать двойными, деревянными с перекрестным настилом по слою глины в 25 $см$ и лежням. Верхний слой из 5—7-$см$ досок настилается по ходу движения машин и удобно сменяется при изнашивании. Пол д. б. приподнят на 10—15 $м$ над землей, а ворота снабжаются невысокими мощеными пандусами. Для тракторов сараи получают размеры сообразно размеру машин, к-рые при зимней уборке можно ставить с интервалами в 0,5 $м$. Но если предполагается возможным их ремонт на месте, то это расстояние увеличивается вдвое. Пол в сарае для тракторов — торцовый по слою песка в 25—30 $см$, причем следует ставить тракторы поперек сарая, снабжая его сквозными проездными воротами. При башмаках допустим пол асфальтовый в 5 см. Ввод и вывод машин д. б. холодными. *Гаражи* (см.) в с.-х. практике строят для автомашин. Следует упомянуть о раздвижных воротах (фиг. 30), дающих удобное открывание, без порчи громоздких воротных полотен. Воротные полотна отодвигаются при этом в сторону по подвесному круглому рельсу. В США применяют еще подъемные гаражные ворота, складывающиеся гармоникой, очень удобные при небольших размерах помещения.



Фиг. 30.

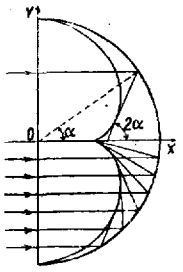
Контора хозяйств представляет собой обычное жилое здание, известным образом приспособленное к своему специальному назначению. Размеры помещения для бухгалтерии определяются тем требованием, чтобы на каждый стол приходилось не менее 3 $м^2$ площади и ок. 0,6 $м^2$ для шкафов, включая проходы. В случае надобности контора разгораживается легкими сквозными перегородками высотою в 2—2,5 $м$. При конторе д. б. помещение для: приемной, табельной, рабочего комитета и партийного руководства; все эти помещения не менее 15—20 $м^2$ площади каждое. Иногда при числе людей, занятых в конторе, не менее 10 берут просто 5—6 $м^2$ полезной площади конторских помещений на каждого, добавляя ок. 30% на площадь служебную. Высота комнат 3—3,5 $м$; степень освещенности в главных помещениях 1 : 6. Число лиц административного и технич. персонала, занятого в конторе, ориентировочно можно считать в скотоводственных хозяйствах в 30—60 человек на 1 000 голов.

Лит.: Альбом проектов построек в колхозах, Харьков, 1926; Белов А., Коллективный скотный двор, М., 1930; Правила и нормы проектирования для животноводческих хозяйств, М., 1930; Иванов М., Сельскохозяйственное птицеводство, Л., 1930; Катикман А., Строительное искусство, Горки, 1930; Единые нормы строительного проектирования, Серия VII, Сельскохозяйственные сооружения, М., 1930; Устройство масло- и льдохранилищ при маслодельных заводах, М., 1928; Мачинский В., Архитектура специальных зданий, М.—Л., 1927; Прейс П., Постройки сельскохозяйственного значения, М.—Л., 1927; Проект норм для проектирования и возведения жилых и хозяйственных построек в совхозах и заводах Сахаротреста, М., 1928; Страхов П., Сельскохозяйственная архитектура, М., 1930; Ускова О., Кролиководство и его продукция, М., 1930; Дунин М., Новые способы хранения навоза, Москва, 1930; Cleghorne W. S. H., Farm Buildings a. Building Construction in South Africa, L., 1925; Ekblau, Farm Structures, N.Y., 1925; Foster W. A., Farm Buildings, N. Y., 1922; Hopkins A., Modern Farm Buildings, N. Y., 1920; Engel-Noack's Handbuch des landwirtschaftlichen Bauwesen, 11 Aufl., B., 1923; Fischer P. u. Jobst G., Ländliches Bauwesen, B., 1928; Homann F., Der Vichstall, B., 1927; Kallmeyer J., Landwirtschaftliche Gebäudekunde, Halle, 1928; Koch H., Garagen, B., 1925; U. S. Department of Agriculture, Farmerse Bulletins; Rural Engineering; «Agricultural Engineering», St. Joseph, Mich.; «American Builder», Chicago; «Illustrierte landwirtschaftliche Zeitung», B.; «Deutsche Bauzeitung», B.; «Bauwelt», Berlin.

П. Страхов.

СЕЛЬФАКТОР, см. *Мюль-машина.*

СЕМЕЙСТВО КРИВЫХ И ПОВЕРХНОСТЕЙ. Одно уравнение, связывающее текущие координаты, определяет на плоскости кривую, в пространстве—поверхность. Если уравнение кривой (поверхности) $\varphi = 0$ заключает кроме текущих координат еще независимый переменный параметр c, то при непрерывном изменении этого параметра кривая (поверхность) будет, вообще говоря, непрерывно изменяться по виду и положению. Полученная этим путем система кривых (поверхностей) и называется семейством кривых (поверхностей), зависящих от одного параметра. Каждому значению последнего соответствует определенная кривая (поверхность) семейства. Два бесконечно близких значения параметра c и $c + \Delta c$ определяют две бесконечно близкие кривые (поверхности) семейства. Пересечение их может, при убывании c до нуля, стремиться к нек-рому предельному положению (характеристич. или предельная точка для кривой и характеристич. линия или характеристика—для поверхности). Для данного семейства совокупность этих предельных положений может образовать кривую (поверхность), называемую огибающей, или оберткой, этого семейства кривых (поверхностей), к-рые по отношению к ней называются огибаемыми. Огибающая касается каждой из огибаемых в общих с нею точках. В тех случаях, когда семейство имеет огибающую, ур-ие ее получается исключением параметра c из ур-ий: $\varphi = 0$ и $\frac{\partial \varphi}{\partial c} = 0$. Примерами огибающих кривых могут служить *эвольвента* (см.), параллельные кривые и др. Они находят себе применение в различных областях естествознания и техники. Оптика например изучает т. н. каустики, или огибающие лучей плоского пучка, отраженных или преломленных на нек-рой кривой, напр. на полуокружности (фиг. 1); вдоль каустики имеет место сгущение световых лучей, вследствие чего их удается иногда наблюдать в виде светящихся линий. В военном деле важно уметь находить огибающую семейства траекторий снарядов.



Фиг. 1.

Пример. Если снаряд выпускается из точки O с начальною скоростью v_0 под углом α к горизонту, то траекторией его (если пренебречь сопротивлением воздуха) будет, как известно, *парабола* (см.), уравнение которой

$$y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}.$$

Меняя угол α, но оставаясь в той же вертикальной плоскости и сохраняя начальную скорость v_0, получаем семейство парабол, зависящих от одного параметра, угла α. Найдем огибающую семейства; ур-ие последнего

$$x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} - y = 0,$$

или

$$x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2}(1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) - y = 0.$$

Введем новое обозначение параметра: $\operatorname{tg} \alpha = c$; тогда имеем:

$$xc - \frac{gx^2}{2v_0^2}(1 + c^2) - y = 0.$$

Второй тип сенситометров, в к-рых используют шкалу интенсивностей, реализуется обычно путем применения серого оптич. клина. Последний (клин Гольдберга или Эдер-Гехта) состоит из стеклянной пластинки, на к-рую нанесен тонкий клинообразный слой желатины, окрашенной в нейтрально серый цвет. Интенсивность прошедшего через такой клин света плавно изменяется вдоль клина, и, освещая пластинку под клином, мы получим требующийся для наших целей ряд интенсивностей. Недостаток подобного рода сенситометров заключается в трудности получения действительно нейтрально серой окраски клина, т. е. равномерного поглощения лучей всех длин волн. Тем не менее простота и удобство подобных сенситометров вызвали широкое применение последних например в фабрично-заводских лабораториях.

Для источников света, применяемых в С., важна, во-первых, сила света, а, во-вторых,— спектральный состав. Международные конгрессы по фотографии в 1928 и 1931 гг. приняли в качестве стандарта пустотную лампу накаливания особого типа, с вольфрамовой нитью и силой света в 10 св. при цветной темп-ре нити, равной 2 360° К. При помощи специального голубого светофильтра распределение энергии в спектре такой лампы приводится к таковому для рассеянного солнечного света (цветная темп-ра = 5 000° К). Для исследования негативных материалов лампу с таким светофильтром, пропускающим 0,1 падающего на него света, помещают на расстоянии 1 *м* от пластинки и освещают в течение 80 ск. Полученные таким способом сенситограммы проявляются в *проявителе* (см.) специального состава. Для негативов стандартным признан парааминофеноловый проявитель Шепперда, для бромосеребряных бумаг чаще всего применяется метолгидрохинонный проявитель (по Чибисову). После фиксирования, промывки и сушки, плотности сенситограмм измеряют с помощью денситометров, представляющих собою особо сконструированные фотометры, построенные преимущественно на основе поляризационного принципа (денситометр Мартенса). В характеристич. кривой, построенной по полученным данным плотностей различных полей сенситограммы, можно различать три главные части: участок AB (фиг. 1), соответствующий слабым освещениям, где плотности возрастают незначительно,— область недодержек; участок BC, выражаемый прямой линией, где следовательно плотности возрастают пропорционально $\lg E$ (а следовательно непрозрачности—пропорционально E),— область правильных экспозиций, и наконец CD, в котором разность между последовательными плотностями постоянно уменьшается,— область передержек. Наибольшее значение имеет прямолинейный участок BC—область правильных экспозиций.

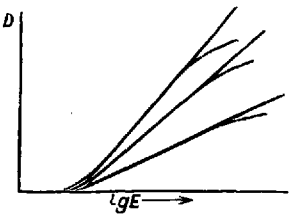
Если пренебречь областью недодержек AB и предположить, что при уменьшении экспозиции плотности будут уменьшаться по тому же закону, что и в области BC, то пересечение продолженной линии BC с осью абсцисс (точка i) укажет ту экспозицию, с к-рой начиналось бы образование изображения. Эта величина экспозиции носит название и н е р ц и и и является одной из наиболее важных сенситометрич. характеристик. Понятно, что из двух пла-

чувствительность S_i можно выражать так:

$$S_i = \frac{k}{i}, \qquad (3)$$

где k—коэф-т пропорциональности. Основателями этой системы Хертером и Дриффильдом был предложен коэф. $k = 34$; вычисленная т. о. чувствительность выражается в градусах Хертер-Дриффильда (H-D). В наст. время большее распространение получает система Британского фотографич. общества (B. S.), в которой $k = 10$.

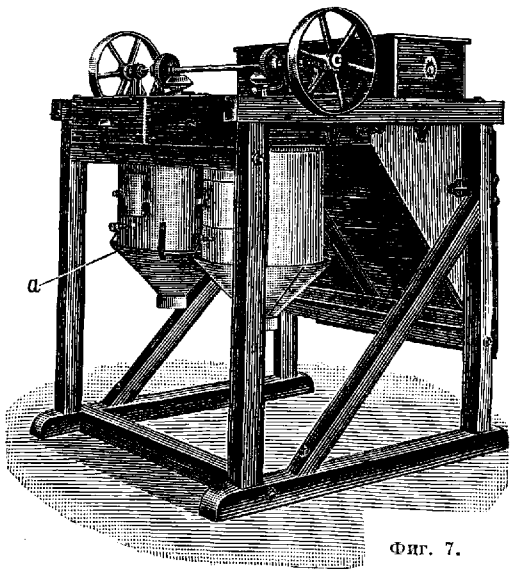
Существует и другая система С., в которой чувствительность определяют по порогу чувствительности. Наиболее распространенным представителем этого типа является система Эдер-Гехта, использующая в качестве сенситометра упомянутый уже серый клин с нанесенной на нем шкалой. Испытуемый светочувствительный материал подвергается под таким клином экспозиции в 60 ск.-*м*-св. и после проявления отсчитывается последнее еще заметное деление шкалы, дающее величину чувствительности в градусах Эдер-Гехта (E-H). На этом же клине находятся четыре светофильтра, окрашенные в красный, желтый, зеленый и синий цвета и позволяющие определять чувствительность пластинки к лучам этих спектральных зон. Способ этот однако обладает рядом недостатков, делающих его применимым лишь для ориентировочных сравнительных измерений. Наряду с этими системами С. следует упомянуть также о все более входящей в употребление сист. Джонса. Чувствительность в этой системе определяется по экспозиции, соответствующей такой точке характеристич. кривой в области недодержек, для к-рой величина $\frac{dD}{dE}$ (определяемая тангенсом угла наклона касательной к оси абсцисс) равна 0,2 (минимальный полезный градиент), т. к. с этой точки начинается практически используемая шкала плотностей. Ограничиваясь лишь областью правильных экспозиций, можно заметить, что величина нарастания плотностей с экспозицией (контраст негатива) будет определяться наклоном прямолинейной части кривой к оси абсцисс и будет количественно характеризоваться тангенсом угла α, образуемого прямолинейным участком с осью абсцисс. Эта величина, обозначаемая буквой γ, является второй важной сенситометрической величиной и называется максимальным градиентом, или ф а к т о р о м п р о я в л е н и я. Последнее название объясняется тем, что величина γ в сильной степени зависит от времени проявления, увеличиваясь с его возрастанием. При этом инерция не меняется, т. ч. семейство характеристич. кривых для различных времен проявления имеет вид, указанный на фиг. 2. С увеличением продолжительности проявления γ не возрастает беспредельно, но приближается к нек-рому максимальному значению, пределу контрастности γ_∞, характеризующему максимальную степень контрастности, достижимую для данной эмульсии. В силу технич. затруднений γ_∞ не определяется непосредственно, а вычисляется из значений γ для трех различных времен проявления (обычно 2, 4 и 8 мин.) по



Фиг. 2.

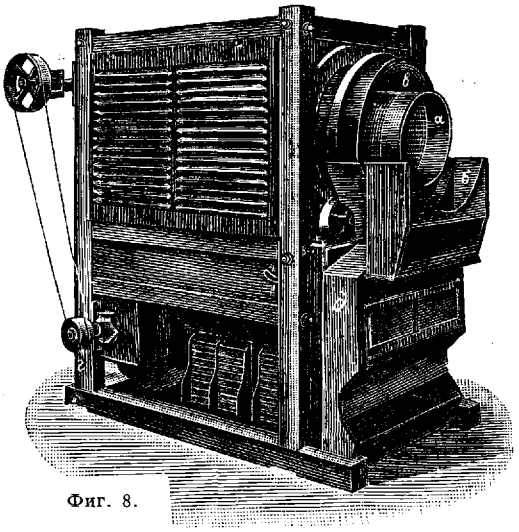
тыми шириною $1^1/_2$ *мм*, отсевающее от зерна песок и прочие минеральные примеси, отводимые из машины рукавом *о*. Зерно, сходящее с сита *н* и выходящее из машины по стрелке *п*, вторично продувается воздухом, входящим через воронку *р* и отводящим пыль через рукав *с* и камеру *т* в вентилятор *е*. Самая крупная машина с двойным ситовым коробом с размером сит 2×1 000×1 800 *мм* (где 1 000 *мм*—ширина и 1 800 *мм*—длина сита в каждом коробе) при общей площади сортировочных сит 3,6 *мм* дает производительность 50 *т/ч* для предварительной очистки зерна в элеваторе. Для очистки зерна в мельнице производительность в четыре раза меньше. Длина машины 2 770 *мм*, ширина 3 250 *мм* и высота 2 570 *мм*. Недостатками этих машин являются возвратно-поступательное движение тяжелых сит, тяжелые коленчатые валы, сотрясение машины, которому способствует и высокое расположение вентиляторов. На портовых элеваторах (Новороссийск, Николаев) поставлены С. конструкции Розенштейна и Лилиенфельда с круговым движением сит (как у рассевов) с двухкорпусными и двухэтажными коробами с самобалансирным приводом и с отдельно поставленными вентиляторами. Производительность С. 2 400 *т* в сутки при 11,2 *м*² сортировочных сит (4×1 000×2 800 *мм*), что исключает работу чрезмерно редкими ситами (на С. сист. Зекк 3,6 *м*² на 1 200 *т* в 24 ч., а на америк. еще меньшая удельная площадь сит). Во избежание указанных дефектов качательного движения сит в С. сист. Бюлера вместо коленчатого вала применяют самобалансирный привод. В механизме этого привода 2 движущихся в обратном направлении груза уравновешиваются в верхнем и нижнем их положениях и складываются в горизонтальных положениях, вызывая соответствующее качательное движение сита.

Описанные С. характеризуются предварительным продуванием зерна до поступления на



Фиг. 7.

сита и называются С. с нижними ситами. Имеются небольшие С. с верхним ситом, в к-рых зерно очищается воздухом только после сита (тарар с ситом). Наконец имеются зерноочистительные машины без сита. К таковым относятся тарар без сита, аспирационные колонки и дисковые аспираторы. Фиг. 7 изображает двойной дисковый аспиратор без вентилятора, применительно к центральной аспирации. Зерно поступает на диски и разбрасывается веером равномерно к окружности цилиндров; воздух проходит через кольцевые щели *а* между


Фиг. 8.

конусами и цилиндрами. Аспираторы эти изготовляются с вентиляторами, а также с циклонами, причем отходящий из циклона воздух возвращается в машину и совершает т. о. замкнутый цикл. Зерноочистительная машина сист. Шнейдера и Жаке «Меркурий» заменяет С. (фиг. 8). Принцип ее работы: зерно поступает на цилиндрич. вращающиеся сита; внутреннее редкое сито *а* дает сходом *б* крупные примеси; наружное сито *в*—проходом песок и сходом зерно; вентилятор *г* аспирирует зерно при выходе из машины в шкафу *д*; воздух с пылью проходит через осадочные камеры и возвращается через струю зерна снова в вентилятор, совершая замкнутый цикл.

В горном деле применяются С., основанные на тех же принципах центробежной силы и отсеивания, но в совершенно отличных конструктивных выполнениях, а также магнитные С. См. *Обогащение полезных ископаемых* и *Воздушное обогащение*.

Лит.: Зворыкин К., Курс по мукомольному производству, Харьков, 1894; Козьмин П., Мукомольно-крупяное производство, 4 изд., М., 1926. **Л. Розенштейн.**

СЕПИЯ, органическая краска, добываемая из чернильного мешка каракатицы (Sepia officinalis). В состав жидкости—содержимого чернильного мешка—входят углекислые соли щелочных и щелочноземельных металлов и органич. краситель—меланин (кислота неизвестного строения). Добывание С. производится гл. обр. в Италии. Для этого вынимают чернильные мешки из пойманных животных, перевязывают их и высушивают на солнце, после чего мешки разрезают на части, переводят в раствор путем обработки щелочью, фильтруют и осаждают краситель из раствора, нейтрализуя щелочь соляной или серной к-той, после чего еще раз фильтруют, промывают и сушат. С.—одна из наиболее постоянных по отношению к воздуху и свету органических коричневых красок. Не ядовита, в воде растворяется мало, в спирте и слабых к-тах нерастворима. При действии крепких к-т изменяет цвет. Применяется

почти исключительно как прозрачная акварельная краска. В продаже различают натуральную С. и подкрашенную краплаком. Особенно ценятся жидкие С., к-рые м. б. получены путем интенсивного диспергирования С. в водной среде с защитным коллоидом. Кроме естественной С. в продаже встречаются и искусственные С., получаемые искусственным путем из различных коричневых и черных красителей. Натуральная сепия не должна содержать примесей умбры, посторонних органических красителей и других веществ, которые обнаруживаются в краске при помощи прокаливания и обработки спиртом.

Лит.: Добрынин И., Естественные органические красящие вещества, Л., 1929; Лидов А. П., Естественные органич. краски, СПБ, 1901. **П. Черенин.**

СЕРА, S, химич. элемент VI группы периодической системы, порядковый номер 16, ат. в. 32,06, ат. объем 15,5. С.—один из немногих элементов, известных еще в глубокой древности.

Физические свойства С. Самородная С.—характерного желтого цвета, приобретающего, в зависимости от примесей, оттенки красный, зеленый или коричневый. С. (как и селен) существует в виде ряда аллотропич. модификаций во всех физич. состояниях: в твердом (кристаллическом) виде, в расплавленном и в парообразном. В определенных условиях С. может быть получена в аморфных модификациях, а также легко образует коллоидно-дисперсные системы. Ромбическая модификация (октаэдрич. С., к к-рой относится почти вся С., встречающаяся в природе) образует кристаллы ромбич. системы, уд. в. 2,0788 при 0°; тв. по Мосу 1—2. Средний коэф. расширения $0{,}5995 \cdot 10^{-4}$; уд. теплоемкость (0,95°) 0,1751 *см/г*; атомная теплоемкость 5,95; $t°_{пл.}$ 114,5°; теплота плавления (при 100°) 14,9 Cal; непроводник электричества; при трении электризуется отрицательно.

Моноклиническая модификация (призматич. С., S_β) не стабильна при обычной $t°$ и постепенно переходит в ромбическую (S_α). Поэтому в природе моноклинич. С. встречается редко. Моноклинич. С. образуется при расплавлении С. и быстром ее охлаждении, при возгонке С. и при переходе аморфной С. в ромбическую (очевидно как промежуточная ступень). Физич. константы этой нестойкой модификации определены менее точно, чем S_α. Твердость S_β несколько больше, чем у S_α; уд. в. 1,95; уд. теплоемкость (2—43,4°) 0,1794; $t°_{пл.}$ 119,2°; скрытая теплота плавления 10,4 Cal. Обе модификации энантиотропны и переходят одна в другую ($S_\alpha \rightleftarrows S_\beta$). Существует при определенном давлении определенная $t°$, выше к-рой существует S_β-форма, а ниже—S_α-форма; переход из первой формы во вторую и обратно достигается напр. простым изменением $t°$ при постоянном давлении. При быстром понижении $t°$ моноклинич. С. может быть сохранена и при низких $t°$ в переохлажденном состоянии. Наблюдаются случаи и перегретого состояния. Теплота превращения $S_\alpha \rightarrow S_\beta = 2{,}4$ cal. (на 1 *г* С. при 0°). Известен также ряд других модификаций С., б. ч. нестойких, переходящих при низкой $t°$ в ромбическую, а при высокой $t°$ в моноклинич. модификацию; так, известна вторая моноклинич. модификация S_n, образующая бесцветные прозрачные листочки или пяти-шестисторонние таблички. Кристаллы обладают двойным лучепреломлением и сильно ирризируют. Уд. в. меньше, чем у ромбич. модификации. Для получения этой модификации растворяют С. в насыщенном спиртовом растворе сернистого аммония и оставляют на воздухе. Появление S_n-модификации легко м. б. обнаружено по перламутровому блеску кристаллов, к-рые нестойки и легко переходят в S_α. Имеются также указания на существование триклинич. и ромбоэдрич. модификаций С.; последняя получается в виде мелких прозрачных кристаллов при обработке тиосерной (сероватистой) к-ты хлороформом и испарении последнего; уд. в. модификации равен 2,135.

При нагревании С. плавится, становится жидкой и светлой. Около 160—170° плав загустевает и темнеет. При более высокой $t°$ плав становится темнокоричневым и до 200—250° густеет. При дальнейшем повышении $t°$ плав снова становится жидким. Если вылить в холодную воду расплавленную С. с 120—140°, она застывает в виде ломких кусков; вылитая же при $t°$ ок. 200° (и вообще вязкая С.) в холодной воде образует пластичную массу, называемую пластичной С. Этот вид С. содержит нек-рое количество аморфной модификации, не растворимой в CS_2 и других растворителях. В зависимости от $t°$ выливаемой С. и присутствия в ней посторонних веществ, особенно иода, количество аморфной С. сильно меняется. В настоящее время обычно принимают, что расплавленная С. содержит две модификации—кристаллическую S_λ и аморфную, нерастворимую S_μ, причем $S_\lambda \rightleftarrows S_\mu$ — равновесная реакция, для протекания которой слева направо благоприятно повышение $t°$ и действие химически активного света (дуговая лампа), что удается обнаружить по понижению $t°_{затв.}$ или по выделению аморфной С. из освещенных растворов. Уд. в. расплавленной С. при 120°—1,81, при 133°—1,86, при 302°—1,70. Коэф. расширения при 115°—$557 \cdot 10^{-6}$, при 150°—$380 \cdot 10^{-6}$, при 170°—$210 \cdot 10^{-6}$, при 190°—$262 \cdot 10^{-6}$, при 212°—$320 \cdot 10^{-6}$. Максимальная вязкость при 200°; уд. теплоемкость (119—146°) 0,2346; уд. электрич. сопротивление (при 130°) $2 \cdot 10^{10}$. Аморфная С. S_μ получается при обработке пластич. серы CS_2; S_λ растворяется и в нерастворимом остатке остается гл. обр. S_μ. Возможно, что при всяком осаждении С. в водном растворе сначала образуется S_μ, к-рая постепенно переходит в S_λ. Обычно осаждению предшествует образование коллоидной С. Присутствие к-т и галоидов каталитически препятствует образованию S_λ из S_μ; аммиак и щелочи ускоряют этот переход. При освещении растворов ультрафиолетовым светом происходит образование аморфной формы ($S_\lambda \rightleftarrows S_\mu$); так, раствор С. в CS_2 в этих условиях мутнеет с образованием S_μ. Твердую S_μ в отсутствии S_λ получить и сохранять крайне трудно, поэтому большинство констант относится собственно к смеси обеих модификаций, как и в случае пластич. С. Уд. в. S_μ при комнатной $t°$ 1,88. Коэф. расширения определен очень ненадежно вследствие перехода S_μ в S_λ или в S_α при более высокой $t°$. Парообразная С. Плотность паров С. при $t°$, близких к $t°_{кип.}$ (444°), 6,5—6,6, т. е. молекулярная ф-ла С.—S_6; при $t°$, близкой к 1 000°, существуют лишь молекулы S_2; т. о. при нагревании паров С. происходит диссоциация ее моленул. Выше 1 000° молекулы состоят из двух атомов; так, при 1 500° $D = 2{,}17$, при 1 719° $D = 2{,}19$. В интервале 1 240—2 020° мол. в. С. соответствует ф-ле $S_{1,7}$. Т. о. с повышением $t°$ молекулярный состав С. падает от S_γ до $S_{1,8}$, причем соответственно меняется цвет паров: светлые при $t°_{кип.}$ пары С. постепенно желтеют и ок. 500° становятся темнокрасными, затем ок. 650° светлеют вновь.

Теплопроводность ромбической серы при 0° 0,0007 cal/*см* ск.; $t°_{пл.}$ 112,8°; $t°_{кип.}$ 445,5°. Упругость паров (при 0°) $0{,}15 \cdot 10^{-4}$. Теплота возгонки (при 150°) 18 500 cal/*г*-атом, при $t°_{кип.}$ 15 150 cal/*г*-атом. S_α сильно преломляет свет. При 20° $n_\alpha = 1{,}9579$; $n_\beta = 2{,}0377$; $n_\gamma = 2{,}2452$ (для линии D). Электропроводность С. ничтожна, порядка 10^{-16} мо, для расплавленной С. порядка 10^{-12} мо при 115° и 10^{-8} мо при 430°, т. е. растет с $t°$. Диэлектрич. постоянная (для $\lambda = \infty$) $\varepsilon_\alpha = 3{,}811$, $\varepsilon_\beta = 3{,}97$, $\varepsilon_\gamma = 4{,}773$; т. о. соотношение Максвелла $\varepsilon = n^2$ для S_α справедливо. С. сильно диамагнитна. Магнитная проницаемость $\varkappa = 0{,}8 \cdot 10^{-6}$ (по сравнению с воздухом). Растворимость С. в воде незначительна (практически нерастворима). Из других растворителей С. (ее ромбич. модификации) следует отметить CS_2, бензол и толуол; CCl_4 и тетрахлорэтан при комнатной $t°$ дают 1%-ные растворы С. Мол. в. растворенной С. в различных растворителях по криоскопич. и эбулиоскопич. данным колеблется в пределах 240—292, что соответствует ф-ле S_6—S_9, чаще всего S_8.

Химические свойства С. Известны три изотопа С. с ат. в. 32, 33 и 34. Химич. свойства С. определяются ее атомным номером (16), т. е. наличием шестивалентных электронов во внешней оболочке атома и в соответствии с этим положением С. в VI группе периодич. системы. Т. о. в соответствии с правилом Абегга и Косселя С. образует соединения с главным валентным числом 6 по кислороду и 2 по водороду.

Главное координационное число С. по Вернеру равно 6 (SF_6). Для кислородных к-т С. и их солей главное координационное число равно четырем $H_2[^{\circ}_{\circ}S^{\circ}_{\circ}]$. Благодаря заметно выраженным амфотерным свойствам С. она легко окисляется и довольно легко восстанавливается, давая устойчивые кислородные и сравнительно (но менее) устойчивые водородные соединения. С кислородом С. образует несколько соединений, с водородом за счет главной валентности только одно соединение—*сероводород* (см.); остальные обязаны своим образованием проявлению сил побочной валентности и все одного типа—полисульфиды. Темп-ра, при к-рой С. реагирует с молекулярным водородом, сравнительно высока (400—450°); с атомным водородом С. реагирует при комнатной $t°$. Координационное строение полисульфидных кислот $H_2[SS_n]$ и общая ф-ла H_2S_m, где $m \cong 3$. В комплексах с алкалоидами по нек-рым данным m равно 6 и даже 8. С кислородом (за счет главной валентности) С. образует ряд соединений (SO_2, SO_3 и возможно S_2O_3), кроме того свыше десятка соединений более сложного химич. состава, разного строения и разных свойств. Сюда относятся, кроме сернистой и серной к-т, к-ты с ф-лами H_2SO_2(?), H_2SO_5, $H_2S_2O_6$, политионовые к-ты, тиосерная к-та и ряд других соединений (см. *Серы соединения*). Как и с водородом, с кислородом С. соединяется также лишь при нагревании, причем загорается и на воздухе. Темп-ра воспламенения С. на воздухе ок. 260°; пламя горящей С. имеет синеватый цвет. При горении в обычных условиях С. образует гл. обр. сернистый ангидрид SO_2. С галоидами С. соединяется при низких $t°$ (до 100°); исключение составляет иод, с к-рым С. повидимому не дает соединений. С углеродом С. соединяется при $t°$ 900—950°, образуя CS_2. С селеном и теллуром С. образует сплавы, с кремнием и фосфором—сульфиды. Бор, мышьяк, сурьма, висмут и почти все металлы дают сульфиды. Теплота образования металлич. сульфидов обычно довольно велика. Не получены непосредственным взаимодействием с С. лишь соединения с J, N, Au, Pt (?) (в нек-рых случаях косвенным путем такие соединения м. б. получены, напр. сернистый азот N_4S_4). С конц. серной к-той С. реагирует при $t°$ ок. 300° с образованием SO_2:

$$2H_2SO_4+S=2H_2O+3SO_2.$$

Азотная к-та окисляет С. до SO_2:

$$2HNO_3+S=H_2O+N_2O_3+SO_2.$$

Соляная к-та на С. не действует. Иодистоводородная к-та и газообразный HJ восстанавливают твердую С. при повышенной $t°$:

$$S_{(тв.)}+2HJ=H_2S+2J_{(тв.)};$$

реакция эта обратима, причем при высоких $t°$ (с газообразным HJ) и в сильно концентрированных растворах HJ реакция идет слева направо; при больших же разбавлениях равновесие смещается справа налево. CO_2 при $t°$ ок. 400° и выше окисляет С., причем образуется ряд продуктов: COS, SO_2, CO, CS_2 и др. Вода при высоких $t°$ реагирует с С.:

$$3S+2H_2O=SO_2+2H_2S.$$

При кипячении С. с водой, если и наблюдается химическое действие, то его следует приписать гл. обр. действию щелочей, экстрагируемых водой из стекла. Со щелочами С. реагирует с образованием гипосульфита и сульфгидрата:

$$4NaOH+4S=Na_2S_2O_3+2NaSH+H_2O.$$

С растворенным Na_2S С. образует полисульфиды типа $Na_2[SS_n]$, где $n = 4$ или 5; в смеси с бертолетовой солью С. взрывает от удара и трения; с углем и селитрой образует черный порох; свойства иона $S^{\circ}_{\circ}$ см. *Сероводород*. **Б. Орлонт.**

Распространение С. в природе. С. в природе встречается в виде самородной и химически связанной С. в виде 1) сульфидных руд: а) железа FeS_2 (колчедан); б) цветных металлов: Cu_2S (медный блеск), ZnS (цинковая обманка), HgS (киноварь), Ag_2S (серебряный блеск), As_2S_2 (реальгар), As_2S_3 (аурипигмент), $CuFeS_2$ (халькопирит) и т. д. 2) В виде природных сульфатов металлов первых трех групп периодической системы: гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, ангидрит $CaSO_4$, глауберова соль (мирабилит) $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, глауберит $Na_2SO_4 \cdot CaSO_4$, англезит $PbSO_4$, тяжелый шпат $BaSO_4$, алунит $K_2Al_6(OH)_{12}(SO_4)_4$, и др. 3) В виде С., входящей в состав каменного угля или сопутствующей ему в виде пирита. 4) С. битуминовых сланцев.

С., содержащаяся в нефтях в форме органич. соединений, в минеральных источниках, а также в растениях и в составе животных организмов (белок, волосы, ногти, кровь), промышленного значения не имеет. Значение перечисленных основных групп серных ресурсов в составе доступной человеку зоны земной коры различно, что объясняется самой их генетикой. Поскольку в земной коре имеется зона сульфидов, залегающих непосредственно под зоной окисленных горных пород и минералов, за этой группой остается доминирующее значение; однако выходы сульфидов на земную поверхность ограничены. Наиболее распространены в поверхностных частях земной коры сульфаты.

Все месторождения самородной С. можно разбить на следующие группы: 1) месторождения, связанные с выпадением С. из минеральных источников (не имеющие промышленного значения); 2) месторождения, связанные с осадками той или иной системы, с изверженными породами или поствулканич. деятельностью; к этой группе относится главная масса месторождений, имеющих промышленное значение; 3) месторождения, связанные с распадом колчеданов. Самородная С. образуется б. ч. в результате восстановления сульфатов, причем для ее образования необходимо сочетание целого ряда специфич. условий, как то: климат, наличие природных минеральных восстановителей или бактерий и т. д. Почти вся мировая серная пром-сть базируется на самородной С.

Самородная С. встречается в виде гнезд или в мелкодисперсном виде в мергелях, известняке, гипсе, глине и других породах. Главнейшие мировые месторождения самородной С. находятся в Луизиане и Тексасе (США), а также в Сицилии и на материке Италии. Запасы этих месторождений исчисляются десятками млн. m, при среднем содержании С. в руде 20—40%.

Небольшие залежи С. встречаются в Европе—в Греции, Польше (у Кракова), Испании, Германии (Шлиссен), Франции, Исландии; в Америке—Чили, Перу, Аргентина, Виргиния, Малые Антильские о-ва; в Азии—Япония (о-ва Хоккайде, Киушиу, Хонди), Ява, Турция, Месопотамия, Белуджистан; в Африке—Египет, Тунис, ю.-з. Африка, Австралия, Новая Зеландия, нек-рые о-ва Новой Каледонии. Из всех перечисленных месторождений С. международное значение имеют лишь залежи США и Италии. Месторождения С. в СССР до настоящего времени еще недостаточно разведаны. Наиболее разведанными являются нек-рые месторождения ср. Азии. Наиболее богатые и мощные месторождения находятся на окраинах СССР. По последним геологоразведочным данным представляет значительный интерес Алексеевское месторождение, расположенное в Самарско-Кинельском районе. Нек-рое значение для местной пром-сти могут иметь месторождения Южноуральской группы (напр. Баскунчакское). Из месторождений Крыма небольшое промышленное значение имеет Чекур-кояшское месторождение близ г. Керчи. В с.-в. части Дагестана с начала 19 в. известна Аварская группа, состоящая из шести месторождений, довольно близко расположенных друг к другу. Около г. Махач-Кала расположена Петровская группа месторождений. Серные месторождения Грузии промышленного интереса не представляют. Из месторождений Армении

личных систем, помол в шаровых мельницах с деревянными шарами (где сера истирается в порошок, а сопровождающаяся пустая порода остается в виде кусочков) и методы аэрационного отвеивания в специальных сортировочных трубах. *Флотация* (см.) серных руд производится в специальных ваннах в присутствии флотационных реагентов. Серная руда, подвергаемая процессу флотации, размалывается до 90—100 меш. В заграничной практике процесс флотации серных руд большого применения не имеет, в СССР имеются флотационные серные заводы (Чекур-кояшский рудник—Крым и в Шор-су—Ср. Азия). Электростатический метод обогащения серных руд основан на различной электропроводности серы и других компонентов руды.

Получение С. из сульфидов. Для получения серы из сульфидов было предложено значительное количество различных способов, но промышленное осуществление получили только три: 1-й способ (Клаус-Ченса), выделение С. из сульфида кальция, впервые осуществлен в Англии; 2-й способ получения С., путем термич. выделения половины связанной С. из колчедана, осуществлен в Швеции; 3-й способ, разработанный в Ин-те прикладной минералогии проф. Юшкевичем, инж. Каржавиным и др., осуществлен на Урале. Этот способ основан на сжигании сульфида (применяется флотационный колчедан) в SO_2 в специальных печах, с последующим восстановлением SO_2 генераторным газом и углем до С. в присутствии катализатора (боксит):

I. $SO_2+2C=2CO+S;$

II. $2SO_2+3C=2S+2CO+CO_2;$

III. $SO_2+2CO=2CO_2+S.$

Ин-том прикладной минералогии (проф. Юшкевичем) изучен состав обжиговых газов уральских медеплавильных з-дов с точки зрения извлечения из них С. и проработки методики регулирования состава газовой смеси в смысле предельного снижения CS_2 и COS и обогащения смеси SO_2. В качестве катализатора при этих реакциях м. б. применены боксит (смесь Fe_2O_3 и Al_2O_3) и другие вещества, напр. FeS на пемзе и др. Вообще проблема получения С. из SO_2 является для СССР одной из важнейших задач современной техники, особенно цветной металлургии; при неиспользовании отходящих металлургич. газов не только теряется огромное количество содержащейся в них С., но и отравляется местность вокруг заводов. Говард (W. Howard) запатентовал следующий метод: отходящие газы пропускаются через воду, в к-рую продувается воздух, а смесь SO_2 с воздухом восстанавливается раскаленным углем. Беннер и Томсон предложили метод получения С. из SO_2 восстановлением SO_2 генераторным газом, водородом и т. д. при $t°$ 300°; катализатором служит боксит. Интересно применение в качестве восстановителя водорода, метана, естественных газов и других восстановителей. Pensilvania manufakturia ставила опыты по восстановлению SO_2 распыленным минеральным маслом в присутствии CaS по реакциям:

$$3SO_2+C_2H_4 \rightarrow 3S+2CO_2+2H_2O,$$
$$2CaS+3SO_2 \rightarrow 2CaSO_3+3S,$$
$$2CaSO_3+C_2H_4 = 2CaS+2CO_2+2H_2O.$$

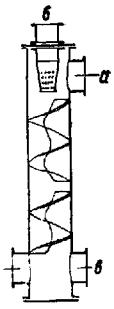
Попытки получения С. из колчеданов путем их разложения оказались до сих пор экономически неудачными. Костеану предложил метод получения С. действием CO_2 на ZnS.

Метод Клаус-Ченса основан на обработке сульфида кальция CaS (к-рый получается как остаток в результате получения соды по Леблану) углекислотой и парами воды:

$$CaS+CO_2+H_2O=CaCO_3+H_2S.$$

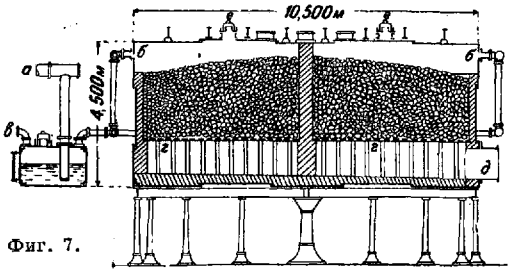
Газ, содержащий 35% H_2S, смешивается с воздухом в специальных смесителях (фиг. 6, H_2S подают через трубу *а*, воздух вдувают через *б*, газы отводят через *в*) и сжигается на поверхности соответствующего катализатора в специальных печах [фиг. 7: *а*—газопровод, *б*—впуск газов, *в*—их выпуск, *г*—решетка для катализатора (боксит), *д*—отверстие для вывода газов, *е*—предохранительный клапан]; H_2S окисляется до S:

$$2H_2S+O_2=2H_2O+2S.$$



Фиг. 6.

Катализатором служит окись железа, вельдоновский ил (см. *Хлор*) или, чаще всего, боксит. По этому способу получается весьма чистая С., но в отходящих газах вследствие реакции $3S+2H_2O=SO_2+2H_2S$ теряется некоторое количество С. По другому способу H_2S смешивают



Фиг. 7.

с SO_2; в результате окислительно-восстановительной реакции С. выделяется в элементарном виде.

Действуя попеременно то водяным паром то восстановительным пламенем, Холл извлекал С. из пирита и других сульфидов. По другому способу Холл предварительно смешивал колчедан с известью. По мнению автора расход угля при данном способе не должен превышать 10% от веса руды. Разложение FeS_2 на FeS и S производилось в муфелях в шахтных вращающихся печах. Фрелих (Frölich) вел разложение FeS_2 в атмосфере CO_2 или N_2 с примесью O_2 для окисления Fe в Fe_2O_3. Вальтер вел разложение при недостатке воздуха в печи Герресгофа; Райт—в электропечи при $t°$ 3 000°; Нью Джерсей (New Jersey)—в муфелях без доступа воздуха; Урбазен—в атмосфере генераторного газа; Хэниш и Шредер составляли шихту из колчедана и кокса и вели процесс в шахтных печах. Фирма «Agfa» для выделения С. из пирита применяет шахтные печи, прогреваемые генераторным газом. Уральский научно-исследовательский химич. институт для выделения С. из пирита (брикетированный флотационный колчедан) применяет шахтные печи; в нижней части шахты происходит горение FeS, в верхней части идет отгонка первого атома S из загружаемого колчедана сернистым газом, к-рый используется на сернокислотном з-де или восстанавливается по описанным выше методам. Ин-том прикладной минералогии и Гос. ин-том проект. химич. аппаратуры (Москва) ведутся работы по выделению С. из флотационных колчеданов во вращающихся печах, причем отгонка первого атома производится за счет SO_2, выделяющегося при горении FeS и частично FeS_2; SO_2 восстанавливается специально подводимым в печь генераторным газом. Ин-том прикладной минералогии ведутся также работы по выделению С. из углистого колчедана в шахтных и вращающихся печах, при ведении процесса аналогично генераторному (Креймер).

Получение С. из сульфатов. В наиболее распространенных сульфатах содержание С. определяется следующими цифрами: гипс 18÷22%, ангидрит 22÷25%, барит 14% и т. д. Для получения из сульфатов элементарной С. предложен ряд методов, которые по существу м. б. сведены к одной из основных двух схем.

Диссоциация сульфата идет при высокой $t°$ по реакциям:

$$R_2SO_4=R_2O+SO_3 \text{ (R—щелочный металл)},$$
$$SO_3=SO_2+O.$$

Далее SO_2 восстанавливается углем, генераторным газом и т. п. до С. (как описано выше при получении С. из сульфидов).

Предварительное восстановление сульфата в сульфид происходит по схеме:

$$R_2SO_4+2C=R_2S+2CO_2.$$

R_2S переводится в сероводород с дальнейшим окислением в С.

Бо́льшая часть предложенных методов получения С. основана на восстановлении сульфатов углем и другими восстановителями, причем из сульфидов С. выделяется по методу Клаус-Ченса. Гипс в смеси с горючим и воздухом подвергается восстановлению в нижней части шахтной печи, причем образовавшийся SO_2 успевает в верхней части печи восстановиться до серы. К гипсу задают добавки, способствующие переводу образующейся CaO в легкоплавкий шлак. Результаты работы по этому методу неудовлетворительны; причины кроются очевидно в малой скорости взаимодействия между SO_2 и CO. Вместо генераторного газа и продуктов неполного сгорания угля Metallbank применяла метан, восстанавливающий гипс до сульфида, причем образовавшаяся вода переводит CaS в CaO с выделением H_2S, диссоциирующего при высокой $t°$ с образованием С.:

$$CaSO_4+CH_4=CaO+CO_2+H_2+S+H_2O.$$

Однако часть С. при этом окисляется водой: $S+2H_2O=SO_2+2H_2$ и поэтому продукты реакции содержат смесь паров С. и SO_2. По другому методу гипс перемалывают с углем и обжигают обычно во вращающихся печах при $t°$ около 1 000°. Для извлечения С. из CaS применяют либо метод Клаус-Ченса либо метод Гельвига и Шаффнера (нагревание с $MgCl_2$ в присутствии паров воды при $t°$ около 100°). Промышленное применение имел также способ Прехта; по этому способу гипс прокаливается с углем и веществами, содержащими SiO_2:

$$2CaSO_4+C+SiO_2=Ca_2SiO_4+2SO_2+CO_2.$$

SO_2 перерабатывается на серную к-ту или на С. В СССР, богатом залежами гипса в центральных районах, проблема использования С. гипса представляет промышленный интерес. Способ получения С. из глауберовой соли получает для СССР большое значение в связи с имеющимися большими естественными залежами этого сырья (Карабугаз). Имеет также интерес получение С. как побочного продукта из алунитов при производстве алюминия по методу Камецкого (Ин-т прикладной минералогии). Размолотая алунитовая порода обрабатывается смесью раствора соды и известкового молока. Образующийся едкий натр разлагает алунит и дает с глиноземом алюминат натрия, с серной к-той алунита—сульфат натрия, к-рый регенерируется по Леблану; отвалы последнего процесса в виде сульфида используются для получения С. по Клаус-Ченсу. Из тяжелого шпата С. может быть получена при восстановлении барита во вращающихся печах с последующим выделением серы из сернистого бария по Клаус-Ченсу.

С. из угля и сланцев. Содержание С. в каменных углях обычно колеблется от 0,5 до 3%, в буром угле до 6%. Общее количество С., содержащейся в добываемых ежегодно в мире 1½ млрд. *т* угля (каменного и бурого), достигает 18 млн. *т*, что превышает мировую добычу самородной С. в 6 раз. Утилизируются в настоящее время лишь ничтожные количества С. угля—при очистке светильного газа нек-рых коммунальных заводов. Широкое же использование С. коксовых газов в мировой практике еще не осуществлено. Для выделения С. из газов коксовых печей предложено много различных методов, в основном разбивающихся на 1) сухие (с помощью абсорбентов) и 2) мокрые. При получении светильного газа сухой перегонкой угля С., превращаясь в H_2S, CS_2, тиофен и другие соединения, входит в состав образовавшегося светильного газа, при очистках которого С. частично переходит в FeS, частично же осаждается в виде элементарной С. (При вылеживании на воздухе FeS выделяет серу). При повторном использовании и регенерации путем окислительной аэрации этой (л я м и н г о в о й) массы содержание С. в ней доводят до 50—60%. Образующиеся при этом процессе цианиды железа экстрагируются, после чего свободная сера извлекается дистилляцией, экстрагированием сероуглеродом или каким-либо другим способом. Значительная часть серы при обработке массы упомянутыми способами остается связанной и м. б. выделена только при сжигании в SO_2. На герм. заводах был применен ряд абсорбентов серы из газа, напр. активированный уголь (J. G., Леверкузен), силикагель и др. Дальше С. выделяется или экстракцией растворителями или другим способом в элементарном виде. Рашиг предложил воспользоваться реакцией $2H_2S+SO_2 \rightleftarrows 2H_2O+3S$, но успеха в этом направлении достигнуть не удалось. В последнее время отдают предпочтение мокрым методам получения С., куда относятся 1) железо-аммиачный, 2) железо-содовый, 3) метод Тейлокс, в к-ром участвуют мышьяковистые соли, дающие с серой растворимые в щелочах сульфомышьяковистые соли, а последние при окислении воздухом выделяют элементарную С. Сущность первых двух методов сводится к промывке газа в скрубберах поглотительной жидкостью: слабым (0,5%) раствором соды или аммиака с участием в обоих случаях небольших количеств суспендированной водной окиси железа или никеля. Из образовавшегося ила элементарная С. получается окислением или продуванием воздуха, а железо регенерируется в водную окись. С., получаемая по данным методам, содержит 40—45% влаги и 20—25% золы, представленной в подавляющей части окисью железа. По размерам частиц коксовая С. приближается к коллоидной (5 μ). Значительные количества С. содержатся и м. б. выделены из горючих сланцев; С. может быть выделена при переработке сланцев на смолу и газ одним из следующих методов: 1) железо-содовым (аналогично очистке коксовых газов); 2) хлорным, причем получается чистый газ С. и соляная к-та; 3) активированным сланцевым полукоксом: швель-газ пропускается через сланцевый полукокс, активированный перегретым паром. Сероводород газа окисляется в С., к-рая поглощается полукоксом в количестве 75% от собственного веса и затем экстрагируется из него бензином или выплавляется перегретым паром; 4) тионатным способом с получением сульфата аммония и С. (Е. Раковский). Выход С. ок. 1,5% от взятого в переработку сланца.

П е р е р а б о т к а и о ч и с т к а С. Добываемая в Америке по методу Фраша С. обычно

разлагаются под действием света с выделением свободного галоида, причем они окрашиваются сначала в фиолетовый, а потом в черный цвет благодаря образованию адсорбционных соединений галоидного серебра с металлическим (так назыв. фотогалогенидов). На этих свойствах основано применение галоидных С. с. в фотографии: для обычных сухих пластинок пользуются обычно бромистым, для бумаг—бромистым и хлористым, для коллодионных пластинок — иодистым серебром. Светочувствительность галоидных С. с. возрастает, если осадки их выдерживать нек-рое время при повышенных $t°$ в растворе, в к-ром они осаждены («созревание» фотографической эмульсии); при этом происходит укрупнение зерен осадка. AgCl плавится при 449° и в сплавленном виде плотно пристает к стеклу и кварцу, благодаря чему применяется в качестве замазки при работах с высоким вакуумом; AgBr при 419°, AgJ при 550°. Благодаря практически полной нерастворимости галоидных С. с. в воде ими часто пользуются в анализе не только для определения серебра и галоидов, но и для косвенного определения других элементов и соединений. По тем же причинам пользуются этими соединениями для определения атомных весов разных элементов. Двойная соль AgJ и HgJ_2 состава $AgJ \cdot HgJ_2$, при обычной $t°$ желтоватая, выше 45° оранжевая, а при 90—100° красная, применяется иногда для окраски таких частей машин, перегрев которых нежелателен (подшипники и т. п.). Фтористое серебро AgF в отличие от AgCl, AgBr и AgJ гигроскопично и легко растворимо в воде.

Все С. с. легко восстанавливаются до металла вследствие низкой теплоты образования Ag_2O : $2Ag+O=Ag_2O$ +6,4 Cal. При медленном и осторожном восстановлении растворов можно получить коллоидные растворы серебра бурого, желтого, красного или синего цветов, стабильные в присутствии защитных (обычно органических) *коллоидов* (см.). Под разными названиями, например «колларгол», имеются в продаже препараты коллоидного серебра, имеющие вид аморфных, темных кусочков, легко растворимых в воде. Применяются в медицине как и многочисленные органич. С. с. Для качественного и количественного определения серебра пользуются, как упомянуто, гл. обр. трудно растворимыми галоидными С. с. Для объемного определения титруют раствор соли серебра стандартным раствором щелочного роданида в присутствии соединений трехвалентного железа: раствор принимает красную окраску роданистого железа после того, как все серебро осаждено в виде нерастворимой роданистой соли.

Лит.: Менделеев Д., Основы химии, 9 изд., т. 2, М.—Л., 1928; Любавин Н. Н., Техническая химия, т. 4, ч. 2, М., 1906; Меншуткин Б. Н., Курс общей (неорганической) химии, 3 изд., Москва—Ленинград, 1930; Лукьянов П., Курс химической технологии минеральных веществ, ч. III, вып. 1, Москва—Ленинград, 1932; Abegg R. u. Auerbach F., Handbuch d. anorganischen Chemie, B. 2, Abt. 1, Lpz.; Mellor J. W., A Comprehensive Treatise on Inorganic Chemistry, v. 3, L., 1923; Dammer O.-Peters F., Chemische Technologie der Neuzeit, 2 Aufl., B. 3, Stuttgart, 1927; Ullm. Enz., B. 10.

Е. Кронман.

СЕРЕБРО, Ag, химич. элемент I группы периодич. системы (аналог меди и золота). Ат. в. 107,880. Изотопы 107 и 109. Порядковое число 47. В чистом виде С. представляет собою металл характерного белого цвета. уд. в. ок. 10.5 (в закипит ок. 2 150°, превращаясь в одноатомный пар. В вакууме парообразование наблюдается уже при 680°. В отношении механич. свойств С. располагается между медью и золотом: в чистом виде оно легко поддается механич. обработке и полировке (является одним из наиболее тягучих металлов—из него можно выковать листы в 0,00025 *мм* толщиной); твердость по шкале Моса 2,5—3, абсолютная 91, сопротивление на разрыв 10—30 *кг/мм²* в зависимости от механич. обработки при удлинении в 3—45%. Уд. теплоемкость (при 0°) 0,0557, атомная 6,00. Скрытая теплота плавления 25 cal/*г* или 2,66 Cal/*г*-атом. Теплопроводность при 18° 1,096 cal *см/см²* ск. °C. Термич. коэф. расширения (при 0—875°) $0{,}183 \cdot 10^{-4}$. Электропроводность при 0° $6{,}73 \cdot 10^5$, при 20°—$6{,}07 \cdot 10^5$ (С. является самым электропроводным металлом). В химич. отношении С. относительно стойко, благодаря чему его причисляют к т. н. «благородным» металлам. С кислородом не соединяется непосредственно, но растворяет его (ок. 22 объемов) в расплавленном состоянии; при застывании С. растворенный в нем кислород выделяется обратно, что ведет часто к разбрызгиванию жидкого металла. Загрязненное С. не обнаруживает этого свойства. Озон, особенно при слабом нагреве, вызывает чернение С. вследствие образования окислов (возможно перекиси), причем окись железа каталитически ускоряет реакцию. Сероводород, особенно влажный, реагирует с С., образуя черное сернистое С. При повышенных $t°$ С. соединяется непосредственно и с элементарной серой. Фосфор растворяется в расплавленном С., но частично выделяется при охлаждении. С галоидами С. медленно соединяется уже при комнатной темп-ре. Нормальный потенциал С. (по отношению к нормальному водородному электроду) равен +0,808 V, так. обр. С. располагается в ряду напряжений между ртутью и золотом и обладает слабо электроположительными свойствами. Вследствие этого С. растворяется только в тех к-тах, к-рые ведут к его окислению, т. е. в азотной и крепкой серной. Сухой хлористый водород взаимодействует с металлич. С. при $t°$ красного каления, причем имеет место обратимая реакция

$$2Ag + 2HCl \rightleftarrows 2AgCl + H_2 \quad +17{,}2\,Cal.$$

В присутствии кислорода или перекиси водорода С. растворяется в растворах цианистых щелочей, но в отличие от меди без выделения водорода. Расплавленные щелочи практически на С. не действуют, расплавленные щелочные нитраты—очень медленно. В расплавленном виде С. смешивается в любых соотношениях с большинством тяжелых металлов. Из исключений следует отметить железо и кобальт, с которыми С. совершенно не смешивается, и хром, марганец и никель, с которыми смешивается в ограниченных соотношениях. В твердом виде образует непрерывный ряд смешанных кристаллов с золотом и палладием. Медь может содержать не свыше 6% серебра. С ртутью С. легко образует амальгамы (легче всего они получаются путем взаимодействия раствора азотнокислого С. с металлической ртутью или путем электролиза).

Распространение С. в земной коре равно $4 \cdot 10^{-8}$ (приблизительно равно распространению иода, платиновых металлов и ртути). В природе встречается иногда в самородном

тяжелых металлов. В частности преобладающее его количество связано с сульфидом свинца—свинцовым блеском, а также с сульфидными медными рудами. Более редко встречается в соединениях с галоидами. Для промышленной добычи С. его содержание в сульфидных рудах цветных металлов имеет более существенное значение, чем самостоятельные серебряные руды. Так, ок. 80% мировой добычи С. извлекается попутно при переработке свинцово-цинковых руд. Руды, содержащие серебро, имеются почти во всех странах мира (см. *Серебряные руды*). Наибольшее значение имеют руды Мексики и США. На рынок С. поступает в виде штыков с содержанием 99,5—99,8% Ag.

Применение С. обусловливается гл. обр. малой его распространенностью и химич. стойкостью. Его высокая тепло- и электропроводность в виду относительной дороговизны лишь в редких случаях м. б. использована. Уже относительно давно им пользовались для украшений, для предметов роскоши и для чеканки монет. Для последней цели расходуется в настоящее время свыше 50% мировой добычи С. (в виде сплавов с медью; наибольшие количества находящейся в обращении серебряной монеты приходятся на страны Востока). В целом ряде отраслей химич. пром-сти пользуются С. как химически стойким материалом для аппаратостроения. Значительные количества С. (в виде его соединений) потребляются фото- и кинопромышленностью для производства негативного и позитивного материала. Наконец многочисленные соединения С. применяются в медицине и в химич. и физич. лабораториях (см. *Серебра соединения*). **Е. Крокман.**

Металлургия С. Бо́льшая часть С. получается пирометаллургич. путем при плавке свинцовых и медных руд; гидрометаллургич. методы играют менее значительную роль в добыче С. Амальгамация в чанах еще в недавнее время представляла собой довольно распространенный метод извлечения С. из руд, но в настоящее время этот процесс вводится в цикл обработки как подсобный процесс при цианировании. Выщелачивание серебряных руд гипосульфитом натрия после предварительного обжига в настоящее время имеет весьма ограниченное применение, в то время как ранее этот процесс широко применялся. С. подобно золоту встречается в самородном виде. Из *серебряных руд* (см.) роговое С. легко поддается амальгамации и цианированию, серебряный блеск (аргентит) поддается цианированию при соблюдении специальных условий, стефанит, пираргирит, прустит, дискразит с трудом поддаются цианированию и амальгамации, полибазит, тетраэдрит не м. б. непосредственно (без обжига) обработаны цианированием. С. весьма часто бывает ассоциировано со свинцовым блеском и с медистыми и медными сульфидами и в этих случаях извлекается в процессах свинцовой и медной плавки.

Сплавы С. Серебро дает сплавы с образованием химич. соединений со следующими металлами: щелочными, щелочноземельными, алюминием, ртутью, цинком, кадмием, оловом и сурьмой; без образования химич. соединений оно дает сплавы с медью, свинцом, висмутом, платиновыми металлами, золотом, бериллием и кремнием; не дает сплавов или дает сплавы с ограниченной растворимостью (не во всех соотношениях) с бором, ванадием, молибденом, вольфрамом, хромом, марганцем, железом, кобальтом и никелем. Со ртутью С. дает амальгамы; на этом основан метод извлечения его из руд амальгамацией. По исследованиям Таммана и Стасфурта С. образует со ртутью соединение Ag_3Hg_4 с содержанием 28,7% Ag (весовых). Растворимость С. в ртути при обыкновенной $t°$ равна 0,08%. Ртуть дает в серебре твердый раствор предельной концентрации 17% Hg. Разделение обоих металлов возможно отжимкой амальгам с отделением жидкой ртути и отгонкой ртути, остающейся в твердой фазе амальгамы. Диаграмма состояния системы серебро-цинк (см. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 184) указывает на существование твердого раствора α, содержащего 0—27% цинка, устойчивого при обыкновенных $t°$. Твердый раствор β (30—58% цинка) устойчив при $t°$ выше 264° и распадается при более низких $t°$ на фазы α и γ. Химич. соединение Ag_2Zn_3 с 48% цинка плавится при $t°$ 665°. Кроме того по некоторым исследованиям возможно существование соединения Ag_2Zn_5, содержащего 60% цинка, плавящегося при 636° и образующего фазу с избытком цинка. Фаза существует при высоких $t°$ и распадается при понижении $t°$ на фазы δ и η. Со стороны цинка существует твердый раствор С. в цинке с предельной концентрацией 1% С. В сплавах с оловом С. дает соединение Ag_3Sn, содержащее 73,1% С. (весовых); эвтектика содержит 3,5% С. и плавится при 220°. Растворимость олова в С. в твердом состоянии достигает 18%; заметной растворимости С. в олове (в твердом состоянии) не замечено. Сурьма в сплавах с С. дает соединение Ag_3Sb (72,9% Ag) с $t°_{пл.}$ 559°; эвтектика содержит 55% Ag и имеет $t°_{пл.}$ 483°; С. содержит в твердом растворе 15% сурьмы; в последней С. в твердом состоянии нерастворимо. В сплавах со свинцом С. не образует химич. соединений или твердых растворов; эвтектика в системе серебро-свинец содержит 2,5% С. и плавится при $t°$ 304°. С золотом С. дает непрерывные твердые растворы и следовательно их взаимная растворимость как в твердом, так и в жидком состоянии неограничена. С медью С. не дает химич. соединений; эвтектика серебро-медь содержит 72% С. и имеет $t°_{пл.}$ 778°; в твердом состоянии С. растворяет до 6% меди, а медь—до 2% С. Висмут в сплавах с С. не дает химич. соединений; эвтектика содержит 2,4% С. ($t°_{пл.}$ 262°); С. дает твердый раствор с содержанием до 1,5% висмута; в висмуте С. в твердом состоянии нерастворимо.

Пирометаллургия С. Извлечение С. пирометаллургич. путем производится в процессе свинцовой и медной плавок. При этом С. в результате металлургических операций собирается в получаемых слитках металлов. Из черновой меди С. извлекается в процессе электролитич. рафинирования (см. *Медь*, металлургия), в результате специальной обработки *шламов* (см.). При извлечении С. в процессе свинцовой плавки С. получается в результате специальных операций обессеребрения *веркблея* (см.) и других связанных с ними операций. Из богатого веркблея С. извлекают путем трейбования. Обессеребрение веркблея производится по методам: паркессирования (процесс Паркеса) и паттинсонирования (процесс Паттинсона). Паркессирование основано на ограниченной растворимости цинка в свинце и способности цинка давать с С. и золотом химич. соединения, к-рые всплывают вместе с избытком цинка в виде цинковой пены на поверхности

Табл. 2.—Удельные веса (плотности) водных растворов химически чистой С. к. (по Лунге, Излеру, Нефу).

D_4^{15} (в безвоздушн. простр.)	°Bé	100 вес. ч. соответствуют химич. чистой к-те		1 л содержит химически чистой к-ты (кг)	
		% SO_3	% H_2SO_4	SO_3	H_2SO_4
1,000	0	0,07	0,09	0,001	0,001
1,020	2,7	2,47	3,03	0,025	0,031
1,040	5,4	4,87	5,96	0,051	0,062
1,060	8,0	7,16	8,77	0,076	0,093
1,080	10,6	9,47	11,60	0,103	0,125
1,100	13,0	11,71	14,35	0,129	0,158
1,120	15,4	13,89	17,01	0,156	0,191
1,140	17,7	16,01	19,61	0,183	0,223
1,160	19,8	18,11	22,19	0,210	0,257
1,180	22,0	20,21	24,76	0,238	0,292
1,200	24,0	22,30	27,32	0,268	0,328
1,220	26,0	24,36	29,84	0,297	0,364
1,240	27,9	26,35	32,28	0,327	0,400
1,260	29,7	28,22	34,57	0,356	0,435
1,280	31,5	30,10	36,87	0,385	0,472
1,300	33,3	31,99	39,19	0,416	0,510
1,320	35,0	33,88	41,50	0,447	0,548
1,340	36,6	35,71	43,74	0,479	0,586
1,360	38,2	37,45	45,88	0,509	0,624
1,380	39,8	39,18	48,00	0,541	0,662
1,400	41,2	40,91	50,11	0,573	0,702
1,420	42,7	42,57	52,15	0,604	0,740
1,440	44,1	44,14	54,07	0,636	0,779
1,460	45,4	45,69	55,97	0,667	0,817
1,470	46,1	46,45	56,90	0,683	0,837
1,480	46,8	47,21	57,83	0,699	0,856
1,490	47,4	47,95	58,74	0,715	0,876
1,500	48,1	48,73	59,70	0,731	0,896
1,510	48,7	49,51	60,65	0,748	0,916
1,520	49,4	50,28	61,59	0,764	0,936
1,530	50,0	51,04	62,53	0,781	0,957
1,540	50,6	51,78	63,43	0,797	0,977
1,550	51,2	52,46	64,26	0,813	0,996
1,560	51,8	53,22	65,20	0,830	1,017
1,570	52,4	53,95	66,09	0,847	1,038
1,580	53,0	54,65	66,95	0,864	1,058
1,590	53,6	55,37	67,83	0,880	1,078
1,600	54,1	56,09	68,70	0,897	1,099
1,610	54,7	56,79	69,56	0,914	1,120
1,620	55,2	57,49	70,42	0,931	1,141
1,630	55,8	58,14	71,27	0,948	1,162
1,650	56,9	59,57	72,96	0,983	1,204
1,670	57,9	60,95	74,66	1,017	1,246
1,680	58,4	61,63	75,50	1,035	1,268
1,685	58,7	61,93	75,94	1,043	1,278
1,690	58,9	62,29	76,38	1,053	1,289
1,695	59,2	62,64	76,76	1,062	1,301
1,700	59,5	63,00	77,17	1,071	1,312
1,705	59,7	63,35	77,60	1,080	1,323
1,710	60,0	63,70	78,04	1,089	1,334
1,715	60,2	64,07	78,48	1,099	1,346
1,720	60,4	64,43	78,92	1,108	1,357
1,730	60,9	65,14	79,80	1,127	1,381
1,750	61,8	66,58	81,56	1,165	1,427
1,770	62,8	68,17	83,51	1,207	1,478
1,790	63,7	69,96	85,70	1,252	1,534
1,810	64,6	72,08	88,30	1,305	1,598
1,820	65,0	73,51	90,05	1,338	1,639
1,821	—	73,63	90,20	1,341	1,643
1,822	65,1	73,80	90,40	1,345	1,647
1,823	—	73,96	90,60	1,348	1,651
1,824	65,2	74,12	90,80	1,352	1,656
1,825	—	74,29	91,00	1,356	1,661
1,826	65,3	74,49	91,25	1,360	1,666
1,827	—	74,69	91,50	1,364	1,671
1,828	65,4	74,86	91,70	1,368	1,676
1,829	—	75,03	91,90	1,372	1,681
1,830	—	75,19	92,10	1,376	1,685
1,831	65,5	75,46	92,43	1,382	1,692
1,832	—	75,69	92,70	1,386	1,698
1,833	65,6	75,89	92,97	1,391	1,704
1,834	—	76,12	93,25	1,396	1,710
1,835	65,7	76,38	93,56	1,402	1,717
1,836	—	76,57	93,90	1,405	1,722
1,837	—	76,90	94,25	1,412	1,730
1,838	65,8	77,23	94,60	1,419	1,739
1,839	—	77,55	95,00	1,426	1,748
1,840	65,9	78,04	95,60	1,436	1,759
1,8405	—	78,33	95,95	1,451	1,765
1,8410	—	78,69	96,38	1,448	1,774
1,8415	—	79,47	97,35	1,463	1,792
1,8410	—	80,16	98,20	1,476	1,808
1,8405	—	80,43	98,52	1,481	1,814
1,8400	—	80,59	98,72	1,483	1,816
1,8395	—	80,63	98,77	1,484	1,817
1,8390	—	80,93	99,13	1,488	1,823

С. к. ($D_4^{15}=1{,}71$) легко выделять на холоду дигидрат, к-та указанной крепости зимой замерзает. Исходя из физико-химических данных (контракция при растворении и т. п.), считают вероятным существование тригидрата $H_2SO_4\cdot 2H_2O$. Известен также гидрат ф-лы $H_2SO_4\cdot 4H_2O$ с $t°_{пл.}$ −25°; в присутствии воды или H_2SO_4, хотя бы и в незначительном количестве, $t°_{пл.}$ снижается до −70°. Уд. в. растворов С. к. определялись различными авторами и приведены в табл. 2. При пользовании этими таблицами надо иметь в виду, что они относятся к химически чистой С. к.; плотности рыночных к-т всегда несколько выше в зависимости от примесей; средняя ошибка таблиц равна ± 0,05. Если $t°$ к-ты отличается от 15°, то в показание ареометра вводится соответствующая поправка, к-рую вычитают, если $t°<15°$, и прибавляют, если $t°>15°$. Для практич. целей достаточны средние поправки наших стандартов (табл. 3).

Табл. 3.—Средние поправки уд. в. серной кислоты при изменении $t°$.

Уд. вес	Поправки для ± 1°C	°Bé	Поправки для ± 1°C
До 1,17	0,0006	0÷30	0,07
1,17÷1,45	0,0007	30÷45	0,06
1,45÷1,58	0,0008	45÷65	0,05
1,58÷1,75	0,0009	65÷66	0,04
1,75÷1,82	0,0010	—	—
1,82÷1,84	0,0008	—	—

При растворении серной кислоты в воде (или разбавлении ее растворов) выделяется значительное количество тепла. Новейшие определения теплового эффекта, данные Паркесом [1], приведены в табл. 4.

Табл. 4.—Теплота растворения С. к. в воде.

SO_3(%)	Число Cal, освобожд. при растворении 1 г SO_3 в x г воды				Число Cal, освобожд. при добавл. 1 г воды к раствору, содерж. 1 г SO_3 в x г воды			
	15°	100°	150°	200°	15°	100°	150°	200°
20	480	540	575	611	5,75	5,97	6,11	6,25
50	420	477	511	544	70,1	73,4	75,4	77,3
60	387	442	425	508	135	142	146	150,3
70	343	316	427	458	255	271	280	289
80	279	328	356	385	499	538	560	583
90	179	218	241	264	1 040	1 166	1 240	1 314

Паркес дает также ф-лу:

$$H=\frac{1000\,z\,(100-x)^2}{Q\,(2{,}029\,x+100)}\ \text{Cal},$$

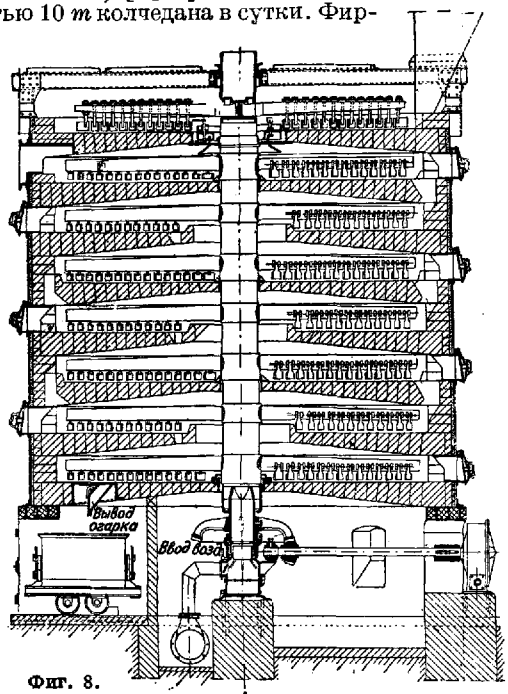
где z—число г H_2O на 100 г к-ты, содержащей x г воды и $(100-x)$ г H_2SO_4; $Q=3{,}76x+5{,}487z+181{,}2$.

Удельные теплоемкости С. к. разных концентраций даны в табл. 5.

Табл. 5.—Удельные теплоемкости растворов С. к.

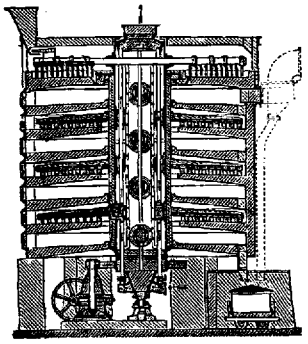
°Bé	D_4^{15}	Теплоемкость в Cal	°Bé	D_4^{15}	Теплоемкость в Cal
66	1,842	0,3315	35	1,320	0,67
63	1,774	0,38	30	1,263	0,73
60	1,711	0,41	25	1,210	0,78
55	1,615	0,45	20	1,162	0,82
50	1,530	0,49	15	1,116	0,87
45	1,453	0,55	10	1,075	0,90

460 *мм*; *D* вала 352 *мм*, высота вала 5,30 *м*, делает оборот в $3^1/_4$ мин. На фиг. 8 изображена 7-этажная печь фирмы Гумбольдт (Humboldt, Köln-Kalk) [14] производительностью 10 *т* колчедана в сутки. Фир-



Фиг. 8.

ма строит 7- и 9-этажные печи производительностью до 35 *т* в сутки. Печь имеет простой и легко поддающийся регулированию тарельчатый питатель; вал большого диам. состоит из нескольких частей и охлаждается воздухом от вентилятора; у печей большой мощности вал кроме того футеруется снаружи огнеупорными камнями; гребки разделены на две полости и охлаждаются воздухом, концы их заострены на конус, плотно сидящий в кармане вала; зубья висят на приливах гребков и очень легко поддаются смене; привод сконструирован так, что избегаются толчки и сотрясения. Очень распространены в Европе (имеются и в СССР) печи Лурги (Lurgi-Gesellschaft für Chemie und Hüttenwesen) [15]; при ⌀ в 6,5 *м* они сжигают 18—20 *т* колчедана (фиг. 9); строятся печи и меньшей мощности. Основные данные приведены в табл. 19. Вид гребка см. фиг. 10.



Фиг. 9.



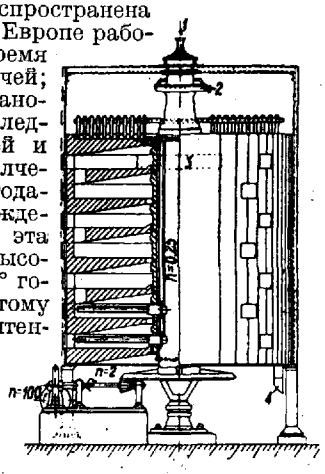
Фиг. 10.

Печи Веджа [16] (фиг. 11, *1*—вход воды, *2*—выход воды, *3*—выход газа, *4*—выход огарка) отличаются от всех описанных выше печей тем,

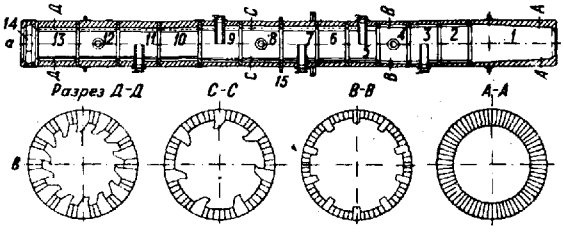
Табл. 19.—Основные данные печи Лурги.

Данные	Тип LC 5	Тип LC 6	Тип LC 6,5
Внешний диаметр печи, *м* . .	5	6	6,5
Число сводов (рабочих) . . .	7	7	7
Поверхность сводов, *м*	98	129	160
Расход энергии, HP	1,3	1,8	2
Мощность мотора, kW	2	3	4
Расход воздуха на охлаждение вала, *м*³/*м*	17	25	30

что гребки охлаждаются не воздухом, а водой. Печи строятся разной величины (до 7,6 *м* диам.; число сводов 3, 5, 7 и т. д.). Хорошо изолированный вал имеет большой диам. (1,2 ÷ 1,5 *м*), вследствие чего закрепление гребков и необходимый ремонт м. б. произведены с внутренней стороны вала без длительной остановки печи. Печь эта очень распространена в США; однако и в Европе работают в настоящее время более 125 таких печей; несколько печей установлено и в СССР; последние имеют 7 этажей и мощность в 20 *т* колчедана в сутки. Благодаря хорошему охлаждению гребков печь эта допускает более высокую, чем обычно, *t*° горения и может поэтому работать более интенсивно. Водяное охлаждение имеет однако ряд крупных недостатков: 1) в случае аварии пролившаяся на своды вода причиняет большие неудобства, 2) при жесткой воде в гребках образуется накипь, что ведет к поломке гребков, 3) расход воды довольно значителен (~ 200 *м*³ в сутки для 20-*т* печи).



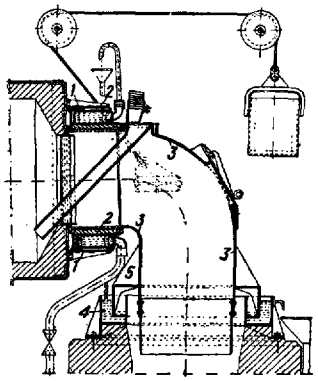
Фиг. 11.



Фиг. 12.

Вращающуюся (барабанную) печь для обжига колчедана пытались сконструировать уже давно, но без успеха, гл. обр. вследствие шлакования колчедана. Однако с 1924 г. на целлюлозной ф-ке в Тильзите (Германия) успешно работает подобная печь, конструкторам к-рой удалось преодолеть затруднения, связанные с этим типом печей [17]. Фиг. 12 дает представление об этой печи. Железный футерованный барабан (фиг. 12, а) разделен кольцами на ряд камер. Кольца задерживают продвижение колчедана и т. о. удлиняют время обжига. Камеры *2*, *3*, *4* снабжены стержнями (фиг. 12, b, разрез *B*—*B*), а камеры *5*, *6*, *7*, *8*, *9*—загнутыми лопатами для перемешивания колчедана (разрез *C*—*C*). Такие же лопаты находятся в задней

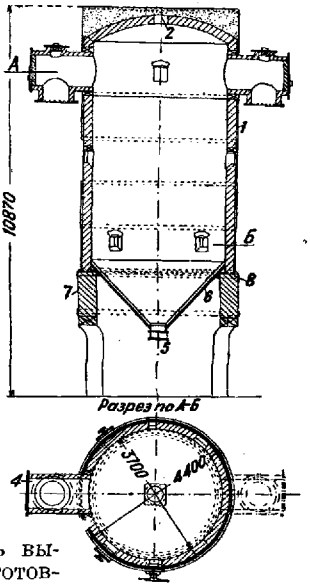
части печи—камеры *10*, *11*, *12*, *13* (фиг. 12, b, разрез *Д—Д*) вплоть до разгрузочного приспособления *14*, которое сконструировано в виде звездочки, обеспечивающей герметичность. Воздух вводится по всей длине барабана через дюзы, сконструированные в виде полого тупого конуса с шибером и шкалой так, что ввод воздуха точно регулируется, благодаря чему избегается местный перегрев и шлакование. Дюзы заканчиваются трубой из специального литья, доходящей до середины печи. Фиг. 13 показывает головную часть печи (выход газа). Чугунное кольцо *1* неподвижно привинчено к крышке барабана. Внутри этого кольца находится второе полое кольцо *2*, не двигающееся вместе с *1*, но способное перемещаться при случайных колебаниях печи. Кольцо *2* футеровано шамотом и охлаждается водой или воздухом. Чугунное колено *3* соединено жестко с *2*; давление деталей *3* и *2* компенсируется противовесом; *3* связано с газоходом посредством гидравлич. затвора *4*, *5*.



Фиг. 13.

Машиностроительный завод Грепель (Бохум, Германия) строит три типа таких печей: на 10 *т* в сутки—⌀ барабана 1,6 *м*, длина 16 *м*; 17—20 *т*—⌀ барабана 2 *м*, длина 20 *м*; 24÷28 *т*—⌀ барабана 2,3 *м*, длина 24 *м*. По данным фирмы запыленность газов немногим больше, чем у обыкновенных механических печей, серы в огарке меньше; расход энергии больше, а расходы на оплату рабочих, подсобные материалы, ремонт и замену частей меньше. Большая печь (17÷20 *т* в сутки) весит около 145 *т* (65 *т* стали и железа, 80 *т* кирпича, шамота и т. п.). Площадь под барабанную печь требуется бо́льшая, чем под обыкновенные печи, зато высота здания—меньше.

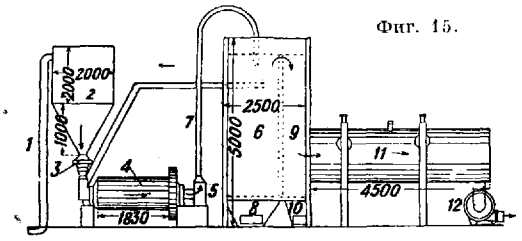
До недавнего времени все производство С. к. в СССР базировалось на рудном колчедане, специально для этой цели добываемом. В последнее время все большее значение получает пирит, полученный в качестве отхода при *флотации* (см.) медистых колчеданов (флотационные хвосты) и при обогащении угля (углистый колчедан). В 1932 г. переработано на серную кислоту 562 тыс. *т* колчедана; из них рудного колчедана 407 тыс. *т* (72,4%), флотационного 116 тыс. *т* (20,7%) и углистого 38 тыс. *т* (6,9%). Флотационный колчедан содержит 37÷48% серы. Путем перефлотации возможно повысить % серы в низкопроцентном флотационном колчедане до 45. Флотационные хвосты получаются на обогатительных фабриках в виде пульпы, содержащей до 80% воды; пирит содержится в этой пульпе в виде очень мелкого порошка (200 меш). Для приведения хвостов в состояние, годное для использования в качестве сернокислотного сырья, они должны быть отфильтрованы и высушены. Первая операция проводится на больших дисковых вакуум-фильтрах, а вторая—на барабанных сушилках. Небольшие сушильные установки существуют в Калате (Урал), Красноуральске, на Полевском и Пермском з-дах. Мощные фильтрационные и сушильные установки строятся в Калате и Красноуральске. Флотационный колчедан сжигается в обыкновенных полочных печах разных систем и в форсуночных печах. При сжигании в полочных печах приходится принимать нек-рые особые меры, связанные с чрезмерным повышением температуры на верхних этажах и усиленным пылеобразованием. Эти мероприятия сводятся к ускорению прохождения колчедана через печь, добавке воздуха в верхние этажи и усилению мощности пыльных камер. Большие выгоды—как технологические, так и экономические—представляет способ сжигания флотационного колчедана в форсуночных печах наподобие сжигания пылевидного угля. На ряде заводов работает печь, предложенная проф. Юшкевичем (фиг. 14). Она представляет собой простую камеру сгорания, состоящую из цилиндрич. железного кожуха *1*, футерованного огнеупорным кирпичом. Пространство между кожухом и футеровкой засыпается шамотом и глиной. Куполообразный верх печи снабжен отверстием *2* для форсунки. Печь снабжена двумя штуцерами *4*, соединяющимися с газоходами и конусообразным бункером *6* для огарка. Железный бункер футерован огнеупорным кирпичом; между железом и кирпичом—изоляционный слой из асбеста с шамотом. Бункер заканчивается железным затвором *5*. Печь покоится на кирпичных цоколях *7*, скрепленных бандажами *8*. Колчедан идет из достаточно высоко расположенного бункера по трубе, входящей в печь через отверстие печи *2* и заканчивающейся съемной трубкой—форсункой. В ту же трубку вблизи печи подается вентилятором воздух, распыляющий колчедан. Другой вентилятор подает вторичный воздух по касательной к окружности форсунки. Регулируя этот вторичный воздух, можно держать концентрацию газа в желательных пределах—не более 12% SO_2. Печь имеет верхние и нижние люки для наблюдения, смены форсунок и чистки. Эта печь сжигает 25 *т* колчедана в сутки. Темп-ра в печи очень высока (900—950°). Изготовление ее просто и дешево; в ней нет изнашивающихся чугунных частей и приводных механизмов; площадь, занимаемая ею, относительно мала; пуск и остановка чрезвычайно просты и кратковременны; при правильном обслуживании выгорание серы нормальное, а газ концентрирован. К недостаткам ее следует отнести сильное пылеобразование и недостаточно разработанное удаление огарка (вручную; часто огарок спекается в бункере). Аналогичный описанному способ сжигания флотационного колчедана разработан в Канаде Фриманом [18] (фиг. 15). Флотационный колчедан с 2% влаги



Фиг. 14.

засасывается пневматич. путем *1* в бункер *2*. Из бункера колчедан попадает на вращающуюся тарелку *3*, а с последней в шаровую мельницу *4*, через к-рую пропускается вентилятором *5* струя воздуха, нагретого в камере сгорания *6*. При этом удаляется влага (2%), оставленная в колчедане в интересах удобства перевозки (при таком количестве влаги устраняется раструска и смерзание колчедана), и измельчаются комки. Колчедан, взвешенный в струе воздуха, затягивается вентилятором *5* по трубе *7* в камеру сгорания *6*. Вторичный воздух подается внизу печи через дверцу *8*, служащую также для выгрузки огарка. Благодаря сильному току воздуха снизу вверх частички колчедана достаточно долго остаются взвешенными, чем достигается полное их выгорание. Камера сгорания, футерованная огнеупорным кирпичом, разделена вертикальной перегородкой, доходящей почти до верха, на две части. В середине камеры *6* $t°$ достигает 1 150°. Вторая камера *9* служит для осаждения грубой пыли; в ней также заканчивается горение сублимированной серы. Внизу камеры *9* имеется дверца

Фиг. 15.



10 для тяги и выгрузки пыли. Огарок слегка оплавлен и удаляется пневматич. путем без обычного сильного пылеобразования. Газы с $t°$ ок. 1 000° с большой скоростью пропускаются через трубы парового котла *11*, причем $t°$ их в течение нескольких секунд падает до 250°, вследствие чего избегается образование SO_3. На 1 *т* колчедана (48÷51% S) получается свыше 1 *т* пара. Диам. труб 20 *мм*. Из котла газы затягиваются вентилятором *12* в сернокислотную установку. Описанная установка перерабатывает 25÷30 *т* колчедана в сутки при 0,2% S в огарке и 99% использования всей серы.

Более ограниченное, но растущее значение приобретает углистый колчедан. Извлечение колчедана из угля важно не только с точки зрения сернокислотной пром-сти: оно вызывается также необходимостью уменьшать сернистость углей. Из подмосковных углей удается вручную отобрать колчедана ок. 2% от веса угля. При разведанных на 1931 г. запасах подмосковного угля в 450 млн. *т* запасы колчедана исчисляются следовательно в 9 млн. *т*. По данным Днепропетровского угольного ин-та донецкий уголь содержит в среднем ок. 3% пирита, из к-рых извлечь можно однако не более трети. Уральские угли содержат (по данным Губахинской углеобогатительной ф-ки) ок. 6% пирита. Углистый колчедан, не подвергшийся обогащению, содержит от 12 до 18% углерода, однако уже при грохочении через наклонное сито содержание углерода снижается до 9—10%. Опытами, проведенными Оргхимом, установлено, что такой колчедан м. б. сжигаем на этажных печах в смеси с безуглистым кусковым колчеданом, причем пределом является 50% углистого колчедана или 4,5% углерода в шихте. Вследствие того что углерод при горении потребляет значительное количество кислорода, необходимо дать добавочный воздух на верхние этажи печи. Горение указанной шихты сопровождается повышением $t°$, некоторым уменьшением производительности печей, увеличением расхода азотной кислоты и увеличенным износом гребков. В настоящее время ряд наших камерных и башенных з-дов сжигают углистый колчедан, прибавляя его к уральскому кусковому колчедану в количестве 10÷30%. На контактных з-дах углистый колчедан не сжигают из опасения отравления контактной массы CO и углеводородами, однако опыты УНИХима доказали, что CO не является в данном случае контактным ядом, а опыты Оргхима показали, что при сжигании углистого колчедана в 10-*т* печи углеводороды вообще не образуются. С другой стороны, отсутствие мышьяка и селена в углистом колчедане делает этот вид сырья особенно удобным именно для контактных заводов, так как становится возможным упростить очистку газа. Удобно сжигать углистый колчедан после его размола в форсуночных печах. Значительные количества углистого колчедана можно сжигать только при обогащении его, после чего содержание углерода в нем падает до 5—6%, а в уральском (по данным Губахинской опытной ф-ки)—до 3%. Обогащение возможно как мокрое (мойка), так и сухое—путем мелкого дробления и грохочения в особых сепараторах, из к-рых отсасывается угольная пыль. Опытная установка для мокрого обогащения работает на Бобриковском химкомбинате; опытная установка для сухого обогащения строится на Каширской электростанции. В США во время войны 1914—18 гг. перерабатывались на С. к. значительные количества углистого колчедана, полученного как ручной, так и механизированной отборкой, причем последним путем удавалось извлечь до 87% всего находившегося в угле пирита. В Англии углистый колчедан также перерабатывается с успехом.

в) При обжиге цинковой обманки и медных колчеданов с целью получения цинка и меди обжиговые газы содержат почти всю серу из руд в виде SO_2. Эти газы в значительных размерах перерабатываются на С. к. Особенное значение в этом отношении имеют за границей газы цинковых заводов, целиком используемые для производства С. к. В 1918 г. в США из металлургич. газов было выработано 24,2% всей продукции сернокислотной пром-сти, причем 16,1% приходится на цинковую обманку, а 8,1%—на газы медеплавильной пром-сти. В 1929 г. из газов металлургич. печей (как цинкоплавильных, так и медеплавильных) было выработано всего 8,6%, хотя абсолютное количество продукции не сократилось. В Бельгии 65% всей серной к-ты производится из цинковой обманки (главным образом импортной). В Англии в 1914 г. из металлургич. газов производилось 0,15% всей С. к., а в 1928 г. 9,5%. В то время как газы цинкоплавильных з-дов целиком перерабатываются на С. к., газы медеплавильных з-дов в ряде штатов США, в Канаде и т. д. выпускаются в атмосферу. В СССР улавливание металлургич. газов для производства С. к. стало развиваться сравнительно недавно. И до сих пор большие количества серы в этих газах теряются без пользы. В 1932 г. доля металлургич. газов в производстве С. к. составляла 2% (в 1937 г. предположено довести до 30%). Газы, получаемые при обжиге цинковой обманки, достаточно богаты SO_2 (5—7%) и не представляют затруднений при переработке на С. к.

Несколько сложнее вопрос об использовании газов медеплавильной пром-сти. Газы из ватержакетов, работающих на богатых серой рудах (пиритная плавка), и из механических печей, служащих для предварительного обжига медьсодержащих сульфидных руд и концентратов, имеют достаточно высокую концентрацию SO_2. Нек-рые неудобства связаны только с использованием газов, получаемых из ватер-жакетов при обжиге бедной серой шихты, газов из конвертеров, а также при обжиге малосернистых руд на спекательных машинах Дуайт-Ллойда и др. В этих случаях концентрация газа низка (за исключением конвертерного газа) и сильно колеблется, а $t°$ недостаточно высока. Для газов, сильно загрязненных, но с концентрацией SO_2 не ниже 4%, Генин и Шредер предложили поглощение SO_2 водой под давлением и последующее получение из раствора чистого и крепкого газа. Очень бедные SO_2 газы (ниже 2%) либо совсем не используются либо обогащаются путем адсорбции активным углем или силикагелем. Сущность этих методов сводится к тому, что измельченный адсорбент и газ двигаются противотоком, причем SO_2 поглощается адсорбентом, к-рый затем регенерируется нагреванием; выделяющийся при этом богатый SO_2 газ идет на производство С. к., а адсорбент начинает цикл снова. Подробности по первому методу (адсорбент—активный уголь) см. [19], а по второму (адсорбент—силикагель) см. [20].

г) Некоторое, хотя и меньшее значение в качестве сырья для производства С. к. имеет газоочистительная масса.

При коксовании каменного угля ок. 50% всей серы улетучивается в виде H_2S. В прежнее время очистку от сероводорода производили только газовые з-ды пропусканием газа через ящики, наполненные гидратом окиси железа (напр. природной болотной рудой, смешанной с древесными опилками):

$$2Fe(OH)_3+3H_2S \rightarrow 2FeS+S+6H_2O.$$

Регенерирование производилось путем аэрации—вылеживания на открытом воздухе, причем выделялась сера:

$$2FeS+3O+3H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3+2S.$$

Газоочистительная масса содержит: 45÷65% S; 14—17% $Fe(OH)_3$; 5÷11% нерастворимых веществ; 2÷5% влаги; 1÷2% $CaCO_3$; 3÷5% $Ca(HCO_3)_2$; 1÷3% роданистого, хлористого и цианистого аммония; 1÷2% $Na_4Fe(CN)_6$ и незначительный процент (максимум 0,5%) берлинской лазури. В настоящее время широко практикуется очистка от серы также и коксового газа и других промышленных газов (водяной газ, водород и т. д.); однако более выгодные методы (промывка, адсорбция активным углем) вытесняют старый способ, вследствие чего количества газоочистительной массы сокращаются. Германская сернокислотная пром-сть перерабатывала в 1912 г. 35 500 *т* газоочистительной массы, а в 1926 г. 25 797 *т*. В Англии в 1913 году сжигалось 110 000 *т* газоочистительной массы, что давало 10,6% всей сернокислотной продукции, а в 1923/24 году—148 000 *т* (21,0%). В дальнейшие годы эти цифры почти не менялись. В СССР газоочистительная масса сжигалась до недавнего времени нек-рыми подмосковными з-дами (в 1929/30 г. из нее было выработано 3 820 *т* С. к.). Обжиг производился в смеси с колчеданом в ручных печах. В настоящее время газоочистительная масса для

д) Производство С. к. из гипса в настоящее время большого значения не имеет. Однако колоссальные запасы гипса и ангидрита ($CaSO_4$), встречающиеся почти во всех странах, издавна привлекали внимание, и было взято немало патентов на различные способы получения из гипса S и SO_2. Большое внимание уделяется и в СССР этой проблеме, имеющей несомненное значение для тех областей, которые, как наш крайний север, отдалены от обычных источников сернокислотного сырья и обладают мощными залежами чистого ангидрита. Из многочисленных предложенных методов получения SO_2 из гипса практическое осуществление получил только процесс Байера [21], осуществленный в Леверкузене (Германия). Здесь ангидрит или высушенный гипсовый шлам в смеси с глинистым шифером и коксом обжигается в барабанных (цементных) печах, и получаются цемент и сернистый газ, перерабатываемый на С. к. Месячная мощность этого завода равна 3 000 *т* клинкера и 2 800 *т* SO_2. В 1926 г. этот завод, оборудованный двумя печами по 50 *м* длины и 2,5 *м* диам., переработал 20 840 *т* гипса и ангидрита и получил 12 570 *т* клинкера. Газ содержит по выходе из печи 6÷7% SO_2. Имеются сведения о постройке з-да по этому методу в Англии [22]. В СССР тщательные опыты по получению цемента из гипса по способу, напоминающему описанный, с успехом проведены Ин-том строительных материалов (ВИСМ).

е) Из других сульфатов серная к-та практически не производится. Однако в последнее время интерес к этому вопросу сильно возрос у нас в связи с проблемой использования колоссальных запасов мирабилита ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) Карабугазского залива. Имеется два варианта: 1) обезвоживание мирабилита, восстановление сульфата до сернистого натрия и обработка последнего углекислотой, причем получаются сода и сероводород, сжигаемый на серу и С. к., и 2) получение соды по методу Леблана с одновременным получением сероводорода из отбросного сернистого кальция с дальнейшим сжиганием сероводорода. Предлагается также непосредственный электролиз мирабилита. Первые методы техоически не вызывают сомкения, и осуществление их зависит лишь от экономич. факторов. Наоборот, электролиз мирабилита не является еще технически разработанным.

2. Печной газ. Состав печного газа зависит от сжигаемого материала и конструкции печи. При сжигании серы, считая 5% избыточного O_2, получаем теоретический состав газа: SO_2 11,23%; O_2 9,77%; N_2 79%. Практически столь высокую концентрацию SO_2 получить можно, но обычно она бывает ниже. При сжигании колчедана концентрация SO_2 еще меньше. Если считать, что сжигается чистый пирит, а огарок состоит только из Fe_2O_3, то, исходя из у-рия

$$4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2,$$

получим следующий состав печного газа: SO_2 8,59%; O_2 9,87%; N_2 81,54%. Обычная же концентрация SO_2 в газе не превышает 8%. Кроме того в печном газе всегда содержится SO_3, CO_2 и др. Количество CO_2 особенно велико, естественно, при сжигании углистого колчедана. При сжигании цинковой обманки теоретич. состав газа: SO_2 8,12%; O_2 9,69% (избыток 6,4%); N_2 82,19%. Однако даже в печах новой конструкции не получается бо-

Т. о. концентрация NO_2 при малых ее значениях влияет очень сильно на скорость процесса, но влияние это ослабевает по мере увеличения отношения C_{NO_2}/C_{SO_2}. На практике содержание NO_2 колеблется в пределах 0,5÷1,5%, чем и объясняется известное каждому практику значение концентрации NO_2 для производственного процесса.

г) Влияние концентрации кислорода. Результаты опытов Биттерли представлены в табл. 22.

Табл. 22.—Влияние концентрации кислорода.

Процентный состав газа					*1	*2	*3
SO_2	NO_2	H_2O	O_2	N_2			
10,83	11,05	32,98	9,53	35,86	5	0,609	0,38
10,83	11,05	32,98	45,32	0,00	4,5	0,588	0,37
18,10	11,01	18,10	11,09	47,70	3,5	0,534	0,42
18,10	11,01	18,10	52,79	0,00	3	0,554	0,43

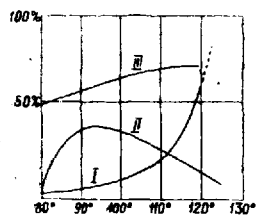
*1 Время до появления жидкой фазы (в мин.).
*2 Вес жидкости, образовавшейся в течение 5 мин. (в г).
*3 Вес H_2SO_4, образовавшейся в течение 5 мин. (в г).

На основании этих опытов можно сделать вывод, что концентрация кислорода не имеет значения для камерного процесса. Это верно однако только для тех высоких концентраций NO_2, с к-рыми работал Биттерли. Грэр, исходя из того, что процесс характеризуется ур-иями

1) $SO_2+NO_2+H_2O=H_2SO_4+NO$ и 2) $2NO+O_2=2NO_2$,

объясняет результаты опытов Биттерли (пп. в и г) тем, что при избытке NO_2 процесс идет в основном за счет ур-ия (1).

д) Влияние $t°$. Результаты опытов Биттерли представлены на фиг. 21 (*I*—время до появления жидкой фазы, *II*—вес образовавшейся С. к., *III*—концентрация С. к.), из к-рой видно, что существует оптимум $t°$, лежащий ок. 90° (для первой камеры кривая *II*).



Фиг. 21.

е) Влияние скорости течения газа. Россиньоль изменял скорость газа с 8,75 до 17,50 и 33,18 *л*/ч. При этом начальная скорость процесса составляла соответственно: 70%, 23%, 84% и 13,20%, т. е. уменьшалась с увеличением скорости. К сожалению зависимость общего выхода к-ты от скорости течения газовой смеси не была установлена.

ж) Обратимость реакции образования H_2SO_4. Вопреки обычному представлению о необратимости процесса образования H_2SO_4 (Лунге) Грэр на основании ряда фактов приходит к обратному выводу. Восстановление (разложение) С. к. имеет место при малой концентрации SO_2 и избытке NO, причем явление разложения часто сопровождается восстановлением окислов азота. На практике часто наблюдается разложение H_2SO_4 в башне Гей-Люссака. Во избежание этого необходимо, чтобы процесс окисления SO_2 заканчивался не у самой башни, для того чтобы произошло достаточное окисление NO в NO_2; необходимо также, чтобы в к-те, орошающей башню Гей-Люссака, содержалось нек-рое количество высших окислов азота; это м. б. достигнуто орошением башни не чистой гловерной к-той, а нитрозой с содержанием ок. 0,5% N_2O_3.

з) Влияние жидкой фазы. Еще Дэви установил необходимость присутствия жидкой фазы для возбуждения процесса. В опытах Форрера получался выход H_2SO_4 в 38,31% в присутствии жидкой С. к. и 2,88÷3,29% в отсутствии ее. Опыты Биттерли показывают, что равномерное образование H_2SO_4 начинается с момента появления жидких капелек на стенках опытной камеры. Грэр считает действие жидкой С. к. каталитическим. Практика (камеры Мартена, башенные системы) вполне подтверждает огромное значение жидкой С. к. для скорости процесса. Паскаль [34] выражает камерный процесс следующими двумя ур-иями:

I. $2SO_2+O_2+N_2O_3+H_2O=2SO_4H\cdot NO$,

II. $2SO_4H\cdot NO+H_2O\rightleftarrows 2H_2SO_4+N_2O_3$,

относя ур-ие (I) к центру камер, а ур-ие (II) к стенкам и дну. Этим Паскаль объясняет известное из практики значение хорошего перемешивания газов. Залесский [35] считает, что основным промежуточным продуктом является SO_3, получающийся непосредственно из SO_2 и NO_2, и предлагает следующую схему:

I. $SO_2+NO_2=SO_3+NO$,

II. $SO_3+H_2SO_4=H_2O_3+2HSO_4$ (т. е. $2NHO_3$)

растворе С. к. Капельки С. к., плавающие в виде тумана в камере, поглощают окислы азота и образуют нитрозилсерную к-ту, к-рая затем разлагается SO_2:

$$\left.\begin{array}{l}2H_2SO_4+N_2O_3\rightleftarrows 2SO_5NH+H_2O\\ H_2SO_4+N_2O_4\rightleftarrows HNO_3+SO_5NH\end{array}\right\} A$$

$$\left.\begin{array}{l}4SO_5NH+4H_2O\rightleftarrows 4H_2SO_4+4HNO_2\\ 4HNO_2\rightleftarrows 2N_2O_3+2H_2O\\ 2N_2O_3\rightleftarrows 2NO+2NO_2\\ 2NO_2\rightleftarrows N_2O_4\\ N_2O_4+H_2SO_4\rightleftarrows HNO_3+SO_5NH\\ HNO_3+SO_2\rightarrow SO_5NH\\ 2SO_5NH+SO_2+2H_2O\rightarrow 3H_2SO_4+2NO\end{array}\right\} B$$

Башня Гловера работает по схеме *B*, башня Гей-Люссака—по схеме *A*. Воззрения Норденгрина наиболее приложимы к интенсивно работающим системам (башенные, интенсивные камерные).

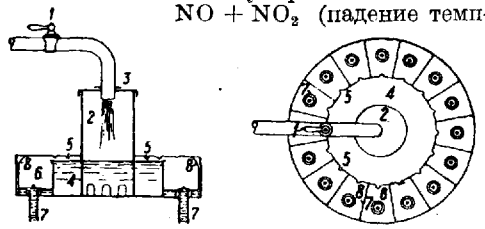
Устройство камер. Камеры устанавливаются достаточно высоко над уровнем земли на столбах или колоннах, чтобы дно было доступно наблюдению и ремонту. На два ряда столбов, установленных по длине камеры, кладут достаточно длинные и крепкие продольные деревянные балки, а на них—поперечные балки; на последние укладывают площадку из досок, хорошо пригнанных друг к другу. Можно также ставить столбы по ширине камеры, класть на них продольные балки и непосредственно на последних строить площадку. На некоторых новых з-дах вся конструкция, несущая дно камеры, сооружена из железа или железобетона. Каркас, несущий свинцовые стены и потолок камеры, б. ч.-также деревянный, состоит для каждой стены из нижней и верхней горизонтальных балок, в к-рые вклинены вертикальные стойки (0,15×0,15 *м* или 0,175×0,075 *м*). Чтобы избежать ухудшения теплоотдачи от стенок камеры, стойки часто ставят к камере ребром. На некоторых заграничных з-дах весь каркас сделан из железа; иногда он подвешивается к кровельным стропилам. Свинец для камер употребляется обычно толщиной в 3 *мм* (иногда 2 *мм*). Свинец должен быть возможно чище (99,9% Pb и выше). Верхние края стен навешивают на верхние горизонтальные балки каркаса и прикрепляют их гвоздями, предварительно опущенными в расплавленный свинец. Кроме того стены камер закрепляют на каркасе припаянными свинцовыми лапами шириной 15—20 *см*. Лапы прикрепляют или к стойкам или к поперечным планкам, вклиненным в стойки. Потолок камеры прикрепляется точно так же свинцовыми лапами к поперечным балкам. Целесообразно заменять тяжелые деревянные потолочные балки железными прутьями диаметром $^1/_2$″, подвешенными к стропилам здания. Дно камеры представляет собой открытый противень со стенками высотой в 35—40 *см*. Стены камеры свободно висят в этом противне, не доходя до дна. К-та, собирающаяся здесь, образует гидравлич. затвор (фиг. 22): *1*—лапы, *2*—стойки, *3*—стена камеры, *4*—дно. Классическая форма камер—удлиненный прямоугольный параллелепипед. Лунге приводит следующие наиболее часто практикующиеся размеры: ширина 6÷9 *м*, высота 5,3÷7,5 *м* и длина 30÷90 *м*. Интенсивно работающие камеры новейших конструкций строятся много выше (20 *м* и более). Камеры соединяются в общую систему. Число камер самое разнообразное: от 2 до 20. Если



Фиг. 22.

мутный и еле окрашенный в желтый с красноватым отливом цвет (NO_2); в последней камере, где SO_2 почти нет и имеется много NO_2 (особенно в задней части), газ д. б. менее мутный и глубокого красно-оранжевого цвета. Цвет газа наряду с $t°$ и концентрацией окислов азота в нитрозе (см. ниже) является одним из основных показателей правильного азотооборота. Для наблюдения за цветом газа в стенах камер устанавливаются стеклянные колпаки или, что правильнее, смотровые окна. О правильной концентрации окислов азота в камерах судят также по тому, что к-та первой камеры почти не содержит окислов азота, а к-та последней камеры (особенно капельная) дает сильную реакцию с $FeSO_4$.

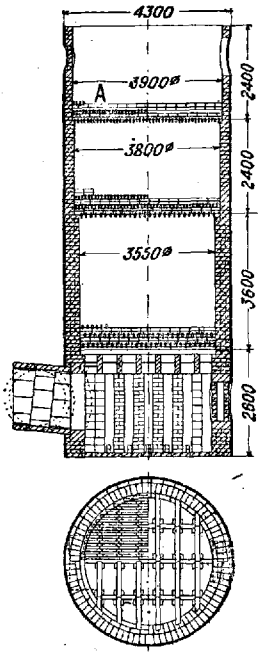
Окислы азота (за исключением небольшого количества, поглощенного камерной кислотой) из последней камеры поступают в башню Гей-Люссака, где они поглощаются и возвращаются в процесс. Т. о. теоретически раз введенные в цикл окислы азота должны оборачиваться бесконечно. На практике имеются всегда значительные потери окислов азота, возмещаемые прибавлением азотной к-ты в гловер. Анализы показывают, что около 90% всех потерь приходится на газовую фазу в виде окислов азота, не поглощенных в башне Гей-Люссака и ушедших в атмосферу. Еще Лунге и Неф указали, что одной из причин этого явления служит «свободный» NO_2, т. е. избыток его над эквимолекулярным количеством $NO+NO_2$, получающийся при избыточном питании камер окислами азота. В этом случае весь SO_2 окисляется задолго до конца камерной системы, и NO успевает окислиться в NO_2 в избыточном против указанного количестве (повышение $t°$ первой камеры, прозрачный и слишком темный цвет газа в последней камере, повышение нитрозности к-ты из башни Гей-Люссака, бурый цвет выхлопных газов). Еще опаснее недостаток окислов азота: в этом случае SO_2 проникает до выхода из последней камеры, NO не успевает окислиться в NO_2, и получается избыток NO против эквимолекулярного соотношения $NO + NO_2$ (падение темп-ры



Фиг. 27.

в 1-й камере и повышение в 3-й; газ в последней камере сильно мутнеет и светлеет); NO и SO_2 в больших количествах теряются через башню Гей-Люссака в атмосферу. Однако и при нормальном ходе процесса часть окислов азота теряется, т. к. абсорбция никогда не протекает количественно: с одной стороны, вследствие упругости паров нитрозы, увеличивающейся с $t°$ и разбавлением нитрозы, а, с другой,—вследствие несовершенства самого процесса. Нормальным можно считать расход 7—8 *кг* HNO_3 на 1 *т* H_2SO_4.

Башня Гей-Люссака строится обычно из свинца толщиной в 3—4 *мм*, а иногда и из кислотоупорных минералов (вольвик, андезит, бештаунит, гранит). Для увеличения соприкосновения газа с жидкостью башня насаживается га; в случае коксовой насадки башня во избежание повреждения свинца футеруется кислотоупорным кирпичом. Большое значение для правильной работы башни Гей-Люссака (в производстве называемой упрощенно «гей-люссак») имеет равномерное распределение к-ты по сечению башни. Распределитель к-ты устраивается в потолке башни по принципу перелива (фиг. 27): *1*—кран, *2*—промежуточный сосуд, *3*—крышка, *4*—внутренний сосуд, *5*—переливные носики, *6*—внешний сосуд, *7*—гидравлически закрываемые переливы внутрь башни, *8*—перегородки. В целях хорошей абсорбции орошающая кислота д. б. крепкой (60° Bé) и холодной (20÷30°), для чего гловерную к-ту охлаждают в свинцовых холодильниках. Кроме того имеет значение и количество орошающей кислоты, обыкновенно равное 2÷5-кратному от суточной продукции. Нитроза, вытекающая из гей-люссака, не должна содержать менее 1 и более 2,5% N_2O_3. Выхлопные газы должны содержать 5 ÷ 6% O_2; при недостатке кислорода теряется NO. Если в гей-люссак попадает SO_2, он взаимодействует с нитрозой, и теряются окислы азота. Во избежание нарушений процесса на нек-рых заводах с успехом включают между последней камерой и первым гей-люссаком башню, орошаемую в замкнутом обороте («сама на себя») большим количеством холодной нитрозы крепостью 55—56° Bé. Этот т. н. камерный регулятор перерабатывает SO_2, случайно проникший до хвоста системы, или поглощает часть окислов азота при избыточной их концентрации. Нитроза, вытекающая из гей-люссаков, подается на гловер. Туда же подается и часть камерной к-ты с расчетом ее упарки в гловере за счет тепла печного газа до 60° Bé. Перекачка к-т производится на благоустроенных заводах насосами из кремнистого чугуна или гартблея.

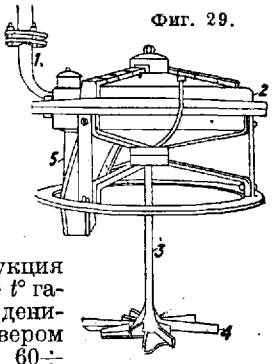


Фиг. 28.

Башня Гловера (фиг. 28), или просто «гловер», выполняет три функции: денитрацию и связанную с ней продукцию (по Лунге: $2SO_5NH + SO_2 + 2H_2O = 3H_2SO_4 + 2NO$), концентрацию и охлаждение газов. Кроме того гловер служит для разложения азотной к-ты, вводимой извне в цикл. Гловер строится из свинца и футеруется кислотоупорными камнями, положенными чаще всего всухую. Для кожуха берут свинец в 6 *мм* толщины, для дна—в 15 *мм*. Дно делается в виде противня, часто охлаждаемого извне водой. В последнее время дно сваривают с кожухом в одно целое. Гловер монтируется иногда и без свинца, из минералов, упомянутых выше при описании башни Гей-Люссака. Футеровка утолщается сверху вниз (напр. от низа вверх на 1,2 *м*—50÷67,5 *см* толщины, выше 38÷45 *см*, затем 26÷35 *см* и нако-

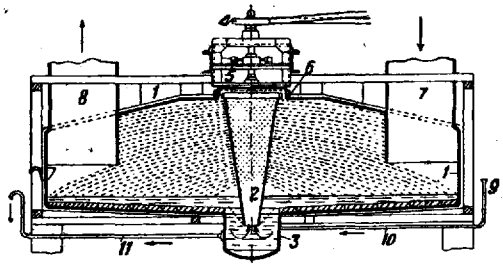
из кирпича, кварца и т. д., но лучше всего из колец Рашига; высота насадки до буквы *А* (фиг. 28) (работы по теории орошаемых башен см. [36]). Высота гловера 4,5÷6 *м*. Распределитель к-ты часто монтируется аналогично описанному для гей-люссака. В последнее время часто употребляют распределитель Петерсена (фиг. 29): кислота под напором поступает через трубу *1* внутрь коробки *2*, где приводит в движение турбинку, сидящую на одной оси *3* с колесом *4* (в виде изогнутых лопаток). К-та из *2* через особые карманы *5* льется на лопатки *4* и разбрызгивается ими. Турбинка может вращаться непосредственно от мотора; в этом случае конечно конструкция упрощается. Повышение *t°* газа до гловера улучшает денитрацию; *t°* газов за гловером колеблется в пределах 60÷100°. Часто строят два гловера, работающих параллельно (редко последовательно). Для удобства обслуживания гловер обычно монтируют рядом с гей-люссаком. К-та, покидающая гловер, практически не должна содержать окислов азота; темп-ра ее равна 120÷130°. Как продукционный аппарат гловер чрезвычайно эффективен: 20÷25% всей продукции С. к. получается в нем. Интенсивность его (т. е. съем H_2SO_4 с 1 *м*³ объема) много больше, чем интенсивность камер: классич. камерные системы работают в Европе и Америке с интенсивностью 3—4 *кг* с 1 *м*³, гловер же дает от 50 до 75 *кг* с 1 *м*³ своего объема.

Фиг. 29.



Движение газов в системе обеспечивается включением одного или двух вентиляторов низкого давления. Головной вентилятор монтируется перед гловером и строится из чугуна; хвостовой вентилятор располагается между последней камерой и гей-люссаком или между гей-люссаками и строится из гартблея или железа, покрытого гартблеем.

Интенсивный камерный процесс. Стремление повысить интенсивность камерной системы пошло прежде всего по наиболее доступному пути увеличения объема башен. Увеличение объема гловеров по отношению к общему объему системы дает до известных пределов увеличение интенсивности; последнее достигается также увеличением азотооборота, что вызывает необходимость увеличивать объем гей-люссаков. В классической камерной системе объем гловера составлял ок. 2%, а гей-люссаков—ок. 4% от общего объема системы. В СССР, где камерные системы работают с интенсивностью 6÷9 *кг* с 1 *м*³, мы имеем на нек-рых з-дах



Фиг. 30.

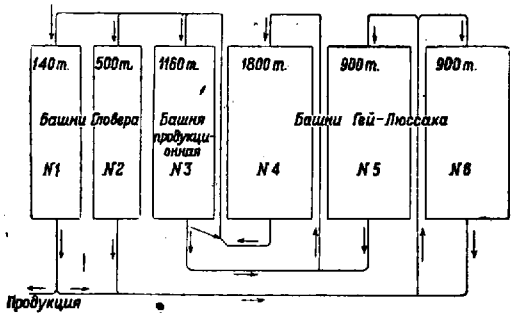
объем гловеров до 6%, а гей-люссаков—до 8% от общего объема; расход азотной к-ты превосходит все же норму. Для увеличения интенсивности камерных систем предлагались также специальные аппараты, кое-где работающие и сейчас: волчки и газовые холодильники. Волчок распыляют к-ту (или нитрозу) в камерах малого объема, приводя ее в тесное соприкосновение с газом. Фиг. 30 изображает камеру с волчком: в камере *1* вращается конус *2* с многочисленными отверстиями (до 15 000), опущенный в карман *3*. Конус вращается (400÷700 об/мин.) от мотора посредством ременной передачи (шкив *4*). Конус в верхней части подвешен и для вращения снабжен катящимися роликами *5*. Гидравлич. затвор *6* уплотняет место, где волчок вводится в потолок камеры. Газ входит в трубу *7* и выходит через трубу *8*. К-та поступает непрерывно в *9* и затем по трубе *10* в карман *3*. При вращении волчка пропеллер в нижней части конуса (на фигуре не показан) всасывает кислоту, к-рая под влиянием центробежной силы разбрызгивается во все стороны. Высотой слива *11* устанавливается постоянный уровень к-ты в камере.

Первоначально предполагалось, что камерная система будет заменена рядом ящиков с волчками. Попытки этого рода не удались. Включение волчков в обыкновенную камерную систему дает увеличение интенсивности. Увеличение интенсивности дают и газовые холодильники—свинцовые трубы, охлаждаемые воздухом или водой, включаемые обыкновенно между последней камерой и гей-люссаками. В этом случае возможно несколько поднять *t°* в камерах, не опасаясь больших потерь окислов азота. Иногда газовые холодильники включают и между камерами; практикуется также питание холодильников нитрозой.

Наряду с описанными был предложен и ряд более радикальных изменений камерной системы. Нек-рые из этих изменений осуществлены на практике с большим успехом. В начале текущего столетия большое внимание привлекали тангенциальные камеры [37]. Это цилиндрич. в форме башен камеры, в к-рые газ поступает по касательной и получает поэтому вихревое движение, вызывающее хорошее перемешивание. Выход газа находится внизу камеры, недалеко от дна. Результаты работы тангенциальных камер [38] не показали однако значительного превосходства над классической системой.

В 1931 г. существовало 40 установок с тангенциальными камерами. Дальнейший их рост задержало развитие новейших интенсивных систем. Высокие узкие камеры сист. Морица [39] с железным каркасом играют значительную роль за границей; в 1930 г. работали 82 установки сист. Морица. При высоте ок. 20 *м*, ширине ок. 5 *м* и длине ок. 10 *м* камеры имеют большую поверхность охлаждения, что и дает возможность вести более интенсивный процесс; съем однако не превышает 8 *кг* H_2SO_4 с 1 *м*³ объема при расходе 8÷12 *кг* HNO_3 на 1 *т* H_2SO_4. На сист. Морица очень похожа сист. Фалдинга, отличающаяся от первой гл. обр. большим количеством камер (до 20) [40]. Значительно более интенсивно работает сист. Мартена, принцип к-рой состоит в регулировании *t°* внутри каждой отдельной камеры соответственно оптимуму окисления SO_2 и NO, для чего камеры орошаются С. к. разных концентраций и темп-р с помощью атомизаторов. Миллберг [41] приводит пример старой 4-камерной системы (2 750 *м*³; 19 *т* С. к. 53° Bé в сутки; съем 4,7 *кг* $H_2SO_4/м^3$ в сутки), к-рая была перестроена следующим образом: две последние камеры были снесены, а две первые переделаны по способу Мартена. В результате система давала 33,6 *т* С. к. 53° Bé в сутки или 15 *кг* $H_2SO_4/м^3$ в сутки. Особенно замечательно то, что в условиях испанского лета *t°* камеры не превышала 87°. Способ Мартена интересен для СССР тем, что любая камерная система м. б. перестроена на сист. Мартена с очень небольшими затратами, почти на ходу (выключая поочередно по одной камере).

на железном каркасе и затянуты железными обручами; между обручами и свинцом проложены деревянные рейки. Орошение башен *2—6*

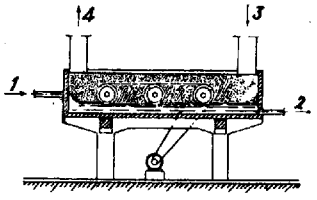


Фиг. 35.

(фиг. 35) производится посредством б р а у з— свинцовых стаканов с отверстиями под углом. Нитроза подается тремя центробежными насосами из кремнистого чугуна (три насоса в резерве) в количестве, равном 75-кратному от веса вырабатываемой к-ты. Схему орошения и количество нитрозы, подаваемой на каждую башню (*т* в сутки), см. фиг. 35. Холодильники имеют целью охладить кислоту, вытекающую из башен *1—4*, и представляют собой камеру в форме прямой усеченной пирамиды, поставленной на малое основание. Внутри камеры подвешены на поперечных двутавровых балках 9 змеевиков, по к-рым циркулирует холодная вода, охлаждающая к-ту, находящуюся в камере. Стенки и дно камеры футерованы кислотоупорным нормальным кирпичом. Поверхность охлаждения каждого холодильника = 62,2 *м*²; на 1 *т* вырабатываемой продукции требуется 3,27 *м*³ воды для охлаждения. Работа башен вскоре после пуска системы характеризуется данными, собранными в табл. 28.

бинками Петерсена, но работающими от привода. Конструкция холодильников, оказавшаяся ненадежной, заменена в СССР другими конструкциями. В СССР разрабатываются пути дальнейшей интенсификации системы Петерсена. Напр. выключением последней башни описанной выше установки (В. Н. Шульц) удалось довести съем к-ты до 35 *кг*/*м*³ в сутки без увеличения расхода HNO_3. Таким же способом съем на системе Шмидель-Кленке был доведен до 45 *кг*/*м*³ в сутки.

Система Шмидель-Кленке отличается от сист. Петерсена гл. обр. тем, что между башнями включены небольшие аппараты для разбрызгивания нитрозы в потоке сернистого газа—т. н. в а л ь ц о в ы е я щ и к и. Новую модель вальцового ящика изображает фиг. 36. Это—свинцовый ящик, крышка к-рого охлаждается водой; по ящику протекает нитроза (*1*—вход, *2*—выход). От мотора приводятся в движение три вальца, полупогруженные в нитрозу, вследствие чего нитроза распыляется в виде тумана (вход газа в *3*, выход — в *4*). Первоначальные попытки сконструировать всю систему из одних вальцовых ящиков не удались, но включение вальцовых ящиков в башенную систему дает хорошие результаты. На фиг. 37 изображена схема расположения башен, их соединения и орошения на Щелковском химич. заводе: *I—V a*—башни; *1—10* и *2а—5а*—кислотные сборники; *X*—холодильники; P_1—P_{10}—насосы; *Ex h*—вентиляторы; *Вя 1а*, *1б* и *1в*—вальцовые ящики первой секции и *Вя 2а*, *2б*, *2в*—вальцовые ящики второй секции. Размеры и кубатура башен



Фиг. 36.

Табл. 28.—Данные о работе башен системы Петерсена.

№ и названия башен	Содержание SO_2, t° и давление выходящего газа			Состав и t° орошающих и вытекающих кислот				
				Орошающая кислота			Вытекающая кислота	
	SO_2 в объемных %	t°	Давление в *мм* H_2O	концентрация в °Bé	окислы азота в пересчете на HNO_3 в %	t°	концентрация в °Bé	окислы азота в пересчете на HNO_3 в %
Электрофильтр	7,4	310	— 4,4	—	—	—	—	—
Башня 1	4,5	75	— 8,3	58,5	2,9	40	58,5	следы
» 2	1,2	80	—13,7	58,5	2,9	40	58,5	2,2
» 3	0	51	—15,0	58,5	3,2	40	58,5	3,2
» 4	0	35	—30,8	58,5	2,4	30	58,5	3,2
» 5	0	28	—55,5	58,5	1,8	35	58,5	2,15
» 6	0	28	+10,0	58,5	1,8	35	58,5	2,0

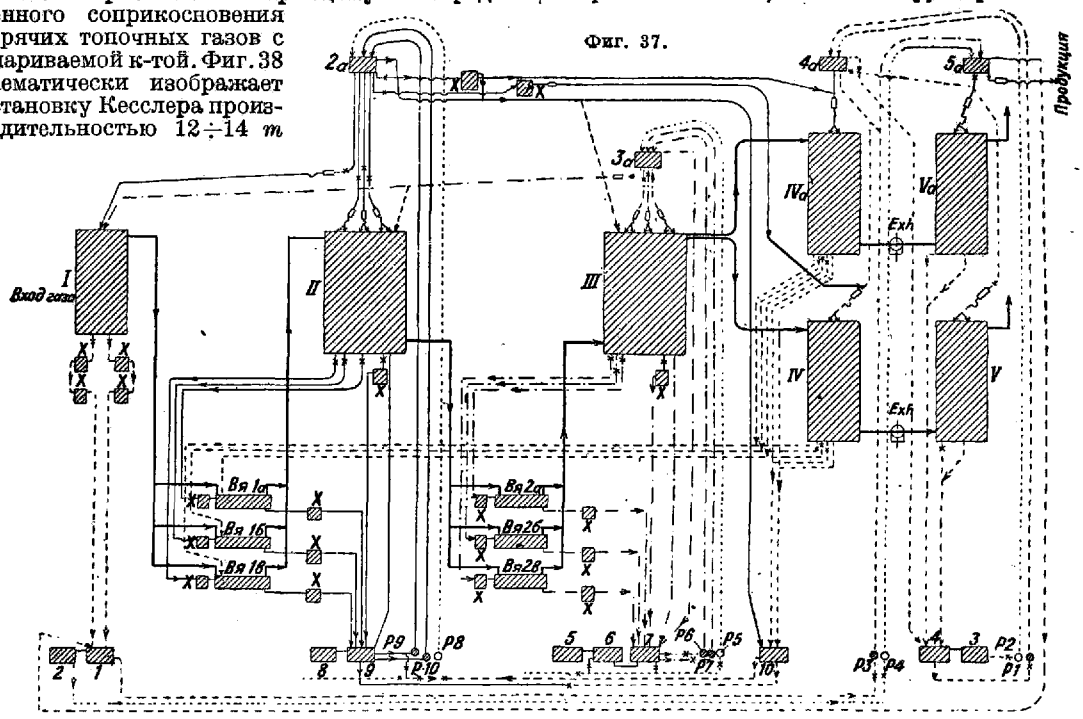
Система проектировалась на 16 тыс. *т* моногидрата в год, исходя из съема 20 *кг*/*м*³ в сутки. В наст. время она дает съем в 28 *кг* (до 32 *кг*), причем никаких изменений в аппаратуре сделано не было. Расход HNO_3 составлял при пуске 10÷12 *кг* на 1 *т* H_2SO_4, а в настоящее время 16÷17 *кг*. В СССР работают башенные з-ды по сист. Петерсена и большей мощности (40 тыс. *т*; строится з-д на 80 тыс. *т*), причем диаметр башен доходит до 14 *м*. Конструктивно эта система подверглась у нас значительным изменениям: значительно уменьшена толщина свинца; строятся башни совершенно без свинца (из андезитовых камней); работает опытная башня из андезитового бетона; строятся также железные башни Гей-Люссака; браузы заменяются турбинками Петерсена, но работающими от привода. Конструкция холодильников, оказавшаяся ненадежной, заменена в СССР другими конструкциями. В СССР разрабатываются пути дальнейшей интенсификации системы Петерсена. Напр. выключением последней башни описанной выше установки (В. Н. Шульц) удалось довести съем к-ты до 35 *кг*/*м*³ в сутки без увеличения расхода HNO_3. Таким же способом съем на системе Шмидель-Кленке был доведен до 45 *кг*/*м*³ в сутки.

Система Шмидель-Кленке отличается от сист. Петерсена гл. обр. тем, что между башнями включены небольшие аппараты для разбрызгивания нитрозы в потоке сернистого газа—т. н. в а л ь ц о в ы е я щ и к и. Новую модель вальцового ящика изображает фиг. 36. Это—свинцовый ящик, крышка к-рого охлаждается водой; по ящику протекает нитроза (*1*—вход, *2*—выход). От мотора приводятся в движение три вальца, полупогруженные в нитрозу, вследствие чего нитроза распыляется в виде тумана (вход газа в *3*, выход — в *4*). Первоначальные попытки сконструировать всю систему из одних вальцовых ящиков не удались, но включение вальцовых ящиков в башенную систему дает хорошие результаты. На фиг. 37 изображена схема расположения башен, их соединения и орошения на Щелковском химич. заводе: *I—V a*—башни; *1—10* и *2а—5а*—кислотные сборники; *X*—холодильники; P_1—P_{10}—насосы; *Ex h*—вентиляторы; *Вя 1а*, *1б* и *1в*—вальцовые ящики первой секции и *Вя 2а*, *2б*, *2в*—вальцовые ящики второй секции. Размеры и кубатура башен и вальцовых ящиков приведены в табл. 29. Вальцы в вальцовых ящиках имеют $D = 200$ *мм* и делают 650 об/м. Съем с 1 *м*³ общего объема в свинце равен 20 *кг* при расходе HNO_3 7 *кг* на 1 *т* H_2SO_4. Об опытах интенсификации см. выше. Дно башен сконструировано в виде кюветы (противня). Гловер насажен кислотоупорным кирпичом, башни *II* и *III*—кольцами Рашига с кусками кварца внутри них, гей-люссаки—коксом. Орошение производится турбинками от приводов. Данные о работе системы см. табл. 30. В табл. 31 приведены данные о расходе основных материалов на строительство, а также воды и энергии при эксплоатации разных систем.

К о н ц е н т р и р о в а н и е С. к. Камерная или гловерная к-та м. б. упарена до купоросно-

го масла. Для этого употребляют концентрационные установки разных систем. Современные установки работают по принципу непосредственного соприкосновения горячих топочных газов с упариваемой к-той. Фиг. 38 схематически изображает установку Кесслера производительностью 12÷14 *т* слоту. Движение газов и кислоты происходит т. о. противотоком. Длина аппарата 3 320 *мм*, ширина 1 700 *мм*, высота сатуратора 880 *мм*,

Фиг. 37.



в сутки купоросного масла (завод им. Войкова в Москве). Топочные газы из генератора *1* дожигаются в канале *2* (длиною 4,93 *м*), соединяющем генератор с выпарным аппаратом Кесслера, и поступают в последний с $t°$ 900°. Аппарат Кесслера состоит в основном из сатуратора *3* и рекуператора *4*. Горячие газы приходят сначала в соприкосновение с кислотой в сатураторе, после чего они проходят рекуператор, подогревая стекающую вниз слабую кислоту. Движение газов и кислоты происходит т. о. противотоком. Длина аппарата 3 320 *мм*, ширина 1 700 *мм*, высота сатуратора 880 *мм*, высота рекуператора (над сатуратором) 1 750 *мм*. Сатуратор *3*—свинцовая коробка, выложенная кислотоупорными камнями. Рекуператор *4*—свинцовая башня, футерованная кислотоупорными камнями и разделенная семью горизонтальными полками из кислотоупорных плит, имеющих по 25 отверстий, через к-рые стекает к-та и поднимаются газы. В отверстиях закреплены фарфоровые вставки (супорты), прикрытые колпачками с зубчатыми краями. Высо-

Табл. 29.—Размеры башен и вальцовых ящиков в системы Шмидель-Кленке.

Размеры	Башня I (гловер)	*Вя* 1-я секция	Башня II (продукц.)	*Вя* 2-я секция	Башня III (стабил.)	Башни IV + IVa (гей-люссак)	Башня V+Va (гей-люссак)
Высота в *м*	12	1	14	1	14	14	14
Диаметр в *м* или площадь в $м^2$	5	2×6,5	9	2×6,5	9	5	5
Кубатура в $м^3$	235	39	890	39	890	550	550

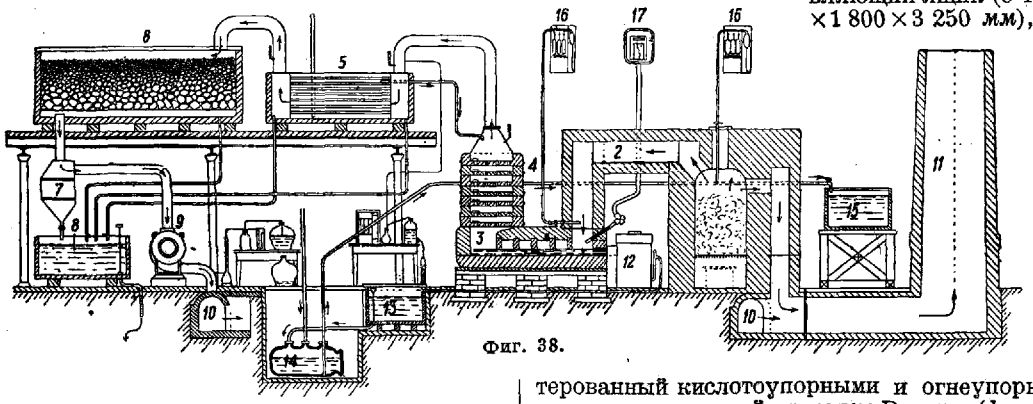
Табл. 30.—Данные о работе системы Шмидель-Кленке.

Название аппарата	Содержание SO_2 и $t°$ выходящего газа		Состав и $t°$ орошающих и вытекающих кислот						
			Орошающая кислота				Вытекающая кислота		
	SO_2 в объемн. %	$t°$	концентрация в °Bé	окислы азота в пересчете на HNO_3 в %	$t°$	количество в *т*	концентрация в °Bé	окислы азота в пересчете на HNO_3 в %	$t°$
Электрофильтр	7,00	315	—	—	—	—	—	—	—
Башня I	6,05	85	58,6	2,21	51	390	59,5	следы	119
Вя 1-я секция	5,10	57	59,2	2,86	51	900	59,0	2,21	60
Башня II	0,21	76	58,5	2,47	51	1 190	59,2	2,86	81
Вя 2-я секция	0	47	58,1	2,86	37	900	58,1	3,12	48
Башня III	0	45	58,4	2,60	42	1 130	58,5	2,86	51
» IV и IVa	0	41	59,2	1,82	40	1 055	59,3	1,95	44
» V и Va	0	34	59,6	0,13	40	795	59,7	0,20	40

Табл. 31.—Характеристика башенных систем.

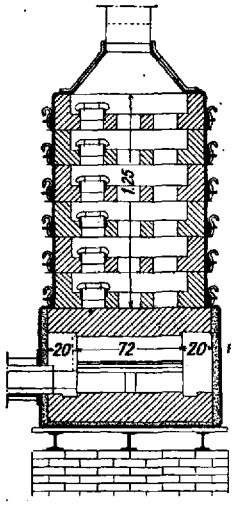
Основные данные	На всю систему					На 1 *m* в сутки				
	Класс. камерная	Гайяр	Лютъенс и Лудевиг	Петерсен	Петерсен (интенсифиц.)	Классическая камерная	Гайяр	Лютъенс и Лудевиг	Петерсен	Петерсен (интенсифиц.)
Производительность в *m*/сутки	40	78	62,5	76,5	139	—	—	—	—	—
Съем в *кг*/*м*³ в сутки	7—8	10	20	20	35	—	—	—	—	—
Кубатура здания в *м*³	18 800	20 000	20 000	31 230	34 750	470	256	320	400	250
Свинец в *m*	360	440	255	329	448	9	5,6	4	4,3	3,22
Футеровка в *m*	—	845	607	1 032	1 112	—	10,8	9,5	13,6	8,0
Кольца Рашига и «Стабиль-формат» в *m*	—	—	188	249,5	249,5	—	—	3	3,3	1,8
Кварц в *m*	—	600	555	2 106	2 106	—	7,7	8,9	27,6	15,2
Вода в *м*³	—	—	—	—	—	9	15	24	35	35
Энергия в kWh	—	—	—	—	—	14,5	16,5	24	36	36
Ремонт в руб.	—	—	—	—	—	2,5	3	4	5	6
Азотная к-та в *кг*	—	—	—	—	—	10	10	10	10	10

та супортов обычно такова, что на полках удерживается слой к-ты ок. 40 *мм*. Газы из рекуператора проходят трубчатый теплообменник *5*, где к-та предварительно подогревается до 80°,



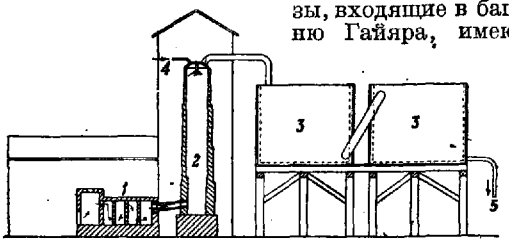
Фиг. 38.

и поступают в коксовый фильтр *6*, где освобождаются в значительной степени от туманообразной серной к-ты и воды. Жидкость стекает через ловушку *7* в сборник конденсата *8*, а газы выводятся вентилятором *9* через боров *10* в трубу *11*. Вместо коксового фильтра с успехом применяют также и электрофильтры. Купоросное масло из сатуратора проходит холодильник *12* и стекает в сборник *13*, откуда при помощи монтежю *14* подается в сливной сборник *15*; *16* и *17*—аналитич. приборы. Разрез сатуратора и рекуператора аппарата Кесслера дан на фиг. 39.



Фиг. 39.

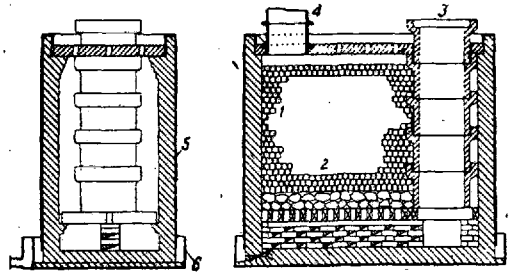
Концентратор Гайяра (см. выше камеры Гайяра) представляет собою полую башню, в верхней части которой слабая кислота при помощи дюзы распыляется на мельчайшие капельки, легко и быстро отдающие воду горячим топочным газам. На фиг. 40 дана схема установки Гайяра в ее первоначальном виде: *1*—генератор, *2*—башня Гайяра, *3*—скрубберы, насаженные коксом (конденсаторы), *4*—ввод слабой к-ты, *5*—ввод к вентилятору. В позднейшем типе к установке прибавился рекуператор, представляющий ящик (3 400 × ×1 800 × 3 250 *мм*), футерованный кислотоупорными и огнеупорными камнями с насадкой из колец Рашига (фиг. 41); *1*—кольца Рашига 3″, *2*—кварц 6″, *3*—вводная труба, *4*—выводная труба, *5*—свинец 12-фунтовый, *6*—свинец 30-фунтовый). Газы вводятся под колосниковую решетку и проходят снизу вверх насадку, орошаемую слабой к-той. Газы, входящие в башню Гайяра, имеют



Фиг. 40.

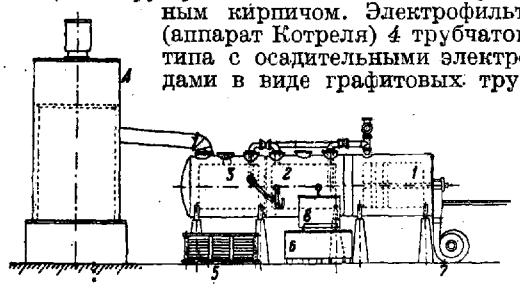
$t° = 1\,100 \div 1\,000°$, а выходящие—$200 \div 220°$; при таком тепловом режиме и при крепости поступающей к-ты в 65÷68% конечный продукт имеет крепость в 94% H_2SO_4. К-та входит в рекуператор с $t° = 40 \div 50°$ и нагревается в нем до $t°$ около 125°. Потеря к-ты не превышает 2%. В конденсаторе получается 2,8÷4,5% кислоты уд. веса 1,62—1,63. Аппараты Гайяра всегда более производительны, чем аппараты Кесслера, но расход топлива у них несколько больше. Стоимость упарки 1 *m* к-ты в пересчете на моногидрат почти одинакова (ок. 13 руб.). В США

в последние годы очень распространен выпарной аппарат «Кемико» (фиг. 42). Это—горизонтальный железный барабан из 12-*мм* железа, разделенный поперечными перегородками на



Фиг. 41.

3 камеры: *1*, *2* и *3*. Камера *1* служит топкой, *2*—камера крепкой кислоты, *3*—камера слабой к-ты. Топочные газы проходят последовательно через камеры *2* и *3*, барботируя через кислоту и упаривая ее. Кислота течет противотоком из камеры *3*, где она подогревается, в камеру *2*, где происходит окончательная упарка. Газы из последней камеры, содержащие пары воды и сернокислотный туман, проходят через электрофильтр *4* до выпуска в атмосферу. Топливом служит нефть (мазут), подаваемая в топку форсункой. Воздух нагнетается вентилятором 7. Трубы, по к-рым идут горячие газы, погружены в к-ту несколько ниже ее уровня; эти погруженные концы, а также переливные трубы для к-ты сделаны из кислотоупорного сплава. Барабан в части кислотных камер выложен 10-*мм* свинцом и футерован в 3 слоя кислотоупорным кирпичом. Электрофильтр (аппарат Котреля) *4* трубчатого типа с осадительными электродами в виде графитовых труб,



Фиг. 42.

5 и *6*—сборники кислоты, *8*—холодильник. Аппараты «Кемико» строятся разной производительности. На промыслах Азнефти с 1931 г. работает аппарат «Кемико». Его производительность на практике равнялась 58 *т* купоросного масла в сутки при крепости исходной к-ты в 58—59° Bé. Аппарат «Кемико» выгодно отличается своей большой производительностью, компактностью и простотой. Стоимость переработки 1 *т* моногидрата в пределах концентрации 70÷93% равняется 7—8 руб.

2. Контактный процесс характеризуется тем, что реакция $2SO_2+O_2 \rightleftarrows 2SO_3$ протекает в присутствии твердых катализаторов и в отсутствии воды, вследствие чего получается не разбавленная серная к-та, как в камерном и башенном способах, а серный ангидрид, из к-рого затем получают к-ту любой крепости.

Реакция $2SO_2+O_2 \rightleftarrows 2SO_3$ обратима. Согласно закону действия масс (см. *Действующих масс закон*) получаются следующие соотношения:

$$K_p = \frac{P^2_{SO_2} \cdot P_{O_2}}{P^2_{SO_3}} \cdot K_c = \frac{C^2_{SO_2} \cdot C_{O_2}}{C^2_{SO_3}} \cdot \frac{P^2_{SO_2} \cdot P_{O_2}}{P^2_{SO_3}}$$

ний и молекулярных концентраций; P_{SO_2}, P_{O_2} и P_{SO_3}—парциальные давления, а C_{SO_2} и т. д.—молекулярные концентрации. В классич. работе Боденштейна и Поля (Pohl) [45] даны результаты опытной проверки этих ур-ий. С повышением $t°$ равновесие, согласно принципу Ле-Шателье, передвигается в сторону SO_3, а числовое значение констант равновесия K_c и K_p увеличивается, и наоборот. Результаты измерения значений K_c при разных темп-рах приведены в табл. 32.

Табл. 32.—Значения K_c при различных температурах.

$t°$	$T°$	K_c	$\lg K_c$	$\Delta \lg K_c$	ΔT	$\frac{1}{2}Q_v$ для 1 моля SO_2	$\frac{1}{2}Q_v$ (среднее)
528	801	$1{,}55 \cdot 10^{-5}$	−4,810	0,681	51	21,300	
579	852	$7{,}65 \cdot 10^{-5}$	−4,126	0,626	48	22,500	21,900 *1
627	900	$3{,}16 \cdot 10^{-4}$	−3,500	0,586	53	21,800	
680	953	$1{,}22 \cdot 10^{-3}$	−2,914	0,463	47	21,500	21,700 *2
727	1 000	$3{,}54 \cdot 10^{-3}$	−2,451	0,551	62	21,700	
789	1 062	$1{,}86 \cdot 10^{-2}$	−1,900	0,348	43	21,700	
832	1 105	$2{,}8 \cdot 10^{-2}$	−1,552	0,463	65	21,100	21,500 *3
897	1 170	$8{,}16 \cdot 10^{-2}$	−1,089				

*1 Для 877°. *2 Для 979°. *3 Для 1 081°.

Значения K_c найдены экспериментально, а теплота реакции Q_v—вычислением из ур-ия изохоры, определяющего зависимость K от T:

$$\lg K_c = \int \frac{Q_v dT}{RT^2} + C$$

или

$$\lg K_c = -\frac{Q_v}{RT} + C$$

(для небольшого темп-рного интервала Q_v принято за постоянную). Из табл. 32 (7-я графа) видно, что Q_v уменьшается с увеличением T, причем (8-я графа) на каждые 100° она изменяется на 200 cal/г-моль SO_3. Принимая, что такая зависимость Q_v от T распространяется до абсолютного нуля, получим $Q^T_v = Q_0 - 2T$. Для 877° имеем: $21\,900 = Q_0 - 2 \times 877$, откуда $Q_0 = 23\,654$, и следовательно для любой температуры

$$Q^T_v = 23\,654 - 2T. \qquad (1)$$

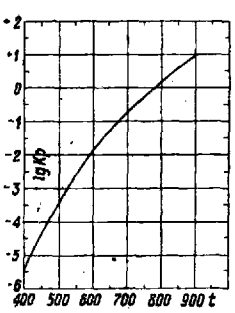
Это ур-ие хорошо согласуется с экспериментальным определением Q^{290}_v, произведенным Бертело. На основании приведенных в табл. 32 экспериментально найденных значений K_c и полученного выражения (1) для Q^T_v ур-ие изохоры выразится следующим образом:

$$\lg K_c = -\frac{10\,349}{T} - 2{,}02 \lg T + 13{,}959 \qquad (2)$$

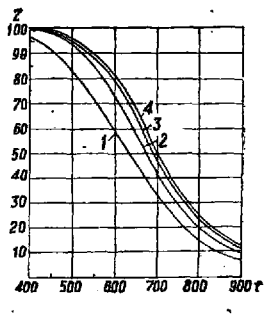
и

$$\lg K_p = -\frac{10\,349}{T} - 1{,}02 \lg T + 12{,}873 \text{ (фиг. 43).} \qquad (3)$$

Для практич. целей важно иметь формулу для нахождения максимального возможного процента перехода SO_2



Фиг. 43.



Фиг. 44.

в SO_3 для разных темп-р и разного состава исходного печного газа. Пусть означают: a—%-ное содержание SO_2 в печном газе, b—то же для O_2, c—то же для N_2 и z—степень

$100-0,5\,az$ объемов. При общем давлении газа (после превращения), равном 1 *atm*, будем иметь:

$$P_{O_2}=\frac{b-0,5az}{100-0,5az};\quad P_{SO_2}=\frac{a-az}{100-0,5az};\quad P_{SO_3}=\frac{az}{100-0,5az}. \quad (4)$$

Но

$$z=\frac{X_{SO_3}}{X_{SO_2}+X_{SO_3}}=\frac{P_{SO_3}}{P_{SO_2}+P_{SO_3}},$$

где X—объемные концентрации в %, P—парциальные давления, откуда

$$\frac{z}{1-z}=\frac{X_{SO_3}}{X_{SO_2}}=\frac{P_{SO_3}}{P_{SO_2}}.$$

По закону действующих масс:

$$\frac{P_{SO_3}}{P_{SO_2}}=\sqrt{\frac{P_{O_2}}{K_p}}=\sqrt{\frac{P_{O_2}}{K_c\cdot RT}}.$$

Следовательно

$$\frac{z}{1-z}=\sqrt{\frac{P_{O_2}}{K_c\cdot RT}}=\sqrt{\frac{P_{O_2}}{K_p}}$$

и

$$z=\frac{\sqrt{P_{O_2}}}{\sqrt{K_c\cdot RT}+\sqrt{P_{O_2}}}=\frac{\sqrt{P_{O_2}}}{\sqrt{K_p}+\sqrt{P_{O_2}}}. \quad (5)$$

Из (4) и (5) получаем:

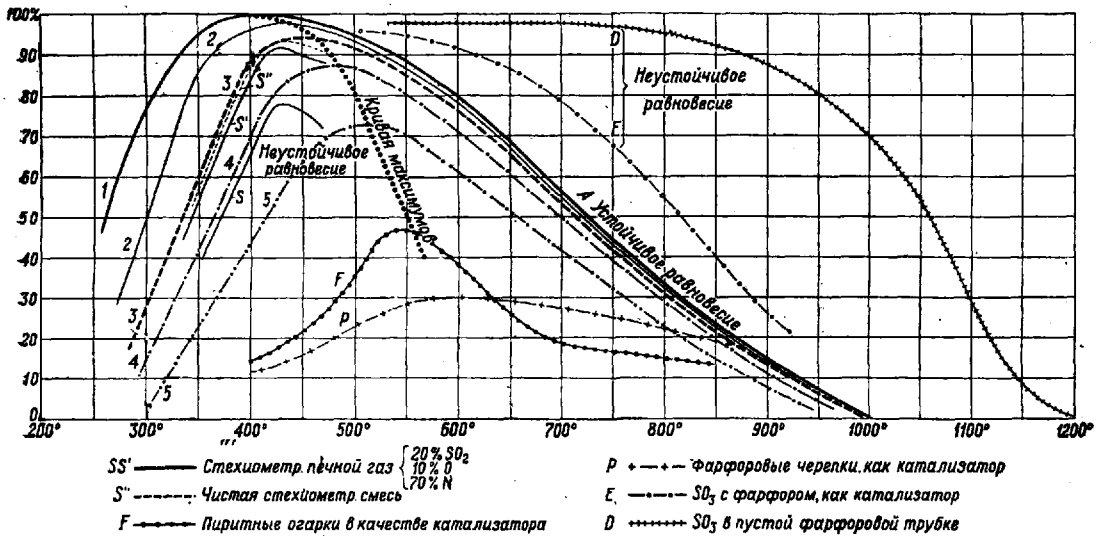
$$z=\frac{\sqrt{\frac{b-0,5az}{100-0,5az}}}{\sqrt{K_p}+\sqrt{\frac{b-0,5az}{100-0,5az}}}. \quad (6)$$

Пользуясь ур-иями (3) и (6), Боденштейн и Поль вычислили z для разных темп-р и разного состава печного газа (см. табл. 33 и фиг. 44, где кривая *1* соответствует исходному газу с содержанием SO_2 в 10%, кривая *2*—газу с содержанием SO_2 в 7,0%, *3*—в 4,0%, *4*—2%).

Табл. 33.—Значения z для разных $t°$ и разного состава газа.

Состав исходного газа			Значения $z\cdot100$ при темп-рах (в °С)					
a	*b*	*c*	400	500	600	700	800	900
10,10	5,05	84,85	96,2	83,2	59,1	31,9	15,0	7,0
7,00	10,00	83,00	99,3	93,1	73,3	42,5	20,5	9,8
4,00	14,60	81,40	99,4	94,9	78,3	48,1	21,2	11,0
2,00	18,00	80,00	99,5	95,6	80,6	51,3	26,3	12,9

Из табл. 33 и диаграммы фиг. 43 видно, что для получения максимальных выходов необходимо вести превращение при низких $t°$. Однако при очень низких $t°$ скорость реакции слишком мала даже в присутствии наиболее активного катализатора—платины, вследствие чего на практике контактирование (по крайней мере последнюю стадию его) ведут при $t°$ ок. 450°. Табл. 33 и диаграмма фиг. 44 показывают также зависимость превращения от содержания кислорода в газе (а следовательно и SO_2). Сравнение 2-й и 3-й строк таблицы приводит к заключению, что разбавление печного газа воздухом почти на 50% очень мало повышает степень перехода SO_2 в SO_3; сравнение же 1-й и 2-й строк показывает, что уменьшение содержания кислорода с 10% до 5% значительно снижает степень перехода. Поэтому на практике считается нормальным для контактного процесса печной газ, содержащий ок. 7% SO_2 и 10% O_2. Выше было высказано предположение, что количество катализатора или, что то же, время соприкосновения газа с катализатором с избытком достаточно для достижения равновесия. Если количество катализатора, как это всегда бывает на практике, ограничено, то приобретает значение и другой фактор: скорость протекания газа. Фиг. 45 дает зависимость между темп-рой, выходом и различной скоростью протекания газа. Кривые *1*, *2*, *3*, *4* и *5* относятся к печному газу, содержащему 7% SO_2, 10% O_2 и 83% N_2 и контактирующему над 0,5 *г* платины. Скорость протекания газа: для кривых: *1*—300 *см³/мин*, *2*—1 000 *см³/мин*, *3*—2 500 *см³/мин*, *4*—7 500 *см³/мин* и *5*—80 000 *см³/мин*. Кривые *S* и *S'* относятся к стехиометрическому печному газу (20 объемн. % SO_2, 10% O_2 и 70% N_2), протекающему со скоростью: для *S*—1 000 *см³/мин* и для *S'*—500 *см³/мин*. Кривая S" относится к чистой стехиометрической смеси над платиной, *F*—к случаю, когда катализатором являются пиритные огарки (Fe_2O_3, CuO), а скорость протекания газа=500 *см³/мин*, *P*—катализатор (фарфоровые черепки), а скорость равна 500 *см³/мин*. Кривая *E* относится к нагреву SO_3 над фарфором, а *D*—к нагреву SO_3 в пустой фарфоровой трубке при скорости протекания в обоих случаях в 500 *см³/мин*. *A* показывает область устойчивого равновесия, кривые *D* и *E* относятся к области неустойчивого равновесия. Каждая из линий имеет максимум, в к-ром балансируются возрастание выхода вследствие увеличения скорости реакции и понижение выхода вследствие снизившегося равновесия. Чем больше скорость протекания газа, тем ниже и правее (т. е. в области более высоких $t°$) лежит этот максимум. Фиг. 46 дает зависимость между темп-рой и процентом превращения (кривая *A*), а также между темп-рой и максимальным весом SO_2, к-рый м. б. превращен при этих условиях одним *г* платины (кривая *B*). Ф-ла (6) была получена для общего давления газа, равного 1 *atm*; при давлении, равном *P*, получим

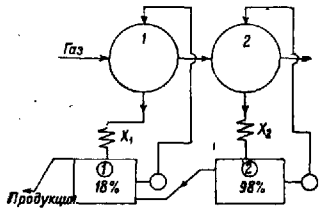


Фиг. 45.

$$z=\frac{\sqrt{\frac{b-0,5az}{100-0,5az}\cdot P}}{\sqrt{K_p}+\sqrt{\frac{b-0,5az}{100-0,5az}\cdot P}}.$$

Если P равно напр. 10 *atm*, то 100 z при 400° равно 99,8; при 450°—99,2 и т. д. Столь незначительное увеличение степени перехода не окупает затрат, связанных с высоким давлением, и поэтому на практике последнее не применяют. Наконец диаграмма фиг. 47 дает зависимость между количеством платины (или временем соприкосновения) и % превращения. При 300° максимум превращения не достигается. С повышением $t°$ высокие выходы достигаются быстрее, а при 450° кривая первое время почти параллельна оси ординат.

показаны конструкция первого, а также ход газа и к-ты. Основная деталь—колокол с рифлен. краями и отверстиями, опущенный в к-ту. Тесное соприкосновение барботирующего газа с жидкостью способствует поглощению. В системе имеются три абсорбера, включенные последовательно и установленные каскадом. Первый по ходу газа (нижний) абсорбер—железный; он питается слабым олеумом (14—18% своб. SO_3), вытекающим из среднего абсорбера, а образует крепкий олеум (до 35% своб. SO_3).

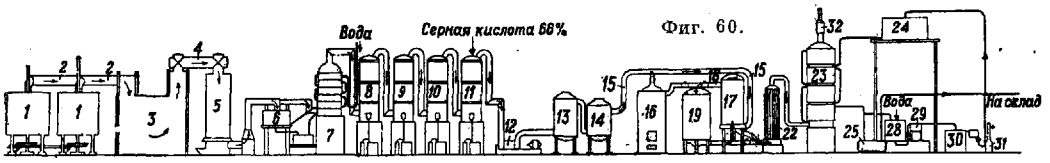


Фиг. 59.

Средний абсорбер, тоже железный, питается моногидратом из последнего верхнего абсорбера. Моногидратный абсорбер построен из эмалированного чугуна и имеет 4 колокола меньших размеров. Питается он обычно кислотой из сушильных башен 58° Bé. Высота абсорбера без крышки—2 100 *мм*. в) Абсорберы скрубберного типа, обеспечивая хорошее соприкосновение газа с жидкостью, вместе с тем имеют меньшее сопротивление, чем аппараты барботирующие. В системе Герресгоф-Байера имеются два абсорбера, причем второй отличается от первого только в деталях. Абсорбер представляет железный сварной цилиндр, футерованный кислотоупорной керамикой и насаженный кольцами Рашига (25×25 *мм*). Насадка покоится на керамиковых колосниках; газ и жидкость двигаются противотоком. Олеумный абсорбер орошается олеумом уд. веса 1,92 в количестве 15 *м³/ч*. Моногидратный абсорбер орошается к-той с содержанием 98—98,5% H_2SO_4 («моногидрат») в количестве 60 *м³/ч*. Т. к. в системе Герресгоф-Байера сушильная башня и моногидратный абсорбер орошаются к-той одной же крепости (моногидратом), то они имеют общие холодильники и общий сборный бак. Схема орошения абсорберов дана на фиг. 59. В тентелевской системе моногидратный абсорбер питается к-той из сушильных башен крепостью 58° Bé; при недостатке сушильной к-ты вводится вода. Можно также вводить к-ту извне, напр. башенную к-ту или купоросное масло, ной к-ты 58—60° Bé дает значительную экономическую выгоду. Чем крепче питающая к-та, тем большее количество ее будет закреплено до олеума. Поэтому в последнее время проектируется вывод сушильной кислоты из цикла и выпарка ее в специальной концентрационной установке до купоросного масла. Вместе с купоросным маслом извне она возвращается тогда для питания абсорберов. В этом случае производительность контактной системы по выпуску олеума м. б. удвоена. При желании получать всю продукцию в виде олеума заданной концентрации важно кроме крепости питающей кислоты правильное распределение абсорбции по отдельным абсорберам, что, как мы уже видели, зависит от $t°$ в абсорберах.

Из многочисленных предложенных в разное время контактных систем—баденская, тентелевская, Грилло, Мейстер-Люциус, маннгеймская, фрейбергская, Рабе, Цирен, Герресгоф-Байер, Лурги-тентелевская, Сельден—нек-рые в промышленности совершенно не нашли распространения, нек-рые уже устарели и были вытеснены более рентабельными методами. Почти все работающие в настоящее время контактные з-ды относятся к системам баденской, тентелевской, Грилло, Герресгоф-Байера и сельденовской.

а) З-ды тентелевской системы работают почти во всех промышленных странах мира. Аппаратура громоздка и не приспособлена к большим мощностям, но срок службы очень велик и к-та очень чиста. Ремонты сравнительно малы, перебои редки и наблюдение несложно. Контактная масса работает десятки лет при высоком % превращения (96—98%). Баденская система мало отличается от тентелевской. Фиг. 60 дает схему расположения аппаратуры тентелевской системы. *1, 1*—печи, *2*—газоход, *3*—пыльная камера, *4*—газоход, *5*—холодильник, *6*—форвашер, *7*—промывная башня, *8*—башня-фильтр, *9, 10, 11*—сушильные башни, *12*—компрессор, *13, 14*—фильтры для задерживания масла из компрессора, *15, 18*—газоходы,



Фиг. 60.

16—подогреватель, *17*—теплообменник, *19*—конвертер, *22*—ангидридный холодильник, *23*—абсорберы (абсорберы показаны расположенными не каскадом, а один над другим), *24*—бак для С. к., *25*—монтежю для подачи олеума на склад, *28*—смеситель для разбавления олеума до содержания 96—98% H_2SO_4 для питания моногидратного абсорбера, *29* и *30*—холодильники, *31*—автоматич. монтежю (пульсометр).

б) Фирма Лурги строит измененную тентелевскую систему, снабженную современной системой очистки. В Лурги-тентелевской системе сохранены контактный узел и абсорберы тентелевской системы, а вместо холодильника, форвашера и промывной башни установлены скрубберы и электрофильтры. Снижение сопротивления, а также упрощение аппаратуры при высокой эффективности и длительном амортизационном сроке ставят эту систему в ряд лучших современных систем. На фиг. 61 приведена схема этой системы: *1*—печь, *2*—пыльная камера, *3*—электрофильтр для улавливания пыли, *4* и *5*—холодильные (промывные) башни, *6*—газовый холодильник (поверхностный), *7, 9* и *10*—мышьяковые электрофильтры, *8*—увлажнительная (хлорная) башня, *11*—коксовый фильтр, *12, 13* и *14*—сушильные башни, *15*—ловушка для брызг, *16*—компрессор, *17*—маслоотделитель, *18*—подогреватель, *19* — теплообменник, *20*—конвертер, *21* — ангидридный холодильник, *22*—олеумный абсорбер, *23*—моногидратный абсорбер, *24*—ловушка для брызг.



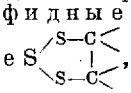
Фиг. 61.

в) Система Грилло представлена за границей значительным количеством з-дов, отличающихся однако в значительной степени друг от друга. Затраты на строительство меньше, чем в тентелевской системе, расход энергии тоже меньше, но срок службы контактной массы невелик вследствие несовершенной очистки. Эта система считается в значительной степени устаревшей. На фиг. 62 дана схема сист. Грилло на 20—25 *т* SO_3 в сутки, построенной в 1915 г. в Гретне (Англия). Газ из печей *B* идет в пыльную

из них для суперфосфатной пром-сти 1 426 000 (64,5%). Значительное снижение доли туковой пром-сти в потреблении С. к. объясняется гл. обр. расцветом пром-сти связанного азота и азотистых удобрений. Россия производила в 1913 г. 164 000 *m* С. к. (100%); на производство суперфосфата шло ок. 50 000 *m*. В 1931 г. по всему СССР было выработано 419 700 *m* H_2SO_4 (100%). Из этого количества на суперфосфат пошло 174 000 *m*. В 1932 г. выработано 600 000 *m* H_2SO_4.

Лит.: Лукьянов П., Курс химич. технологии минеральных веществ, 2 изд., ч. 1, М.—Л., 1931; его же, Производство серной кислоты контактным способом, М., 1922; Waeser B., Handbuch der Schwefelsäurefabrikation, B. 1—2, Brschw., 1930; Miles F., The Manufacture of Sulphuric Acid (Contact Process), L., 1925; Braidy H., La fabrication de l'acide sulfurique par le procédé de contact, P., 1925; de Jussien, Évolution de la fabrication del'acide sulfurique, P., 1927—28; Pierron L., Les procédés modernes de fabrication de l'acide sulfurique, P., 1929; Wolf Ph. and Larison E. L., American Sulphuric Acid Practice, N. Y., 1921; Wyld W., Raw Materials for the Manufacture of Sulphur Dioxide, L., 1923.—[1]) Parkes, The Concentration of Sulphuric Acid, L., 1924; [2]) Перриш и Снеллинг, Концентрация серной кислоты, пер. с англ., М.—Л., 1930; [3]) Wyld W., Raw Materials for the Manufacture of Sulphuric Acid, L., 1923; [4]) Lunge, «B», 1878, B. 2, p. 370; [5]) Rhodes u. Barbour, «Ch. Ztrbl.», 1924, 2, p. 746; [6]) Knietsch, «B», 1901, p. 4069—4115; David M., «Journ. Soc. Chem. Ind.», 1924, p. 57; [7]) Kohlrausch, Das Leitvermögen d. Elektrolyte, p. 156, Lpz., 1898; [8]) Lunge, «Chem. Ind.», Lpz., 1886, p. 47; [9]) Lunge u. Schmid, «Z. ang. Ch.», Lpz., 1892, p. 642; [10]) Г. П. 338230, 340067, 340185, 341795, 400138, 435170; Австр. П. 84755, 85252, 85255; Швейц. П. 93328—93330, 94497; Ам. П. 1444891; Норв. П. 36436, 36723; Голл. П. 330; Шведск. П. 54987; [11]) ОСТ 43, 44, 45 и 361; [12]) Truchot P., Les pyrites—pyrites de fer, pyrites de cuivre, P., 1907; Ферсман А., Колчедан, «НИ», т. 2, стр. 143, Л., 1927; Тихонович Н., Серный и медный колчеданы, сборн. «Источники минерального сырья для химич. промышленности», т. 2, 1928; Дембо М., Демьянов Н. и Зельдович Г., Флотационный колчедан и его использование в сернокислотной промышленности, М.—Л., 1932; [13]) Лукьянов П., Механические печи для сжигания серного колчедана, Петроград, 1920; Pascal P., Traité de chimie minérale, t. 2, P., 1932; Г. П. 250623, 257424, 321119; «Chem. Apparatur», Lpz., 1915, p. 95, 105; [14]) Ам. П. 27061 (1906); Г. П. 243613, 358730, 453299; [15]) Г. П. 243913, 263939, 268602, 273942, 325895, 350645, 355885; Ам. П. 273976 (1927); Фр. П. 659977; Чех.-сл. П. 2716 (1926); [16]) Ам. П. 648183, 649183, 654335, 777577, 842736, 976525, 1123965/6; Г. П. 168468, 231001, 243325, 247334, 255048, 350646, 350831, 351406; [17]) «Chem. Apparatur», Lpz., 1928, B. 15, p. 25; «Ch. Ztrbl.», B., 1928, T. 2, p. 1028, 1929, T. 1, p. 3033; [18]) Dengg K., «The Technologist», 1931, v. 37, p. 5; [19]) Г. П. 421725; [20]) Г. П. 460771, 369107, 403254, 396212, 406293, 380575, 407179, 307761, 411636, 391766, 290656, 413330, 304262, 414205, 377520, 378608, 421027, 428470, 432362, 460252; Фр. П. 594078, 612386; Ам. П. 1145579; Австр. П. 87315; [21]) Г. П. 297922, 299033, 300849, 310070, 388848, 388849; Швейц. П. 90640; Австр. П. 92887; [22]) «Chem. Ind.», Lpz., 1929, p. 470; [23]) Reich F., Die bisherigen Versuche zur Beseitigung des Hüttenrauches bei den fisikalischen Hüttenwerken zu Freiberg, Freiberg, 1858; [24]) Raschig, «Z. ang. Ch.», Lpz., 1909, p. 1182; [25]) Lunge, «B», B. 18, p. 1391; [26]) Lunge, ibid., 1888, B. 21, p. 67, 3323; [27]) Sorel E., La fabrication de l'acide sulfurique et des engrais chimiques, P., 1887; [28]) Raschig, «Liebigs Ann.», Lpz., 1885, B. 231, p. 242; 1888, B. 248, p. 123; «B», 1888, B. 21, p. 3223; «Chem. Ind.», Lpz., 1888, p. 570; «Z. ang. Ch.», Lpz., 1904, p. 1390, 1777; ibid., 1905, p. 1281—1323; ibid., 1907, p. 1694, 1809; «J. Ch. I.», 1911, p. 166—172; «Z. ang. Ch.», Lpz., 1925; «B», B. 60, 1927, p. 616; ibid., 1927, p. 1183; ibid., 1928, p. 207; ibid., 1904, p. 1859; ibid., 1905, p. 60; ibid., 1906, p. 807, 857, 881; ibid., 1907, p. 794, 1713, 2074; [29]) Bodenstein M., ibid., 1909, p. 1153; «Z. f. phys. Ch.», Lpz., 1922, B. 100, p. 68—123; «Z. f. Elektrochemie», Berlin, 1918, B. 24, p. 183; [30]) Forrer M., Contribution à l'étude physico-chimique du procédé des chambres de plomb, «Université de Genève», Thèse 689; [31]) Bitterli E., Recherches sur le mécanisme de formation de l'acide sulfurique par le procédé des chambres, ibid., Thèse 687; [32]) Rossignol M., Contribution à l'étude de la fabrication de l'acide sulfurique par le procédé des chambres, ibid., Thèse 713; [33]) Graire A., «Ch. et Ind.», 1926, p. 3, 181; «Технология серной кислоты», сборник под ред. проф. В. Н. Шульц, М.—Л., 1932; [34]) Pascal P., Synthèses et catalyses industrielles, P., 1925; [35]) «ЖХП», 1926, т. 3, стр. 1279; 1927, т. 4, стр. 12; [36]) Kaltenbach, «Ch. et Ind.», P., 1918, p. 389; «J. a. Eng. Chem.», Wsh., 1916, p. 825; Partington a. Parker, «J. Ch. I.», 1919, p. 75; Donnau, ibid., 1920, p. 236; Adeney a. Becker, «The Phil. Mag.», L., 1919, Serie 6, v. 38, p. 317; van Arsdel, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1920; Lewis, «J. a. Eng. Chem.», Wsh., 1916, p. 825; Haslam, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1923, p. 66; Haslam, Ryan a. Weber, «Ind. a. Eng. Chem.», Wsh., 1923, p. 1103; Draue, ibid., 1922, p. 186; Whitman a. Keats, ibid., 1922, p. 186; Deschamps, «Ch. et Ind.», P., 1922, p. 1167; Zeisberg, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1920, p. 765, 1925, p. 39; Tungay, «Chem. Age», L., 1919, p. 11—13; Donald a. Tyson, «Trans. of the Chem. Eng.», L., 1923, p. 69; Baker, Hagemann a. Maniing, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1923; Miller, ibid., 1920, p. 1155; Cavack a. Patrick, «J. Ch. I.», 1920, p. 67; Weissenberger u. Piatti, «Chem. Apparatur», Lpz., 1926, p. 233; Kowalke, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1925, p. 506; Brown, «Ch. a. Ind. Review», L., 1925, p. 410; Cantelo, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1926, p. 680; Riou, «CR», 1927, p. 195; Burke a. Plummer, «I. Eng. Chem.», Wsh., 1928, p. 11; 1929, p. 238; [37]) Meyer T., «Z. ang. Ch.», Lpz., 1904, p. 477; [38]) Hess, ibid., 1905, p. 367; Lunge, ibid., 1902, p. 151; [39]) Pierron L., Les procédés modernes de la fabrication de l'acide sulfurique, p. 476, P., 1929; Moritz, «Ch. et Ind.», P., 1932, v. 27, p. 466; Г. П. 235800; Ам. П. 981103; Фр. П. 395694, 444474, 573673, 593627; [40]) Г. П. 241509; Ам. П. 932771; Фр. П. 410550; «Eng. Min. Journ.», 1909, p. 441; «J. Ch. I.», 1909, p. 1032; Petersen, «Z. ang. Ch.», Lpz., 1911, p. 880; Falding a. Catheart, «Ind. a. Eng. Chem.», Wsh., 1913, p. 223; Keppeler, «Jahrb. d. Chemie», 1912, p. 381; Pratt, «Z. ang. Ch.», Lpz., 1923, p. 1271; Hoffmann, «Ch.-Ztg», Cöthen, 1913, p. 1271; [41]) Millberg, «Ind. Chim.», 1926, t. 13, p. 491; «Chem. Trade Journ.», L., 1926, v. 79, p. 558; Г. П. 4550735; [42]) Г. П. 321407, 331039, 440339; Ам. П. 1112546, 1312741, 1312742, 1627043; Фр. П. 472366 и доб. 29945, 598453; Голл. П., 5490; «Chem. Trade Journ.», L., 1915, p. 131; [43]) Г. П. 346121, 437911; Фр. П. 528080 и доб. 26747; Parrish P., «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1929, p. 68—72; [44]) Truchot, «Chim. et Ind.», P., 1922, p. 289; [45]) Bodenstein u. Pohl, «Ztschr. f. Elektrochemie», B., 1905, B. 11, p. 373; [46]) Bodländer u. Köppen, ibid., 1903, B. 9, p. 559, 787; [47]) Bodenstein u. Fink, «Z. f. phys. Chem.», Lpz., 1907, B. 60, p. 1; [48]) Taylor a. Barus, «J. of the Amer. Chem. Soc.», Wsh., 1921, p. 1273; Rideal, «Ch.-Ztg», Cöthen, 1927, p. 690; Feussner, «Metallbörse», B., 1927, p. 1489; Kaul, «Metallbörse», B., 1928, p. 734, 846; Ramsay und Shields, «Z. f. phys. Chem.», Lpz., 1898, B. 25, p. 685; Haber u. Grinberg, «Z. f. anorg. u. allg. Chemie», Lpz., 1898, B. 18, p. 39; «Z. f. phys. Chem.», Lpz., 1900, B. 34, p. 515; Bredig, Müller, v. Barneck, Jkeda E., ibid., 1899, B. 31, p. 256; 1901, B. 37; 1901, p. 1, 448; Bredig, «Anorg. Fermente», p. 94, 1891; Engler u. Wöhler, «Z. f. anorg. u. allg. Chemie», 1901, B. 29, p. 1; Wöhler, Foss u. Plüddemann, «B», 1906, B. 39, p. 3538; Bodenstein u. Fink, «Z. f. phys. Chem.», Lpz., 1907, B. 60, p. 1; Stock u. Bodenstein, «B», 1907, B. 40, p. 570; Wöhler L., Plüddemann W. u. Wöhler P., «Z. f. phys. Chem.», Lpz., 1908, B. 62, p. 641; Willstätter R. u. Jaquet, «B», 1918, B. 51, p. 767; Willstätter R. u. Waldschmidt-Leitz, ibid., 1921, B. 54, p. 113; Wieland, ibid., 1912, B. 45, p. 685; Waldschmidt-Leitz, «B», 1921, B. 54, p. 113; [49]) Reese, «J. Ch. I.», 1903, v. 22, p. 351; [50]) Neumann, «Z. f. Elektrochemie», B., 1929, p. 42; Panzner, «Z. f. Elektrochemie», B., 1928, p. 696, 734; Küster (Franke), «Z. f. anorg. u. allg. Chemie», Lpz., 1904, p. 453; Koppel-Behrend, ibid., 1903, p. 154; Auger, «CR», 1921, t. 173, p. 306; Auger-Eichner, ibid., 1927, t. 185, p. 208; Eichner, ibid., 1927, t. 185, p. 1201; Sieverts-Müller, ibid., 1928, B. 173, p. 313; Neumann-Jüttner, «Z. f. Elektrochemie», B., 1930, p. 87; Ефремов и Розенберг, «Ж», Л., т. 59, стр. 701; Ададуров и Бореснов, там же, стр. 805; Nickell L., «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., v. 35, p. 153; Heely junior, «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1928, p. 361; Spangler S. F., «I. a. Eng. Chem.», Wsh., 1929, p. 417; Jaeger A., ibid., 1929, p. 627; Waeser B., «Metallbörse», B., 1929, p. 1349, 1906; [51]); Ам. п. 1657753, 1657754, 1660511, 1675308, 1675309, 1678626, 1678627, 1682787, 1685672, 1694123, 1695285, 1696546, 1701075, 1716028, 1728732, 1741309, 1741310; Ан. П. 266007, 279466, 279819, 280712, 283887, 286212, 286708, 287401, 290089, 294975, 295270, 296048, 298142, 301491, 301799, 305636, 306442, 306471, 306519, 307457, 309582/3, 310956, 313153, 33537/29, 4361/30, 4849/30; Фр. П. 629049, 635717, 641619, 642361, 642362, 642471, 647770, 649525/6, 664632, 665264, 669702, 670396, 673602, 676292; Швейц. П. 125003, 136364, 136365, 136366, 136367, 136368, 136419, 136638; [52]) Spangler S. F., «Chem. a. Met. Eng.», N. Y., 1928, p. 361. Г. **Крейнер.**

СЕРНИСТЫЕ КРАСИТЕЛИ, нерастворимые в воде соединения, образующиеся при крашении на волокнистых материалах при окислении лейкосоединений, получаемых восстановлением этих красителей сернистыми щелочами (Na_2S). Строение С. к. до настоящего времени не установлено, но предполагают, что в них имеются

дисульфидные группы —S—S—, или полисульфидные —S—(S)$_x$—S—, или тиозонные  , или тиофенольные (меркаптанные) SH-группы. При восстановлении С. к. (при помощи Na_2S, $Na_2S_2O_4$, глюкозы) образуются тиофенолы RSH, растворимые в щелочах с образованием тиофенолятов RSNa (окрашенных в желтый цвет); Na_2S производит одновременно восстановление С. к. и растворение их. С. к. встречаются в виде а) нерастворимых в воде красителей — порошковых, осажденных из плавов высаливанием или продуванием воздуха и содержащих гл. обр. ди- или полисульфидные группы, и б) отчасти растворимых в воде—пастовых, не осажденных плавов, содержащих повидимому тиофеноляты RSNa, обусловливающие растворимость их в воде. С. к. выпускаются красочными ф-ками с характерными для них названиями, по к-рым можно узнать принадлежность красителя к классу С. к. (сернистые, тиогеновые, криогеновые, катигеновые, иммедиальные, эклипсовые, тионовые, тиоксиновые и др.). С. к. находят применение почти исключительно для растительных волокнистых материалов; животные волокна они также окрашивают, однако это крашение до настоящего времени практического значения не имеет, так как при крашении в щелочной ванне может произойти ослабление крепости и даже разрушение животных волокон.

Крашение растительных волокнистых материалов (хлопка, льна и других). Продукты восстановления С. к. (лейкосоединения) представляют тиофенолы, растворимые в щелочах с образованием тиофенолятов, которые по отношению к целлюлозным волокнам обладают субстантивными свойствами; при погружении растительных волокон в щелочной раствор лейкосоединений С. к. происходит выбирание (адсорбция) лейкосоединений целлюлозным волокном по уравнению адсорбции (см. *Крашение*, теория крашения), а затем закрепление его, как это имеет место при крашении субстантивными красителями растительных волокон. До настоящего времени не установлено, в каком виде на волокне происходит закрепление лейкосоединения: в виде RSH или RSNa. Субстантивные свойства лейкосоединений повидимому объясняются высоким молекулярным весом С. к. и способностью образовать коллоидные растворы. Закрепление лейкосоединений можно регулировать, с одной стороны, нейтральными солями (NaCl, Na_2SO_4), уменьшающими степень дисперсности и устойчивости частиц красильного раствора и способствующими (до известной степени дисперсности, Р. Галлер) закреплению на волокне, а с другой—щелочными солями или щелочами (Na_2S, Na_2CO_3, NaOH), увеличивающими степень дисперсности и устойчивости и замедляющими таким образом закрепление. Закрепленное волокном лейкосоединение С. к. в заключение подвергается окислению при завешивании на воздухе или при промывке водой (за счет растворенного в ней воздуха). После этого окисления на волокне образуется С. к. Общие ориентировочные указания относительно крашения этими красителями сводятся к следующему: необходимое для крашения количество красителя растворяют в горячей воде (1 ч. красителя на 10—30 ч. воды) сернистым натрием Na_2S в присутствии соды или едкого натра (в редких случаях вместо Na_2S берут гидросульфит натрия или глюкозу). Для быстрого и полного восстановления порошковые (осажденные) красители предварительно смачивают раствором контакта Т, ализаринового масла и др., а затем уже прибавляют воду, Na_2S, Na_2CO_3 и др. Полученный концентрированный щелочной раствор лейкосоединения С. к. вливают в красильную ванну, длина которой д. б. короткой (о длине ванны см. *Крашение*, К. кислотными красителями) и в зависимости от применяемой аппаратуры, волокнистого материала и др. условий колеблется в пределах от 3 : 1 до 30 : 1, причем в барках она составляет от 20 : 1 до 30 : 1, механич. аппаратах от 7 : 1 до 20 : 1 и в джиггерах от 3 : 1 до 5 : 1. Приготовленная к крашению красильная ванна содержит необходимое количество красителя (в зависимости от требуемого цвета и свойств красителя содержание его в ванне доходит до 25%, считая на осажденный типовой краситель), такое же количество (по отношению к типовому порошковому красителю) плавленого (62 — 64%-ного) Na_2S (для пастовых красителей Na_2S берут меньше), 1—4% кальцинированной соды и до 20% (для черных красителей до 50%) поваренной соли или сульфата. Приведенные количества берут от веса волокнистого материала при крашении в первой ванне. Иногда красильная ванна содержит усилители—аммониевые соли (NH_4HCO_3, NH_4Cl и др.), способствующие выбиранию и закреплению лейкосоединений волокном.

Крашение заключается в том, что волокнистый материал, предварительно подготовленный замочкой, расшлихтовкой, отваркой или белением, погружают в указанную ванну, где его выхаживают от $^3/_4$ до 1 часа (за исключением крашения в плюсовке и проходном аппарате, где продолжительность выхаживания $\geq$ 1—2 м.) при $t°_{кип.}$ или близкой к ней. Нек-рыми красителями окрашивают при $t°$ 20÷90°. Во время крашения стремятся по возможности уменьшить проникновение воздуха в красильный раствор во избежание получения неровной и пятнистой окраски. По этой причине волокнистый материал находится во время крашения обыкновенно под уровнем красильного раствора и вынимается из него лишь для перетягивания, напр. мотков пряжи или ткани при крашении в барках и джиггерах. Тотчас по окончании крашения волокнистый материал вынимают из красильной ванны и подвергают равномерному отжиму или отсосу (или продувке сжатым воздухом) для равномерного удаления избытка незакрепленного лейкосоединения. В противном случае, особенно при быстро окисляющихся лейкосоединениях С. к., может получиться неровная окраска. Равномерно отжатый волокнистый материал завешивают на воздухе для окисления лейкосоединения или же сразу подвергают промывке водой, при к-рой происходит окисление за счет кислорода воздуха, растворенного в воде. С. к. при крашении не выбираются полностью, поэтому для экономии красителя пользуются старыми красильными ваннами и работают в т. н. постоянных ваннах, куда перед каждым новым крашением добавляют лишь часть красителя, Na_2S, Na_2SO_4

Уд. в. жидкого SO_2 1,43 (при 0°), 1,49 (при −20°), 1,38 (при +20°). Плотность насыщенного пара и жидкого SO_2:

Температура (°С)	Плотность пара	Плотность жидкости
34,9	0,01553	1,3379
129,75	0,1593	0,9560
151,9	0,402	—
155,0	—	0,6370

Средняя уд. теплоемкость жидкого SO_2 (в интервале −20,6÷+9,8°) равна 0,3178. Коэф. преломления $n_D^{20} = 1{,}342$. Молекулярная рефракция (по формуле Lorentz—Lorenz'a) 9,79. Диэлектрическая постоянная жидкого SO_2 14 (при 20°) и выше. Магнитная проницаемость удельная (при 16°) $2{,}97 \cdot 10^{-7}$. Жидкий SO_2 — хороший растворитель для J, Cl, Br, S, P, H_2SO_4 (немного), HCl, SO_3 (очень хороший). Вода растворима мало. Растворяются иодиды и бромиды щелочных металлов (первые с желто-оранжевой, вторые с зеленоватой окраской). Многие органич. вещества хорошо растворимы в жидком SO_2. Уд. электропроводность $(0{,}4 \div 0{,}9) \cdot 10^{-7}$ (при 0°), т. е. близка к электропроводности воды. Растворы в жидком SO_2 иода, серы, фосфора, PCl_3, $AsCl_3$, $SbCl_3$ и др. не проводят тока; растворы Cl, Br, S_2Br_2, $SbCl_5$, HCl, HBr, иодидов щелочных металлов хорошо проводят ток. SO_2 хорошо адсорбируется углем и другими пористыми телами. Древесный уголь адсорбирует при атмосферном давлении 50÷100 *см*³ SO_2 на 1 *г* угля. Довольно значительна адсорбция SO_2 на асбесте и стекле. Уд. в. водных растворов SO_2:

% SO_2	Уд. вес	% SO_2	Уд. вес
1	1,0056	6	1,0328
2	1,0113	7	1,0377
3	1,0158	8	1,0426
4	1,0221	9	1,0474
5	1,0275	10	1,520

Растворимость SO_2 в воде при разных *t*°:

Темп-ра (°С)	Растворимость	
	объемы SO_2 на 1 объем воды	вес SO_2 (*г*) на 100 *г* воды
0	79,789	22,83
10	56,647	16,21
20	39,374	11,28
30	27,161	7,80
40	18,766	5,41

Теплота растворения газообразного SO_2 (при 25°) 7,5 Cal ($SO_{2(газ)} + 250H_2O = SO_2aq + 7{,}5$ Cal), для жидкого SO_2 известна не очень надежная величина:

$$SO_{2(жидк.)} + aq = SO_2aq + 1{,}5 \text{ Cal}.$$

В технике имеет значение растворимость SO_2 в конц. серной кислоте; 86%-ная серная к-та (близкая по составу к $H_2SO_4 \cdot H_2O$) показывает минимум растворимости.

Крепость к-ты в % H_2SO_4	Объемы SO_2 на 1 объем к-ты	Вес SO_2 (*г*) на 100 *г* к-ты
55,1	26,4	5,13
61,6	25,63	9,82
74,1	21,06	3,63
80,2	18,87	3,21
85,8	17,48	2,80 (*min*)
90,8	19,71	3,10
95,5	23,66	3,69
98,5	25,85	4,03

SO_2—довольно стойкое соединение; однако при действии химически активных лучей на SO_2 наступает разложение. На свету SO_2 и его растворы постепенно разлагаются: $3SO_2 = S + 2SO_3$, что обнаруживается прежде всего по выделению серы. Водород восстанавливает SO_2 даже при 160°, а в присутствии платины — и при комнатной *t*°. При действии высокой *t*° (180°) растворы SO_2 в воде (в запаянных трубках) разлагаются, причем также образуются сера и серная кислота. Термическая диссоциация: $SO_2 = \frac{1}{2} S_2 + O_2$ практически не имеет места и при *t*° в 1 500°. При действии искрового разряда SO_2 распадается на серу и SO_3. Как химич. реагент SO_2 проявляет восстановительные и окислительные свойства. Реакция его окисления ($SO_2 + \frac{1}{2} O_2 = SO_3$) лежит в основе производства серной к-ты; восстановительное действие SO_2 используется во многих технологич. синтезах. Непосредственно газообразный SO_2 и его растворы с кислородом реагируют крайне медленно; однако нек-рые соли, напр. $CuSO_4$, ускоряют заметным образом протекание этой реакции. В присутствии окислов тяжелых металлов SO_2 дает сульфиты и дитионаты, при окислении воздухом медленно переходящие в сульфаты. Газообразный SO_2 при высокой температуре реагирует с окислами металлов различным образом: он восстанавливает Fe_2O_3 до Fe_3O_4 (окисляясь до SO_3) и окисляет FeO (восстанавливаясь до S). В равной мере SO_2 окисляет SnO (но не восстанавливает SnO_2), CuO восстанавливает в Cu_2O по ур-ию: $3CuO + SO_2 = Cu_2O + CuSO_4$. Если элемент имеет несколько окислов, то как правило высшие из них окисляют SO_2; в свою очередь SO_2 окисляет низшие окислы SO_2, отнимает кислород от перманганатов, бихроматов, хроматов, хлоратов, нитратов и HNO_3, окисляясь до SO_3. Растворы азотной к-ты или окислов азота в серной к-те также быстро окисляют SO_2 (производство серной кислоты по камерному методу). В присутствии щелочей окисление SO_2 идет обычно быстрее. Галоиды также являются окислителями для SO_2, образуя (в водных растворах) галоидоводородную к-ту и H_2SO_4. Как окислитель SO_2 вступает в реакции с низшими окислами элементов и с соответствующими им солями ($FeCl_2$, CuCl, HgCl). Сероводород окисляется SO_2 до серы; реакция $2H_2S + SO_2 \rightleftarrows 2H_2O + 3S$ обратима; следы воды ускоряют ее протекание; при низких *t*° она идет целиком слева направо. При высоких *t*° SO_2 окисляет С в CO; однако реакция эта равновесная и при понижении *t*° до красного каления CO_2 восстанавливается действием SO_2 до CO с образованием SO_3, причем кроме CO образуется и COS (вследствие побочной реакции CO с O_2). Реакция восстановления SO_2 углеродом и CO также представляет большой практический интерес, т. к. на ней м. б. основано извлечение серы из обжиговых газов (см. *Сера*). Водород восстанавливает SO при 300°. Восстановление идет до S или H_2S в зависимости от условий реакции и присутствия катализаторов. Галоидоводороды восстанавливают SO_2 до S с образованием воды и галоидов (реакция обратима). Металлы Mg, Cd, Cu и др. восстанавливают SO_2, причем образуются сульфиды. При действии Zn на водные растворы SO_2, напр. в присутствии $NaHSO_3$, образуются гидросульфиты (в данном случае натрия):

$$Zn + 2NaHSO_3 + H_2SO_3 = Na_2S_2O_4 + ZnSO_3 + 2H_2O.$$

При нагревании до 150° в запаянной трубке

с водой SO_2 окисляется, выделяя серу

$$3SO_2+2H_2O\rightleftarrows 2H_2SO_4+S;$$

реакция эта обратима.

SO_2 широко применяется в технике: в производстве серной к-ты, при изготовлении сернистокислых щелоков (в бумажной промышленности), при получении селена, теллура, золота, сульфитов, для дезинфекции (уничтожения паразитов) и консервирования, как растворитель жиров и масел (жидкий SO_2), при очистке нефтепродуктов и т. д.

Сернистая кислота H_2SO_3 известна лишь в виде растворов и получается растворением SO_2 в воде. Т. к. она образует соли типа R_2SO_3, т. е. ведет себя как двуосновная к-та, то строение ее солей изображается координационной ф-лой $R_2\left[OS\begin{matrix}O\\O\end{matrix}\right]$. Однако практически диссоциация H_2SO_3 идет гл. образом по схеме $H_2SO_3 = H^+ + HSO_3^-$, тогда как реакция $HSO_3^- = H^+ + SO_3^{--}$ почти не имеет места; в виду этого строение H_2SO_3 схематически иногда изображают так: $H\left[\begin{matrix}H & O\\ & S\\O & O\end{matrix}\right]$, т. е. лишь один атом водорода удерживается ионогенной связью.

Константа диссоциации $H_2SO_3 = H^+ + HSO_3^-$, $k_1 = 0{,}0174$; константа диссоциации $HSO_3^- = H^+ + SO_3^{--}$, $k_2 = 1\cdot10^{-7}$. Теплоты нейтрализации H_2SO_3 при 18° (Cal):

NaOHaq	2NaOHaq	4NaOHaq	KOHaq	2KOHaq
16,3	29,2	29,3	16,6	31,8

MnO_2 и PbO_2 окисляют H_2SO_3 с образованием сульфатов Mn и Pb. Перекиси щелочных и щелочноземельных металлов окисляют H_2SO_3 до H_2SO_4 и дают соответствующие сульфаты.

H_2SO_3 образует соли, *сульфиты* (см.).

Тиосерная, или серноватистая, кислота $H_2S_2O_3$ неустойчива, но соли ее, тиосульфаты, или гипосульфиты, довольно прочны (см. *Гипосульфит*).

Политионовые кислоты. Дитионовая к-та $H_2S_2O_6$ обычно рассматривается как продукт соединения двух радикалов HSO_3. Она получается при осторожном окислении H_2SO_3 твердыми окислителями (MnO_2, $Fe(OH)_3$ и др.); очень стойка по отношению к окислителям и не реагирует с хлором и азотной к-той, а также не присоединяет серы. Высшие тионовые к-ты $H_2S_2S_nO_6$ (где $n\leqslant4$) обычно рассматриваются как производные $H_2S_2O_6$, в которой сера удерживается по типу углеродных цепей: HSO_3—S_n—SO_3H; подлинная структура этих к-т еще не выяснена. Политионовые к-ты гораздо менее стойки по сравнению с $H_2S_2O_6$. Получаются они напр. действием окислителей на гипосульфит:

$$2Na_2S_2O_3+2J=2NaJ+Na_2S_4O_6.$$

В зависимости от выбора окислителя получаются соли той или иной политионовой кислоты.

Серный ангидрид, трехокись серы SO_3, окисел шестивалентной серы; не м. б. получен непосредственно из элементов без помощи катализаторов. Получение SO_3 термич. диссоциацией сульфатов практически сильно усложнено тем обстоятельством, что для большинства сульфатов диссоциация наступает при $t°$, при которой и SO_3 диссоциирует по схеме: $2SO_3\rightarrow2SO_2+O_2$. Основные пути получения SO_3 следующие: 1) окисление SO_2 до SO_3 в присутствии окислов азота (см. *Серная кислота*, башенный и камерный процессы); 2) окисление SO_2 в присутствии катализатора, находящегося в твердой фазе (контактный процесс); 3) окисление SO_2 с помощью озона [1] при комнатной $t°$; 4) действие ультрафиолетового света на смесь SO_2 и кислорода (при $t°$ 300°); 5) окисление SO_2 галоидами в частности хлором: $SO_2+2H_2O+Cl_2=H_2SO_4+2HCl$; 6) термическое разложение сульфата железа $Fe_2(SO_4)_3$. Реакции 3—6 промышленного значения не имеют. SO_3 существует повидимому в нескольких (не менее двух) изомерных или полимерных модификациях: льдовидной и двух (?) асбестовидных, хотя число, природа и свойства этих модификаций до сих пор еще окончательно не установлены и даже самый факт их существования, как химич. индивидуумов, до настоящего времени является спорным. Уд. в. SO_3 (в жидком состоянии):

$t°$	11°	16°	25°	40°	50°	100°
Уд. в.	1,944	1,940	1,904	1,833	1,781	1,529

$t°_{пл.}$ 16,8° (Smits нашел для льдовидной модификации $t°_{пл.}$ 16,8°, для асбестовидной I—32,5° и для асбестовидной II—62,2°); $t°_{кип.}$ равна 44,8° (при 760 *мм*); $t°_{крит.}=218{,}3°$; критическое давление 83,8 *atm*, критическая плотность 0,633. Плотность пара SO_3 равна 40 (при 22,8°), что указывает на отсутствие полимеризации SO_3 в парах. Теплоты образования SO_3:

$S_{тв.}\ (a)+1{,}5O_2$ $=SO_3$ тв. +103 700 Cal
$=SO_3$ ж. +103 240 »
$=SO_3$ газ. + 91 000 »
$=SO_3$ aq +142 410 (141 000) Cal
$SO_{2газ}+0{,}5O_{2газ}=SO_3$ тв. + 34 400 Cal
$=SO_3$ ж. + 32 160 »
$=SO_3$ газ. + 22 600 »

Теплота плавления льдовидной модификации 1,8 Cal/моль, асбестовидной I 2,9 Cal/моль, асбестовидной II 6,2 Cal/моль. Теплота возгонки тех же модификаций—соответственно 11,9, 13,0 и 16,3 Cal/моль. Теплота испарения жидкого SO_3 150,9 cal/*г*, 12,072 cal/*г*-атом. Поверхностное натяжение γ жидкого SO_3, при 19° 34,17; при 44,9° 29,47. Коэфициент преломления n_D = = 1,40965, для газообразного SO_3 $n_D = 1{,}000737$ (при 0° и длине волны 589 $m\mu$). Диэлектрическая постоянная ε (для $\lambda=84$ при 19°) 3,64. SO_3 при нагревании диссоциирует на SO_2 и O_2; константа диссоциации $k_c=\frac{[SO_2]^2[O_2]^2}{[SO_3]^2}$ при различных температурах:

$t°$	528°	627°	727°	832°	897°
$k\cdot10^2$	$1{,}55\cdot10^{-3}$	$3{\cdot}16\cdot10^{-2}$	$3{\cdot}54\cdot10^{-1}$	2,80	8,16

Пары SO_3 с парообразной или жидкой водой дымят на воздухе и образуют H_2SO_4; SO_3 способен действовать как окислитель и как дегидратирующий агент. Отнимая воду от органических веществ, SO_3 обугливает их. Окислительная способность SO_3 характеризуется выделением иода и брома из HJ и HBr, окислением фосфора и нек-рых металлов. SO_3 дает ряд соединений с кислотными окислами, напр. $NO_2\cdot SO_3$, $As_2O_3\cdot SO_3$, $P_2O_5\cdot3SO_3$, $SeO_2\cdot SO_3$ и т. д., дает продукты присоединения с Se, Te, J ($SeSO_3$, $TeSO_3$, JSO_3), т. е. максимальное координационное число серы для SO_3, равное 4. Присоединяя воду, SO_3 образует *серную кислоту* (см.).

Соли серной кислоты (сульфаты). Серная кислота образует средние соли типа R_2SO_4 и кислые—$RHSO_4$. О нахождении сульфатов в природе см. *Сера*. В технике и лаборатории сульфаты получают растворением металлов, их окислов и карбонатов в кислоте, а также обменным разложением, причем либо получаемый сульфат д. б. менее растворим, чем исходный, например

$$Na_2SO_4+Ba(NO_3)_2=2NaNO_3+BaSO_4,$$

либо меньшей растворимостью должен обладать второй продукт реакции, например

$$CaSO_4+(NH_4)_2CO_3=CaCO_3+(NH_4)_2SO_4.$$

Последняя реакция имеет большой технич. ин-

терес. Наконец сульфаты можно получать окислением сульфидов и сульфитов. Из нейтральных сульфатов многие плохо растворимы в воде. Основные соли нек-рых хорошо растворимых сульфатов также мало растворимы и выпадают при разбавлении или нагревании их растворов вследствие гидролиза (напр. основные соли Bi, Cr, Hg). Кислые сульфаты обычно хорошо растворимы. Температуры заметной термич. диссоциации сульфатов лежат довольно высоко (свыше 700—800°) кроме $Fe_2(SO_4)_3$ (при 600° упругость разложения $p=26$ *мм*, при 650° она равна 116 *мм*, при 700°—445 *мм*). Кислые сульфаты при нагревании легко распадаются на к-ту и средний сульфат:

$$2KHSO_4=K_2SO_4+H_2O+SO_3.$$

Сульфаты дают ряд двойных солей, например *квасцы* (см.). Кристаллогидраты известны почти для всех сульфатов. Нек-рые из сульфатов называются купоросами, напр. медный купорос $CuSO_4\cdot 5H_2O$, железный купорос $FeSO_4\cdot 7H_2O$ и цинковый купорос $ZnSO_4\cdot 7H_2O$.

Нитрозилсерная кислота, $HO\cdot SO_2\cdot O\cdot NO$ образуется при изготовлении H_2SO_4 по камерному способу (см. *Серная кислота*); реакция (по Lunge) протекает по следующему уравнению:

$$N_2O_3+2H_2SO_4=2NO_2SO_2OH+H_2O.$$

Для получения твердой нитрозилсерной к-ты пропускают в сильно охлажденную азотную к-ту SO_3 до застывания массы. Высушивается масса при 20—30° или в вакууме Твердая нитрозилсерная к-та — ромбические кристаллы, плавящиеся при 73° с образованием ангидрида нитрозилсерной к-ты $NO_2\cdot SO_2\cdot OSO_2\cdot NO_2$, а выделяющаяся вода разрушает часть нитрозилсерной к-ты. Нитрозилсерная к-та растворяется в конц. H_2SO_4. Она является сильным окислителем, в частности для SO_2; с PCl_5 реагирует с образованием хлорсульфоновой к-ты:

$$NO_2SO_2OH+PCl_5=ClSO_2OH+NOCl+POCl_3;$$

с водой распадается на серную и азотистую кислоты:

$$NO_2SO_2OH+H_2O=H_2SO_4+HNO_2.$$

Нитрозилсерная к-та, как полагают, представляет таутомер, реагируя то как нитро- то как нитрозосоединение. Ее состав характеризуют обычно ур-ием:

$$NO_2SO_2OH \rightleftarrows ONOSO_2OH.$$

Соли нитрозилсерной к-ты неизвестны; ангидрид ее получается также действием SO_3 на NO:

$$2NO+3SO_3=NO_2\cdot SO_2\cdot O\cdot SO_2\cdot NO_2+SO_2;$$

он образует белые кристаллы с $t°_{пл.}$ 217° и $t°_{кип.}$ 360°. Известен хлорангидрид нитрозилсерной к-ты NO_2SO_2Cl, получаемый из NOCl и SO_3: белая масса, разлагающаяся при нагревании и растворимая в олеуме.

Надсерная кислота $H_2S_2O_8$. Химизм образования аналогичен химизму образования дитионовой к-ты, только электрон отнимается здесь не от HSO_3-иона, а от HSO_4-иона. Получается электролизом серной к-ты (см. *Перекиси*). С водою надсерная к-та дает к-ту Каро:

$$H_2S_2O_8+H_2O=H_2SO_4+H_2SO_5.$$

Кислота Каро H_2SO_5 получается также действием перекиси водорода на надсерную к-ту:

$$H_2S_2O_8+H_2O_2=2H_2SO_5.$$

Обе последние к-ты являются окислителями (см. *Перекиси*).

Галоидные С. с. Сера, соединяясь с галоидами, образует обычно вещества типа S_2R_2. Кроме того известны соединения типа SR_6 и SR_4. Существование соединений типа SR_2 пока сомнительно.

С фтором сера образует два соединения—S_2F_2 и SF_6. Фтористая сера S_2F_2 получается при сплавлении серы с фтористым серебром при $t°_{пл.}$ серы.

$$2AgF+3S=Ag_2S+S_2F_2.$$

S_2F_2—тяжелый бесцветный газ с запахом хлористой серы; водою разлагается, выделяя SO_2, HF и S. Мол. в. газа 93, а при более высокой $t°$ лишь 86; обе величины заметно меньше, чем это следует из ф-лы S_2F_2. При низкой $t°$ застывает в кристаллы, плавящиеся при −105,5°. Уд. в. жидкой S_2F_2 при −100° равен 1,5. Шестифтористая сера SF_6 образуется из элементов с выделением тепла (в медной трубке): бесцветный, не имеющий запаха, химически инертный, тяжелый газ, уд. в. 5,03. Замерзает в кристаллич. массу с $t°_{пл.}$ −55°. В жидком состоянии SF_6 стабильна лишь при повышенном давлении. Уд. в. жидкой SF_6 $D^{-50}=1,31$. SF_6 мало растворима в воде; несколько лучше в спирте. В воздухе не горит. При $t°$, близких к $t°_{пл.}$ реагирует со щелочными и щелочноземельными металлами; с H_2S медленно выделяет серу:

$$SF_6+3H_2S=3H_2F_2+4S.$$

Соединение интересно своей малой реакционной способностью и той прочностью, с которой удерживаются, очевидно за счет главной валентности, все шесть атомов F.

Соединения серы с хлором. Известны хлориды S_2Cl_2, SCl_2(?) и SCl_4. Наиболее постоянным из них является S_2Cl_2; два других хлорида гораздо менее прочны, причем существование SCl_2 подвергается сомнению. Одноххлористая (обыкновенная хлористая) сера S_2Cl_2 получается при действии Cl на расплавленную серу. В технике эта реакция проводится в железных реакторах при 125—130°. Для этой же цели применяется иногда раствор S в хлористой сере, на к-рую действуют хлором на холоду. Кроме этого S_2Cl_2 получается при взаимодействии хлористого фосфора и серы по следующему уравнению:

$$PCl_5+2S=S_2Cl_2+PCl_3$$

и сульфурилхлорида с серой по уравнению:

$$SO_2Cl_2+2S=S_2Cl_2+SO_2$$

в присутствии $AlCl_3$. Хлористая сера получается также при действии хлора на сульфиды, например

$$5BaS+4Cl_2=BaS_5+4BaCl_2;\ BaS_5+Cl_2=BaCl_2+5S;$$

S_2Cl_2 желтая жидкость с неприятным запахом, $t°_{пл.}$ −80°, $t°_{кип.}$ 137,7°. Уд. в. 1,70941. Теплота образования 14 260 Cal ($2S_{\alpha}+Cl_{2(газ)}=S_2Cl_{2(газ)}$ +14 260 Cal). Плотность пара $\Delta=4,70$. Коэф. преломления $n_D=1,65298$. Диэлектрич. постоянная (для $\lambda=\infty$) при 12° равна 5 ,3; S_2Cl_2 хорошо растворяет (особенно при нагревании) серу, а также Cl_2 и Br_2. В воде S_2Cl_2 нерастворима и быстро гидролизуется по ур-ию:

$$2S_2Cl_2+2H_2O=SO_2+3S+4HCl;$$

гидролиз протекает в несколько стадий и сопровождается побочными реакциями. S_2Cl_2 является прекрасным растворителем для CS_2, SO_2, H_2S, Br, J, хлоридов As, Sb, Sn, Cd, Hg, углеводородов и т. д. S_2Cl_2 ядовита, хотя и несколько менее, чем сероуглерод. Применяется хлористая сера при вулканизации каучука холодным способом, для получения четыреххлористого углерода (несколько устаревший метод), этиленхлоргидрина из гликоля, дихлоргидрина из глицерина, для получения уксусного ангидрида и т. д. В войне 1914—18 гг. S_2Cl_2 применялась в производстве *иприта* (см.) и хлористого мышьяка [2]. S_2Cl_2 м. б. применена для извлечения серы из полисульфидов, напр.

$$BaS_3+S_2Cl_2=BaCl_2+5S.$$

Ранее она применялась также для борьбы с вредителями в сельском хозяйстве.

Четыреххлористая сера SCl_4, темнокоричневая жидкость, полученная Руффом (Ruff) действием Cl_2 на S_2Cl_2 в запаянной трубке. Замерзает в кристаллы, плавящиеся при −31°. При комнатной $t°$ диссоциирует на Cl_2 и S_2Cl_2. Водою гидролизуется, образуя SO_2 и HCl. Легко образует комплексные соединения типа SCl_4MeCl_n, где Me = Sb^{V}, Sn^{IV}, Fe^{III}, Ti, J. Получается кроме того [3] действием фосгена на SO_2:

$$SO_2+2COCl_2=SCl_4+2CO_2.$$

Двухлористая сера,—коричнево-красная жидкость, по составу приблизительно отвечающая ф-ле SCl_2, получающаяся при действии избытка хлора на S_2Cl_2; применяется при синтезе азотистой серы.

Из соединений серы с бромом известен лишь низший тип—бромистая сера S_2Br_2, полученная растворением серы в жидком броме. Красная жидкость уд. в. 2,6355 (при 20°), $t°_{пл.}$ −46°, $t°_{кип.}$ +54°. Разлагается водой аналогично S_2Cl_2. Употребляется в органическом синтезе для бромирования.

Соединения серы с иодом с достоверностью не известны.

Оксигалоидные соединения. Сера образует ряд оксигалоидных соединений типа $SOCl_2$ и SO_2Cl_2, из к-рых наибольшее значение имеет хлористый сульфурил (сульфурилхлорид) SO_2Cl_2. Последний образуется при непосредственном соединении SO_2 и Cl_2. Равновесие $SO_2+Cl_2 \rightleftarrows SO_2Cl_2$ при обычных темп-ре и давлении смещено в сторону образования SO_2Cl_2, тем не менее взаимодействие имеет место лишь в присутствии катализаторов или химически активных лучей. Катализаторами служат активный уголь, уксусный ангидрид или камфора. Реакция над камфорой идет при комнатной $t°$ с достаточной скоростью. По методу BASF [1] камфору растворяют в жидком SO_2 и вводят жидкий хлор. По англ. методу в реактор загружают некоторое количество готового SO_2Cl_2 и в качестве катализатора—порошкообразный активный уголь, непрерывно взмучиваемый (механич. перемешиванием) в жидкой реакционной среде, затем пропускают непрерывный ток хлора и SO_2, выпуская время от времени образующийся SO_2Cl_2 через фильтр. Дистиллированный SO_2Cl_2 почти бесцветен, но при стоянии, особенно на свету, желтеет вследствие диссоциации и образования свободного Cl_2. Для получения возможно более чистого SO_2Cl_2 удаляют (по Вальдену) продукты разложения пропусканием инертного газа, напр. CO_2. Хлористый сульфурил—бесцветная, слабо дымящая жидкость с уд. в. $D_4^0 = 1{,}70814$ и $t°_{кип.}$ (при 760 *мм*) 69,3°. Темп-ра замерзания определена ненадежно (от −68° до −46°). Теплота образования при синтезе: $SO_{2(газ)}+Cl_{2(газ)} = SO_2Cl_{2(ж.)}+18\,700$ Cal. Теплота образования из элементов 89,540 Cal [$S_{(тв.)}+O_{2(газ)}+Cl_{2(газ)} = SO_2Cl_{2(ж.)}+89{,}540$ Cal]. Средняя уд. теплоемкость (в интервале 15—63°) 0,233. Коэф. преломления $n_D = 1{,}44375$. Электропроводность SO_2Cl_2 очень мала. SO_2Cl_2 является растворителем для ряда иодидов (Rb, Cd, Hg, Sn, As), для $FeCl_3$, углеводородов и т. д. SO_2Cl_2 хорошо смешивается с жидким SO_2; SO_2Cl_2 гидролизуется водой (холодной) сравнительно медленно, с присоединением сначала одной, а затем и второй OH-группы и отщеплением HCl; SO_2Cl_2 обладает сильным хлорирующим действием, к-рое усиливается в присутствии катализаторов; так, в присутствии $AlCl_3$, SO_2Cl_2 хлорирует растворенную в нем серу при обычной $t°$ (в отсутствии $AlCl_3$ процесс протекает при 200°). Натрий, цинк, ртуть, сурьма, мышьяк и фосфор (до PCl_3) хлорируются SO_2Cl_2 уже при комнатной $t°$. Окислы металлов не реагируют обычно с SO_2Cl_2 при комнатной $t°$ (кроме окислов Hg и Pb). В органич. синтезе SO_2Cl_2 применяется для производства уксусного ангидрида из уксусной к-ты и в ряде реакций хлорирования. В военно-химическом деле SO_2Cl_2 имел некоторое применение при снаряжении химических снарядов, в которых он играл роль растворителя для О. В. и дымообразователя.

Хлористый тионил (тионилхлорид) $SOCl_2$ получен впервые действием SO_2 на PCl_5; образуется также при действии Cl_2O на серу; обычно же получают $SOCl_2$ окислением двухлористой серы серным ангидридом:

$$SCl_2+SO_3=SOCl_2+SO_2.$$

Во избежание потерь хлора на герм. ф-ке Grisheim применяется не SCl_2, а S_2Cl_2, и выпадающая сера регенерируется в виде S_2Cl_2:

$$3S_2Cl_2+SO_3=3SOCl_2+4S;\quad 4S+2Cl_2=2S_2Cl_2;$$

$SOCl_2$ — бесцветная жидкость с неприятным запахом, напоминающим SO_2. Уд. вес 1,675. Температура замерзания −105°, $t°_{кип.}$ 78,8°, теплота испарения 54,5 cal/г или 6 480 cal/мол. Средняя уд. теплоемкость (между 17 и 60°) 0,243. Теплота образования 47 200 Cal.

$$S_{(тв.)}+0{,}5O_{2(газ)}+Cl_{2(газ)}=SOCl_{2(ж.)}+47\,200\ \text{Cal}.$$

Коэф. преломления $n_D = 1{,}5271$. Водою $SOCl_2$ легко гидролизуется:

$$SOCl_2+H_2O=SO_2+2HCl.$$

$SOCl_2$ обладает хлорирующим и окислительным действием. Так, Se, Sb, Zn окисляются $SOCl_2$, причем образуются соответствующие высшие хлориды. Железо хлорируется по ур-ию

$$2Fe+4SOCl_2=2FeCl_3+2SO_2+S_2Cl_2$$

(в присутствии избытка железа получаются $FeCl_2$ и FeS). Олово с избытком $SOCl_2$ дает $SnCl_4$; сурьма, мышьяк, золото и нек-рые другие металлы реагируют с $SOCl_2$ в интервале $t°$ 20—200°. Окислы металлов хлорируются $SOCl_2$ до безводных хлоридов; эта реакция представляет технич. интерес. HBr и HJ реагируют с $SOCl_2$, причем первый образует $SOBr_2$ и HCl, а второй—SO_2, HCl, J_2 и серу. NH_3 и H_2S реагируют с $SOCl_2$ более сложно. $SOCl_2$ с $AlCl_3$ и $AlBr_3$ дает комплексные соединения — $2AlCl_3 \cdot SOCl_2$ и $2AlBr_3 \cdot SOBr_2$. С органич. соединениями $SOCl_2$ вступает в разнообразные реакции.

Оксихлорид серы $S_2O_3Cl_4$ — единственное твердое соединение серы типа хлорокиси. Получается при пропускании влажного хлора в смесь S_2Cl_2 и Cl_2 или действием хлорсульфоновой к-ты на SCl_4:

$$SO_2Cl(OH)+SCl_4 \rightarrow S_2O_3Cl_4+HCl;$$

игольчатые кристаллы со своеобразным запахом; $t°_{пл.}$ 57° (с частичным разложением). При хранении разлагается постепенно ($S_2O_3Cl_4 \rightleftarrows SOCl_2+SO_2Cl_2$), водой—быстро.

Хлорсульфоновая к-та $ClSO_3H$, бесцветная, сильно дымящая на воздухе жидкость, при сильном охлаждении застывающая в твердую массу, плавящуюся при −81—80°; $t°_{кип.}$ (сопровождающаяся частичным разложением) 155—156° (при 14 *мм* давления); $D^{18} = 1{,}776$. С водой разлагается со взрывом на HCl и H_2SO_4; с Te дает красную, с Se зеленую окраску. При нагревании с H_2SO_4 дает SO_2, HCl, H_2SO_4 и S_2Cl_2, с 100%-ной H_2O_2 разлагается на к-ту Каро и надсерную к-ту; сульфирует ароматич. соединения. С ее помощью из ароматич. углеводородов получают хлориды серной к-ты. Соли ее, например $ClSO_3Na$, получают нагреванием к-ты с хлористыми металлами, напр. с NaCl. К-ту получают из пиросерной к-ты, вводя в нее сухие пары HCl. Целесообразнее всего действовать HCl на газообразный SO_3 в реакционных башнях или пропускать газ в готовую $ClSO_3H$. Применяется как контактное вещество при изготовлении сахарина, при ацетилировании целлюлозы. Смесью $ClSO_3H$ (60%) с SO_3 (40%) во время войны пользовались для получения дымовых завес.

Тионилбромид $SOBr_2$, оранжевая жидкость, $D^{18} = 2{,}68$, $t°_{кип.}$ (при давлении 400 *мм*) ~68°, $t°_{заст.}$ 50°; уд. в. (при 18°) 2,68.

Азотистая сера, или сернистый азот, N_4S_4. В настоящее время этому соединению приписывают циклич. структуру—с чередованием атомов S и N в восьмичленном цикле (—N=S—)$_4$. Уд. вес N_4S_4 2,24; $t°_{пл.}$ 179°; взрывает от удара, трения и при нагревании до 207°; при поджигании горит без взрыва; растворима в бензоле, хлороформе, CCl_4, спиртах, CS_2 и жидком аммиаке. По-

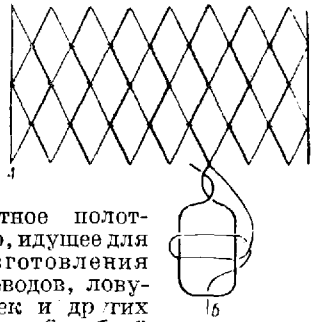
лучается пропусканием сухого NH_3 в раствор S_2Cl_2 в бензоле при охлаждении; перекристаллизовывается [5] из CS_2 или CCl_4. Употребляется в запалах, напр. для тринитротолуола, в смеси с азидом свинца [6]. Было выделено также аналогичное соединение, соответствующее гидриду сернистого азота $(HSN)_4$, также с циклич. структурой $(—N=SH—)_4$.

Из роданидов серы известны $S_2(CSN)_2$ и $S(CSN)_2$—твердые бесцветные кристаллич. вещества.

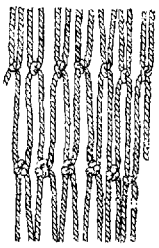
Лит.: [1]) Г. П. 229274; [2]) Ullm. Enz., B. 10, p. 143; [3]) Г. П. 284935; [4]) Г. П. 138531; [5]) Walbing, «Z. anorg. Ch.», Lpz., 1908, v. 57, p. 281; [6]) Wöhler, «Z. ang. Ch.», 1911, v. 24, p. 2089. См. также *Сера* и *Серная кислота*.

Б. Ормонт.

СЕТИ РЫБОЛОВНЫЕ, редкая ткань, служащая для ловли рыбы. Нитки этой ткани в местах перекрещения сплетены узлами, образующими глазки или т. н. «ячеи», в виде ромбов (фиг. 1а, 1б и 1в). Основа *А* идет с бобин, уток *Б*—со шпуль. По классификации С. р. разделяются на 2 основные группы. К первой группе относится сетное полотно, идущее для изготовления ставных и плавных сетей, носящих общее наименование жаберных сетей; ко второй—

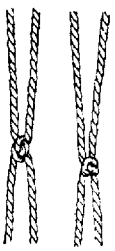


Фиг. 1а.



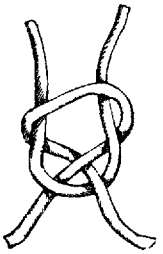
Фиг. 1б.

сетное полотно, идущее для изготовления неводов, ловушек и других орудий рыбной ловли, носящих общее название сетей дели. Сети других наименований—разновидность одной из указанных выше групп. Для изготовления сетей служат нитки разных номеров, изготовленные из разных видов сырья. Сырьем для изготовления пряжи и ниток для сетей служит пенька, лен, хлопок и шелк (в незначительном количестве). Для изготовления пеньковой пряжи идет исключительно пенька высших сортов первых групп. Изготовляется пряжа как мокрого, так и сухого прядения № 8, 10 и 12. При изготовлении нитки из пряжи количество сучений берется в зависимости от требуемых №№ и крепости ее и м. б. в 3, 4, 5 и 6 сучений; нитка особой крепости, называемая перекрутом, изготовляется из трех ниток по три сучения. Наиболее употребительные №№ ниток, идущих для изготовления сетей, следующие: 8/3, 8/4, 8/5, 8/6, 10/4, 10/6, 8/3/3. Из хл.-бум. пряжи изготовляют гл. обр. следующие №№ ниток для сетей: 20/6, 20/9, 20/12. Из льняной пряжи № 24 и 30 повышенной добротности изготовляют нитку для сетей гл. обр. в 2 и 3 сучения. Наиболее употребительна льняная нитка № 30/2 и 30/3. Из хл.-бум. фильдекосовой пряжи 50—60—80—100—120 готовится нитка б. ч. в 6 сучений. Отличительной особенностью ниток для С. р. является повышенная добротность пряжи, из к-рой готовится нитка, значительная крепость и эластичность.

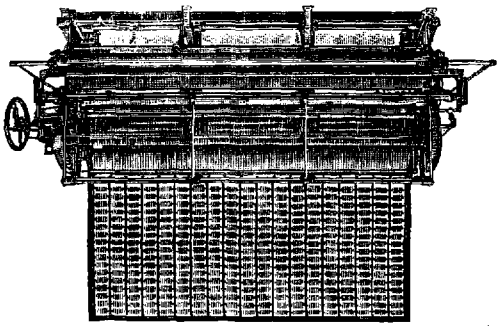


Фиг. 1в.

Неводные С. р.—дели—изготовляют из пеньковой и хл.-бум., а жаберные сети—из льняной и фильдекосовой ниток. В зависимости же от величины ячей и их числа по ширине сети для каждого из видов сетей берется разная по номеру и числу кручений нитка. До последнего времени сетевязальные ф-ки получали готовую нитку (по специальным заказам), изготовляемую другими ф-ками. В связи со специализацией сетевязальные фабрики стали изготовлять пряжу и нитки сами, и т. о. весь процесс сетевязания, начиная с обработки сырья и кончая готовой сетью, сосредоточен в одном месте. По виду сырья и роду изготовляемых С. р. сетевязальные ф-ки разделяются на пеньковые ф-ки, изготовляющие сети-дели из пеньковых и хл.-бум. ниток, и льняные ф-ки, изготовляющие жаберные сети из льняных и фильдекосовых ниток. В довоенное время главное место по выработке С. р. занимали кустари. В последнее время благодаря большой производительности сетевязальных машин, качеству и более дешевой стоимости механич. обработ-

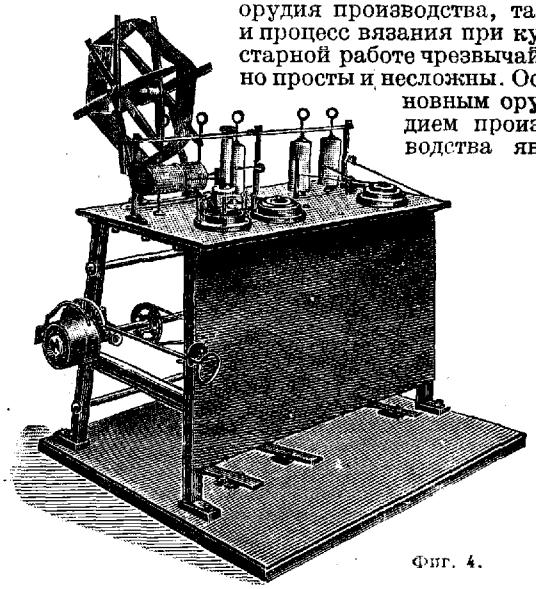


Фиг. 2.



Фиг. 3.

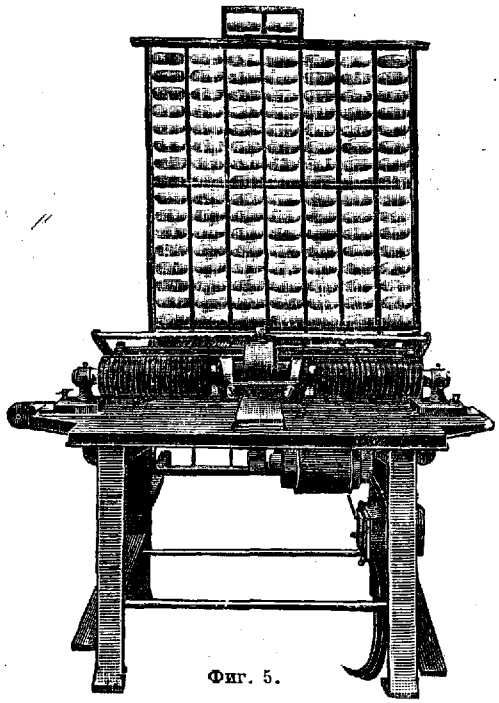
ка значительно увеличилась. Ручным вязанием сетного полотна занимаются и в настоящее время довольно значительные районы. Как орудия производства, так и процесс вязания при кустарной работе чрезвычайно просты и несложны. Основным орудием производства яв-



Фиг. 4.

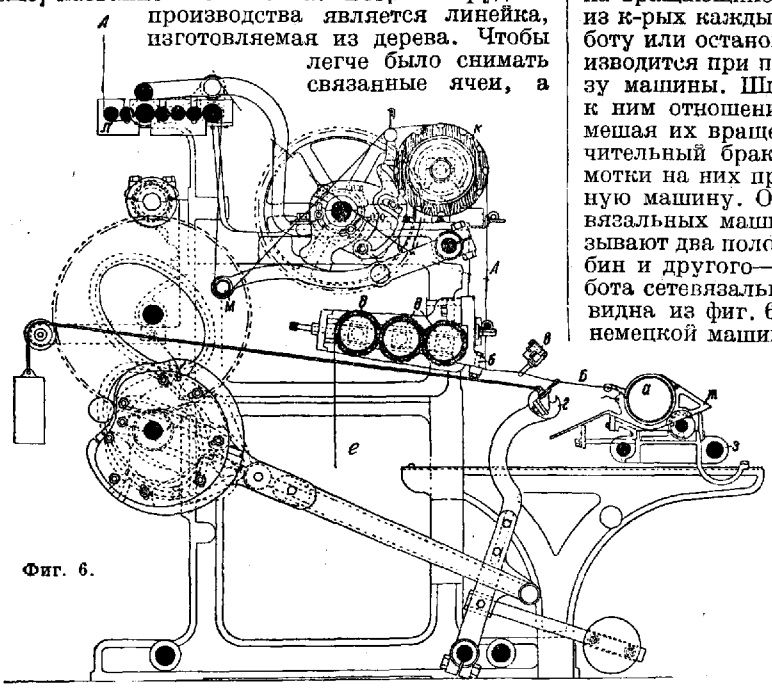
ляется игла, представляющая собой длинную пластинку, заканчивающуюся с одной стороны дужкой, с другой—овальной дугой с язычком, изготовленная из различного материала: креп-

ких пород дерева (дуба, клена, рябины и пр.), металла (железа, стали) или кости. По своему внешнему виду и размерам иглы различны. Дли-



Фиг. 5.

на игл в зависимости от рода изготовляемого сетного полотна и ширины ячей 20—30 *см*; бывают иглы и длиннее. Очень часто игла носит еще название челнока. Вторым орудием производства является линейка, изготовляемая из дерева. Чтобы легче было снимать связанные ячеи, а



Фиг. 6.

также чтобы лучше и крепче затягивался узел, края линеек утончаются. Обыкновенно иглы и линейки готовят кустарным способом. Виды ной узел (фиг. 2). Кроме этого употребляют еще двойной крестовой, скользящий и комбинированный узлы. Для получения сети определенной ширины сетное полотно сшивают в местах кромки. С целью обеспечения максимального улова сетному полотну при помощи различных приспособлений придается различная форма. Это делается гл. обр. для того, чтобы снасть во время лова была растянута и ячеи были достаточно натянуты. Придание той или иной формы и устройство приспособлений, способствующих натяжению ячеи, носит название посадки сетей и зависит гл. обр. от рода сетей и цели их назначения.

Механич. вязка С. р. производится на сетевязальных машинах разных систем: немецкой, французской и японской. Сетевязальные ф-ки СССР оборудованы гл. обр. франц. машинами и в незначительном количестве немецкими. На фиг. 3 изображена сетевязальная машина сист. Либеркнехта. Механич. вязка С. р. делится на три стадии: приготовительный процесс, сетевязание и отделка С. р. Приготовительный процесс состоит из перемотки вареных ниток на бобины—для основы и на шпули—для утка. На бобины размотку производят на крестомотальных машинах (см. *Мотальная машина*); перемотка на шпули производится на шпульном столе обычно с числом головок 2—10. На фиг. 4 изображен шпульный стол с тремя головками: каждый шпиндель включается отдельно путем нажатия педали. Этот стол может служить также для перемотки пряжи с мотков. При большом производстве С. р., когда их вырабатывают из одного № пряжи, применяют шпульные столы большой производительности—до 200 шпуль (фиг. 5). Уточные шпули устанавливают на вращающихся горизонтальных шпинделях, из к-рых каждый отдельно м. б. включен в работу или остановлен. Останов всего стола производится при помощи нажатия на педаль внизу машины. Шпули требуют очень бережного к ним отношения; малейшее искривление их, мешая их вращению в челноке, вызывает значительный брак. Бобины и шпули после намотки на них пряжи поступают на сетевязальную машину. Основной принцип работы сетевязальных машин состоит в том, что очи связывают два полотна (ряда) ниток, одного—с бобин и другого—со шпуль. Конструкция и работа сетевязальной машины в основных частях видна из фиг. 6, 7 и 8, где приведены чертежи немецкой машины новейшей конструкции з-да A. G. Itzehoe. Ряд основных ниток *А* сходит с бобин, находящихся на установленном сзади машины шпулярнике; ряд ниток *Б* (уточных) сматывается с уточных шпуль *а*. Оба ряда встречаются на поперечной балке *б*, где они при помощи крючков *в* верхней гребенки и нижних гребней *г* при посредстве челнока *ж* завязываются узлом и затем в виде готовой сети *е* отводятся натяжными роликами *д*. Челноки *ж* (фиг. 6) установлены рядом на скользящей тележке *з*, к-рая перемещается по машине при посредстве тяги *и* (фиг. 7), действующей от эксцентрика. Число челноков соответствует

двухминутных разговоров в сутки—абонентская линия бывает занята всего в течение одного часа в сутки, бездействуя в течение остальных 23 ч. Отсюда коэфициент использования абонентских линий достигает в лучшем случае 4%. Если же учесть, что на С. т. всегда имеются «незадействованные» (запасные) линии, то общий действительный процент использования линейного оборудования оказывается еще ниже. На большинстве С. т. коэф. использования колеблется около 1%. Единственным средством повышения использования линейного оборудования является уменьшение средней длины абонентской линии путем устройства районных телефонных станций, обслуживающих только часть всей территории С. т. При этом очевидно, чем меньше емкость районной станции, тем меньший район она обслуживает, тем меньше стоимость малоиспользуемой части сооружений С. т.—абонентских линий. Обычно наивыгоднейшая емкость ручных районных телефонных станций определяется в 10 000 номеров.

Каждая районная станция для связи с другими районными станциями имеет соединительные линии, причем при применении ручной системы каждая районная станция должна соединяться с каждой из остальных. Выполнением этого условия достигается определенное качество обслуживания абонентов, так как заставлять абонента получать соединение с вызываемым абонентом более, чем через две станции ручной системы, признается недопустимым. Получаемая при этом паутина соединительных линий при значительном числе районных станций представляет большие строительные и эксплоатационные затруднения. Дальнейшее развитие С. т. и увеличение числа районных станций все более и более усложняют сеть соединительных линий и затрудняют обслуживание станции телефонистками. Собственно, удовлетворительная работа 72 районных станций Лондона и тем более 240 районных станций Нью Иорка при таком способе оборудования С. т. становится задачей неразрешимой. Однако рост числа абонентов на крупных С. т. рисовал перспективы развития их уже в самое ближайшее время, определяемые млн. номеров, причем имеются все основания ожидать, что на этом числе предельная емкость С. т. не остановится. В качестве предела современной перспективы, на которую должны рассчитываться отдельные крупнейшие С. т., является оборудование на 10 млн. номеров. Разрешение таких задач для системы ручного обслуживания совершенно не под силу, т. к. технически мыслимый предел для нее определяется в 100—200 тыс. номеров. Применение автоматич. системы устраняет обязательное требование соединять каждую районную станцию с каждой из остальных. Как бы ни было расположено все станционное оборудование, в одном ли месте на центральной станции или на многих районных станциях, как бы эти районные станции ни были соединены между собою,—во всех случаях операция, к-рую должен выполнить абонент для получения требуемого соединения, остается одна и та же—пользование номерным диском, с помощью к-рого набирается номер вызываемого абонента. Отсюда следует, что при применении автоматич. системы процесс районирования С. т. стоит вне зависимости от требований качества обслуживания абонентов. Применение автоматич. системы дает возможность районировать сеть, производя дробление станционного оборудования по районным станциям до любых, оправдываемых экономич. соображениями пределов, причем схема соединения этих районных станций м. б. выполнена в любой, оправдываемой экономич. соображениями форме.

Конкретные решения о наивыгоднейшей емкости районной станции зависят от системы конструкции линейных и станционных сооружений С. т., а также от количества абонентов и расположения их на территории города. Основные требования, которым должны удовлетворять линейные сооружения С. т., заключаются в а) надежности телефонного сообщения, б) возможности расширения линейных сооружений без капитальных переустройств и в) экономичности сооружения. Линейные сооружения состоят гл. обр. из абонентских линий и по отношению к ним составляется схема С. т. Исходя из требования экономичности сооружения, сеть конструируют т. о., что аппарат абонента соединяется не непосредственно с телефонной станцией, а проходит ряд распределительных устройств, в к-рых осуществляется соединение составных частей сети между собою. Таких частей, составляющих сеть абонентских линий, три. Первая из них—магистральная сеть—представляет собою совокупность линий на участке от телефонной станции до уличных распределительных шкафов. Вторая часть—распределительная сеть—представляет собою совокупность линий от распределительного шкафа до абонентской коробки. Наконец третья часть—абонентская сеть—представляет собою совокупность линий от абонентской коробки до аппарата абонента. Такое разделение схемы сети является типовым за исключением малых С. т., линии к-рых состоят из воздушных голых, подвешенных на столбах или стойках проводов. В этом случае аппарат абонента соединяется с телефонной станцией прямо, без захода в какие бы то ни было линейные распределительные устройства. На С. т. с подземными линиями необходимость разделения сети на три части диктуется следующими соображениями. Все исходящие со станции магистральные линии разбиваются по отдельным направлениям, каждое из которых предназначается для обслуживания части территории сети. Общее число исходящих со станции магистральных линий всегда д. б. более намечаемого на данный момент числа абонентов. Этот запас магистральных линий необходим в виду того, что является совершенно невозможным заранее точно предугадать число абонентов, подлежащих присоединению на каждом магистральном направлении. Опыт эксплоатации С. т. показывает, что совершенно достаточным является иметь запас в размере 20% против ожидаемого числа абонентов через 3 г. развития С. т. Т. о. в момент устройства или очередного расширения магистральной сети запас магистральных линий определяется при 20% ежегодного прироста абонентов примерно в 100%. Все магистральные линии выходят со станции в виде крупных подземных *кабелей* (см.) емкостью обычно 300—1 200 пар и оканчиваются в уличных распределительных шкафах. Распределительные шкафы применяются в СССР двух ходовых типов: на 200 и 400 магистральных линий. Каждый шкаф т. о. обслуживает небольшую территорию С. т. с 200 или 400 абонентами. Из распределительного шкафа выходят кабели распределительной сети, разбивающиеся по

отдельным направлениям, каждое из к-рых обслуживает часть территории шкафа. Общее число исходящих из шкафа распределительных линий д. б. более числа магистральных линий. Этот запас распределительных линий необходим в виду того, что является совершенно невозможным заранее точно предугадать число абонентов, возможных к присоединению на каждом распределительном направлении. Опыт эксплоатации показывает, что запас распределительных линий должен быть порядка 50% от числа вошедших в шкаф магистральных линий. Все распределительные кабели выходят из шкафа кабелями емкостью обычно 10—200 пар и оканчиваются 10-парными абонентскими коробками, устанавливаемыми на стенах зданий. От абонентских коробок идут однопарные кабели, или шнуры, к аппаратам абонентов. Эти однопарные кабели, или шнуры, представляют собою абонентскую сеть. Все применяемые на С. т. кабели конструктивно состоят из следующих трех основных частей: медных проводящих жил, изолирующей эти жилы оболочки и внешней защитной оболочки. Условия, которым должны удовлетворять телефонные кабели, применяемые на магистральной части сети, определяются ОСТ 2938. Согласно определению этого стандарта каждая жила изолируется непропитанной телефонной кабельной бумагой так, что между жилой и бумагой образуется воздушное пространство, служащее диэлектриком. Жилы кабеля м. б. скручены парами, четверками и т. п. Стандартным диаметром жил кабеля является 0,5 *мм* и 0,7 *мм*, причем медная проволока, применяемая для жил, должна удовлетворять ОСТ 420. По конструкции внешних защитных оболочек кабели разделяются стандартом на четыре марки: ТГ—кабель в голой свинцовой оболочке; ТБ—кабель поверх свинцовой оболочки имеет броню из двух железных лент; ТП—кабель поверх свинцовой оболочки имеет броню из оцинкованных железных плоских проволок; ТК—кабель поверх свинцовой оболочки имеет броню из оцинкованных железных круглых проволок.

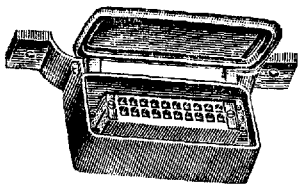
ОСТ 2938 дается следующая таблица нормальных строительных длин кабелей и диаметров поверх свинцовой оболочки.

Телефонные кабели на С. т. обычно укладываются двумя способами: или непосредственно в землю или же в специальную телефонную канализацию. Укладка кабелей непосредственно в землю требует разрытия траншеи по наперед выбранной трассе глубиной 0,6—0,7 *м*. На дно траншеи укладывается бронированный кабель марки ТБ или голый освинцованный, причем в последнем случае кабель сверху закрывается угловым железом, кирпичем в один ряд или доской. Преимущества этого способа укладки кабеля: дешевизна и простота производства работ и возможность намечать трассу со значительными и в любом числе изгибами и обходами встречающихся на пути подземных сооружений и препятствий; недостаток: добавление по той же трассе нового кабеля вызывает необходимость производства затрат на повторное разрытие траншеи. Если иметь в виду, что в процессе развития С. т. добавление кабелей происходит постоянно и что работы по разрытию траншеи со снятием усовершенствованных мостовых вызывают значительные расходы, то укладка телефонных кабелей на С. т. непосредственно в землю является явно невыгодной. Взамен этого до укладки кабеля в требуемом направлении устраивается специальная телефонная канализация. Конструктивно телефонная канализация, применяемая на С. т., представляет собою трубу или систему труб, уложенных на определенной глубине под мостовой или тротуаром, причем через определенные расстояния (100—150 *м*) канализация прерывается кабельными колодцами, предназначаемыми для производства работ по протяжке в канализации кабелей, для осмотра их и исправления повреждений. Система канализации с одной трубой-каналом применяется только на распределительной сети, где обычным типом кабелей являются мелкие (не свыше 200 × 2) легкие кабели. В этом случае протяжка и выемка нескольких распределительных кабелей в одном канале особых затруднений не представляет. Однако на магистральной части сети, где применяются крупные (до 1 200 × 2) тяжелые кабели, канализация оборудуется из нескольких каналов, каждый из к-рых предназначается для одного

Нормальные строительные длины кабелей и их диаметры поверх свинцовой оболочки (ОСТ 2938).

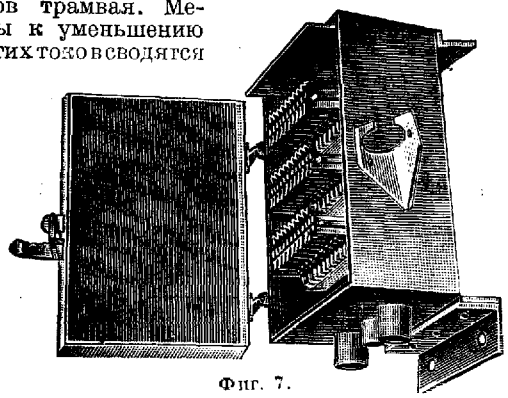
Число пар кабелей	Диаметр медной жилы 0,5 *мм*				Диаметр медной жилы 0,7 *мм*				Диам. медной жилы	
	Кабели марки ТГ		Кабели марки ТБ и ТП		Кабели марки ТГ		Кабели марки ТБ и ТП		0,5 *мм*	0,7 *мм*
									Кабели марки ТК	
	Диам. поверх свинцовой оболочки, *мм*	Нормальная строительная длина, *м*	Диам. поверх свинцовой оболочки, *мм*	Нормальная строительная длина, *м*	Диам. поверх свинцовой оболочки, *мм*	Нормальная строительная длина, *м*	Диам. поверх свинцовой оболочки, *мм*	Нормальная строительная длина, *м*	Диам. поверх свинцовой оболочки, *мм*	
10	10,4	1 000	10,2	1 000	12,6	1 000	12,4	1 000	10,4	12,6
20	12,3		11,9		15,0		14,6		12,3	15,0
30	14,2		13,8		17,4		17,0		14,2	17,4
50	17,8		17,4		22,2		21,6	700	17,8	22,2
80	21,6		21,0	800	27,0	700	26,4	600	21,6	27,0
100	23 3		22,7	700	29,2	600	28,6	500	23,3	29,2
200	30,7	600	30,1	500	38,6	300	37,8	300	30,7	38,6
300	37,9	400	37,1	550	45,8	250	45,2	200	37,9	45,8
400	41,3	300	40,5	300	52,6	200	52,0	150	41,3	52,6
500										

10-парные настенные коробки (фиг. 6), укрепляемые на стенах лестничных клеток зданий. Внутри такой коробки помещается 10-парный бокс, в который входит 10-парный распределительный кабель. От винтов плинта этого 10-парного бокса идут по стенам здания освинцованные однопарные кабели, или шнуры, в квартиру абонента, где включаются в телефонный аппарат. Такова принципиальная схема конструкции линейных сооружений С. т. В действительности имеют место нек-рые разновидности этой схемы, напр. распределительная сеть выполняется иногда с помощью воздушной столбовой линии. В этом случае распределительный кабель, выйдя из уличного распределительного шкафа, подходит к кабельному столбу, поднимается по нему и входит в бокс кабельного ящика (фиг. 7). Устройство этого бокса в общем сходно с устройством бокса в распределительном шкафу и отличается от него тем, что на плинте укреплены громоотводы и предохранители, от винтов к-рых идут шнуры, другим концом запаиваемые на воздушных проводах кабельного столба. Далее эти воздушные провода могут итти по столбам, устанавливаемым вдоль тротуара, или по стойкам, устанавливаемым на крышах зданий. Наконец на телефонных сетях с очень небольшим числом абонентов вся сеть проводов иногда состоит только из воздушных линий от станции до аппарата абонента, причем в этом случае ни распределительных шкафов ни абонентских настенных коробок не устанавливают.



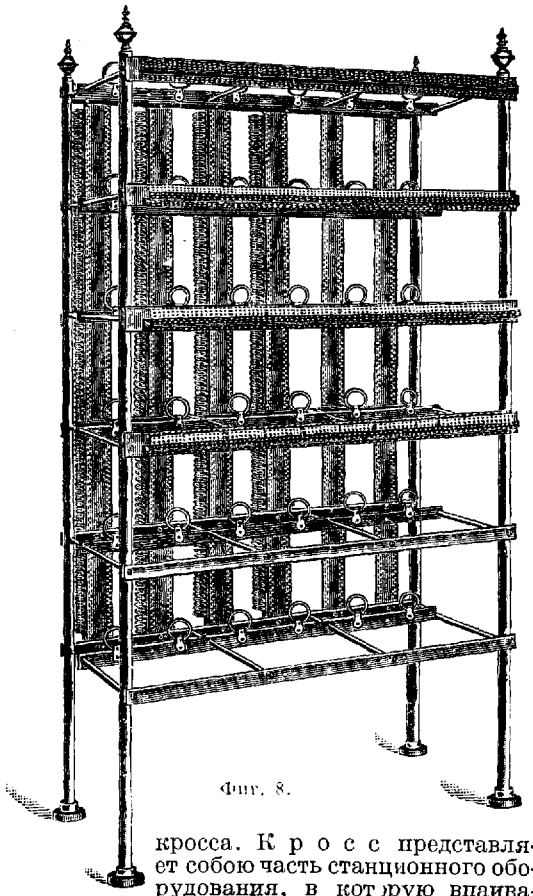
Фиг. 6.

Выбор системы сети, а также выбор конструкции отдельных частей сети представляет собой предмет расчетов при проектировании С. т. с учетом местных условий, перспектив роста города и технич. свойств каждой детали линейного оборудования. Особо важным и сложным вопросом устройства С. т. является защита подземных сооружений от действия сильных токов. Чаще всего причиной *коррозии* (см.) подземных кабелей является утечка тока с рельсов трамвая. Меры к уменьшению этих токов сводятся к улучшению стыка рельсов и устройству отсасывающих фидеров. Эти меры обычно применяются при сооружении новой трамвайной сети; однако на существующих уже линиях, но не выполняются. При изысканиях трассы прокладываемой подземной кабельной линии обычно стремятся избегать улиц с действующими или проектируемыми трамвайными линиями и тем самым обеспечить кабельные сооружения от коррозии.



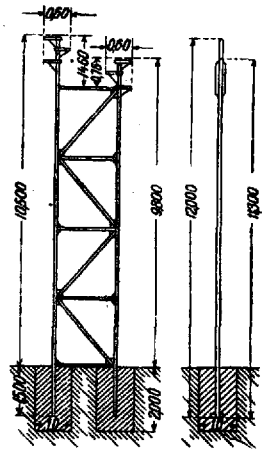
Фиг. 7.

Конструкция ввода магистральных кабелей в здания станции зависит от расположения кросса. Кросс представляет собою часть станционного оборудования, в которую впаиваются жилы магистральных кабелей. Кроме того в кроссе на каждой магистральной линии устанавливаются громоотводы и предохранители для защиты станционного оборудования от возможных появлений сильных токов в линейных кабелях как вследствие грозовых разрядов, так и случайных соприкосновений телефонных линий с электроосветительными линиями. Кросс служит также местом соединения станционных сооружений с магистральными линиями. Принципиально устройство кросса (фиг. 8) представляет собою железный штатив, на одной стороне к-рого (передней на фиг. 8) размещаются штифтовые рамки, а на другой — полосы с громоотводами и предохранителями. К штифтовым рамкам подпаивают жилы станционных кабелей, соединяющих станционные приборы с кроссом, а к полосам с громоотводами и предохранителями подпаивают жилы магистральных кабелей. Соединение станционной части кросса с линейной осуществляется двужильным кроссовым шнуром, один конец к-рого припаивается к контакту штифтовой рамки станционной стороны, а другой —

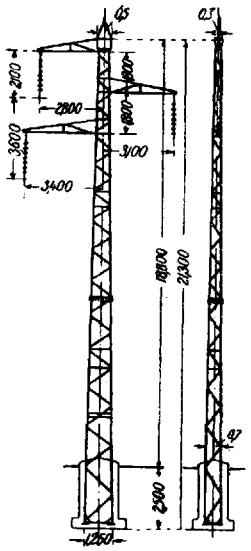


Фиг. 8.

чение базы (целесообразное при ненадежном грунте), уменьшая объем фундаментов и вес основных стоек, повышает вес элементов решетки и связей. Для предотвращения ржавления железные опоры окрашивают (через 2—3 г.) или при изготовлении оцинковывают (предохраняет лет до 30). Опоры в виде стоек (фиг. 16) и кронштейнов (фиг. 17) на зданиях (при высоком напряжении таковые нежелательны) служат часто во избежание прокладки линий по улицам в населенных местах; проводка дороже, чем на деревянных столбах. Если провода доступны с крыш, балконов или окон (такого расположения их следует избегать), то провода берут с защитной оболочкой в виде пропитанной оплетки. Стойки и кронштейны делают из уголкового (реже трубчатого) железа: их рекомендуется, пропустив через крышу, заделывать (как и кронштейны) в кирпич. кладку или крепить к балкам [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].



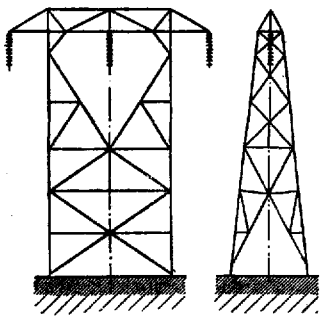
Фиг. 13.



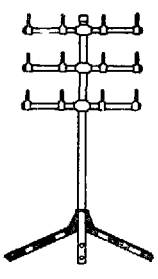
Фиг. 14.

Опоры из железобетона бывают двух типов: изготовляемые на з-де с помощью центрифуги (пустотелые столбы) и изготовляемые на месте установки или на з-де в особых формах (на каркасе из железных прутьев, схожие по форме с решетчатыми железными опорами, но несколько более тяжелые, и по виду) [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Укрепление опор в грунте. Деревянные опоры особыми фундаментами не снабжают. Столбы чаще прямо закапывают в землю; ямы роют продолговатые и уступами, с вертикальной стенкой в сторону большей тяги про-

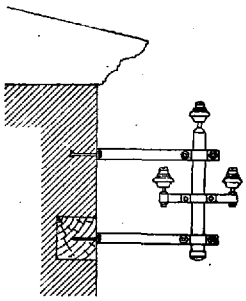


Фиг. 15.

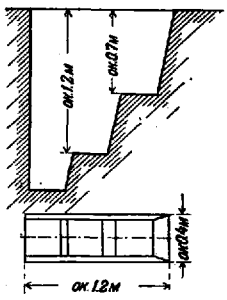


Фиг. 16.

те) обкладывать столб в яме камнями или (в слабом грунте) снабжать его одной или несколь-

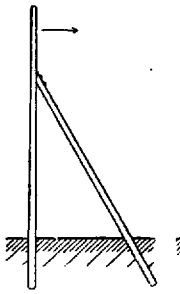


Фиг. 17.

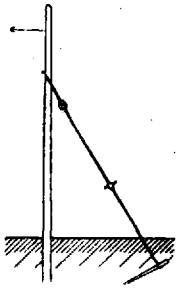


Фиг. 18.

кими поперечинами около 2 *м* длиной. Установив столб правильно (искривленные столбы так, чтобы они казались возможно более прямыми, если смотреть в направлении трасы линии), яму засыпают, поливая водой и трамбуя. На углах столбы несколько наклоняют в сторону, противоположную равнодействующей натяжений проводов; в плоскости равнодействующей располагают изготовляемые из старых столбов подпорки (фиг. 19) или оттяжки из оцинкованного железного троса диам. 6—10 *мм* (фиг. 20). Целесообразно периодически (через 4—5 лет), откопав столб на глубину 0,5 *м*, просушить его и обмазать горячим дегтем. Для повышения долговечности столба (в особенности в сырых местностях) конец его не закапывают прямо в грунт, а укрепляют между железными балками или рельсами, которые врывают в землю или заделывают в бетонный фундамент (заделывать в бетон можно только железо; при заделке в бетон дерева разрушается и дерево и бетон). Сложные опоры из дерева закрепляют в грунте с помощью леж-



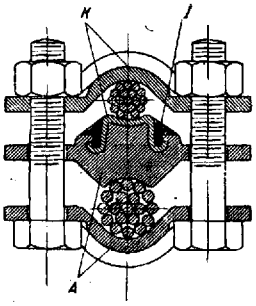
Фиг. 19.



Фиг. 20.

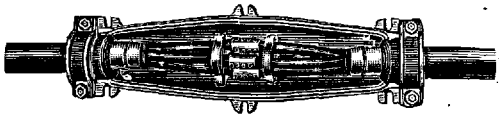
ней (фиг. 6). При больших пролетах (для использования всей длины бревна, а также для предохранения от гниения) стойки опор крепят к зарытым в землю стульям (ногам) из дерева или железа (фиг. 9). Железные опоры укрепляют, в зависимости от почвы, посредством фундаментов в виде бетонных блоков, бетонных плит или из шпал (у опор с широкой базой каждую стойку заделывают в отдельный фундамент, у опор с узкой базой фундамент один общий). Размеры основания должны обеспечивать устойчивость опоры и удерживать в допустимых пределах давление основания на грунт (при землистой почве глубина заложения не менее глубины промерзания почвы, которая на севере СССР ок. 2 *м*). Вопрос о точном теоретич. расчете фундаментов пока не разрешен, свойства грунтов изучены недостаточно: на прак-

проводов) с последующим пропаиванием оловом без к-ты, аналогично изолированным *проводам* (см.); недостатки: нагревание при пайке уменьшает механич. прочность, иногда электрич. контакт недостаточен. Поэтому теперь, особенно для высоковольтных линий, больше распространяется соединение концов без пайки посредством специальных зажимов из двух частей на болтах или в виде гильз (из того же металла, как и провода) овального сечения, которые, введя в них концы проводов, затем с помощью особых тисков обжимают (герм. система Гофмана) или закручивают (америк. система Мак Интайра, фиг. 24). Многопроволочные (гл. образом сталеалюминиевые) провода соединяются специальными конусными соединителями с ввинчивающимися втулками (фиг. 25). Для ответвления медным проводом (ввод в здание) от алюминиевой уличной магистрали применяют специальные зажимы, например системы Гофмана (фиг. 26: *К*—медь, *А*—алюминий, *I*—изолирующая масса), в которых алюминиевый провод зажат между алюминиевыми поверхностями, а медный—между медными; соединение же между разнородными металлами осуществлено впрессовыванием их друг в друга, и место соединения в целях предотвращения электролитич. разъедания залито специальным смолистым составом для защиты от доступа атмосферной влаги [1, 5, 8, 9, 11].



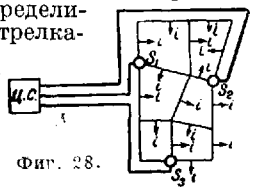
Фиг. 26.

Подземные кабельные С. э. (см. *Кабель*). Прокладка кабелей. За исключением США и Великобритании, за границей и в СССР кабели укладываются обычно непосредственно в землю (что требует в городах прокладки бронированных кабелей). В США и Великобритании распространен другой способ, более дорогой, но допускающий применение небронированных кабелей и позволяющий ремонтировать, заменять и прокладывать добавочные кабели, не разрушая верхнего строения дорог, под которыми они проложены: прокладка в гончарных или бетонных (иногда чугунных) трубопроводах (называемых иногда канализацией); в СССР этот способ для кабелей сильных токов до последнего времени применяется лишь в виде исключения на небольших участках; более распространен он у нас для кабелей связи (см. *Линии связи*; там же относительно прокладки кабелей подводных). При прокладке непосредственно в земле для кабеля отрывают канаву 0,5—1 *м* глубиной (иногда и глубже—для военных нужд или при глубоком промерзании почвы), в к-рую его укладывают на слой просеянной земли или, лучше, песка 3—10 *см* толщиной; лучше канаву располагать под тротуаром и не ближе 2 *м* от металлич. труб во избежание электролиза. Для прокладки смотывают кабель с подвезенного к канаве деревянного барабана (на козлах или особой повозке). За границей весь процесс рытья канавы и укладки кабеля механизирован (специальные машины: экономия времени и средств). На поворотах радиус закругления кабеля не менее 10-кратного диаметра его (чтобы не лопнула оболочка). Концы кабеля никогда нельзя оставлять открытыми—их предохраняют от сырости специальными наконечниками. На морозе прокладка нежелательна, а при $t°$ ниже $-5°$ недопустима. Соединение концов кабелей и ответвления необходимо выполнять чрезвычайно тщательно (несоблюдение—наиболее распространенная причина аварий); оно осуществляется посредством муфт, обычно из двух чугунных частей (фиг. 27): в нижнюю часть вводят


Фиг. 27.

и соединяют металлическими зажимами оголенные от изоляции концы проводящих жил; затем, закрыв муфту верхней крышкой, заливают пространство внутри ее подогретой изолирующей массой, затвердевающей по охлаждении. Для вводов в дома и соединения подземных линий с воздушными служат муфты несколько иной конструкции. Нахождение мест повреждений в подземных кабельных линиях осуществляется с помощью особых способов электроизмерительной техники, основанных на принципе моста Витстона или на методе падения напряжения [5, 6, 7, 9, 11, 12]. С. э. внутри зданий—см. *Провода электрические* [6, 8, 9, 13].

Питательные пункты, точки электрич. сети, в к-рых энергия из питательных проводов (фидеров) поступает в распределительную сеть. На фиг. 28, изображающей упрощенную однолинейную (два провода двухпроводных линий или три провода трехпроводных изображены одной линией вместо двух или соответственно трех) схему сети, питательные пункты обозначены буквами S_1, S_2 и S_3; поступающие к потребителям токи (нагрузки распределительной сети) показаны стрелками с буквой i; питательные провода изображены толстыми линиями; *ЦС*—центральная электрич. станция (или главная понизительная подстанция). Питательные пункты позволяют регулировать распределение напряжений в распределительной сети, поддерживая постоянное напряжение в наиболее важных точках ее. При переменном токе в питательных пунктах устанавливают трансформаторы, понижающие напряжение фидеров до напряжения распределительной сети.



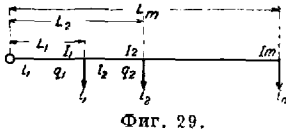
Фиг. 28.

Расположение питательных пунктов и число их. Питательные пункты помещают ближе к центрам нагрузок районов, около крупных потребителей, на перекрестках главных улиц. Увеличение числа питательных пунктов, повышая стоимость системы фидеров, удешевляет распределительные провода (позволяя взять для них меньшие сечения). При проектировании важно выбрать наивыгоднейшее число питательных пунктов, при к-ром общая стоимость всей сети—распределительной и фидеров—будет наименьшей. Для этого в небольших сетях исходят из (взятых из статистики существующих установок) средних расстояний между питательными пунктами: 150—250 *м* при рабочем напряжении сети в 100 V; 200—350 *м* при 200 V; 300—500 *м* при 400 V. Руководствуясь этим, примерно размещают по сети питательные пункты, рассчитывают приближенно несколько вариантов и выбирают из них наивы-

годнейший. С целью сократить предварительные расчеты для сетей средних и больших удобно пользоваться для определения числа питательных пунктов эмпирич. ф-лами А. Зенгеля [11], В. М. Хрущова [16-17] или М. Д. Каменского [18]. Однако эти ф-лы дают лишь приблизительные значения наивыгоднейшего числа питательных пунктов, в него вносят коррективы на основании расчета распределительной сети; слишком большие сечения распределительных проводов заставляют сблизить соответствующие питательные пункты; если это слишком увеличит сечения прилегающих распределительных проводов, то добавляют несколько питательных пунктов [6, 19, 20].

Измерение и регулирование напряжения в питательных пунктах. Для измерения напряжения ведут от каждого питательного пункта два или три тонких контрольных (испытательных) провода, присоединяемых другими своими концами на центральной станции к вольтметру, сечением в 1—2 *мм*^{2} в кабелях и 6—10 *мм*^{2} в воздушных линиях. В больших сетях высокого напряжения, в виду дороговизны прокладки в них контрольных проводов, их ведут только к важнейшим питательным пунктам. Чтобы вольтметр показывал напряжение в самом питательном пункте, применяют особые компенсаторы падения напряжения в контрольных проводах [5,6]. В питательных пунктах поддерживается постоянное напряжение, по возможности одинаковое для всех питательных пунктов (при несоблюдении этого в сети возникают уравнительные токи, увеличивающие непроизводительно потери энергии на нагревание проводов). В небольших установках, где все генераторы электрич. энергии и все фидеры присоединены к одному общему комплекту распределительных шин, напряжение регулируют на станции по показаниям вольтметров, соединенных контрольными проводами с питательными пунктами. Фидеры должны быть приблизительно одинаковой длины; падение напряжения в них допускают небольшое. При этих условиях разности напряжений между питательными пунктами выравниваются самопроизвольно. Фидеры, длиной превосходящие остальные, автоматически принимают на себя меньшую нагрузку. В фидеры, которые много длиннее остальных, включают вольтодобавочные машины. Очень короткие или мало нагруженные фидеры можно выполнять из хуже проводящего материала, напр. железа; включение поглотительных реостатов нежелательно. Если есть аккумуляторная батарея, то ее используют для регулирования, присоединяя отдельные питательные провода к различным разрядным рычагам элементного коммутатора. Можно применить несколько отдельных комплектов распределительных шин с различными напряжениями и, сгруппировав фидеры по падению напряжения в них, приключить каждую группу к особому комплекту. Такая система позволяет вести работу каждого фидера при наивыгоднейшей силе тока, но сложна; только в больших установках каждый комплект шин обеспечен при этом достаточно большой нагрузкой, т. ч. подразделение генераторной установки на части, питающие различные комплекты шин, в этом случае не связано с опасностью потери выгод параллельной работы. При переменном токе кроме перечисленных средств для выравнивания разностей напряжения в питательных пунктах применяют специальные регуляторы напряжения (в виде регулируемых реактивных катушек, индукционных регуляторов и трансформаторов с переменным коэфициентом трансформации) для ручного или дистанционного управления, а также действующие автоматически [5, 6, 11].

Основания электрического расчета С. э. Важнейшей задачей при электрич. расчете является на основании нагрузок, потребляемых приемниками мощностей, найти протекающие по проводам С. э. токи. Найдя токи, задаются падением напряжения (или потерей мощности) и определяют сечения проводов; сечения проверяют на нагревание по соответствующим таблицам (см. *Провода*). Предварительно выбирают основные характеристики С. э.: место источника главного питания—станции или подстанции, систему распределения (см. *Распределение электрической энергии*), напряжение и способ проводки (воздушная или подземная); выяснив нагрузки (см. ниже), наносят их на план электрифицируемого района, намечая на нем места прокладки проводов распределительной С. э. Наметив расположение питательных пунктов, рассчитывают распределительную С. э. и питательные провода, после чего всю С. э. проверяют на эластичность (см. ниже). Нередко приходится расчет повторить, внеся в первоначальный вариант оказавшиеся нужными изменения. В дальнейшем изложении описаны наиболее распространенные методы электрич. расчета отдельных линий и сетей применительно к двухпроводным сетям постоянного тока. Эти же методы применяют при расчете трехпроводных сетей постоянного тока и сетей переменного тока, причем необходимо принимать во внимание их особенности.



Фиг. 29.

А. Разомкнутые С. э. [5,6,9,11,13,19,22]. Простая линия, питаемая в начале, с несколькими нагрузками. Пусть (фиг. 29) $i_1, i_2, \ldots$—выраженные в *А* токи, протекающие через отдельные приемники нагрузки; $I_1, I_2, \ldots$—токи в отдельных участках провода; $l_1, l_2, \ldots$—выраженные в *м* расстояния в один конец между отдельными нагрузками; $L_1, L_2, \ldots$—расстояния в *м* в один конец от начала линии до отдельных нагрузок; $q_1, q_2, \ldots$—сечения проводов в *мм*^{2} отдельных участков линии; σ—уд. проводимость металла проводов. Наибольшее падение напряжения (в обоих проводах) в конце линии равно:

$$\varepsilon_m = \left(\frac{I_1 l_1}{q_1} + \frac{I_2 l_2}{q_2} + \ldots + \frac{I_m l_m}{q_m}\right)\frac{2}{\sigma} = \frac{2}{\sigma}\sum\frac{I_n l_n}{q_n}.$$

При нахождении сечений по принятой величине наибольшего допустимого падения напряжения величины отдельных слагаемых этого падения (затрачиваемых на различных участках) можно, выбирая их значения в известных пределах, варьировать б. или м. произвольно или же следовать систематич. ходу расчета по одному из следующих трех методов. а) На постоянное сечение провода С. э. рассчитывают по ф-ле (обозначения те же, что и выше):

$$q = \frac{2\sum I_n l_n}{\sigma\varepsilon_m} = \frac{2\sum i_n L_n}{\sigma\varepsilon_m}.$$

б) На постоянную плотность тока $j = \frac{I}{q} = \text{Const}$ сечение можно рассчитывать по получающейся из общего выражения для падения напряжения формуле

$$q_n = \frac{2I_n L_m}{\sigma\varepsilon_m}.$$

Обычно оказывается более удобным начинать вычисление сечений с последнего участка:

$$q_m = \frac{2I_m L_m}{\varepsilon_m}.$$

Остальные сечения находят путем увеличения найденного значения пропорционально протекающим по отдельным участкам силам токов:

$$q_n = \frac{I_n}{I_m}\cdot q_m.$$

Вследствие округления сечений до нормальных значений (по сортаменту) расход металла на провода при расчете на постоянную плотность тока оказывается бо́льшим, чем при расчете на постоянное сечение; поэтому расчет на постоянную плотность тока для целей практики ценности не представляет. в) На минимум металла сечение рассчитывают по формуле

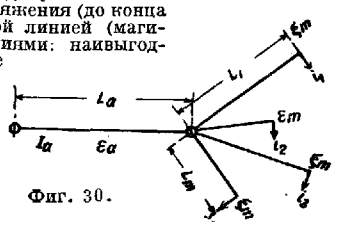
$$q_n = C\sqrt{I_n};$$

порядок расчета: вместо *C* подставляют нек-рое произвольно выбранное круглое число (чаще всего 10; 1 или

0,1) и подсчитывают, какое при принятом C получится значение максимального падения напряжения ε'_m; это значение ε'_m будет конечно разниться от допустимого ε_m: из неправильных значений сечений q'_n находят при помощи пропорционального перерасчета искомые значения q_n по формуле

$$q_n = q'_n \frac{\varepsilon'_m}{\varepsilon_m}.$$

Питаемые в начале разветвленные линии. а) Линия, разветвляющаяся в конце (фиг. 30). В общем расчет сводится к основной задаче: как распределить все допустимое наибольшее падение напряжения (до конца ветвей) между главной линией (магистралью) и ответвлениями: наивыгоднейшее распределение падений напряжения (такое, при котором полный расход металла на всю линию будет минимальным) находят путем проб или по формуле



Фиг. 30.

$$\varepsilon_a = \varepsilon_m \cdot \frac{L_a}{L_a + A},$$

ния, так и (по таблицам) на нагревание. Подобная проверка позволяет остановиться на окончательных значениях сечений проводов С. э. Для простой замкнутой линии (т. н. кольцо) или линии, питаемой с двух сторон (фиг. 32), токораспределение находят, вычисляя токи I_A и I_B, поступающие из питательных пунктов A и B в два конца линии; если (чаще всего встречающийся на практике случай) провод на всей своей длине между питательными пунктами должен иметь одинаковое сечение, а напряжения в обоих питательных пунктах A и B равны, то для нахождения этих токов служат ф-лы

$$I_B = \frac{\Sigma i_n L_n}{L_{AB}} \text{ и } I_A = \Sigma i_n - I_B.$$

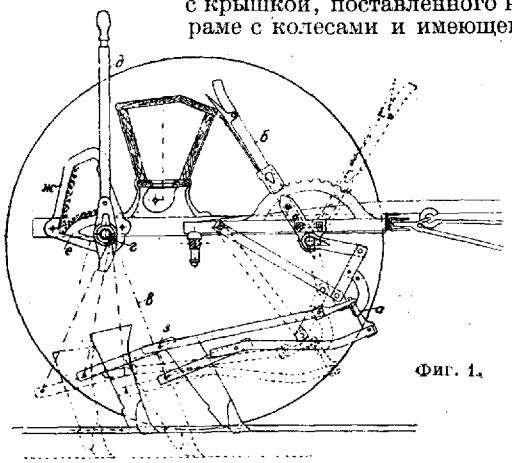
В тех редких случаях, когда сечение не сохраняет постоянного значения на всей длине провода между его концами, в ф-лу для вычисления I_B следует вместо длин поставить значения соответствующих сопротивлений. Если напряжения e_A и e_B в точках A и B различны (что на практике встречается редко), напр. $e_A > e_B$, то при одинаковом сечении по всей длине провода последние ф-лы приобретают вид

$$I_B = \frac{\Sigma i_n L_n}{L_{AB}} + \frac{e_B - e_A}{2R_{AB}}, \quad I_A = \Sigma i_n - I_B,$$

причем R_{AB}—сопротивление провода AB. Для нахождения распределения токов в любой замкнутой С. э. основы-

ное значение для СССР в период реконструкции с. х-ва, при переходе от мелкого единоличного хозяйства к крупному механизированному с.х-ву социалистич.сектора, в к-ром применяются и улучшенная обработка, и подготовка полей к посеву, и наиболее совершенные способы обсеменения участков семенами различных растений. Без рядовых и гнездовых посевов не могут развиваться в сколько-нибудь значительных размерах все культуры, требующие специально междурядной обработки. Реформа нашего полеводства, начатая в небывалом в мировой истории масштабе, во всем с. х-ве не могла бы быть проведена с той уверенностью без применения С., с к-рой она проводится теперь.

Смотря по тому, приводятся ли С. в действие вручную, конной или тракторной тягой, их можно разделить на ручные, конные и тракторные. Ручные С. никогда не пользовались большим распространением. Они предназначаются для замены ручного разбрасывания, которое требует большого опыта и навыка. Лучшие из этих С.—ручные центробежные, в к-рых крылач, разбрасывающий семена, приводится в действие или смычком или вращающейся рукояткой (сист. Бюйста и Альдена). Мешок, из к-рого семена притекают к крылачу, подвешен на ремне через плечо или на шее рабочего. Для равномерного высева рабочий должен итти с определенной скоростью и сообщать крылачу одно и то же количество об/м. Кроме того проход от прохода должен находиться на определенном расстоянии во избежание незасеянных мест (огрехов) или двойных перекрытий семенами. Тракторные и конные С. состоят из призматич. ящика (фиг. 1), или коробки с крышкой, поставленного на раме с колесами и имеющего



Фиг. 1.

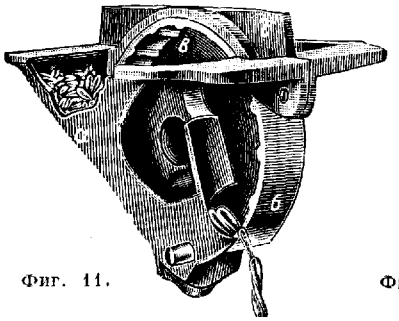
внизу или в задней стенке выпускные отверстия для семян. Около этих отверстий помещается выбрасывающий аппарат с регулирующим приспособлением, а иногда еще и особая ворошилка, или мешалка, способствующая лучшему притеканию семян к выбрасывающему аппарату. Если С. разбросная, то за выбрасывающим прибором ставится распределительная доска или же семяпроводы с отражателями (фиг. 2). Если же С. рядовая или гнездовая, то семена от выбрасывающего аппарата направляются по семяпроводам в полые сошники, а через них в сделанные ими бороздки и сошниками же засыпаются землею на установленную глубину. Тракторные С. пляется в один комплект несколько машин. Конные С. кроме того обычно снабжают подвижными передками с рулевым управлением для более удобного направления машины по полю.

Детали С. Ящик большинства С. имеет призматич. форму с поперечным сечением трапеции или иной фигуры, обращенной узкой стороной вниз (фиг. 1), длиною до 4 и более метров. Ящик делается деревянный или железный, штампованый. Ящик имеет плотно прилегающую крышку, откидывающуюся на петлях для засыпки семян. Между крышкой и ящиком по линии петель не д. б. щели, иначе, когда ящик открыт для засыпки семян, то через щель семена будут теряться и производить беспорядок в посеве. В предупреждение этого нек-рые з-ды заклеивают эту щель полоскою из полотна. Торцовые стенки ящика обыкновенно делаются литыми чугунными или же железными штампованными. В дне или задней стенке ящика проделываются выпускные отверстия, через которые семена поступают или к выбрасывающему аппарату или же выбрасываются наружу. Для того чтобы семена, не обладающие бежкостью, не задерживались в ящике, иногда применяют ворошилки, препятствующие семенам слегаться и образовывать над выпускными отверстиями так наз. «своды», вследствие которых прекращается вытекание семян. Ворошилки состоят из вала, расположенного вдоль дна ящика с насаженными на нем по всей длине против выпускных отверстий прямыми или загнутыми на концах отростками. При вращении или при колебательных движениях вала от передаточного механизма отростки эти постоянно шевелят семена. Ящик кроме того должен иметь приспособление для его быстрой очистки от пыли и сора, а также при необходимости и от семян, т. к. иначе при посеве нескольких видов семян в х-ве можно легко или смешать сорта или же семена одних растений засорить другими. В этих целях в ящике имеется или щель или особые впускные отверстия для его быстрого и окончательного освобождения. В нек-рых конструкциях С. ящик может опрокидываться назад на особых шарнирах (Брянский завод) и в таком положении быстро и легко очищается. Выбрасывающий аппарат является самой главной и ответственной частью всякой С. От всякого выбрасывающего аппарата требуется: 1) равномерный высев семян и постоянный при данной его установке; 2) известный необходимый предел (от и до) количества высеваемых семян при разных установках аппарата; 3) отсутствие повреждения зерна, а если такового избежать нельзя, то самое минимальное (1—2%); 4) нечувствительность аппарата к наклонам С.: вперед, назад и в стороны; 5) нечувствительность к степени наполнения ящика; 6) нечувствительность к скорости движения машины и ее сотрясениям; 7) известная универсальность аппарата, позволяющая высевать семена разных растений, если С. не имеет узко специального назна-

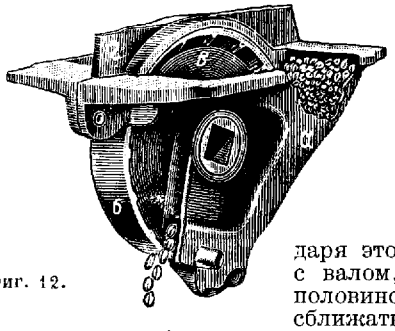


Фиг. 2.

имеет ребра с одной стороны для мелких семян, а с другой — для крупных. В коробке над шайбой имеется перегородка *г*, благодаря к-рой семена можно направлять на ту или другую сторону. Количество семян регулируется ско-

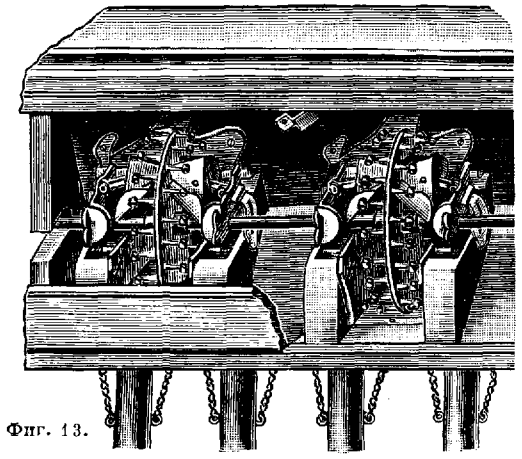


Фиг. 11.



Фиг. 12.

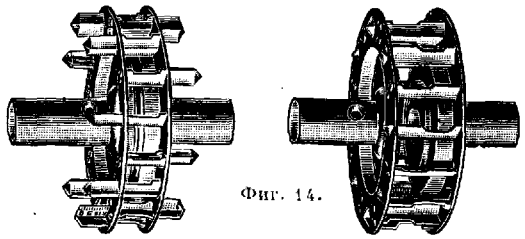
ростью вращения шайбы. По равномерности высева эти системы стоят близко к катушечной, но они менее ее универсальны. Л о ж е ч н а я с и с т е м а выбрасывающих аппаратов почти в том виде, в каком она вышла после изобретения ее Куком и усовершенствования Балдвином и Уэльсом, является до настоящего вре-



Фиг. 13.

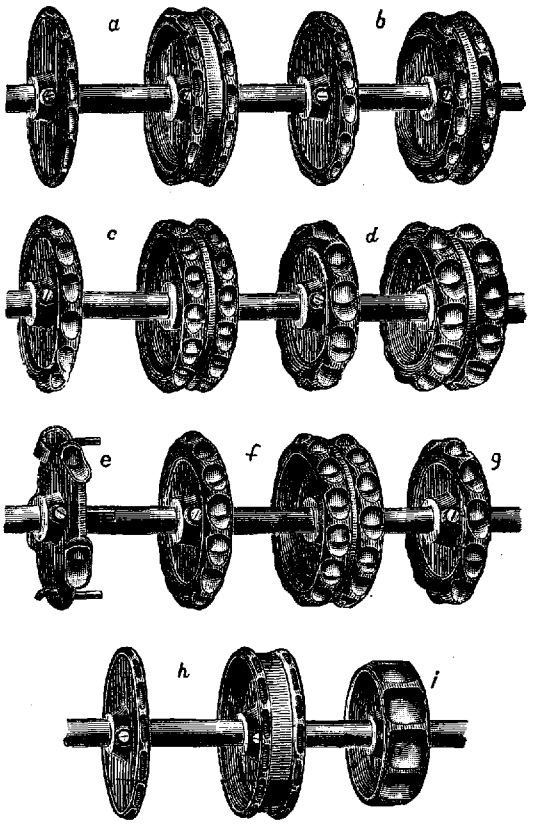
мени излюбленной в Англии и отчасти во Франции, несмотря на их сложность и громоздкость.

Эти аппараты состоят из вала, на к-ром надеты неподвижные тонкие диски $\varnothing \sim 20$ *см*. На дисках перпендикулярно к ним по обеим сторонам посажены ложечки в шахматном порядке. Аппарат расположен позади вдоль ящи-



Фиг. 14.

ка, внизу семена вытекают из ящика в черпальное отделение под вал, захватываются ложечками и выбрасываются в семяпроводы (фиг. 13). Количество семян регулируется в известных пределах переменою скорости вращения вала соответственным изменением передачи. Для различных семян имеются различные ложечки, и это заставляет иметь при одной машине целый набор валов. Аппараты эти дают хорошую равномерность, высевают всякие семена, до моченой свеклы включительно, не дробят семян, но чувствительны к сотрясениям. Ставятся они и на рядовые и на разбросные С. Усовершенствование ложечной системы выбрасывающих аппаратов сделано з-дом Мелихара (Прага). Аппарат Мелихара состоит из двух дисков (фиг. 14), посаженных втулками на вал, разрезанный вдоль на 2 половинки. С одной половинкой скреплена втулка одного диска, а с другой — второго. Благодаря этому диски вращаются вместе с валом, но при передвижении его половинок вдоль будут между собой сближаться или удаляться. На дисках с внутренней их стороны посажены в шахматном порядке штампованные из листового железа ложечки в виде двугранного угла, с загнутыми концами. Ложечки эти проходят концами через соответствующие прорезы в соседнем диске и выходят за него наружу. Эти выступающие части ложечек и являются рабочими. При изменении расстояния между дисками изменяется длина рабочей части ложечек и этим устанавливается количество высева. Аппарат также ставится вдоль ящика, позади его внизу, где и помещается ч е р п а л ь н о е от-

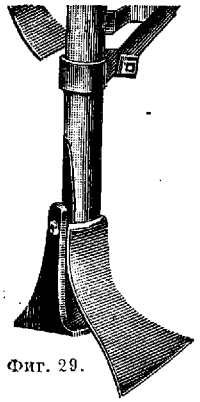


Фиг. 15.

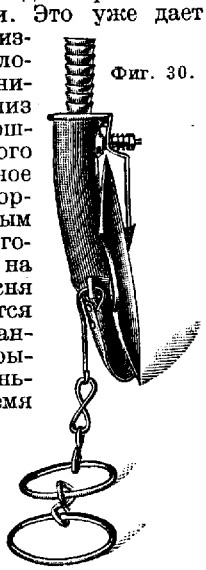
деление, и семена, задетые ложечками, попадают в семяпроводы. Выпускные отверстия ящика расположены не против аппарата, а сбоку его, что делает аппарат значительно менее

[redacted]

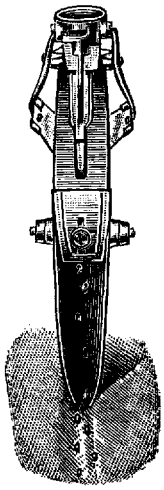
пятствием к широкому распространению рядовых С. в странах, не ведущих интенсивного х-ва. Желая ввести рядовой посев на почвах, недостаточно хорошо обработанных, американцы дали свой якорный сошник. Во время его работы, как видно из фиг. 27, реакция почвы направлена вниз, поэтому вертикальная слагающая r стремится погрузить его в землю. Этот сошник является уже менее требовательным к подготовке поля. Но он имеет следующие существенные недостатки. Глубина его борозды крайне неопределенна, она в значительной степени зависит от рыхлости почвы, поэтому установить сошник на определенную глубину нельзя заранее за отсутствием у него опорной плоскости. Своим наральником он проводит также треугольного сечения борозду, семена так же, как и у европейского, должны ложиться на разную глубину (часть на стенки, а часть на дно), но кроме этого после прохода наральника бороздка слишком быстро закрывается, и семена не успевают упасть на дно, а попадают частично на осыпавшуюся землю.

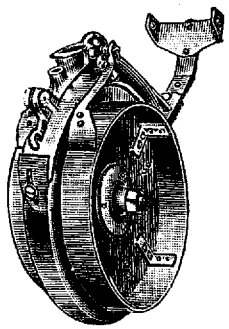

Фиг. 29.

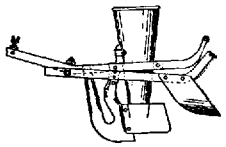
Чтобы устранить этот недостаток и в то же время дать рядовую С., для плохо обработанных полей был сконструирован сошник русско-американский (системы Эльворти). В нем (фиг. 28) реакция земли направлена также вниз и дает вертикальную слагающую, которая стремится усилить погружение сошника в почву, но в этом сошнике его наральник имеет опорную плоскость ab, составленную из двух его краев, отогнутых назад и обрезанных по горизонтальной плоскости. Это уже дает возможность, как и в плуге, изменять глубину бороздки наклоном опорной плоскости сошника: вверх при уменьшении и вниз при увеличении глубины. Сошник сист. Эльворти кроме того расширен книзу, и поперечное сечение его бороздки имеет форму трапеции с горизонтальным дном шириною ок. 35 *мм*. Благодаря этому семена ложатся на дно бороздки свободно, не тесня друг друга, как это наблюдается при европейских и американских сошниках, и лучше закрываются землей. Чтобы еще меньше стеснять растения во время роста, предложен широкий сошник (фиг. 29) системы Иверсона, причем его семяпроводы снабжены отражателями, благодаря чему семена разбрасываются по всей ширине борозды, и ряды получаются не в виде строчки, а в виде широкой (до 180—200 *мм*) ленты, что позволяет растениям менее теснить друг друга и свободнее развиваться и куститься. Для еще менее разрыхленных почв и для раннего посева в США стали применять одно- и двухдисковые сошники, что вызвало целый переворот в полевом


Фиг. 30.

тяжести врезается в почву и оставляет прорез, в который высыпаются семена. Однодисковый сошник (с одним выпуклым диском) дает прорез в виде узкой щели, засыпающейся землей почти только с одной стороны, что не всегда является достаточным, и поэтому к сошнику сзади прикрепляется цепь с кольцом, которым бороздка засыпается дополнительно (фиг. 30). Двухдисковый сошник состоит из двух прямых дисков, соединенных между собой под небольшим углом. При проходе по поверхности поля он оставляет узкую бороздку с небольшим гребешком вдоль дна (фиг. 31), поэтому семена ложатся по обе стороны бороздки в две строчки. После прохода сошника края бороздки осыпаются и закрывают семена. Однако и к этим сошникам обыкновенно прицепляют цепочки с кольцом для разравнивания гребешков и для лучшей заделки семян. Глубина заделки при дисковых сошниках изменяется в известных пределах при помощи нажимных пружин, передающих на диски часть веса ящика. Для тех случаев, когда дисковые сошники должны заделывать семена точно на одну и ту же глубину по всей длине рядка, один или оба диска снабжаются особыми опорными ободьями (фиг. 32), не позволяющими диску входить дальше установленной глубины. Ободья эти могут устанавливаться на разную глубину посева. При высеве очень мелких семян, например табака, дисковые сошники с такими ободьями дали у нас в СССР вполне положительные результаты. Из специальных типов сошников можно указать на свекловичные европейского типа (фиг. 33), которые нередко делаются двойными при одновременном внесении в почву туков. Они имеют тупую и широкую грудь (наральник) и несут на себе загортачи, которыми семена добавочно прикрываются слоем земли.

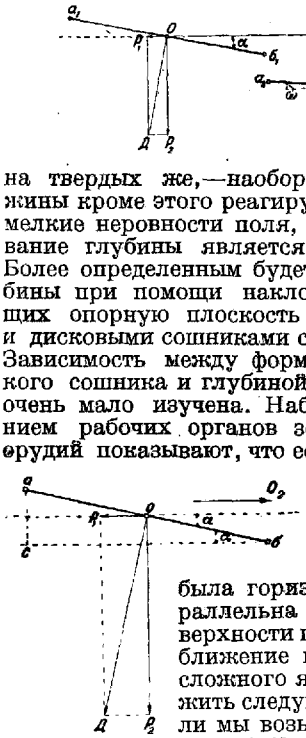

Фиг. 31.


Фиг. 32.


Фиг. 33.

К специальным же сошникам надо отнести и америк. полозовидный (фиг. 34), дающий уплотненное дно борозды (press drill) для увеличения его капиллярности и подвода воды к семенам из нижних слоев почвы. Сошники при помощи хомутов и тяг прикрепляются к сошниковому брусу, к-рый и ведет их во время работы (фиг. 35). Рядки при посеве зерновых хлебов располагаются на расстоянии не менее 100 *мм*, что возможно только при европейских, аме-

сомнительной правильности и точности. Правда, дополнительные грузы, действующие своим весом, давят на сошник непрерывно, но сама почва слишком разнообразна по своей плотности, и поэтому на мягких местах сошник войдет глубже, а следовательно глубже лягут и семена, на твердых же,—наоборот. Нажимные пружины кроме этого реагируют еще на различные мелкие неровности поля, и при них регулирование глубины является еще менее точным. Более определенным будет регулирование глубины при помощи наклона сошников, имеющих опорную плоскость (сошник Эльворти), и дисковыми сошниками с опорными ободьями. Зависимость между формой угла наклона такого сошника и глубиной его погружений еще очень мало изучена. Наблюдения над движением рабочих органов землеобрабатывающих орудий показывают, что если эти органы имеют опорную плоскость, то они сами стремятся стать на такую глубину, чтобы эта опорная плоскость была горизонтальна, вернее параллельна обрабатываемой поверхности поля. Как первое приближение к разъяснению этого сложного явления может послужить следующее построение. Если мы возьмем тонкую пластинку a_1b_1 (фиг. 38), шириною, равною единице, и, наклонив ее под некоторым углом α, заставим перемещаться в какой-либо среде (в данном случае в почве), то, пренебрегая явлением обтекания краев этой средой и считая, что реакция $Д$ среды будет пропорциональна проекции площади пластинки на плоскость, перпендикулярную к направлению ее движения, т. е. величине ac (фиг. 39), имеем:



Фиг. 39.

$$Д = ac = ab \cdot \sin\alpha. \qquad (1)$$

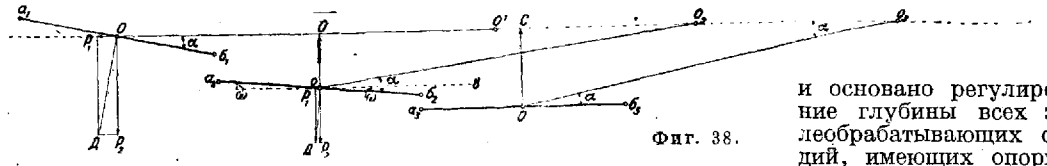
Это давление $Д$ будет действовать перпендикулярно плоскости пластинки ab, и его равнодействующую $OД$ можно считать приложенной в ц. т. пластинки ab, т. е. в точке O. Тогда сопротивление движению по линии OO_3 можно определить как слагающую, равную $Д \cdot \sin\alpha$, а слагающая, стремящаяся сдвинуть пластинку вниз, будет равна $Д \cdot \cos\alpha$. Подставляя значение $Д$ из ф-лы (1), имеем:

$$P_1 = ab \cdot \sin^2\alpha \qquad (2)$$

и

$$P_2 = ab \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha. \qquad (3)$$

Если пластинку ab перемещать при помощи жесткого стержня OO_1, к-рый одним концом скреплен с пластинкой в точке O, а другим движется по линии OO_3 (фиг. 38), то под действием силы P_2 она будет погружаться. Если пластинка и стержень будут невесомы, то это погружение остановится в тот момент, когда слагающая от силы тяги (по стержню) OC будет равна P_2^n. Но если система имеет достаточный вес ее положении мы будем уменьшать угол α (фиг. 38), то реакция земли, приложенная уже к нижней стороне пластинки, своей слагающей P_2 будет ее приподнимать до момента, когда величина P_2 сделается равной 0, т. е. пластинка станет параллельно плоскости OO_3. На этом



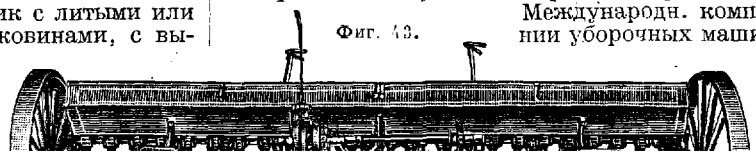
Фиг. 38.

и основано регулирование глубины всех землеобрабатывающих орудий, имеющих опорную плоскость у своих рабочих органов. Обращаясь теперь к зависимости между углом наклона α и величиной слагающей P_2, мы из формулы (3) видим, что P_2 достигает своего максимума при $\sin\alpha = \cos\alpha$, т. е. когда угол α будет равен 45 и 135°, причем при 45° максимум будет иметь знак плюс, а при 135°—знак минус. Но, во-первых, рабочие органы землеобрабатывающих орудий редко имеют форму пластинки (некоторые лапы культиваторов, кочкорезы), а, во-вторых, во время установок в действительности не приходится наклонять опорную плоскость даже под таким углом, как 45°; обыкновенно углы наклона ее бывают значительно меньше. Но, с другой стороны, рабочие органы, имеющие прототипом своей формы клин, у к-рого одна из граней играет роль опорной плоскости, воспринимают давление почвы и своей рабочей поверхностью (плуг, сошник С.), и поэтому слагающая P_2 достигает своего максимума при значительно меньших углах наклона опорной плоскости. Величина этих углов при установках плуга может и не представлять собой особо большого интереса, так как при регулировании глубины плужные корпуса приходится наклонять на небольшие углы. Но при установках сошников С. возможно приблизиться к тому предельному углу наклона, за к-рым сошник прекратит увеличение глубины борозды и пойдет мельче. Фиг. 40 и 41 дают представление о колебаниях величин $Д$, P и P_2 в зависимости от величины угла наклона пластинки ab. Кривая колебаний величины слагающей P_2, как видим,—синусоида, имеющая наибольшие координаты при 45 и 135°.

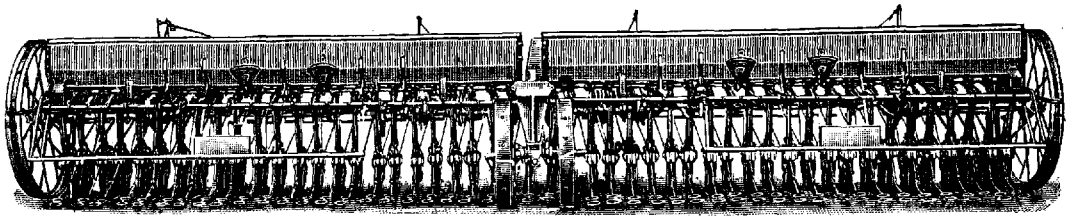
Р а м а, на к-рую ставится ящик С., опирается на два ходовых колеса с большим диаметром (более 1 *м*) и широким ободом (ок. 100 *мм*). Колеса эти делаются или цельнометаллич., или деревянными, или же из металла и дерева. В более продуманных конструкциях внутренняя часть металлич. обода выложена деревянными косяками такой толщины, чтобы при погружении колеса в почву земля и грязь не попадали бы на обод и не поднимались ими кверху, т. к. при обратном падении загрязняются и ступица колеса и передаточный механизм. В предупреждение этого многие С. имеют наклонно поставленные колеса, благодаря чему грязь, падающая с верхней части обода, падает наружу, мимо С. На наших з-дах для ходовых колес уже установлен промстандарт. Т. к. одно из колес С. (а иногда и оба) приводит в движение весь ее механизм и по длине обода колеса производится установка выбрасывающего аппарата на определенное количество семян, то некоторые з-ды делали колеса с 10 спицами для удобства подсчета. На ступице колеса помещается ше-

комбинации выбрасывающий аппарат приводится в действие от колес грабель при помощи цепной передачи, а сами грабли могут служить для заделки семян. Из рядовых С. наиболее разработанными по конструкции надо считать С. сист. Эльворти, в к-рых глубоко продуманы и обстоятельно проверены все детали. Машины эти явились образцами для копирования и для дальнейших усовершенствований другими з-дами, до заграничных включительно. Эти С. имеют деревянный ящик с литыми или штампованными железными боковинами, с выбрасывающим аппаратом Гузиера, имеющим приспособление для очистки ящика от зерна, с резиновыми семяпроводами, с сошниками типа трактора. Все машины имеют деревянный ящик с металлич. боковинами. При подъеме сошников отводится паразитная шестеренка, вследствие чего механизм выбрасывающих аппаратов (тукового и для семян) выключается, и заслонки, регулирующие количество высева, закрывают наглухо выпускные отверстия. С. для механич. тяги делаются с большой шириной захвата и часто имеют автоматический подъем сошников. На фиг. 43 изображена 24-рядная зерновая С. Международн. компании уборочных машин

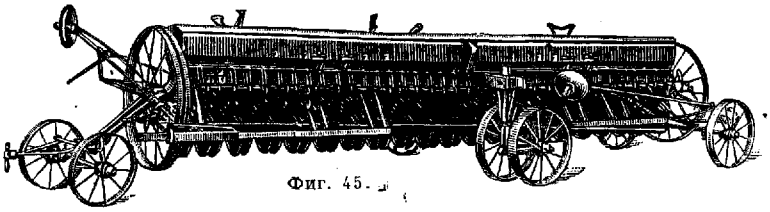
Фиг. 43.



проводам семена, которые ложатся на дно борозды, свободно рассыпаясь по всей ее ширине. При проходе следующего корпуса семена заделываются. Как мы видим, семена попадают почти в такие же условия, как и при сошниках Иверсона, с той только разницей, что буккер их



Фиг. 44.



Фиг. 45.

кладет на влажное дно борозды, но закрывает верхним сухим слоем почвы, т. к. посев происходит одновременно с весенней обработкой поля. Буккера бывают 4—6 корпусов. Благодаря буккеру в засушливых районах удается засевать огромные площади полей хлебами. По аналогии с буккером в настоящее время стали применять и дисковые пшеничные плуги для весенней обработки и одновременного посева. Производительность каждой С. зависит от ее ширины захвата и от скорости передвижения по полю. Правило Горячкина для определения производительности с.-х. машин и орудий применимо и к С., но с соответственными поправками. Производительность на «1 *м* ширины захвата в 10-часовой рабочий день равна 4 *га*» будет близка для машин при тракторной тяге, когда скорость трактора ок. 1,25 *м/ск*. При лошадиной тяге, когда нормальная скорость будет 1,0—1,1 *м/ск*, остановки для засыпки семян не позволят выдержать этого правила, и осторожнее вести расчеты на 75% производительности, высчитанной на 1 *м* ширины захвата. Тяговое усилие рядовых С. 10—12 *кг* на сошник.

В СССР применяется уже аэросев. Вначале им пользовались для посева риса на плавнях, но теперь применили на полях для сверхраннего сева. Выбрасывающим аппаратом является пока *аэроопылитель* (см.) с некоторыми добавлениями. Опыт показал, что при скорости полета 30 *м/ск* выгоднее держаться на высоте 10—15 *м* над землей во избежание сноса семян. Ширина захвата 9—12 *м*, производительность 130—150 *га* в день при подъемной силе аэроплана в $2^1/_2$ *ц* зерна.

Институт с.-х. авиации конструирует новый аппарат типа центробежного разбрасывателя туков (см. *Удобрение*).

Производство С. сосредоточено на след. заводах СССР: 1) на заводе «Красная звезда» в г. Зиновьевске строят а) 24-рядную тракторную С. типа Междунар. комп. убор. машин, но не с цепной, а с шестеренной передачей и двумя автоматами, б) 42-рядную для льна, с одно-дисковыми сошниками, с двумя автоматами, с шириною захвата 4,6 *м*, в) сошники для глубокого посева, г) Молинский сошник для посева махорки. Кроме того строят 12-рядную 2-дисковую С. для конной тяги. 2) На заводе имени Петровского в Харькове строят С. к пшеничным дисковым плугам (буккер) по сист. Эльворти. 3) На заводе «Красный пахарь» строят 23-рядные комбинированные тракторные С. с выбрасывающим аппаратом Веска и с туковым Шлёра; С. для семян трав типа Кроуна и щеточные; огородные 2-рядные сист. Сакка, С. ручные марки «Синьорка», типа Планет, и аппарат Руденко к свекловичным С. 4) На Ростовском Сельмаше строят 24-рядные тракторные С. типа Междунар. компании убор. машин в комбинации с С. для высева трав, имеющими уменьшенный аппарат Гузиера. 5) В Ташкенте строят хлопково-кукурузные С. на 2 рядка с полозовидными сошниками.



Фиг. 46.

Лит.: Шиловский К., Рядовая сеялка, М.—Л., 1931; Вейс Ю., Курс с.-х. машиноведения, 3 изд., М.—Л., 1929; Тракторная 24-дисковая сеялка, М., 1931; Горячкин и Глинчиков, Опыт применения способа наименьших квадратов, М., 1912; Белянчиков П., Тракторные прицепки, М., 1927; Гусятский, Тракторные сцепки, М.—Л., 1931; Сладков Я., Сівалки, Харків, 1929; Отчет об испытании сеялок на Бутырском хуторе в 1903, М.

Н. Сладков.

СЖИЖЕНИЕ ГАЗОВ употребляется в технике с двоякой целью: 1) для уменьшения объема газов при транспортировании и хранении и 2) в соединении с фракционной перегонкой или ректификацией для разделения газовых смесей на их составные части.

I. Физические основы С. г. Достигается С. г. понижением $t°$ ниже $t°_{кип.}$ газа при данном давлении, причем последнее м. б. произвольным; обычно С. г. производят с целью повышения $t°_{кип.}$ при повышенном давлении. Попытки сжижения т. н. «постоянных» газов оставались долгое время безуспешными, так как исследователи пытались достигнуть такового одним по-

вышением давления, ограничиваясь в понижении $t°$ лишь той степенью холода, которая может быть получена применением охлаждающих смесей. Лишь после того, как Менделеев и Эндрьюс доказали существование критической $t°$, т. е. такой точки, выше которой С. г. нельзя достигнуть никаким повышением давления, стала понятной причина неудач: дело в том, что $t°_{крит.}$ постоянных газов лежат значительно ниже достигаемых холодильными смесями. Критич. данные газов, подвергающихся сжижению с технич. целями, даны в табл. 1.

Табл. 1.—Критические данные газов.

Название газа	$t°_{крит.}$	Критич. давление, atm	Плотность в критич. точке, $кг/л$	$t°_{кип.}$ при 760 $мм$	Скр. теплота парообразования $t°_{кип.}$, Cal/кг
Воздух	−140,7	37,2	0,31	−194,1	49,1
Кислород	−118,8	49,7	0,13	−183,00	51,0
Азот	−147,1	33,5	0,31	−195,81	47,8
Аргон	−122,4	48,0	0,53	−185,8	37,6
Неон	−228,7	26,9	0,48	−246,3	
Гелий	−267,9	2,26	0,066	−268,98	4,91
Ксенон	16,6	58,2	1,16	−107,0	
Криптон	− 62,5	54,3	0,078	−151,7	
Водород	−240,0	12,80	0,031	−252,80	108
Хлор	143,9	76,0	0,57	− 34,70	67,4
Углекислота	31,0	72,9	0,46	− 78,5	88,1
Окись углерода	−138,7	34,6	0,31	−190,0	50,5
Аммиак	132,4	112	0,24	− 33,4	327,7
Сернистая к-та	157,2	77,7	0,52	− 10,0	91,2
Закись азота	36,5	71,7	0,45	− 89,5	

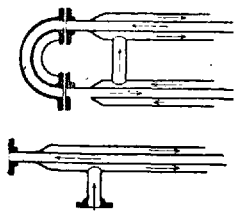
Для С. г., $t°_{крит.}$ которых лежит много выше комнатной $t°$, бывает достаточно охладить сжатый до надлежащего давления газ при помощи холодной воды в специальных конденсаторах. Для охлаждения постоянных газов пользуются понижением $t°$, сопровождающим расширение таковых. При этом газ, расширяясь, может производить внешнюю работу (в моторе или турбине) или нет (мятие). Идеальный газ, подвергаемый мятию, т. е. расширению без совершения работы, не должен изменять свою $t°$; в реальных газах мятие сопровождается однако изменением $t°$, величина которого зависит для каждого газа от абсолютных значений давления и $t°$ (эффект Джоуля-Томсона). Обычно при этом происходит поглощение тепла, т. е. $t°$ понижается (положительный эффект Джоуля-Томсона). Отношение уменьшения $t°$ при бесконечно малом изменении давления к этому последнему $\frac{\partial t}{\partial p}$ называется дифференциальным эффектом Джоуля-Томсона при данных значениях $t°$ и давления. Суммируя значения диференциального эффекта в известных пределах давлений и принимая нек-рую $t°$ за начальную, получаем т. н. интегральный эффект Джоуля-Томсона при расширении с p_1 до p_2 при начальной температуре t_1. Некоторые величины, дающие понятие о величине этого эффекта, приведены в табл. 2. Как видно из табл. 2, диференциальный эффект Джоуля-Томсона уменьшается при возрастающих $t°$ и давлении. Каждому давлению соответствует определенная $t°$, для которой эффект делается равным 0, а при дальнейшем повышении становится отрицательным, т. е. при мятии $t°$ газа повышается (инверсионный пункт). Для большинства газов инверсионный пункт лежит значительно выше употребительных $t°$; лишь для водорода и гелия при комнатной $t°$ эффект Джоуля-Томсона отрицателен, и для достижения положительного эффекта необходимо охладить водород ниже −83 ÷ −84°.

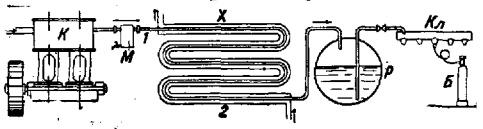
Табл. 2.—Падение $t°$ при мятии воздуха с давления p_1 до p_2 при начальной температуре t_1.

t_1	p_1=50 atm		p_1=100 atm		p_1=150 atm		p_1=200 atm	
	p_2	t_1-t_2	p_2	t_1-t_2	p_2	t_1-t_2	p_2	t_1-t_2
46,8	0	9,1	0	17,5	0	23,0	0	29,5
26,8	0	10,6	0	20,6	0	28,3	0	35,2
6,8	0	12,7	0	24,1	0	34,2	0	42,6
− 13,2	0	15,1	0	29,0	0	41,5	0	51,5
− 33,2	0	18,0	0	35,8	0	50,8	0	62,4
− 53,2	0	22,4	0	44,9	0	62,8	0	74,4
− 73,2	0	27,5	0	56,2	0	76,4	0	97,1
− 93,2	0	35,1	0	71,6	19,8	60,4	28,6	53,5
−113,2	0	47,0	36,0	28,5	38,0	27,4	38,0	27,4
−133,2	37,9	7,5	37,0	8,9	36,5	9,4	36,5	9,3

II. Техника сжижения неперманентных газов. Для сжижения неперманентных газов достаточно сжать их несколько выше давления насыщенных паров при температуре, служащей для охлаждения воды. Практически сжатие ведут значительно выше, принимая во внимание повышение $t°$, сопряженное с наполнением газа в цилиндры (бутыли) для транспортирования. *Компрессоры* (см.) по конструкции не отличаются от употребляемых в холодильном деле; особенности материала цилиндров и способ смазки их будут указаны далее при отдельных газах. Холодильники (конденсаторы) строят по принципу противотока, т. е. охлаждающая жидкость течет навстречу охлаждаемому газу, вследствие чего становится возможным охлаждение выходящего из конденсатора газа почти до $t°$ входящей в него воды. В простейшем виде холодильник состоит из змеевика, погруженного в чан с проточной водой; при недостатке воды для охлаждения применяют оросительные конденсаторы, представляющие собой плоский, расположенный вертикально змеевик, орошаемый снаружи водой. В последнее время оба эти типа вытесняются конденсатором с двойными трубками (фиг. 1); газ и вода двигаются противотоком, первый в наружной, вторая во внутренней трубке; преимуществом этой системы является сбережение места и повышенный охлаждающий эффект: практически достижимый обмен тепла на 1 $м^2$ поверхности и на 1° разницы температур равняется в первой системе 280÷320 Cal, во второй 140÷180 Cal и в третьей системе 1 300÷1 500 Cal в час. Общая схема установки для сжижения неперманентных газов изображена на фиг. 2: *К*—компрессор, *М*—маслоотделитель, *Х*—холодильники, *Р*—резервуар для жидкого газа, *Кл*—коллектор, *Б*—бутыль (цилиндр). Очищенный от примесей и высушенный газ сжимается в компрессоре, проходит маслоотделитель, вступает по трубе *1* в холодильник, где вода движется противотоком по трубе *2* и после сжижения поступает в резервуар, откуда по мере надобности его разливают по бутылям, присоединяемым при помощи гибких металлических трубок к коллектору..

Отдельные газы. Аммиак NH_3 для сжижения добывается обычно из аммиачной воды газовых заводов или получается синтетич. путем. Аммиак д. б. весьма тщательно очищен от примесей (H_2S, H_2O, CO_2, органич. летучие вещества); обыкновенной очистки, употребляемой на газовых з-дах, недостаточно — амиак пропускают над негашеной известью и собирают в газгольдере, плавающем в масле. Отсюда он засасывается компрессором, сжимается до 10 *atm*, поступает в конденсатор одного из описанных выше типов, где и сжижается. Для смазки компрессорного цилиндра употребляют жидкое минеральное масло. Сжиженный аммиак наливают в стальные цельнотянутые цилиндры, вмещающие обычно 20 и 50 *кг* NH_3; минимальный объем цилиндров для указанных количеств


Фиг. 1.



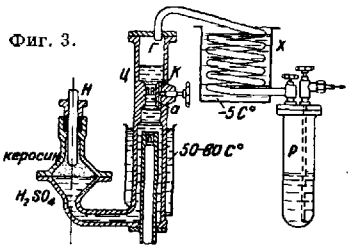
Фиг. 2.

газа соответственно 37,2 и 93 *л*. Цилиндры испытываются под давлением в 30 *atm*, причем испытание повторяется через каждые 4 года. Все приходящие в соприкосновение с газом части компрессора, арматуры и трубопроводов не должны содержать меди, так как последняя разъедается аммиаком. Жидкий аммиак применяется гл. обр. в холодильном деле, кроме того его употребляют вместо нашатырного спирта с целью удешевления транспортирования.

Углекислота CO_2 для целей сжижения добывалась прежде из мрамора и соляной кислоты; этот способ почти совершенно оставлен и теперь пользуются почти исключительно вытекающей из земли CO_2 (углекислые источники). Последняя содержит обычно весьма мало примесей, и для очистки достаточно ее пропустить через свеже прокаленный древесный уголь, профильтрованный через ванну, и высушить хлористым кальцием. Очень чистая CO_2 получается также при обжиге магнезита в ретортах, тогда как газ, выходящий из известковых печей, нуждается в тщательной очистке. Углекислота, развивающаяся при брожении на пивоваренных з-дах, часто собирается и сжижается для надобностей з-да. Очищенная углекислота сжимается обычно трехступенчатым компрессором до 60 *atm* и затем сжижается в конденсаторе при усиленном притоке холодной воды ($t°$ возможна не выше 12÷15°). Для смазки компрессорных цилиндров употребляют химически чистый глицерин. Жидкой CO_2 наполняют стальные цельнотянутые цилиндры, вмещающие 8, 10, 20 и 30 *кг* газа и соответственного объема в 10,75, 13,4, 26,8 и 40,2 *л*. Бутыли испытывают давлением в 190 *atm* (предположено поднять до 250 *atm*); проба повторяется через каждые 4 года. Жидкая углекислота употребляется в холодильном деле, для выжимания пива из бочек, при приготовлении искусственных минеральных вод, при тушении пожаров (нек-рые системы ручных огнегасителей), иногда применяется для экстрагирования жиров и масел, при добывании соды аммиачным способом, в качестве охлаждающего средства при лабораторных работах (в виде снега) и т. д.

Сернистый ангидрид SO_2 добывается гл. обр. из газов, отходящих при обжиге сернистых руд растворением SO_2 в холодной воде и последующим изгнанием газа нагреванием раствора до 100°; 1 000 *кг* воды поглощают 3—10 *кг* газа. Предназначенный для сжижения SO_2 очищается от серной к-ты и заключающихся в нем водяных паров в особых башнях; принцип очистки состоит в том, что в очень высоких башнях горячие газы пропускаются навстречу падающему вниз потоку холодной воды; последняя конденсирует бо́льшую часть паров воды и поглощает всю серную к-ту; растворяемый же в ней SO_2 она постепенно отдает обратно, нагреваясь током горячих газов; затем газ пропускают через сухой $CaCl_2$ и конц. H_2SO_4, где он окончательно высушивается и поступает затем в сухой газгольдер. Отсюда он засасывается компрессором, сжимается до 3—4 *atm* и сжижается в обыкновенном конденсаторе, откуда поступает в котлы, снабженные манометром, предохранительным клапаном и указателем уровня. Компрессор работает без особой смазки, так как небольшие количества SO_2, сжижающиеся в его цилиндре, вполне заменяют собой масло. Для пересылки SO_2 наполняют в сваренные железные или цельнотянутые стальные бутыли, причем объем их д. б. не меньше 0,8 *л* на 1 *кг* сжиженного газа. Бутыли испытывают давлением в 12 *atm*, пробу повторяют через каждые 2 года. Жидкий SO_2 применяется почти исключительно в холодильном деле.

Хлор Cl_2 для сжижения берут почти исключительно образующийся при электролизе хлористых соединений. В виду того что хлор разъедает большинство металлов, для сжатия его употребляют компрессоры, в которых промежуточным звеном является жидкость (обычно конц. серная к-та) или род пульсометров, работающих сжатым воздухом. Схематически установка для сжижения хлора изображена на фиг. 3. Давление скалки насоса *H* передается через керосин серной к-те, которая вжимает находящийся в верхней части клапанного цилиндра *Ц* у *a* газ, через клапан *K* в горшок *Г*, где он сжимается до 3,5÷4 *atm* и затем конденсируется в змеевике *X*, охлаждаемом особой холодильной установкой до температуры −5°; сжиженный газ собирается в резервуаре *P* и затем поступает для наполнения в бутыли в коллектор. Узкий канал, соединяющий *Г* с *a*, служит для засасывания при каждом ходе поршня небольшого количества жидкости из горшка *Г* с целью устранить возможность образования пузырьков газа у *a*, что сильно понизило бы волюметрич. кпд компрессора. Клапанный цилиндр окружен водяной рубашкой, нагревающей заключенную в нем серную к-ту до 50—80°, с целью уменьшить поглощение хлора. Употребляемый для сжижения хлор д. б. совершенно сух, т. к. иначе серная кислота разбавится и разъест приходящие с ней в соприкосновение части компрессора. Жидкий Cl наполняется в сваренные или цельнотянутые стальные цилиндры, испытываемые давлением в 22 *atm*; проба должна повторяться

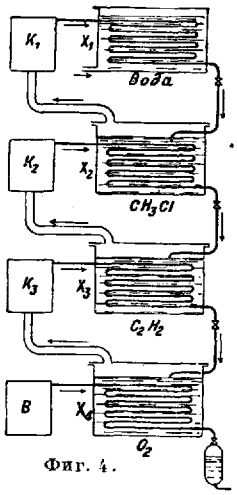
Фиг. 3.


через каждые 2 года. Минимальная вместимость бутылей составляет 0,8 *л* на 1 *кг* газа. Жидкий хлор как таковой применения в технике не имеет, и сжижение его имеет целью исключительно удешевление транспорта.

Закись азота NO_2 для сжижения получается обычным путем, очищается от примесей, осушается путем охлаждения до —20°, сжимается до 12 — 15 *atm* и сжижается в конденсаторе, охлаждаемом особой машиной до —60÷ —70°. NO_2 наполняют стальные цельнотянутые бутыли, испытываемые давлением в 180 *atm*, повторная проба—через каждые 4 года. Наименьшая вместимость бутылей равна 1,34 *л* на 1 *кг* газа. Масла и горючие вещества для смазки и уплотнения компрессора и вентилей недопустимы. NO_2 применяется гл. обр. в Америке и Англии в хирургии для наркоза. Пикте предложил NO_2 в смеси со спиртом или эфиром в качестве взрывчатого вещества (фульгурит).

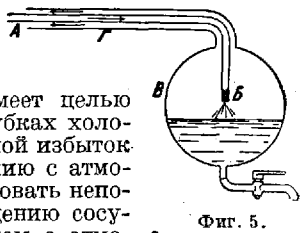
III. Техника сжижения постоянных газов. Для достижения *t*°, при которых возможно сжижение постоянных газов, обычные охлаждающие средства (вода, холодильные машины с NH_3, SO_2, CO_2) оказываются недостаточными; большинство способов С. г. основано на использовании понижения *t*°, сопровождающего расширение газа: некоторые методы заставляют газ расширяться без производства внешней работы (Линде, Хемпсон, Триплер, Хильдебрандт и др.), другие производят расширение в рабочем цилиндре мотора (Клод, Хейландт), причем развивающаяся при этом энергия м. б. использована для уменьшения требуемой установкой движущей силы.

Жидкий воздух является единственным постоянным газом, сжижение которого производится в крупном масштабе. Методы сжижения воздуха можно разделить на 4 категории: 1) каскадный метод, 2) сжижение при помощи эффекта Джоуля-Томсона, 3) сжижение расширением с производством внешней работы и 4) комбинация двух последних способов.



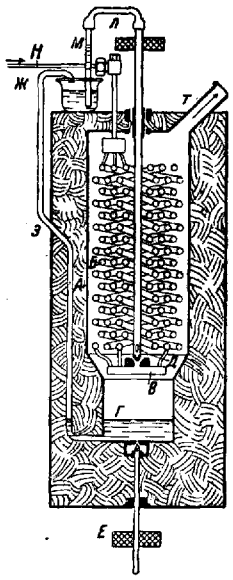
Фиг. 4.

Схема установки, работающей по каскадной системе (Пикте, Камерлинг-Оннес), дана на фиг. 4. При этом для достижения *t*° (—193÷ —194°), при которой воздух сжижается уже при нормальном атмосферном давлении, пользуются рядом холодильных машин работающих с газами, имеющими последовательно понижающиеся $t°_{кип.}$. В своей машине Камерлинг-Оннес пользуется для первой ступени хлористым метилом CH_3C, к-рый сжимается компрессором K_1 до давления в 5÷6 *atm*, затем сжижается в холодильнике X_1, омываемом холодной водой, проходит дроссельный клапан и вливается в чан холодильника X_2, где он испаряется под давлением около 200 *мм*, развивая при этом холод в —85÷ —87° и засасывается снова компрессором, чтобы начать тот же круговорот. Во втором каскаде циркулирует этилен C_2H_4, сжимаемый компрессором K_2 до 2 *atm*, конденсирующийся в холодильнике X_2 и кипящий в баке холодильника X_3 под давлением в 27 *мм*, причем *t*° достигает —145°; при этой *t*° кислород, циркулирующий в третьем каскаде, сжижается уже при давлении 16÷18 *atm*, развиваемом компрессором K_3. Наконец, испаряя жидкий кислород в баке четвертого каскада при давлении около 200 *мм*, легко достигаем требуемой нам *t* °в —194°. Воздушный насос *B* имеет целью поддерживать в трубках холодильника X_4 небольшой избыток давления по сравнению с атмосферным и препятствовать непосредственному сообщению сосуда с жидким воздухом с атмосферой, т. к. в этом случае азот как более летучая часть воздуха будет испаряться значительно скорее кислорода, что поведет к изменению состава жидкого воздуха. Этот способ довольно экономичен, работает при сравнительно низких давлениях и, что важно для научных работ, доставляет воздух состава, строго отвечающего атмосферному. Для промышленных целей он однако до сих пор не нашел себе применения в виду его чрезвычайной сложности.



Фиг. 5.

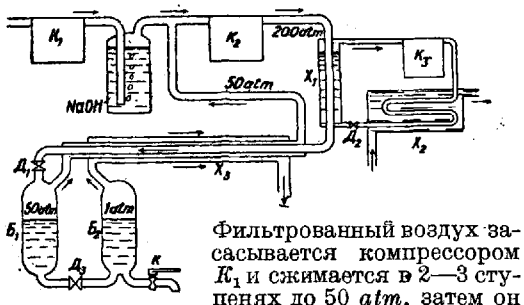
Наибольшее число всех систем, применяющихся в промышленности, использует для понижения *t*° эффект Джоуля-Томсона. Практически эта система была осуществлена почти одновременно проф. Линде в Германии и Хемпсоном в Англии. Идея такого аппарата необычайно проста (фиг. 5): сжатый компрессором и охлажденный до комнатной *t*° газ поступает по трубке *A* в противоточный охладитель *Г*, где он постепенно охлаждается током холодного воздуха, текущего по наружной трубке. Затем охлажденный сжатый воздух расширяется до атмосферного давления, выходя из дроссельного клапана *Б*, причем часть его сжижается и собирается в сосуде *B*, а оставшаяся газообразной часть уходит в атмосферу, охлаждая по пути притекающий вновь воздух. В точности по этой схеме работает аппарат Хемпсона (фиг. 6). Он состоит из термически хорошо изолированного сосуда *A*, в верхней части которого помещается противоточный холодильник *Б*, образуемый 4—6 параллельно включенными змеевиками из медных трубочек диам. 2÷3 *мм* и по 15—25 *м* длиной. Внизу змеевики соединяются в общую камеру *B*, наверху которой имеется дроссельный вентиль *Д*. Сжижающийся воздух собирается в стакане *Г* и выливается из него по трубочке *E*, служащей одновременно вентилем. Для указания уровня жидкого воздуха в стакане служит диференциальный манометр *Ж*, широкий сосуд которого сообщается трубочкой *З* со стаканом *Г*, а узкое колено *M* посредством трубки *Л* и полого стержня дросселя *Д* с пространством над жидким воздухом. Сжатый до 170—180 *atm* воздух поступает



Фиг. 6.

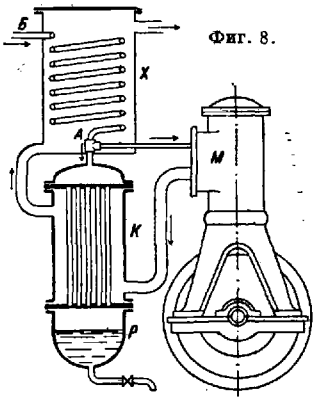
в аппарат через патрубок H, отработанный уходит через трубу T в атмосферу. Крупным достоинством этого аппарата является его необычайная простота, дешевизна и быстрота пуска в ход: уже спустя 10—15 мин. после начала действия, появляются первые порции жидкого воздуха, а спустя дальнейшие $^1/_4$ часа аппарат достигает своей полной производительности (в аппаратах Линде равной величины достижение стационарного состояния продолжается несколько часов). Крупным недостатком его является низкий кпд: для получения 1 *л* жидкого воздуха требуется 12÷15 *м*³ засосанного компрессором воздуха, т. е. сжижается 4,5÷6%. Это обстоятельство помешало распространению аппарата Гемпсона в промышленности, зато он является излюбленной лабораторной машиной, для какой цели он действительно как нельзя более пригоден.

Значительное потребление энергии (6÷8 HP в час на 1 *л* жидкого воздуха) объясняется тем, что Гемпсон доводит расширение воздуха до атмосферного давления. Линде учел то обстоятельство, что охлаждение под влиянием эффекта Джоуля-Томсона приблизительно пропорционально разности давлений, тогда как работа сжатия зависит от отношения конечного и начального давлений. Охлаждения, получающиеся при расширении воздуха от 200 до 50 *atm* и от 150 до 1 *atm*, приблизительно равны между собой, в то время как работа сжатия в первом случае составляет лишь ок. $^1/_4$ таковой во втором. Поэтому Линде главную массу сжижаемого воздуха заставляет расширяться лишь до 50 *atm*, и первые две ступени компрессора засасывают и сжимают до 50 *atm* лишь то количество воздуха, которое сжижается или уходит в атмосферу из второй бутыли. Схема аппарата Линде изображена на фиг. 7.



Фиг. 7.

Фильтрованный воздух засасывается компрессором K_1 и сжимается в 2—3 ступенях до 50 *atm*, затем он проходит сосуд с NaOH для поглощения заключающейся в нем углекислоты и сжимается в двуступенчатом компрессоре K_2 до 200 *atm*. Затем воздух проходит через предварительный холодильник X_1, в котором кипит при пониженном давлении жидкий аммиак, доставляемый небольшой вспомогательной холодильной установкой, состоящей из компрессора K_3 конденсатора X_2. Здесь воздух охлаждается до −50° и поступает затем в противоточный холодильник X_3, где он подвергается дальнейшему охлаждению и наконец расширяется в сосуде $Б_1$ до давления в 50 *atm* по выходе из дроссельного вентиля $Д_1$. Развивающегося при этом под влиянием эффекта Джоуля-Томсона холода бывает достаточно, чтобы довольно значительная часть воздуха перешла в жидкое состояние; оставшаяся газообразной часть идет по средней трубке холодильника, охлаждая по пути поступающий воздух высокого давления, и засасывается затем компрессором K_2, после чего повторяется описанный цикл. Для выпуска жидкий воздух переводится из бутыли $Б_1$ через дроссельный вентиль $Д_3$ в $Б_2$; часть воздуха при этом испаряется и уходит в атмосферу по внешней трубке холодильника X_3, способствуя дальнейшему охлаждению сжижаемого воздуха. Из бутыли $Б_2$ жидкий воздух разливается по соответствующим сосудам. Существенной частью установки является предварительный холодильник X_1, хотя на первый взгляд он совершенно излишен. Из табл. 2 мы видим, что величина эффекта Джоуля-Томсона растет до известных пределов с понижением начальной температуры, с другой стороны, охлаждение, испытываемое воздухом в холодильнике X_3, не увеличивает холодильную мощность установки (т. е. число единиц тепла, отнимаемых от охлаждаемого тела), так как X_3, являясь термически замкнутым телом, может лишь способствовать обмену тепла внутри системы, но не отводить его наружу. Холодильная мощность зависит т. о. от той $t°$, при которой воздух поступает в холодильник X_3. При мятии 1 *кг* воздуха с 200 до 50 *atm* при начальной $t°$ 16,8° поглощается 6,5 Cal, а при −53,2° уже 12,3, т. е. мощность возросла на 90%. Для охлаждения 1 *кг* сжатого до 200 *atm* воздуха с 16,8° до −53,2° требуется 25,7 Cal, для чего аммиачная машина требует теоретически расхода энергии, равного 3 500 *кгм*. Если бы мы захотели достигнуть увеличения мощности установки простым увеличением на 90% количества циркулирующего воздуха, то нам пришлось бы повысить на 90% мощность компрессора; последний требует теоретически для сжатия 1 *кг* воздуха с 50 до 200 *atm* при начальной темп-ре в 16,8° 14 400 *кгм*, т. е. применением предварительного охлаждения мы достигаем увеличения мощности на 90% путем увеличения расхода рабочей силы лишь на 24%. Данные расхода энергии и воды для охлаждения машинами Линде различных величин даны в табл. 3.



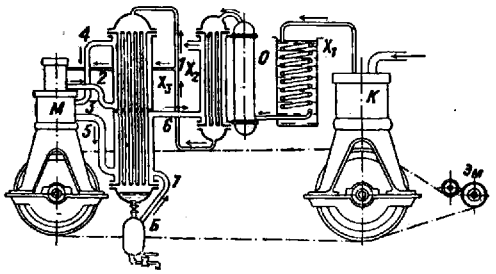
Фиг. 8.

Идея аппаратов для сжижения воздуха, пользующихся охлаждением, получаемым при расширении с производством внешней работы, не нова. Уже Сименс (1857 г.) и Сольвей (1883 г.) запатентовали машины с частичной рекуперацией энергии, затраченной в компрессоре, путем использования работы расширения сжатого воздуха в особом моторе. Помимо выигрыша в рабочей силе этим достигается гораздо более значительное охлаждение, чем при простом мятии воздуха; так, расширяясь адиабатически с давления в 40 *atm* до 1 *atm* при начальной $t°$ 15° воздух охлаждается до −172° (вместо +7° под влиянием эффекта Джоуля-Томсона при тех же условиях). Практическое осуществление этой идеи долгое время не удавалось; первым, построившим такой аппарат, был французский ученый Ж. Клод. Основная схема его аппарата изображена на фиг. 8. Сжатый до 40 *atm*, очищенный от примесей

Табл. 3.—Расход энергии и воды при охлаждении машинами Линде.

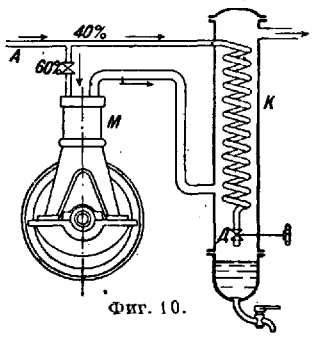
Часовая производительность, *л* . .	2	3	5	10	20	30	50	100	200	300
Получение жидкого воздуха с 45—50% O_2										
Общий расход энергии: С предв. охлажд., HP	9,5	11	14	18	32	47	73	133	250	364
Общий расход энергии: Без » » HP.	9,5	11	14,5	19	36	54	87	172	330	488
Расход энергии на 1 *л*: С предв. охлажд., HP.	4,75	3,33	2,80	1,80	1,60	1,57	1,47	1,33	1,25	1,21
Расход энергии на 1 *л*: Без » » HP.	4,75	3,33	2,90	1,90	1,80	1,80	1,75	1,72	1,65	1,62
Расход холодной воды, *м*³	0,5	0,6	0,75	1,0	1,8	2,7	4	8	15	22
Получение жидкого воздуха с 85% O_2										
Общий расход энергии: С предв. охлажд., HP.	12	15	19	29	54	77	125	235	461	687
Общий расход энергии: Без » » HP.	13	16,5	22	34	61	90	148	280	540	800
Расход энергии на 1 *л*: С предв. охлажд., HP.	6,00	5,00	3,80	2,90	2,70	2,58	2,50	2,35	2,30	2,29
Расход энергии на 1 *л*: Без » » HP.	6,50	6,50	4,40	3,40	3,05	3,00	2,95	2,80	2,70	2,67
Расход холодной воды, *м*³	0,6	0,8	1,0	1,5	2,5	3,6	6	11	20	30

(в особенности от H_2O и CO_2) и охлажденный до комнатной $t°$ воздух поступает по трубке *Б* в противоточный холодильник *X*, у *А* часть воздуха идет в мотор *M*, где он расширяется до атмосферного давления, производя полезную



Фиг. 9.

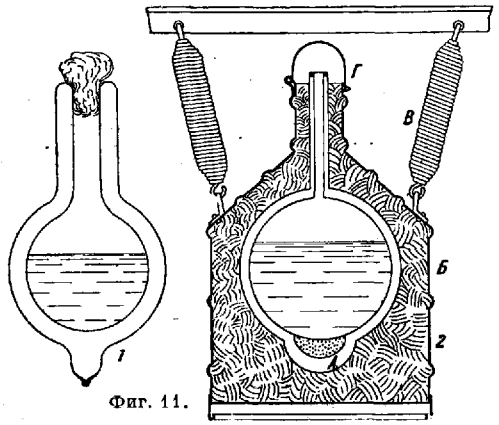
работу и сильно охлаждаясь при этом; выходящий из мотора при весьма низкой $t°$ воздух проходит сначала через кожух конденсатора *К*, охлаждая находящийся в нем под высоким давлением воздух ниже $t°_{крит.}$, причем последний сжижается и собирается в сосуде *Р*. По выходе из конденсатора холодный воздух проходит через противоточный холодильник и выходит затем в атмосферу: сжатый воздух в точке *А* имеет уже $t°$ −90÷−100°. Главным затруднением при практич. осуществлении этой системы была смазка цилиндра мотора, так как большинство известных смазочных масел застывало в твердую массу при господствовавших там низких $t°$. Клод применяет две системы смазки: петролейным эфиром и образующимся в самом цилиндре в небольших количествах жидким воздухом. С целью увеличения кпд установки Клод вскоре перешел к машинам с двойным расширением, причем при переходе из цилиндра высокого давления в цилиндр низкого давления воздух нагревается, отдавая свою теплоту сжатому воздуху в верхней части холодильника X_3 (фиг. 9). Профильтрованный воздух сжимается в компрессоре *К*, приводимом в движение электромотором *Эм* и воздушным мотором *M*, до давления в 40 *atm*, охлаждается водой в холодильнике X_1 до комнатной $t°$, проходит аппарат *О* для поглощения CO_2 и затем подвергается дальнейшему охлаждению в противоточном холодильнике X_2, где осаждается бо́льшая часть водяных паров. По выходе отсюда ток сжатого воздуха разделяется: часть его идет по трубке *1* в конденсатор X_3, другая часть направляется в воздушный мотор *M* по трубке *2*. В цилиндре высокого давления воздух расширяется до 8—10 *atm*, причем он весьма сильно охлаждается (−150÷−160°), выходя по трубке *3*, он протекает через верхнюю часть противоточного конденсатора X_3, причем он нагревается до −100÷−110° и по трубке *4* поступает в цилиндр низкого давления, где и расширяется до атмосферного давления, испытывая при этом охлаждение, достигающее −190° и ниже; затем он уходит по трубке *5*, проходит нижнюю часть конденсатора X_3 и холодильник X_2, после чего выходит в атмосферу. Находящийся в трубках конденсатора X_3 сжатый до 40 *atm* воздух сжижается и собирается в его нижней части, откуда он периодически перепускается в бутыль *Б*, находящуюся под атмосферным давлением; небольшие количества испаряющегося при этом воздуха направляются также в конденсатор X_3 по трубке 7. Установки по сист. Клода работают в значит. количестве во Франции и Америке, значительно менее они распространены в Германии. Производительность этих машин довольно высока: установки средней величины (40—50 *л*/*ч*) затрачивают 1,15÷1,30 HP в час на 1 *л* жидкого воздуха, т. е. на 12÷22% экономичнее, чем системы Линде. По тому же принципу были сконструированы машины Пикте, Мевеса, Плесса и других, однако эти машины не получили сколько-нибудь значительного распространения.



Фиг. 10.

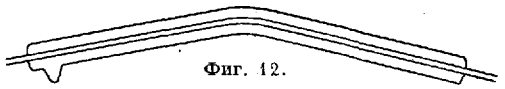
Комбинацией систем Клода и Линде является аппарат сист. Хейланда, принципиальная схема к-рого изображена на фиг. 10. Сжатый в компрессоре до 150—200 *atm*, очищенный от CO_2 и

H_2O воздух притекает по трубке *А*; перед конденсатором он разделяется на две части: около 60% всего количества поступает в воздушный мотор, где он расширяется приблизительно до атмосферного давления, охлаждаясь при этом до −140 ÷ −150°; остальной воздух (40%) идет в конденсатор *К*, где он протекает по трубке змеевика навстречу уходящему холодному воздуху, охлаждается при этом до −130÷ −140° и выходит из дроссельного вентиля *Д*, причем ок. 40% сжижается, а остальные 60% уходят вместе с отработавшим в моторе воздухом в атмосферу, т. о. в результате сжижается около 16% всего засосанного воздуха. Полезная работа мотора составляет 12—14% мощности компрессора. Преимуществом этой системы является большая экономичность и возможность, как и в аппаратах Линде, получать жидкий воздух с содержанием кислорода в 85 ÷ 90%. Небольшие установки (25 *л/ч*) требуют для получения 1 *л* жидкого воздуха с 85%-ным содержанием O_2 ок. 1,4 ÷ 1,5 kWh, против 2,1 ÷ 2,5 kWh у аппаратов Линде равной величины. Получаемый при этом богатый кислородом жидкий воздух м. б. без дальнейшей ректификации употреблен для взрывных работ, наполнения кислородных дыхательных аппаратов для летчиков, спасательных приборов, водолазов и т. д.



Фиг. 11.

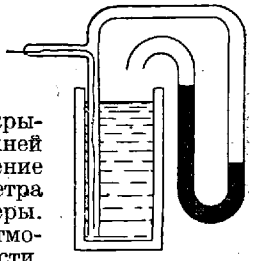
Сохранять жидкий воздух, а равно и другие постоянные газы в жидком виде можно лишь в неплотно закупоренных сосудах, т. к. в плотно закрытом сосуде, наполненном жидким воздухом, при нагревании его до +15° развилось бы давление ≅750 *atm*. Для лабораторных целей и перевозки малых количеств жидкого воздуха употребляются сосуды Дьюара—двустенные стеклянные сосуды, у к-рых из промежутка между стенками возможно полно удален воздух (фиг. 11, *1*); этим в значительной мере ограничена передача тепла через промежуточную среду; для уменьшения влияния и излучения стенки сосудов изнутри посеребрены. Единственным местом, где происходит усиленный обмен тепла между внутренней и внешней стенкой, является верхняя часть горлышка. Т. к. добиться совершенной изоляции, а следовательно совершенно устранить испарение жидкого воздуха невозможно, то сосуды д. б. закупориваемы лишь пористыми, легко пропускающими газы пробками (кусок ваты, войлок). Изготовление стеклянных сосудов Дьюара емкостью свыше 5 *л* весьма затруднительно, а кроме того их ломкость сильно затрудняет транспорт, поэтому давно стремятся заменить их металлич. сосудами большой емкости. Крупным неудобством последних является большая теплопроводность металлов, вследствие чего потери жидкого воздуха от испарения в них были много больше. Выше мы указали, что наиболее интенсивный переход тепла имеет место в соединении обеих стенок в верхней части горлышка; стремление сделать сечение металла, а следовательно и теплопроводность в этом месте наименьшими привело к созданию Хейландом бутыли, показанной на фиг. 11, *2*. Двустенный металлич. сосуд с полированными стенками и эвакуированным междустенным пространством помещен в наружную


Фиг. 12.

бутыль *Б* из тонкой листовой стали, промежутки заполнены несгораемыми термич. изоляторами (шлаковой шерстью, асбестовыми очесами и т. д.); сверху наружная бутыль закрывается неплотно сидящей крышкой *Г* и подвешивается для транспорта в вагонетках на пружинах *В* к перекладине; при ж.-д. транспорте бутыль прямо ставят на пол. Шейка сосуда для жидкого воздуха сделана из очень тонкой трубочки, т. ч. при наклонении его на бок внутренняя шейка изгибается, и внутренний сосуд ложится на внешний. Этим, во-первых, разгружается шейка внутреннего сосуда, а во-вторых, от соприкосновения с теплой внешней стенкой воздух начинает кипеть и выливается из сосуда сильной струей. В виду пористости металлов вакуум в междустенном пространстве быстро ухудшается; для противодействия этому к нижней части внутреннего сосуда приделана лепешка *А* из сильно абсорбирующего газы вещества (прокаленного древесного угля, углекислой магнезии и др.); это средство тем действительнее, что при *t*° жидкого воздуха поглощение газов происходит особенно энергично. Такие бутыли для жидкого воздуха делаются емкостью 5÷50 *л*; изоляцию их следует признать очень хорошей, так как испаряемость в 1 час составляет в зависимости от размеров 1÷2% максимальной емкости.

Для переливания жидкого воздуха из одного сосуда в другой с минимальными потерями служат такие же двустенные трубки с эвакуированными промежутками между стенками. Трубки должны быть слегка изогнуты, чтобы они пружинили под влиянием натяжений, возникающих при низких температурах (фиг. 12).

Измерение уровня жидкого газа в резервуаре производится с помощью т. н. гемпсометра. Действие его видно из фиг. 13. Это—обыкновенный манометр, наполненный маслом. Одна из ветвей его погружена до дна резервуара, другая — открывается в атмосферу в верхней части резервуара. Давление на правую ветвь гемпсометра равно давлению атмосферы. На левую ветвь давит атмосфера плюс столб жидкости. Заделанная в погруженную ветвь гемпсометра медная проволочка служит для притока тепла, испаряющего жидкий газ в погруженной трубке, создавая т. о. необходимую разность уровней.


Фиг. 13.

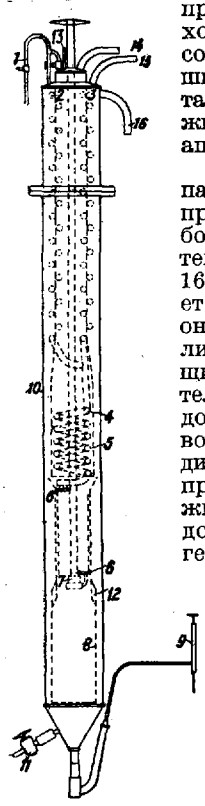
Применение жидкого воздуха в технике весьма разнообразно. Жидкий воздух как таковой

употребляется для создания особо низких $t°$, напр. при ожижении кислорода и для охлаждения абсорбирующих газы веществ с целью поглощения остатков газа в электрич. лампочках и других сосудах с высоким вакуумом. Богатый кислородом жидкий воздух (ок. 85% O_2) употребляется обычно вместо чистого кислорода в дыхательных аппаратах для летчиков, водолазов и пр. Главная масса обогащенного кислородом воздуха применяется в качестве взрывчатого вещества. Углеродистые вещества, пропитанные жидким воздухом, детонируют при воспламенении их в замкнутом пространстве (см. *Оксиликвит*).

Ожижение водорода представляет гораздо бо́льшие технич. трудности, чем ожижение воздуха. Данные для водорода приведены ниже.

Инверс. пункт при 165 *atm*	−123,1°	$t°_{кип.}$	−252,7°
$t°_{крит.}$	−239,9°	Тройная точка	−259,16°
Крит. давл., *кг/см²*	13,2	Плотн. жидк. H при атм. давл.	0,07°

Инверсионный пункт водорода лежит при −123,1° при давлении 165 *atm*, поэтому водород не охлаждается, но нагревается при мятии, если его не охладить ниже этой $t°$. Практически для предварительного охлаждения водорода служит жидкий воздух или жидкий азот. Водород под давлением 160 *atm* охлаждается предварительно жидким воздухом, поступая в спираль Гемпсона или Линде, где после расширения частично сжижается, так же как это имеет место для жидкого воздуха в аналогичных аппаратах.



Фиг. 14.

На фиг. 14 показана схема аппарата для сжижения водорода производительности 12 *л/час*, работающего в Украинском физ.-техн. ин-те в Харькове. Сжатый до 160 *atm* чистый водород поступает по трубке *1* в аппарат. Здесь он разветвляется на две спирали: в одной из них, *2*, поступающий водород получает предварительное охлаждение в парах водорода, в другой, *3*—в парах воздуха. Далее обе спирали соединяются в спираль *4*, которая проходит в сосуд *5*, наполненный жидким азотом. Охлажденный до −190° водород поступает в гемпсоновскую спираль *6*, затем в расширительный клапан *7*. Сжиженный водород капает в сосуд *8* и может быть вылит через вентиль *9*. Трубка, соединяющая вентиль *9* с сосудом *8*, не показана на чертеже. Весь аппарат помещен в длинный металлич. цилиндр *10* с двойными стенками. Промежуток между стенками предварительно эвакуируется через стеклянный кран *11*. Последние следы воздуха поглощаются углем *12*. Трубка *13*, не показанная полностью на чертеже, служит для налива жидкого азота. Трубка *14* отводит испарившийся азот; *16*—предохранительный клапан. Для получения 1 *л* жидкого водорода идет ~ 1,8 *л* жидкого азота. Водород для целей сжижения должен быть весьма чистым, т. к. ничтожные примеси все замерзают в узких трубочках гемпсоновской спирали и в вентиле и закупоривают их. В тех местах, где пром-сть не производит чистого водорода, последний является большой ценностью, поэтому испарившийся по трубке *15* жидкий водород не выпускают на воздух, а собирают и хранят в бомбах. Техника обращения с жидким водородом иная, чем с прочими жидкими газами. Благодаря низкой $t°_{кип.}$ в нем вымерзают все газы кроме гелия и неона. Поэтому жидкий водород нельзя держать в открытых сосудах. В этом случае воздух, попавший в соприкосновение с холодными парами водорода, тотчас обращается в твердое состояние и падает тяжелыми хлопьями на дно сосуда, т. к. плотность жидкого водорода мала, давая через несколько минут плотную гремучую смесь из твердого кислорода и азота с жидким водородом. Эта смесь очень огнеопасна. Поэтому все опыты с жидким водородом ведутся в замкнутых сосудах. Испаряющийся водород отводится по трубке либо наружу либо в газгольдер. Технич. приложение жидкого водорода пока невелико. Он служит для разделения неона и гелия в неон-гелиевых смесях. Кроме того возможно технич. приложение для получения очень чистого водорода.

Ожижение гелия еще более трудно. Данные для гелия:

Инверс. пункт при 35 *atm*	−235,1°	Крит. давл., *atm*	2
$t°_{крит.}$	−267,6°	$t°_{кип.}$	−268,9°
		Плотн. при $t°_{кип.}$	0,12

Инверсионный пункт, как видно из данных, лежит при температуре ниже $t°_{кип.}$ азота и вблизи $t°_{кип.}$ водорода. Поэтому для сжижения гелия требуется предварительное охлаждение его жидким водородом. Для экономии в водороде самое предварительное охлаждение производится жидким воздухом. Газообразный гелий под давлением в 35 *atm* попадает в змеевик, охлаждаемый жидким воздухом. Затем гелий охлаждается жидким водородом, кипящим под давлением 6 *см* ртутного столба (261,7°). Затем гелий поступает в двойную спираль и в расширительный вентиль. Не ожиженная часть гелия попадает в наружную часть двойной противоточной спирали. Гелий представляет большую ценность; поэтому установка всегда работает в замкнутом цикле. Испарившийся гелий собирается в газгольдер, откуда снова поступает в компрессор. Установки для сжижения гелия являются очень редкими. В настоящее время они имеются в четырех лабораториях: в Лейдене, Берлине, Торонто и Харькове. Т. о. при помощи жидких газов можно иметь жидкие ванны с $t°$ от 0 до −218° (жидкий кислород, кипящий в тройной точке). Далее идет перерыв до $t°$ −252,7°. Отсюда имеется непрерывный ряд $t°$ до −259,16°. Далее снова перерыв до −268,9°. Откачкой жидкого гелия до сих пор доходили до $t°$ −272,3° (0,8° K).

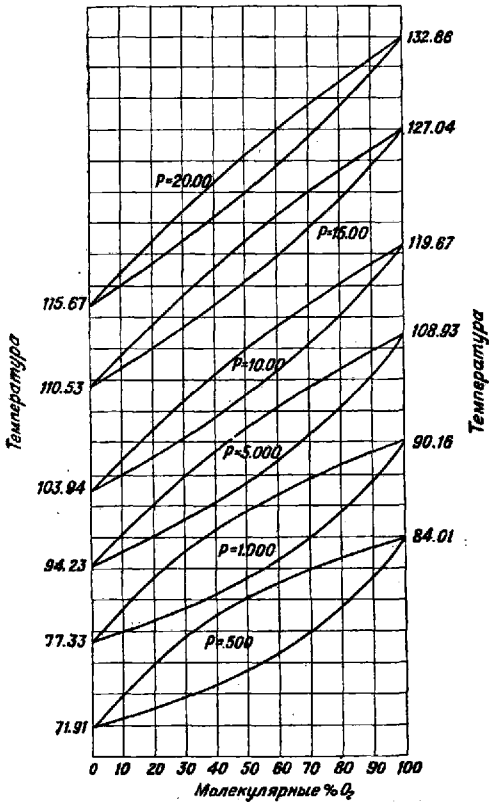
Ожижение постоянных газов в лабораторной практике. Имея в лаборатории жидкий воздух, можно с помощью его ожижать постоянные газы: азот, кислород, окись углерода, метан, аргон и т. п. Газ под давлением пропускается через змеевик, погруженный в жидкий воздух. Холодные пары воздуха служат для предварительного охлаждения поступающего газа. Из конца змеевика льется ожиженный газ в дьюаровский сосуд. Пользуясь жидким водородом как охладителем, можно превращать в жидкое состояние неон ($t°_{кип.}$ −248,8°, тройная точка −249,1).

Кислород и азот, ректификация жидкого воздуха. Сжижение воздуха используется для ректификации его и получения чистых азота и кислорода (а также и редких газов) из атмосферы; $t°_{кип.}$ азота (−195,8°) и кислорода (−183,0°) разнятся не настолько сильно, чтобы простым выпариванием можно было добиться их разделения. В табл. 4 приведены $t°_{кип.}$ и % кислорода в жидкой и газообразной среде при атмосферном давлении.

Табл. 4.—Температура кипения и процентное содержание кислорода в жидкой и газообразной фазе (Додж и Денбар).

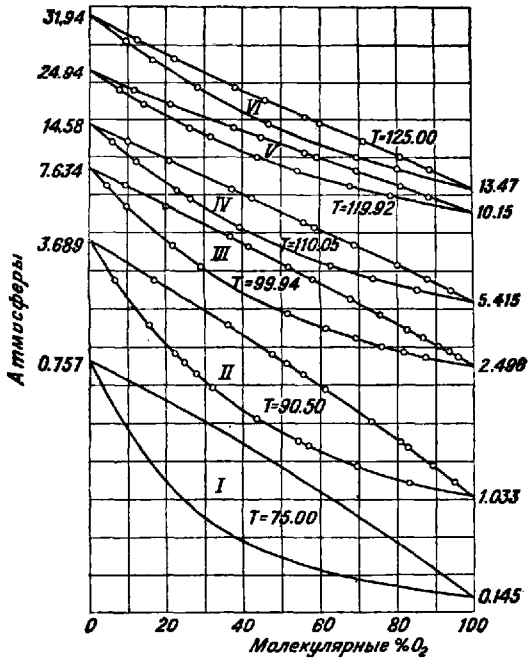
Молек. % O в жидкости	$t°_{кип.}$		Молек. % O в газообр. фазе
	°K	°C	
0	77,35	−195,75	0
8,10	77,86	−195,21	2,30
21,60	78,78	−194,32	6,50
33,35	79,72	−193,38	11,05
43,38	80,65	−192,45	15,65
52,17	81,60	−191,50	21,05
59,53	82,48	−190,62	26,26
66,20	83,38	−189,72	32,05
72,27	84,28	−188,82	38,40
77,80	85,22	−187,88	45,80
82,95	86,18	−186,92	54,00
87,60	87,15	−185,95	63,10
91,98	88,14	−184,96	73,90
96,15	89,18	−183,92	86,03
100,00	90,17	−182,93	100,00

Следует отметить, что данные Бейли, к-рыми пользовались в течение многих лет, неверны:



Фиг. 15.

они дают отступления от истинных значений до 14%. На фиг. 15 и 16 изображены диаграммы состояний системы азот—кислород: на фиг. 15—изобары этой системы. (Давления даны в технич. атмосферах; $t°_{кип.}$ кислорода и азота при каждом давлении даны у концов кривых; одна клетка соответствует 2°.) На фиг. 16—



Фиг. 16.

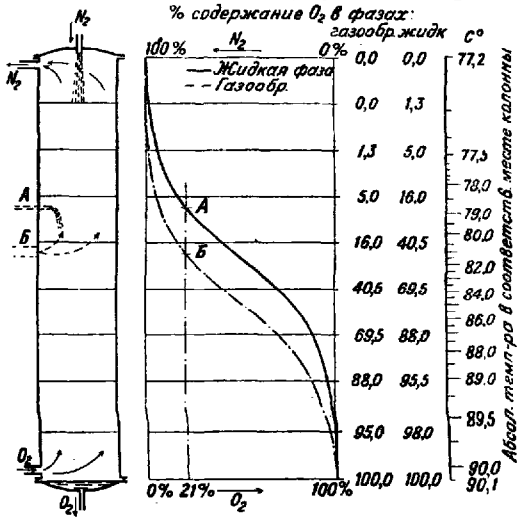
изотермы системы кислород—азот. (Кружками обозначены наблюденные точки. Давления обозначены у концов каждой кривой.) Масштаб давлений различен для каждой кривой. Одна клетка соответствует на кривой *I* 0,1 *atm*; на кривой *II*—0,4 *atm*; на кривой *III*—1,0 *atm*; на кривой *IV*—2,0 *atm*; на кривых *V* и *VI*—4,0 *atm*. В табл. 5, данные которой вычислены по опытам Бейли, указаны последовательные изменения состава жидкой и газообразной фаз смеси и количество кислорода (в процентах начального содержа-

Табл. 5.—Изменение состава смеси N_2+O_2 (в %).

Испарилось жидкого воздуха	O_2 в жидкой фазе	O_2 в газообр. фазе	Потери O_2 в газе
0,0	21,0	6,60	0,0
5	21,8	6,88	1,5
10	22,6	7,21	3,3
15	23,5	7,58	4,8
20	24,5	7,92	6,7
25	25,6	8,44	8,7
30	26,8	8,93	10,6
35	28,2	9,59	12,8
40	29,9	10,57	14,8
45	31,6	11,56	17,4
50	33,6	12,68	20,0
55	35,9	13,68	23,1
60	38,3	14,71	27,2
65	41,6	16,68	30,8
70	45,8	19,57	35,7
75	51,0	22,93	39,3
80	57,9	28,43	44,8
85	67,9	38,87	51,6
87	72,2	44,2	55,3
89	77,3	51,5	59,5
91	83,2	60,9	64,4
93	89,4	73,5	70,2
95	95,8	88,8	77,2
96	97,5	93,3	81,4
97	99,0	97,3	85,85
98	99,8	99,4	90,5
99	100,0	99,9	95,25

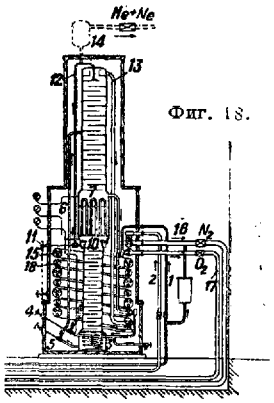
ния), оставшегося в жидкой фазе при свободном испарении смеси с 21% кислорода. Из этой таблицы мы видим, что для получения этим способом смеси с 50% O_2 необходимо выпарить 74% всего количества жидкого воздуха, причем потеря кислорода будет составлять 38%.

Для более совершенного выделения из воздуха содержащихся в нем газов приходится прибегать к ректификации. Для уяснения принципа ректификации жидкого воздуха рассмотрим ректификационную колонну простейшей конструкции, в которую сверху непрерывной струей вливается жидкий азот, а снизу вводится газообразный кислород, охлажденный почти до $t°_{исп.}$. Стекая по ступенькам ректификатора навстречу восходящим более теплым парам, азот испаряется, сжимая при этом часть кислорода, так как стекающая вниз жидкость постепенно обогащается кислородом, а восходящие пары—азотом, в результате чего наверху будет собираться чистый газообразный N_2, а внизу жидкий O_2. Через некоторое время в колонне установится состояние подвижного равновесия, причем каждому отрезу ее будут соответствовать определенная $t°$ и неизменяющийся состав жидкой и газообразной части смеси. Распределение $t°$ и процентного содержания O_2 вдоль колонны показано графически на фиг. 17.



Фиг. 17.

Если мы в соответствующей точке будем вводить в колонну жидкий (точка *А* с 21% O_2 в жидкой фазе) или газообразный сильно охлажденный (точка *Б* с 21% O_2 в газообразной фазе) воздух, то в состоянии равновесия ничего не изменится, и в результате мы получим разделение жидкого воздуха на главные составные части. Другой возможностью является вымораживание азота ($t°_{пл.} = -210{,}5°$) путем испарения жидкого воздуха при сильно уменьшенном давлении, причем весь кислород испаряется ($t°_{пл.} = -227{,}0°$) и остается кристаллическая масса твердого азота. Было предложено удалять остатки жидкого O_2 центрифугированием и затем расплавлять твердый азот, но практически в крупном размере это очень трудно осуществимо, т. к. твердый N_2 жадно притягивает из воздуха кислород и плавится, образуя вновь смесь обоих газов. Схема ректификационной колонны системы Линде изображена на фиг. 18. Притекающий по трубке *1* воздух высокого давления (150—200 *atm*) охлаждается отходящим кислородом в противоточном конденсаторе *18*, затем проходит через змеевик *3*, погруженный в кипящий кислород, и расширяется до 4,5÷5 *atm*, вытекая через дроссельный вентиль *4*; часть воздуха при этом сжижается и поступает в среднюю часть нижней колонны. Воздух среднего давления (5÷6 *atm*) приходит по трубке *2*, охлаждается уходящим азотом в противоточном холодильнике *15* и затем в газообразном виде выходит в нижнюю часть нижней колонны. В верхней части нижней колонны собираются газы с малым содержанием кислорода, которые сжижаются в конденсаторе *7*, погруженном в кипящий O_2, причем часть их переливается через края кольцеобразного сосуда *10* и стекает снова в нижнюю колонну, а часть по трубке *12*, пройдя дроссельный вентиль *11*, выливается сверху верхней колонны. Собирающийся внизу у *3* жидкий воздух с большим содержанием O_2 проходит через вентиль *5* и выливается по трубке *6* в среднюю часть верхней колонны; в последней происходит окончательное разделение обоих газов—азот собирается наверху и уходит по трубке *13*, протекает по наружной трубке противоточного холодильника *15* и идет в газгольдер по трубке *16*. Испаряющийся в конденсаторе 7 кислород проделывает аналогичный путь по трубке, через холодильник *18* и трубку *17*. Бо́льшая часть подлежащего ректификации воздуха сжимается лишь до среднего давления, т. е. до 6÷8 *atm*; до высокого давления сжимается лишь то количество воздуха, которое необходимо для покрытия потерь холода в аппарате. Чистота получаемых этим путем газов колеблется в зависимости от регулировки хода ректификации; как общее правило чем чище получается один из газов, тем больше примесей содержит другой. Стандартные установки Линде добывают 99%-ный кислород или 99,7%-ный азот. В табл. 6 указаны колебания выхода и чистоты уходящего азота в зависимости от степени чистоты получаемого кислорода.



Фиг. 18.

Табл. 6.—Выход (и чистота) получаемого азота.

%-ное содержание O_2:							
в получающемся кислороде	95,0	97,0	98,0	98,5	99,0	99,5	99,8
в отходящем азоте	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0
Из 100 $м^3$ воздуха получается O_2, $м^3$	20,4	19,8	19,7	19,2	18,3	17,4	16,0
Разница сравн. с 99%-ным O_2	+11,5%	+8,5%	+7,6%	+5,0%	0	−4,9%	−12,6%

Для достижения большей, чем указано выше, чистоты газов необходимо значительно увеличить высоту колонны или присоединить третью. При получении чистого (т. е. 99,7%-ного) азота отходящий кислород содержит 20÷40% примесей; применением добавочного ректификатора

можно однако довести его до чистоты 96÷98%; добыча составляет ок. 20% полученного азота; обратно, при получении чистого кислорода можно добывать 99,7%-ный N_2 в количестве около 50% полученного кислорода. Ниже в табл. 7 и 8 приводим производительность азотных и кислородных установок Линде.

Табл. 7.—Производительность кислородных установок Линде.

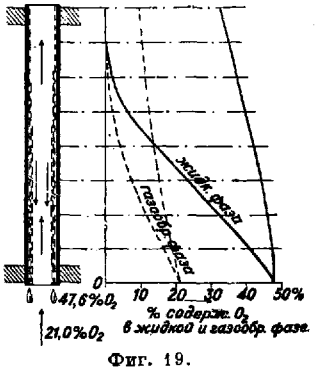
Производ. 99%-ного O_2 в час (*м*³)	5	10	15	20	30	40	50	50	100	200	300	500	1000
Потребная мощность в Л. с.	16	27	35	40	51	70	85	65	115	210	300	500	950
Л. с. на 1 *м*³ O_2 в час	3,2	2,7	2,3	2,0	1,85	1,75	1,7	1,3	1,15	1,05	1,00	1,00	0,95
Расход воды в час (*м*³)	1,0	1,6	2,0	2,4	3,0	3,5	4,0	4	7	13	17	29	54
Система	Лишь высокое давление								Высокое и среднее давление				

Табл. 8.—Производительность азотных установок Линде.

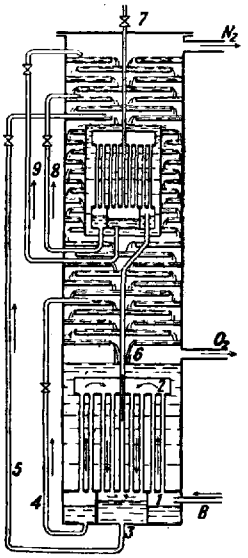
Производ. 99,7%-ного N_2 в час (*м*³)	40	120	200	400	800	1600	800	1600	4000
Потребная мощность в Л. с.	36	60	85	160	305	580	210	400	950
Л. с. на 1 *м*³ N_2 в час	0,9	0,5	0,43	0,40	0,38	0,36	0,26	0,25	0,24
Расход воды в час (*м*³)	1	3	4	7	13	25	12	24	55
Система	Лишь высокое давление					Высокое и среднее давление			

Установка для ректификации воздуха сист. Линде состоит из следующих основных частей: компрессора для воздуха, сосудов для поглощения CO_2, бака для раствора NaOH, противоточных охладителей, аммиачной холодильной машины, предварительного холодильника для воздуха и двойной ректификационной колонны. Компрессор состоит из двух частей—среднего давления с двумя промежуточными холодильниками и высокого давления с четырьмя холодильниками. Как указывалось выше, бо́льшая часть сжимается лишь до 5—6 *atm*, затем поступает в сосуд с раствором NaOH, где поглощается содержащаяся в воздухе CO_2; воздух высокого давления сжимается в первых двух ступенях компрессора до 10—15 *atm* и затем поступает в уловитель CO_2, засасывается третьей ступенью и сжимается в двух последующих ступенях до окончательного давления. Очищенный от CO_2 воздух поступает в противоточные охладители, где конденсируется бо́льшая часть водяных паров; окончательно очищенный и охлажденный воздух поступает в предварительный противоточный холодильник, обслуживаемый особой холодильной установкой. Последняя состоит из двухступенчатого аммиачного компрессора, засасывающего аммиак из среднего змеевика холодильника, затем аммиак сжимается в первой ступени, проходит маслоотделитель, засасывается второй ступенью, сжимается до давления в 10 *atm*, поступает в конденсатор, сжижается и идет в среднюю трубку змеевика противоточного холодильника. В этом последнем воздух среднего давления течет по наружной, а высокого давления по внутренней трубке; пройдя холодильник и охладившись до −30÷−40°, воздух поступает в ректификационную колонну. Выходящие из нее холодные азот и кислород идут в оба противоточных охладителя, отнимают в них тепло от притекающего воздуха и уходят в соответственные газгольдеры.

Клод основывает свою систему ректификации воздуха на частичной конденсации воздуха, при которой происходит предварительное разделение азота и кислорода, завершаемое в обычной ректификационной колонне. По данным таблицы Бейли газообразной фазе с 21%-ным O_2 соответствует жидкая фаза с содержанием в 47,6% последнего; отсюда следует, что первые порции сжижающегося воздуха будут содержать 47,6% O_2. Если мы устроим конденсатор таким образом, что ток жидкости направлен навстречу току газа, то вытекающая из конденсатора жидкость будет содержать неизменно 47,6% кислорода; регулируя скорость тока воздуха так, чтобы сжижалось 44% всего протекающего через конденсатор количества, мы добьемся того, что весь кислород воздуха сгустится, а уходящий газ будет представлять собой чистый азот. Распределение содержания O_2 в газообразной и жидкой фазе (в %) вдоль трубки конденсатора изображено на фиг. 19 (толстыми линиями обозначены кривые при правильной скорости газового потока, тонкими—при слишком высокой скорости), причем успевает сконденсироваться лишь 30% всего количества и уходящий газ содержит 6,7% кислорода. Схема ректификационного аппарата Клода изображена на фиг. 20. Сжатый до 20÷40 *atm*, очищенный от паров воды и CO_2 и



Фиг. 19.



Фиг. 20.

охлажденный в противоточном холодильнике почти до $t°$ сжижения, воздух вступает в аппарат по трубке *B*, причем он сначала попадает в наружное кольцевое пространство конденсатора *1*, омываемого снаружи жидким O_2, кипящим при атмосферном давлении, поднимается по трубкам последнего, причем бо́льшая часть содержащегося в нем кислорода сжижается и стекает вниз. Придя в верхнюю часть конденсатора *2*, воздух поворачивает назад и проходит внутренние трубки конденсатора, причем собирающаяся в *3* жидкость состоит из почти чистого азота. Несгустившиеся газы поднимаются по трубке *6* в верхний конденсатор, погруженный в сосуд, наполненный почти чистым жидким азотом, кипящим при атмосферном давлении. Здесь происходит такое же разделение газа на азот с весьма малым содержанием O_2, со-

бирающийся в наружном кольцевом пространстве, на чистый азот, сжижающийся во внутренней камере, и на оставшуюся газообразной часть, состоящую в значительной мере из благородных газов гелия и неона; эта последняя смесь уходит по трубке 7. Сжижающиеся в различных отделениях обоих конденсаторов фракции с возрастающим содержанием N_2 переводятся по трубкам 4, 5, 8 и 9, снабженным дроссельными вентилями, в соответствующие отсеки ректификационной колонны, где и заканчивается разделение азота и кислорода. Получаемое при этом разделение обоих газов настолько совершенно, что способ Клода дает возможность в одной колонне получать N_2, содержащий не более 0,1% примесей, как это бывает необходимо для некоторых химич. производств, например при получении цианамида, синтетич. аммиака и пр.

Характерные данные кислородных установок сист. Клода при установившемся режиме приведены ниже в табл. 9.

Табл. 9.—Кислородные установки системы Клода.

Часов. произв. O_2 (98,5%), $м^3$ . . .	10	20	50	100	250	500
Рабочее давление в *atm*	50	35	25	20	16	12
Количество засасыв. воздуха на 1 $м^3$ O_2 ($м^3$) .	5,6	5,4	5,3	5,2	5,1	5,1
Расход энергии на 1 $м^3$ O_2 в Р/час	1,6	1,25	1,05	1,0	0,9	0,8

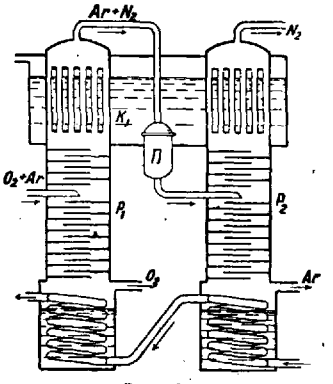
Аппараты сист. Клода доставляют кислород, содержащий около 1% N_2, причем уходящий азот имеет чистоту в 98%, т. е. добывается до 93% всего содержащегося в воздухе O_2. По системе Клода оборудована величайшая в мире азотная установка с часовой производительностью в 15 000 $м^3$ 99,8%-ного N_2 (США).

Кроме описанных двух систем заслуживают упоминания аппараты Хейланда и Мевеса. Первый работает в главных чертах по способу Линде с некоторыми видоизменениями и усовершенствованиями деталей. Расход энергии (в Р/час) на 1 $м^3$ азота чистоты 99,8%:

Часовая производительн. (в $м^3$) .	40	80	260	240	450
Расход энергии на 1 $м^3$ N_2	0,63	0,41	0,41	0,40	0,26

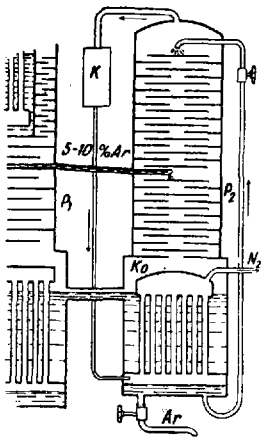
Сущность сист. Мевеса состоит в том, что сжатый до давления 150÷200 *atm* азот расширяется в ректификационной колонне не до атмосферного давления, как обычно, а лишь до 8 *atm*, причем выходящий из колонны N_2 расширяется до атмосферного давления в особом моторе, производя полезную работу и сильно охлаждаясь при этом, после чего он служит для охлаждения приходящего воздуха. Пробные установки показали расход рабочей силы до 0,82 Р на 1 $м^3$ кислорода в час. Получаемые газы сжимаются во вспомогательных, обычно трехступенчатых, компрессорах до давления в 150—175 *atm*, и ими наполняют стальные цельнотянутые цилиндры, испытываемые каждые 4 года полуторным рабочим давлением. Кислородный компрессор делают обычно вертикального типа, чтобы воспрепятствовать попаданию масла в рабочий цилиндр, что привело бы неминуемо к взрыву. Все части компрессоров, вентилей и трубопроводов не должны содержать масла и набивок из горючих веществ; в качестве смазки употребляют воду или сильно разбавленный глицерин. Кислород употребляется во все возрастающем количестве для автогенной сварки и резки металлов, а также в качестве окислителя при очистке светильного газа, для ускорения беления хлорной известью, для ингаляций после отравления газами и т. д.; употребление его в смеси с водородом в друммондовых горелках в настоящее время вытеснено электричеством. Азот идет гл. образом для синтетич. получения аммиака и других азотистых соединений, далее как неподдерживающий горения газ, для подъема из бочек бензина и бензола вместо употреблявшейся ранее CO_2 (последняя растворяется довольно сильно в бензине). Жидкий азот употребляется в качестве охладителя при получении водорода из водяного газа. Следует отметить еще возможность применения кислорода или воздуха, обогащенного кислородом в доменном процессе. Повышение содержания кислорода в дутье до 50% уже ведет к целому ряду преимуществ. Однако полученный описанными выше способами кислород слишком дорог, а установки слишком маломощны для использования их в доменном процессе. В последнее время Френкель предложил и осуществил замену охлаждения воздуха в теплообменнике (рекуперация) охлаждением его в регенераторах. Это дает возможность устранить громоздкие и дорогие теплообменники дешевыми и компактными регенераторами. Однако смешение в них притекающего и отходящего газов ведет к уменьшению степени чистоты последнего и дает воздух, обогащенный кислородом лишь до 50%.

Выделение благородных газов. Сухой, свободный от CO_2 воздух кроме азота и кислорода содержит 9,4‰ аргона, 0,1‰ водорода, 0,012‰ неона, 0,004‰ гелия, 0,00005‰ криптона и 0,0000006‰ ксенона. Оба последних газа затвердевают при $t°$ жидкого воздуха и отлагаются на внутренней поверхности змеевиков; практического применения они не имеют. Аргон, $t°_{кип.}$ которого разнится лишь на 2,8° от таковой кислорода, сжижается почти целиком вместе с последним и м. б. путем ректификации получен почти в совершенно чистом виде. Аппарат Линде для отделения аргона от жидкого кислорода изображен на фиг. 21. Подлежащая ректификации смесь кислорода с небольшим содержанием азота и аргона вводится в жидком или сильно охлажденном газообразном виде в среднюю часть первой колонны P_1; внизу собирается почти химически чистый жидкий O_2, непрерывно испаряемый пропускаемым по змеевику сравнительно теплым газом. Поднимаясь вверх, пары кислорода сжижаются, встречая ток более холодных газов, конденсирующихся в холодильнике K_1, находящемся в баке из жидкого азота; таким образом восходящие газы теряют по пути свой кислород и сверху колонны P_1 выходит смесь газов, содержащая до 50% Ar (остальное N_2+O_2). Смесь эта пропускается через поглотитель *П*, химически свя-

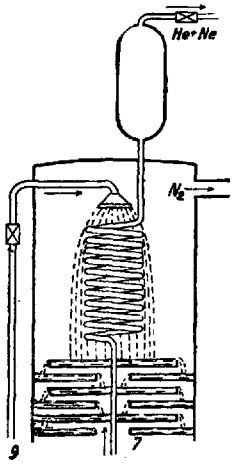


Фиг. 21.

зывающий заключающийся в ней кислород, и вводится в средний отсек второй ректификационной колонны P_2, где и разделяется обычным способом на жидкий Ar, скопляющийся внизу, и газообразный N_2, уходящий из верхней части колонны. Схема аппарата Клода для отделения аргона изображена на фиг. 22, где P_1—ректификационная колонна нормального типа, от к-рой взята лишь нижняя часть ректификатора. Ar, сжижающийся значительно легче, чем N_2, и несколько труднее, чем O_2, распределяется в колонне т. о., что наиболее богатая им жидкость находится неподалеку от нижней части ректификатора; содержание Ar в ней достигает 5—10%, остальное составляет гл. обр. O_2 и небольшой % N_2. Эта жидкость вливается в средний отрез вспомогательной колонны P_2, которая сверху питается струей почти чистого жидкого аргона. Внизу колонны собирается чистый жидкий кислород, перетекающий в первую колонну, а наверху скопляется смесь аргона и азота, которая засасывается компрессором *K* и сжимается до давления, достаточного для сжижения Ar при *t*° кипящего кислорода. Смесь эта нагнетается в конденсатор *Ko*, помещающийся в бане из жидкого кислорода, где и происходит сжижение Ar, а остающийся газообразным азот выпускается наружу. Жидкий Ar периодически выпускают из нижней части конденсатора и очищают от незначительной примеси азота химич. путем. Газообразный Ar применяется в значительном количестве для наполнения полуваттных электрических лампочек вместо азота. Смесь гелия и неона, кипящих при значительно более низких *t*°, чем азот, получают, отводя ту часть газов, к-рая не подверглась сжижению вместе с последним; для этой цели в ректификационной колонне Линде (фиг. 18) в верхней части трубки *12*, приводящей жидкий N_2 в колонну, устраивают резервуар *14*, где и собирается смесь He+Ne, к-рую выпускают время от времени в особый резервуар. Смесь эта содержит значительные количества азота и очищается химическим путем. В аппарате Клода получение богатой гелием и неоном смеси описано выше (фиг. 20). Для дальнейшего обогащения смеси Клод употребляет следующее приспособление (фиг. 23): уходящие по трубке 7 (фиг. 20) газы проходят через змеевик, охлаждаемый падающей на него из трубки струей жидкого азота; т. к. эти газы находятся под давлением в 12÷50 *atm*, то бо́льшая часть азота сжижается и стекает обратно, а собирающиеся наверху газы состоят из смеси He+Ne с 30—40% N_2. Дальнейшая очистка этой смеси от азота происходит путем сжатия ее до 50 *atm* и охлаждения в бане из жидкого азота, кипящего при давлении 150 *мм*, причем остающаяся при этих условиях газообразная часть содержит не более нескольких ‰ азота.



Фиг. 22.

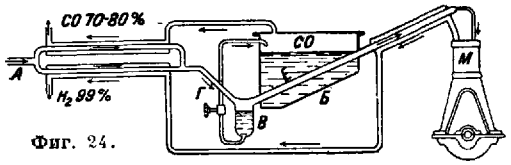


Фиг. 23.

Смесь гелия с неоном употребляется для наполнения светящихся трубок (трубки Мура); разделение обоих газов для этой цели не имеет смысла, т. к. спектр гелия отступает совершенно на задний план по сравнению с ярким спектром неона. Гелий в виду его легкости и негорючести является идеальным газом для наполнения дирижаблей и аэропланов (подъемная сила гелия составляет около 92,5% водорода); разделение смеси гелий-неон с этой целью не представляет однако интереса в виду весьма малых количеств гелия, содержащихся в воздухе; станция с часовой производительностью 200 *м*³ кислорода сможет выделить в год лишь от 10 до 15 *м*³ гелия. Единственным источником для получения гелия в больших количествах является вытекающий из земли натуральный газ, содержащий иногда весьма значительные количества He. Так, в Мексике имеются источники натурального газа, содержащего 0,93% He; остаток состоит приблизительно из 60% метана, 10% этана и 30% азота. Постепенным сжижением получают промежуточный продукт с 60÷70% гелия, который очищается затем описанным выше для смеси He+Ne способом, причем содержание примесей падает до 1,5—2%. В 1921 г. в Форт-Вортс (США) пущен в ход колоссальный завод, позволяющий получать до 1 000 *м*³ гелия в сутки по цене около 1,50 доллара за 1 *м*³.

Водород. Исходным материалом для получения технически чистого водорода является гл. обр. водяной газ (газ Монда), имеющий в среднем следующий состав: 50% водорода, 40% окиси углерода, 4% углекислоты, 5% азота и незначительное количество других примесей. Значительная разность $t°_{кип.}$ составных частей водяного газа не позволяет воспользоваться описанной выше ректификацией в колоннах; необходимое в этом случае питание последней жидким водородом практически неосуществимо как по причине чрезвычайной трудности его сжижения, так и потому, что все остальные газы при этой *t*° затвердевают. Поэтому для выделения H_2 из водяного газа применяется обычно метод последовательной конденсации при повышенном давлении. Парциальное давление CO в смеси его с водородом при —190° и 6 *atm* равняется ок. 1 *atm*, т. ч. газообразная фаза смеси содержит ~17% CO; если при той же *t*° повысить давление до 20 *atm*, то часть CO сгустится, и содержание его в газообразной фазе упадет до 5%. Охлаждая эту смесь, сжатую до 50 *atm* жидким CO, кипящим при 0,5 *atm*, можем теоретически достигнуть парциального давления CO в смеси, равного 0,5 *atm*, т. е. в газообразной фазе почти чистый водород (с 1% окиси углерода). Практически этот метод осуществлен Клодом, Линде и машиностроительным з-дом Гумбольд (Кёльн). Схема аппарата Клода изображена на фиг. 24; очищенный от CO_2 и H_2O, сжатый до 30—50 *atm* водяной газ входит в аппарат у *A*, протекает через два противоточных холодильника, омываемых уходящими холодными

газами, и поступает в конденсатор *Е*, охлаждаемый в нижней части жидким CO, кипящим в баке *Б* при пониженном давлении, а в верхней части—противотоком отработавшего в моторе *М*, а следовательно имеющего весьма низкую *t°* водорода. Конденсирующиеся по всей длине

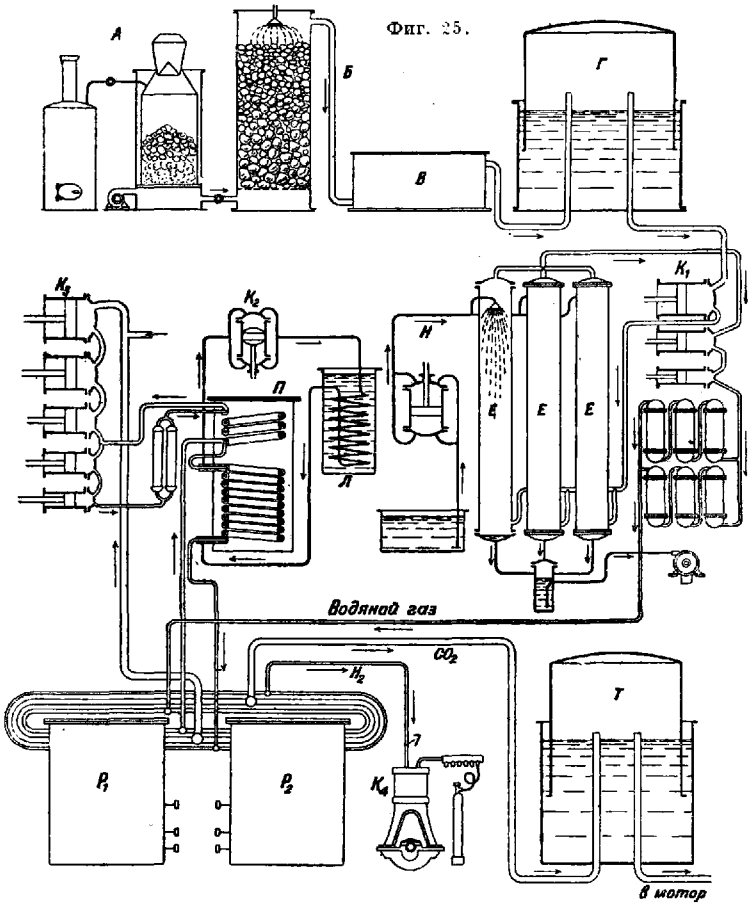


Фиг. 24.

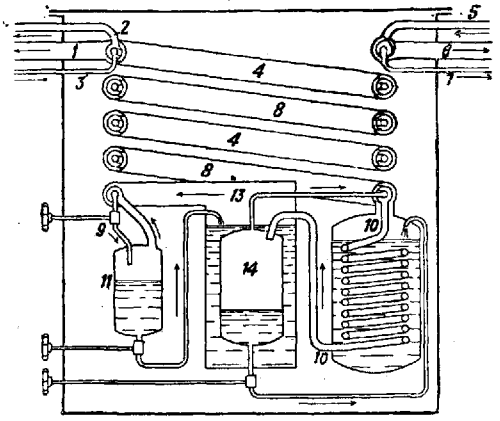
трубки *Е* примеси стекают в сосуд *В* и выливаются по трубке *Г* в бак *Б*, где и служат для охлаждения конденсатора. Этим способом можно легко довести чистоту получаемого H_2 до 99%; недостатком его является то, что значительная часть водорода растворяется в жидком CO и т. о. теряется. Несмотря на свою простоту, способ этот не получил значительного распространения на практике.

Принципиальное различие системы Линде от только что описанной заключается в том, что вторичное охлаждение водяного газа производится не струей газообразного водорода, а жидким воздухом или азотом, кипящими при атмосферном или пониженном давлении. Схема установки Линде для добывания водорода из водяного газа изображена на фиг. 25. Водяной газ получается в генераторе *А*, проходит обычный скруббер *Б* и сухой очистный ящик *В*, собирается в газгольдере *Г* и засасывается компрессором K_1. Сжатый в первой ступени последнего до 4—5 *atm* газ проходит через башни *Е*, где сверху льется мелким дождем холодная вода, поглощающая при этом давлении довольно значительные количества CO_2; из башен газ засасывается цилиндром среднего давления компрессора и сжимается до 40—50 *atm*, после чего он проходит ряд сосудов с раствором NaOH, где поглощаются последние следы CO_2; очищенный газ поступает в один из отделителей P_1, P_2, внутреннее устройство которого изображено на фиг. 26. Водяной газ притекает по трубке *5*, проходит противоточный холодильник *8* и конденсируется в змеевике *10*, погруженном в жидкий CO, кипящий при атмосферном давлении. Испаряющийся CO выходит наружу через противоточный холодильник *8* и трубку *6*, после чего он собирается в особом газгольдере и служит для питания мотора. Сжижающийся в змеевике *10* водяной газ выливается в сосуд *14*, погруженный в жидкий воздух или азот, кипящий при пониженном давлении; здесь все примеси конденсируются, а остающийся газообразным водород засасывается по трубке *7* вспомогательным компрессором K_4, наполняющим под давлением 150 *atm* бутыли водородом. Азот, сжатый компрессором K_3 до 200 *atm*, притекает по трубке *3*, охлаждается в холодильнике *4* и расширяется до 50 *atm*, выходя через дроссельный вентиль *9* в сосуд *11*, причем часть его сжижается, а оставшаяся газообразной уходит через среднюю трубку холодильника *2* и возвращается в компрессор, охладив по пути азот высокого давления в верхней части предварительного холодильника *П*, в нижней половине которого сжатый азот охлаждается жидким аммиаком, получаемым в конденсаторе *Л*, после сжатия в компрессоре K_2. Испаряющийся в сосуде *13* азот выходит по наружной трубке *1* холодильника *4* и засасывается цилиндром низкого давления компрессора K_3. Конечными продуктами в аппарате Линде являются водород, содержащий 2,5 ÷ 3% примесей, и смесь газов с 80÷85% CO; последняя сгорает в газовом двигателе и покрывает (в больших установках даже с излишком) весь расход энергии, потребной для приведения в движение компрессоров и вспомогательных машин. Водород помещают в стальные бутыли объемом 36 и 40 *л*, весящие соответственно 70 и 80 *кг*. Легкость газа обусловливает чрезвычайно высокий % тары (нетто=0,43% тары). Поэтому для удешевления перевозки газообразного водорода в Германии и Америке строят специальные вагоны-цистерны, состоящие из ряда стальных цилиндров (3—14 шт.), наполняемых водородом под давлением в 100÷175 *atm* и вмещающих до 2 000 *м³* газа. Жидкий водород как таковой в технике не употребляется, в лабораториях служит при сжижении гелия и вообще для достижения очень низких температур.

Фиг. 25.

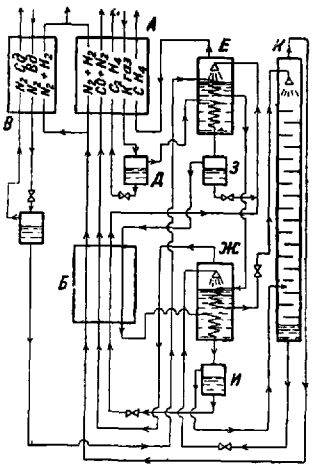


Помимо описанного выше метода получения чистого H_2 из водяного газа в последнее время получают значительное распространение установки для выделения из газа коксовальных печей непосредственно смеси H_2+N_2, употребляемой для синтетич. производства аммиака. Первые установки этого рода были выполнены в 1922—23 гг. Клодом (Société «L'Air liquide») во Франции и Бельгии. В настоящее время эти аппараты строятся также в Германии Об-вом Линде. Газ коксовых печей имеет следующий средний состав: 53% H_2, 26% CH_4, около 3% тяжелых углеводородов (C_2H_4, C_2H_6, C_3H_6 и др.), 7% CO и 11% N_2; по выделении углеводородов получается газ, содержащий 75% H_2, 10% CO и 15% N_2. Окись углерода может быть легко замещена азотом пропусканием газа через колонну, орошаемую сверху чистым жидким N_2; замена происходит настолько совершенно, что отходящая смесь H_2+N_2 содержит менее 1‰ CO. Схема установки системы Линде изображена на фиг. 27. Сначала сжатый до



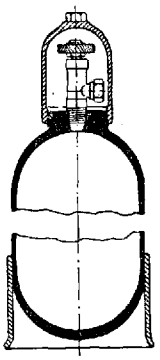
Фиг. 26.

10 *atm* газ очищается от бензола охлаждением до −40°, причем содержание последнего падает до 1 *г/м*³, затем последние следы бензола, а также ацетилен и CO_2, удаляются промыванием газа под давлением сначала водой, затем натронным щелоком. Очищенный так. обр. газ вступает в противоточный холодильник *А* (линия *К*—газ) предварительно охлажденным аммиачной машиной до −40° и подвергается дальнейшему охлаждению, причем сжижается бóльшая часть тяжелых углеводородов, собирающаяся в резервуаре *Д* и уходящая через холодильник *А* наружу (линия C_2H_4). Оставшаяся газообразной часть идет в метановый испаритель *Е*, проходит змеевик, погруженный в метан, кипящий при атмосферном давлении, причем бóльшая часть CH_4, содержащегося в газе, сжижается, собирается в отстойном горшке *З* и, пройдя дроссельный вентиль, выливается дождем в испаритель *Е*; испаряющийся в нем метан проходит через холодильник *А* и уходит наружу. Оставшаяся в *З* газообразной часть проходит второй противоточный холодильник *Б*, затем змеевик, расположенный в CO-испарителе *Ж*, причем сжижаются все примеси кроме части CO и N_2; жидкость (гл. обр. CH_4) отстаивается в *И*, проходит дроссельный вентиль и холодильник *Б*, после чего соединяется с жидкостью, собирающейся в *З*. Газообразная смесь из *И* поступает в колонну *К*, находясь под давлением ок. 9 *atm*; в последней CO заменяется азотом, который непрерывной струей льется сверху ее. В нижней части *К* собирается жидкая смесь $CO+N_2$, расширяющаяся до атмосферного давления в дросселе и вытекающая в CO-испаритель *Ж*, из которого она выходит наружу, пройдя по пути оба холодильника—*Б* и *А*. В верхней части колонны *К* собирается газообразная смесь H_2+N_2, которая и уходит под давлением 8—9 *atm* наружу, пройдя по пути три холодильника—*А*, *Б* и *В*. Необходимый для промывания газов в колонне *К* жидкий азот добывается в установке обычного типа из воздуха, затем сжимается в компрессоре



Фиг. 27.

высокого давления до 200 *atm*, проходит предварительный аммиачный холодильник и лишь затем поступает в противоточный холодильник *В* (линия N_2Bd); выйдя из него значительно охлажденным, азот расширяется в дроссельном вентиле до давления в 50 *atm*, причем часть его сжижается; оставшаяся газообразной часть N_2 уходит через холодильник *В* (линия N_2Cd) и засасывается компрессором среднего давления; далее жидкий и часть газообразного азота охлаждаются в испарителях *Е* и *Ж* и затем расширяются до давления колонны *К* (8÷9 *atm*), выливаясь наверху ее в виде дождя. В результате разложения получается смесь H_2+N_2, находящаяся под давлением около 8 *atm*, и смесь углеводородов и $CO+N_2$ при атмосферном давлении. Не представляет затруднений эту последнюю получить в виде газа, обладающего теплотворной способностью 7 000÷8 000 Cal/*кг* и поэтому весьма пригодного для снабжения отдаленных местностей светильным газом (экономия в объеме при равной теплотворной способности сравнительно с газом коксовых печей 40÷50%). Расход рабочей силы для получения 1 *м*³ водорода (в 75% смеси) составляет в больших установках Линде (3000 *м*³/*ч*) 0,96 HP *ч*/*м*³, включая сжатие смеси до 10 *atm* и установку для получения азота из воздуха. Установки Клода работают с частичной рекуперацией энергии сжатых газов, причем фракционное сжижение происходит при значительно более низких *t*°, чем у Линде (ниже −200°); получающаяся при этом смесь содержит ок. 92% H_2. Общее устройство и обслуживание установок Клода несколько проще и расход рабочей силы меньше, чем у Линде. До 1928 г. обоими об-вами поставлены установки общей производительностью ок. 110 000 *м*³/*ч*.



Фиг. 28.

Хранение и пересылка жидких и сильно сжатых газов происходят в железных или стальных бутылях (цилиндрах), снабженных внизу ножкой, а наверху специальным вентилем, защищенным от повреждений

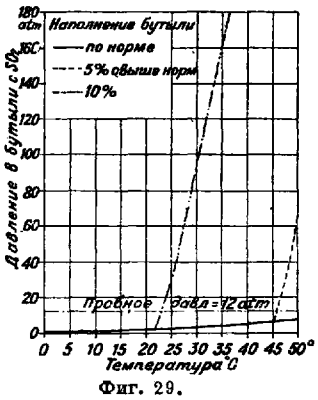
при транспорте колпачком (фиг. 28). В настоящее время употребляются главным образом цельнотянутые цилиндры из мягкой стали; лишь для хранения газов, сжижающихся уже при слабых давлениях, применяются бутыли, сваренные из железных листов. В табл. 10 при-

Табл. 10.—Размеры бутылей для жидких газов.

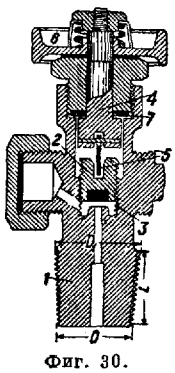
Род газа	Вместимость, *кг*	Объем, *л*	Наружн. ⌀, *мм*	Длина, *мм*	Толщ. стенок, *мм*	Вес порожн. бутыли, *кг*	Пробное давление, *atm*
Водород и кислород	0,18	1,2	80	410	—	2,7	225
	0,33	2,2	90	570	—	5,0	
	0,83	5,5	141	650	—	11,0	
	1,6	10,5	141	1 000	—	21,0	
	5,0	33	206	1 550	—	60	
	6,3	42	206	1 850	—	73	
	7,5 *	50	206	2 135	—	85	
Углекислый газ	8	10,72	141	930	5,5	19,8	190
	10	13.4	141	1 120	5,5	23,5	
	20	26,8	206	1 090	7,8	47	
Аммиак	10	18,6	203	780	4,5	24	30
	20	37,2	203	1 420	4,5	38	
	25	46,5	203	1 720	4,5	44	
Хлор	15	12,0	138	1 020	4	16,5	22
	30	24,0	203	950	4,5	27	
	50	40,0	265	1 500	5,5	46,5	
	100	80,0	232	2 280	6,5	91	

* Вместимость водородных и кислородных бутылей выражена не в *кг*, а в *м*³ газа при 20° и 760 *мм* давления.

ведены основные размеры бутылей для различных газов. Наполнение бутылей жидкими газами должно происходить обязательно на весах, причем необходима большая тщательность: величина остающегося незаполненным жидкостью отсека рассчитана так, что при нормальном наполнении бутыли все внутреннее пространство ее заполняется жидким газом лишь при $t°$, не встречающихся обычно на практике (около 50°). После того как вся бутыль вследствие нагревания заполнится жидким газом, в виду его малой сжимаемости давление при дальнейшем повышении $t°$ растет чрезвычайно быстро. На фиг. 29 изображена графически зависимость давлений от $t°$ при наполнении бутыли нормальным количеством жидкого SO_2 и при превышении его на 5 и 10%.



Фиг. 29.



Фиг. 30.

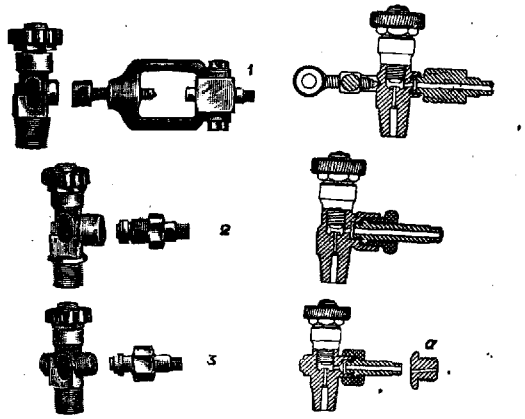
Для наполнения и выпуска газа бутыли снабжают сверху вентилем специальной конструкции (фиг. 30). Тело клапана *2*, снабженное прокладкой из фибры *3*, может двигаться в резьбе корпуса вентиля *1*; оно приводится во вращение маховичком *6* через посредство шпинделя *4* и стальной пластинки *5*. Отсутствие жесткой связи между шпинделем и телом клапана обеспечивает плотность вентиля при значительных колебаниях $t°$, которым они бывают подвержены, и позволяет шпинделю при открытии вентиля и повышении давления в камере последнего прижаться к прокладочному кольцу *7* и воспрепятствовать т. о. утечке газа. Нижняя часть вентиля снабжена конич. нарезкой, к-рою он ввинчивается в бутыль; размеры этой нарезки нормализованы: конусность 3 : 25, правая резьба с формой Витворта 14 ниток на 25 *мм* нарезается к образующей конуса. В Германии нормализованы 3 размера: 2 для больших вентилей и 1 для малых (фиг. 31). О размерах вентилей см. табл. 11.

Табл. 11.—Размеры вентилей.

Назначение	Большой вентиль				Малый вентиль			
	D_1	D	L	*	D_1	D	L	*
Для всех газов кроме ацетилена .	28,80	25,80	26	14	19,80	17,40	20	14
Для ацетилена	31,30	28,30						

* Число ниток на 25 *мм*.

Большой процент всех несчастных случаев при работах с сжиженными газами является следствием перепутывания бутылей. Для устранения этой опасности вентили делаются различных типов и для каждого рода газов при-



Фиг. 31.

соединительный патрубок снабжается особой нарезкой, препятствующей присоединению к бутыли аппаратов, предназначенных для другого газа, напр. вентили для ацетилена имеют патрубок, лишенный нарезки, и аппараты присоединяются при помощи натяжного бюгеля (фиг. 31); патрубок для сжатого воздуха снабжен внутренней нарезкой (фиг. 31, *2*); для остальных газов патрубок имеет наружную нарезку (фиг. 31, *3*), а именно правую для негорючих газов и левую для горючих; патрубки для ядовитых газов (хлор, фосген) *a* (фиг. 31, *3*) имеют правую резьбу, но лишены выточки, что препятствует присоединению аппаратов, предназначенных для неядовитых газов.

Дать сколько-нибудь точные данные о мировом производстве сжиженных и сжатых газов не представляется возможным в виду отсутствия статистики, а также и потому, что значительная часть газов потребляется на месте производства. Мировая добыча кислорода со-

ставляет ~180 млн. $м^3$, из к-рых 80 млн. приходится на долю США, 40 млн.—Германии, 20 млн.—Англии, 15 млн.—Франции, 5 млн.—Италии и 20 млн.—остальных стран. Около половины этого количества потребляется на месте производства, остальное идет в продажу. Мировая добыча N_2 из воздуха равняется примерно 200÷250 млн. $м^3$, почти исключительно потребляется на месте производства для синтеза азотистых соединений. Добыча водорода из одного лишь газа коксовых печей в Германии, Франции и Бельгии достигает 600 млн. $м^3$ в год. Потребление жидких газов составляло в Германии в 1913 г. ок. 33 000 $т$ CO_2, 9 000 $т$ SO_2, 2 000 $т$ Cl и 1 500 $т$ NH_3.

Лабораторные исследования над жидкими газами ведутся в различных лабораториях мира. Из них большой известностью пользуется лаборатория низких температур в Лейдене и в Берлине (в Рейхсанштальте). Многие работы, ведущиеся в заводских лабораториях заграничных фирм, держатся ими в секрете.

В СССР в настоящее время имеется большая лаборатория низких темп-р в Харькове в Украинском физико-технич. ин-те. В ней систематически собирается большой литературный и оригинальный материал по ожижению и разделению газов.

Лит.: Pictet R., Die Theorie d. Apparate zur Herstellung flüssiger Luft mit Entspannung, Weimar, 1904; Hausen H., Der Thomson-Joule Effekt d. Luft, B., 1926; Claude G., L'air liquide, P., 1926; Kausch O., Herstellung, Verwendung u. Aufbewahrung flüssiger Luft, 5 Aufl., Weimar, 1924; Stavenhagen A., Der Wasserstoff, Brschw., 1925; Laschin M., Der Sauerstoff u. seine Gewinnung, Halle a/S., 1924; Laar J., L'hydrogène et les gaz nobles, Leyde, 1925; Lisse L., Sprengluftverfahren, B., 1924; Diederichs H., Flüssige Luft als Sprengstoff, Weimar, 1924; Pabst, Flüssiger Sauerstoff u. seine Verwendung als Sprengstoff im Bergbau, Mch., 1917; Urban K., Laboratoriumsbuch f. die Industrie d. verflüssigten u. komprimierten Gasen, Halle a/S., 1909; Kolbe L., Flüssige Luft-, Sauer-, Stick- u. Wasserstoff, Lpz., 1920 (очень полный указатель литературы, особенно журнальной до 1918 г.); «Ztschr. f. verflüssigte u. komprimierte Gase», Weimar; «Ztschr. f. die gesamte Kälte-Industrie», B.; «La Revue générale du froid», P.; «Compressed Air Magazine», N. Y.; «Refrigerating Engineering», New York. **Л. Павлушков.**

СЖИМАЕМОСТЬ, относительное уменьшение объема тела при увеличении всестороннего давления на 1 atm: $H = -\frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta p}$. С. измеряется в обратных атмосферах $(atm)^{-1}$. Об измерении С. см. *Пьезометрия.*

СИВУШНОЕ МАСЛО, отход винокуренного производства, получаемый при очистке (см. *Ректификация*) спирта-сырца перегонкой. Спирт-сырец содержит в среднем от 0,3 до 0,5% С. м. Главная и наиболее ценная составная часть С. м.—высшие спирты; кроме того С. м. содержит воду и этиловый спирт в различных количествах. По Рождественскому высшие спирты С. м. состоят из пропилового спирта (ок. 12%), изобутилового спирта (ок. 17%) и амиловых спиртов (ок. 50%). Состав С. м. весьма непостоянен в зависимости от его происхождения (хлебный, картофельный или мелассный спирт-сырец); напр. содержание амиловых спиртов в С. м. колеблется от 30 до 66% и выше. Высшие спирты С. м. образуются (по Эрлиху) из аминокислот во время спиртового брожения: дрожжи при помощи энзима дезаминазы способны отщеплять аммиак от аминокислот по схеме

$$R \cdot CH(NH_2) \cdot COOH + H_2O = R \cdot CH_2OH + NH_3 + CO_2.$$

Напр. из лейцина образуется амиловый спирт, из α-аминоизовалериановой к-ты — изобутиловый спирт, из глютаминовой к-ты — пропиловый спирт, из аспарагиновой к-ты — этиловый спирт. Имеется ряд патентов на получение С. м. путем сбраживания продуктов гидролиза различных белковых веществ, причем можно получить С. м. до 12%, т. е. в 25 раз больше, чем его получается при обычном брожении, применяемом в винокурении.

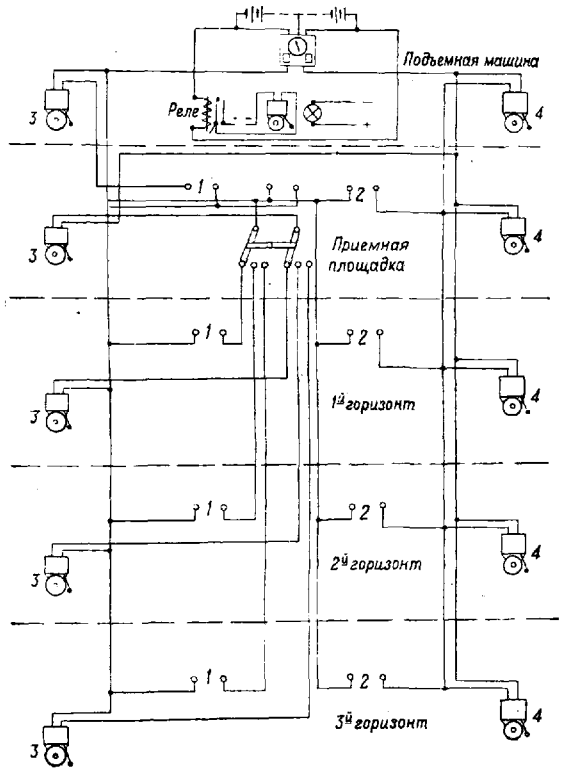
Ранее С. м. у нас не утилизировали и вывозили в большом количестве за границу. Так, в 1913 г. было вывезено 2 235 $т$ на 221 000 р. Теперь, наоборот, С. м. оценивают в несколько раз дороже основной винокуренной продукции — винного (этилового) спирта. С. м. употребляется гл. обр. для производства сложных эфиров как непосредственно, так и после разгонки на отдельные составные части; перед разгонкой С. м. обезвоживают. Самая ценная составная часть С. м.—изоамиловый спирт (вернее смесь амиловых спиртов, $t°_{кип.}$ 127—131°); он применяется в лабораториях в качестве реактива (напр. при анализе молока) и идет на приготовление амилацетата (уксусноамилового эфира), к-рый служит растворителем в лаковом производстве, употребляется при производстве целлюлоидных изделий, кинематографич. лент и искусственных фруктовых эссенций («грушевая эссенция»). При окислении амиловых спиртов С. м. получается гл. обр. изовалериановая к-та; окислением можно получать непосредственно амилизовалерианат, идущий на приготовление «яблочной эссенции». Амиловый спирт с салициловой к-той дает амиловосалициловый эфир, обладающий запахом орхидеи («трефль») и употребляемый в парфюмерии. Пропиловый и изобутиловый спирты С. м. используются в фармацевтич. пром-сти и в производстве душистых веществ (изготовление искусственного мускуса). **В. Куликов.**

Лит.: см. *Винокурение.*

СИГНАЛИЗАЦИЯ РУДНИЧНАЯ, сигнальные устройства в рудниках, предназначенные для обслуживания доставки и шахтного подъема и для автоматической подачи сигналов в случаях неполадок или наступающей той или иной опасности.

Подъемные установки на небольших шахтах обслуживаются примитивными сигнальными устройствами, при которых натягиванием проволоки или канатика производят удары по металлической плите. Обусловленное число ударов определяет тот или иной род поднимаемого груза. Полученный из рудничного двора на верхней приемной площадке такого рода сигнал передается по такой же системе в машинное здание для пуска в ход подъемной машины. Недостатки описанной С. р.: прием сигнала на-слух, возможность неточности при подсчете числа ударов и соответственно ошибочная подача сигнала машинисту, громоздкость всего устройства для шахт большой глубины; система не допускает надежного контроля и обслуживания подъема с различных горизонтов. Более совершенной является аналогичная же С. р. с помощью электрич. звонков продолжительного или ударного действия. На современных крупных шахтах применяются более сложные электросигнальные приборы, обеспечивающие максимум быстроты и четкости сигнализации. Это достигается комбинированием звуковых и световых сигналов; последние выполняются или при помощи разноцветных (красных, зеленых) лампочек накаливания или же как световые надписи на соответствующих указателях. Кроме того электроблокировкой автоматически

исключается возможность подачи сигналов с двух горизонтов шахты, автоматически включаются стопоры, препятствующие пуску машины в ход до окончания сигнализации или при открытых дверцах подъемной клети (при подъеме людей). Наконец в самое последнее время для быстроты С. р. начинают применять так наз. сигналы готовности, при которых электропровода всего сигнального устройства так сблокированы, что нет необходимости в последовательной передаче сигналов от нижней площадки к верхней приемной и затем к машинисту. В данном случае каждый обслуживающий погрузку и разгрузку клети включает рукоятку своего сигнала, не дожидаясь окончания операций с другой клетью, машинист же получает сигнал автоматически лишь с той площадки, к-рая закончила свои операции позже другой. На фигуре представлена схема такой электро-



блокировки, где *1*—кнопки для подачи сигнала готовности, *2*—кнопки для подачи сигнала опасности, *3*—звонки сигнала готовности, *4*—звонки сигнала опасности. При скиповом подъеме, работающем постоянно лишь с однородным грузом (полезное ископаемое), сигнализация может быть совершенно автоматической и по принципу сигнала готовности действующей в момент окончания разгрузки или нагрузки скипов. Управление сигнальным прибором возможно также и от руки.

Электрич. сигнальные устройства требуют известных мер безопасности от непосредственного прикосновения к открытым частям, находящимся под током или могущим быть под током (от различного рода повреждений и недосмотра). Особые условия безопасности предъявляются в шахтах, опасных по каменноугольной пыли и газу, где открытое искрение установки недопустимо. Для сигнализации при подъеме в таких рудниках эта опасность может иметь место лишь для шахт с выходящей вентиляционной струей воздуха и при скиповом подъеме, когда нагрузка скипов влечет к большому пылеобразованию. Гораздо больший процент несчастных случаев возможен при электросигнальных приборах, установленных непосредственно в шахте и обслуживающих подземный транспорт. В наклонных выработках движение рудничных вагонеток часто обслуживается сигнализацией с голыми проводами, при к-рых включение звонка или лампы достигается от руки сближением проводов из любого пункта выработки. Как показывает практика, помимо возможных недоразумений в работе с нескольких горизонтов, при допускаемом напряжении между сигнальными проводами в 25 V, напряжение между проводом и плохо заземленными металлич. устройствами (не имеющими отношения к С. р.) может оказаться при недосмотре значительно бо́льшим и быть причиной несчастного случая. Применение звонковой системы не электрич. типа помимо указанных выше недостатков в нек-рых случаях оказалось не безопасно, поскольку тяговый канатик (проволока) звонка мог оказаться под током от неисправностей в заземлении, от повреждений электрокабелей, не связанных с сигнальным прибором. Наиболее надежной следует считать электрич. С. р. с прокладкой изолированных проводов, включение которых целесообразно в закрытых конструкциях, исключающих возможность непосредственного прикосновения к ним, а также искрение для шахт, опасных по пыли и газу. Такого рода приборы в настоящее время изготовляются различной конструкции; из них наиболее целесообразными являются масляные включатели. Точно так же необходима блокировка различных горизонтов наклонной выработки, препятствующая путанице в подаче сигналов.

Сигнализация по горизонтальным откаточным путям — дело для нас почти новое, поскольку до настоящего времени главная масса шахтных грузов транспортируется конной откаткой с малыми скоростями и малыми партиями. План полной механизации подземных операций предусматривает широкое развитие электровозной откатки; вместе с тем предусматривается применение технически совершенных способов С. р., обслуживающей все места разветвлений и пересечений откаточных выработок. При откатке контактными электровозами включение в питательную сеть различного рода сигналов осуществляется от руки, от рельсовых контактов или бугелем на ходу электровоза. При откатке аккумуляторными электровозами сигнальная электрич. сеть устраивается независимой с применением мер безопасности в газовых и пыльных шахтах. Рудничный двор шахты как узловой пункт всей подземной откатки для больших шахт с интенсивным движением должен обслуживаться диспетчерской службой и автосигнализацией, схемы и методы к-рой заимствованы и принципиально подобны таковой для ж.-д. движения на поверхности.

Предупредительные сигнальные устройства в рудниках применяются для различных целей, напр. у динамитных складов при возникновении пожара или при входе посторонних лиц на охраняемый участок склада; в различного рода машинных камерах автосигналы соединены с ответственными движущимися частями насосов, вентиляторов, компрессоров так. обр., что остановка их тотчас же фиксируется для

обслуживающего персонала, численность которого при такой сигнализации м. б. пропорционально небольшой. Разрабатываются и смогут найти свое применение т. н. сигнальные стойки, к-рые, будучи поставлены в выемочном участке шахты, автоматически дают знать о начале опасного оседания пород и возможном обвале. Действие сигнальной стойки основывается на перемещении частей ее и включении электрического тока с сигнализатором. Наконец автосигналы мыслятся и как указатели на опасное накопление рудничного газа. Одним из первых известных приборов служила т. н. поющая лампа Флейснера, издававшая довольно сильный звук при горении в атмосфере со взрывчатым газом.

Одним из наиболее необходимых средств для четкой, быстрой и интенсивной работы, для увязки всех подземных операций между собой и с поверхностью рудника является широкое использование телефона. В заграничной практике это обстоятельство давно учтено; в нашем плане механизации шахт телефонной связи уделяется весьма значительное место. Каждый рабочий участок д. б. включенным в широко развитую переговорную сеть шахты. Конструктивно телефонная установка для подземных, в особенности газоопасных, условий отличается своей водонепроницаемостью и защитой против взрыва. Рациональное устройство для последней цели до настоящего времени практически еще не осуществлено. Как наиболее могущественное и максимально удобное для шахт средство связи явится радио, мысль о широком применении к-рого в подземных условиях все более выдвигается на первый план.

Лит.: Терпигорев А., Рудничная доставка, 2 изд., Москва, 1929; Кифер, Электричество в горном деле, Берлин, 1927; Основные положения ген. плана механизации шахт Донецкого бассейна, «Уголь и руда», 1932; Евреинов Г., Безопасная электрич. сигнализация, «Инжен. работник», 1925, *6*; Озар В., Методы сигнализаций на угольных шахтах штатов Алабама и Иллинойс, «Уголь», Харьков, 1930, *58*; Пироцкий П., Телефонная система для взрывоопасных выработок, там же, Харьков, 1931, *71—72*; Р. Л., Несчастные случаи от шахтной электрич. сигнализации, «На угольном фронте», Харьков, 1931, *9 (109)*; Лейбов Р., Электрич. сигнализация при откатке по горизонтальным и наклонным путям, «Уголь», Харьков, 1930, *57*; его же, Сигнализация для подземных динамитных складов, «На угольном фронте», Харьков, 1931, *18 (118)*; Зданкович Н., Шариковый газобезопасный выключатель для сигнализационных устройств газовых шахт, там же, Харьков, 1931, *30—31 (130—131)*; Heise F. u. Herbst F., Lehrbuch d. Bergbaukunde, B. 2, B., 1923; Nattkemper, Elektrische Signalanlage f. Hauptschachte, «Der Bergbau», 1932, *2—3*; Siemens-Halske A. G., Akustische Grubensignalung mit Blockiereinrichtung u. optischer Kontroll, Beschreibung, S. 111, B.; Siemens-Halske A. G., Elektrische Schwachstromanlagen f. Bergwerke, Druckschrift, B., *183*; Siemens-Halske A. G., Signal- und Fernsprechapparate f. Gruben u. Hüttenbetriebe, Liste 16c, B., 1912.

А. Милованов.

СИЕНА, сиенская земля, терра ди сиена, естественная краска, принадлежащая по своему составу к типу *охр* (см.). Добывается в Тоскане (Италия), на Гарце (Германия), в С. Америке и других странах. В естественном состоянии образует довольно легкую плотную массу темно- или светлокоричневого цвета, с раковистым изломом; С. пристает к влажному языку и превращается после измельчения в желтый или коричневато-желтый порошок. От обычной охры С. отличается бо́льшим содержанием гидроокиси железа и значительным содержанием коллоидной кремнекислоты, слабой кроющей способностью в масляной и водной дисперсии, более живым и чистым цветом; С. ценится за прозрачность и теплый, красивый золотистожелтый тон. Состав С. колеблется в следующих границах: 46÷69% Fe_2O_3, 3÷7% Al_2O_3, 52÷3% SiO_2, 0÷14% SO_3, 0÷1,5% Mn_2O_3, 15÷20% H_2O. Наряду с незначительным содержанием глины С. содержат иногда значительную примесь мела. Напр. немецкая С. с 50÷60% Fe_2O_3 содержит 2÷10% $CaCO_3$, органич. вещества и другие примеси, вследствие чего она менее ярка, дает более грязный тон и обладает меньшей прозрачностью, приближаясь по своим свойствам к золотистой охре. Лучшие сорта С., например тосканская, имеют уд. вес 3,2—3,3, содержат 60÷70% Fe_2O_3 и очень незначительное количество мела, сульфатов и других примесей. Кроме натуральной С. известна т. н. жженая С., получаемая путем обжигания сырой краски при умеренной $t°$ с доступом воздуха. При обжигании в составе и свойствах краски происходят различные химич. и физич. изменения: выгорание органич. веществ, превращение гидратов железа и марганца в окиси, разложение примесей и т. п., а также увеличивается укрывистость, уменьшается маслоемкость и в особенности сильно изменяется цвет краски, к-рый в зависимости от $t°$, продолжительности нагревания и других условий переходит из желтого в коричневый, красно-коричневый и наконец в темно-красный. После обжига С. измельчается и просеивается. С. нечувствительна к сероводороду, не ядовита и устойчива по отношению к свету и погоде. Сырая С. чувствительна к нагреванию. Благодаря большому содержанию аморфных составных частей С. отличается большой маслоемкостью, к-рая в зависимости от свойств краски колеблется в широких пределах. Напр. тосканская С. требует для затирания в пасту 30÷70% масла и для получения готовой к употреблению краски—180÷250%, немецкая С. требует для пасты 30÷40% и для готовой краски—60÷90% масла. С. применяется почти исключительно как прозрачная или слабокроющая краска с маслом, клеем и другими связующими веществами; употребляется в живописи, полиграфич. пром-сти, для приготовления цветных и пастельных карандашей, для окрашивания дуба, ореха, а также для имитации дорогих пород дерева, т. к. текстура дерева вследствие различной пористости окрашивается неодинаково сильно и благодаря прозрачности краски остается видимой для глаза. Свойство С. темнеть в масляных окрасках сохраняется также и в смесях ее с другими красками. Напр. при смешивании с берлинской лазурью получается зелень, к-рая с маслом кажется значительно темнее, чем сама краска, в виду чего в хромовой зелени (см. *Хромовые краски*) часть хромовой желтой иногда заменяют С. (до 20%), чтобы получить более темные тона. С. обладает сильной адсорбирующей способностью и ценится как субстрат, на к-ром фиксируются основные красители, гл. обр. коричневые. Получаемые при этом краски часто применяются в полиграфич. пром-сти. Кроме того С. применяется в производстве дерматина (искусственной кожи), линолеума и др. При исследовании определяют цвет, кроющую способность, содержание железа, углекислоты, нерастворимого остатка и других примесей. При употреблении в качестве субстрата также определяют адсорбирующую способность с бриллиантовым зеленым или другим основным красителем.

Лит.: Киплик Д., Техника живописи, вып. 1, 2 изд., Ленинград, 1929; Wagner H., Die Körperfarben, Stuttgart, 1928.

П. Черенин.

СИЕНИТ, глубинная кислая порода, состоящая из двух главных частей: полевого шпата и цветного минерала (амфибол, пироксен, слюда). Характерная особенность С.—отсутствие в его составе кварца, чем гл. обр. он отличается от гранита. Полевошпатовая часть представлена гл. обр. ортоклазом, анортоклазом, реже микроклином, альбитом, олигоклазом, андезином; щелочные С. содержат полевой шпат исключительно щелочной. По содержанию цветной части С. подразделяются на амфиболовые (содержат обыкновенно зеленую роговую обманку, баркевикит, иногда рибеккит), пироксеновые (авгит, диопсид, эгирин) и слюдяные (всегда бурый биотит). Нефелиновые С. в виде существенной части содержат нефелин. Кварцевые С., представляющие переход к гранитам, содержат незначительное количество кварца. Второстепенными составными частями С. являются: ильменит, магнетит, апатит, циркон, ортит, кальцит, содалит и др. иногда редкие минералы. Химич. состав С. приведен в таблице.

Химический состав сиенитов (в %).

Состав	*1	*2	*3	*4	*5	*6	*7
SiO_2	60,52	58,65	59,86	56,85	65,63	59,71	60,16
TiO_2	0,68	1,09	0,75	—	Сл.	—	0,67
Al_2O_3	16,65	14,24	16,68	21,56	13,85	15,09	16,28
Fe_2O_3	2,97	4,43	2,78	3,44	2,02	5,37	2,74
FeO	2,15	4,55	3,00	1,14	2,80	2,25	3,28
MnO	—	—	+	—	Сл.	—	0,14
MgO	2,32	3,06	3,51	0,85	2,79	2,58	2,49
CaO	4,73	5,96	3,96	5,26	3,43	4,44	4,30
Na_2O	4,43	5,46	3,58	6,07	1,84	3,12	3,98
K_2O	4,39	3,05	4,30	3,66	6,25	5,86	4,49
H_2O	0,91	—	1,44	0,52	1,17	1,16	1,16
P_2O_5	0,29	—	—	—	Сл.	—	0,28
Сумма.	100,24	100,49	99,86	99,35	99,78	99,58	100,00

*1 Роговообманковый сиенит из Плауена у Дрездена. *2 Пироксеновый авгитовый сиенит (поселок «Юлия» Минусинского района). *3 Слюдяной сиенит (Фронау, Шварцвальд). *4 Щелочной лаурвикит (Бисковен у Лаурвика, Южная Норвегия). *5 Кварцевый сиенит (Фольмерсдорф, Силезия). *6 Микропертитовый сиенит с хребта Цаган-Дабан в Селенгинской Даурии. *7 Среднее из 50 анализов (по Дэли).

Структура С. обычно гранитовидная, иногда гранитопорфировая, реже гнейсовидная. Цвет С. зависит от состава его, чаще серовато-красный или темнозеленый, реже синеватый, серый или черно-зеленый. Уд. вес 2,7—2,9; сопротивление сжатию 1 500—2 000 *кг/см²*. С. несколько мягче гранита, но более вязок, благодаря чему легче поддается обработке и полировке. С. залегает подобно граниту в виде крупных горных массивов и штоков, реже в виде жил, но менее распространен, чем гранит. Известны месторождения С. в Юж. Норвегии близ Осло (норвежский «лабрадор»), Монтане, Канаде, Зап. Германии. В СССР С. известны в разных местах; особенно известны месторождения его на Урале (гора Благодать, Высокая, Нижний Тагил) и в южнорусской кристаллической области, где они связаны переходами с габбро.

Лит.: Левинсон-Лессинг Ф. Ю., Петрография, 2 изд., Л., 1931; «НИ», т. 3, Л., 1927; Штиний И. и Мушкетов Д., Техническая геология, Л.—М., 1925; см. также *Горные породы.* **И. Мушенко.**

СИКАТИВЫ, сушки, вещества, ускоряющие высыхание масел. По химич. составу С.— гл. обр. соли различных металлов с жирными и смоляными кислотами. В процессе высыхания масел (см. *Высыхающие масла*) С. играют роль катализаторов—переносчиков кислорода. Какие соединения образуют в этом случае С. с частицами масла и кислорода, еще точно неизвестно. Во всяком случае несомненно, что С. или входящие в их состав металлы при окислении масел регенерируются. Поэтому в качестве С. применяют главным образом такие металлы, к-рые образуют с кислородом различные степени окисления (Pb, Mn и др.). С другой стороны, для действия С. как катализатора необходимо, чтобы он был растворен в масле, так как только в таком высокодисперсном состоянии С. обладают активными свойствами. Металл, не растворенный, а лишь суспендированный в масле, не оказывает влияния на скорость высыхания и выделяется при стоянии масла постепенно в осадок. Поэтому в качестве С. могут применяться только растворимые (или в особых случаях коллоидально диспергированные) в масле соединения. Благодаря каталитич. действию растворенного С. процесс высыхания масла, т. е. образования твердой пленки, протекает гораздо быстрее, чем без добавки С. Например льняное масло, распределенное тонким слоем, высыхает при обыкновенной $t°$ в течение 3—6 суток, после же растворения в нем С., напр. 2% смолянокислого кобальта, высыхает при тех же условиях в течение 8—15 ч. На этом свойстве С. основано их техническое применение в производстве олифы, масляных лаков, масляных красок и других материалов.

Сырые материалы и классификация С. Сырыми материалами для получения С. служат 1) окиси и соли металлов с летучими к-тами: глет, перекись марганца, уксуснокислый кобальт и многие другие, 2) высыхающие масла (льняное, реже древесное, перилловое и др.) и смолы (канифоль, реже копалы и др.), а также их жирные и смоляные к-ты. Окиси и соли металлов нежирных к-т, известные ранее под названием «нерастворимых С.», в практике до настоящего времени причисляются к С. несмотря на то, что они сами по себе нерастворимы в масле. Их употребляли гл. обр. в прежнее время при получении *олифы* (см.) по старому способу, когда масло нагревали продолжительное время на голом огне при $t°$ 220—250°. При такой обработке окиси металлов постепенно омыляли масло с образованием легко растворимого в масле металлич. мыла. Этот прием работы—получение С. не в отдельности, а в самом процессе производства—иногда применяют и в настоящее время, напр. при получении лаков, к к-рым окись или соль металла прибавляют при высокой $t°$ и обрабатывают дальше до получения растворимого С. Так как этот способ получения С. имеет много недостатков (необходимость продолжительного нагревания масла или лака при высокой $t°$, потемнение цвета, неполная растворимость и т. д.), в настоящее время пользуются б. ч. готовыми С., для к-рых окиси и соли металлов служат лишь сырыми материалами, или основаниями С., содержащими тот или иной металл. С. в собственном смысле являются только соли металлов с жирными, смоляными или другими к-тами (металлич. мыла).

В зависимости от рода применяемых к-т различают гл. обр. две группы С.: 1) соли жирных к-т и 2) соли смоляных к-т. К первой группе относятся: а) линолеаты—соли металлов с жирными к-тами льняного масла, б) тунгаты—соли металлов с жирными к-тами тун-

гового, или древесного, масла, в) перилляты—соли с жирными к-тами периллового масла. Ко второй группе С. относятся: а) резинаты—соли смоляных кислот канифоли, гл. обр. абиетиновой к-ты, б) копалаты—соли смоляных кислот копалов и др. Все эти С. обладают способностью легко и без остатка растворяться при нагревании до 120—150° в высыхающих маслах, благодаря чему их можно прибавить к маслу в любом (но точно определенном) количестве и получить очень светлые по цвету продукты (напр. лак, олифу и т. д.). Они растворяются также на холоду или при слабом нагревании в летучих органических растворителях, напр. в скипидаре, бензине и др. Поэтому кроме твердых С. часто применяют жидкие С. или экстракты — растворы металлических мыл в масле или летучих растворителях, которые прибавляют к масляным лакам, краскам и другим материалам с целью получения определенной скорости высыхания непосредственно перед употреблением их в работу. Активность С. зависит гл. обр. от рода и количества металла, входящего в состав С. Действие отдельных С. очень различно. Эйбнер и Паллауф располагают их в следующий ряд с убывающей степенью активности: Co, Mn, Ce, Pb, Fe, Cu, Ni, V, Cr, Ca, Al, Cd, Zn, Sn. В практике находят применение главным образом соединения Co, Mn и Pb. Соединения Fe, Cu и Ni во многих случаях не пригодны, так как дают темноокрашенные мыла. Zn и Ca применяются лишь в комбинации с более сильными С. или для особых целей, например для получения более твердой пленки, нейтрализации к-т и т. д. В отношении количества С., прибавляемого к маслу, установлены (Вегер) следующие зависимости: 1) высыхание происходит тем скорее, чем больше С. взято; 2) для количества каждого С. существует определенный максимум, при к-ром высыхание протекает наиболее быстро; 3) при избытке С. высыхание замедляется. Поэтому количество С. для получения наилучшей сушки масла должно соответствовать определенному, оптимальному содержанию металла. Оптимальное количество для Co 0,13%, для Mn 0,12%, для Pb 0,45%, для Zn 0,15%, для Ca 0,09% (по отношению к весу масла). В практике очень часто применяются смешанные, или комбинированные, С., в состав которых входят два или более металла или просто смеси двух или трех различных С. Наблюдения показали, что такие С. обладают большей активностью, чем каждый отдельно взятый компонент в том же количестве. Для комбинированных С. наиболее часто употребляют Mn и Pb, Co и Mn и др. Оптимальное действие таких смесей получается при отношении количества одного металла к другому, равном отношению их ат. весов, напр. для Pb и Mn в отношении 3,8 : 1. По опытам Мейстера чистое льняное масло, высыхающее через 121 ч., с 2% свинцового резината высыхало через 26 час., с 2% марганцевого резината высыхало через 12 ч., с 1% свинцового и 1% марганцевого резината—через $7^1/_2$ ч., с 1% марганцевого и 1% кобальтового резината—через 10 ч. Еще активнее действуют нек-рые смеси из трех С., напр. смесь солей Pb, Mn и Ca дает высыхание льняного масла через 6 ч., смесь солей Mn, Zn и Ca—через 9 ч. и т. д. Сравнение скорости высыхания масел с различными С. можно производить только при совершенно одинаковых условиях. Активность С. при различных условиях сушки различна и недостаточно хорошо исследована. У масляных красок помимо действия С. скорость высыхания зависит также от присутствия в краске тех или иных металлов, к-рые играют при смешивании с маслом роль С., напр. свинец в свинцовом кроне, марганец в умбре и т. д.

Окиси и соли металлов, употребляемые для получения С., довольно разнообразны. Из них находят применение следующие соединения: 1) соединения Pb: окиси (глет, массикот, сурик, перекись свинца) и соли к-т: уксусной, борной, марганцевой, азотной; 2) соединения Mn: окиси (гидрат закиси и окиси Mn, пиролюзит, перекись марганца) и соли к-т: уксусной, борной, угольной, соляной, щавелевой; 3) соединения Co: окиси (закись и окись кобальта, гидраты окисей кобальта) и соли к-т: уксусной, серной, соляной; 4) соединения других металлов (цинка, кальция). Из соединений свинца раньше предпочитали употреблять *сурик* (см.) и перекись свинца как вещества, содержащие больше кислорода, чем окись свинца. Однако вскоре выяснилось, что избыточный кислород является не только бесполезным, но и вредным, т. к. оксидированный свинцовый линолеат легче выделяется из масла и последнее получается кроме того более темного цвета. Поэтому в настоящее время применяется б. ч. глет (см. *Глет свинцовый*) или его модификация—*массикот* (см.). Содержание свинца в сурике 91—93%, в глете—90—91%. Уксуснокислый свинец (см. *Свинца соединения*) применяется в обезвоженном виде, содержит свинца 50—55%. Марганцовокислый свинец $Pb(MnO_4)_2$ — порошок темнокоричневого цвета, изготовляемый герм. сикативными ф-ками; представляет комбинированный С., заменяющий свинец и марганец. Из марганцевых соединений находят применение гл. обр. гидрат закиси и окиси марганца, пиролюзит или перекись марганца, борнокислый марганец (см. *Марганца соединения*). Гидраты закиси и окиси марганца предпочитают применению пиролюзита или перекиси марганца, т. к. они реагируют с маслом и канифолью при более низкой $t°$ и дают менее сильно окрашенные продукты. Природный пиролюзит содержит часто большое количество примесей: железа, извести, кремнезема и др. Содержание марганца колеблется в очень широких пределах (30—55%). Искусственно полученные продукты отличаются большей чистотой и ценятся дороже. С маслом и канифолью реагируют довольно трудно при $t°$ок. 250°. Борнокислый марганец MnB_4O_7 в продаже встречается в виде двух сортов: с содержанием марганца 10—12% и 19—22%; применяется для получения светлых продуктов. Из кобальтовых соединений чаще всего применяется уксуснокислый кобальт, реже закись и окись кобальта и другие соли (см. *Кобальта соединения*). Закись CoO и окись Co_2O_3 кобальта с маслом и канифолью реагируют труднее, чем уксуснокислый кобальт, в виду чего несмотря на более дорогую цену предпочитают пользоваться последним. Уксуснокислый кобальт $Co(CH_3COO)_2$ — кристаллич. порошок светлокрасного цвета, содержит ок. 23% кобальта, в безводном состоянии около 33%. Кобальтовые соединения дают продукты очень светлого цвета, отличающиеся очень хорошей высыхающей способностью, в виду чего они получили широкое применение в технике. Из цинковых соединений находят применение цинковые белила и сернокислый цинк, из кальциевых: мраморная известь, гашеная известь, хлористый кальций и др. Цинковые и кальциевые С. применяются или в виде комбинированных С. с Pb, Mn и другими металлами или в тех случаях, где не допускается употребление Pb и Mn и не требуется быстрое высыхание масел. При употреблении окисей и солей металлов необходимо обращать внимание на содержание в них металла. Поэтому для расчета количества С. исходят, во-первых, из содержания чистого металла в С. и, во-вторых, из оптимального содержания металла в масле. Температура, при к-рой окиси и соли металлов реагируют с маслом или канифолью, различна. В общем чем выше $t°$, тем быстрее происходит образование растворимого металлич. мыла. При более низких $t°$ требуется очень продолжительная обработка, и реакция обычно не протекает полностью, в виду чего часть металла остается нерастворенной. Температуры и количества различных металлич. соединений, к-рые необходимы для получения хорошей сушки масла, приведены ниже в таблице.

Получение С. Собственно С., или металлич. мыла, получаются двумя способами: плавлением (плавленые С.) и осаждением (осажденные С.). Получение плавленых С. проще, не требует особой аппаратуры и большой затраты работы и времени, благодаря чему стоимость значительно ниже, чем осажденных С., но по качеству они уступают осажденным, т. к. содержат больше примесей, менее однородны и более сильно окрашены. В зависимости от взятой к-ты различают плавленые и осажденные

Количество сикатива и условия обработки.

Название соединений	Колич. сикатива в зависимости от содержания в нем металла (%)	Темп-ра обработки (°С)
Свинцовый глет . . .	0,5—1	180—200
Свинцовый сурик . .	0,5—1	ок. 200
Уксуснокислый свинец	1—2	» 180
Марганцовокислый свинец	0,3—0,5	» 250
Гидрат окиси марганца	0,2—0,4	» 200
Пиролюзит	0,5—0,8	» 250
Борнокислый марганец	0,5—1	» 250
Уксуснокислый кобальт	0,3—0,4	160—180

резинаты, линолеаты и др. Плавленые резинаты—б. ч. очень хрупкие, блестящие и прозрачные в тонком слое куски; осажденные резинаты—очень легкие и рыхлые порошки, линолеаты—мягкие, тягучие, немного липкие массы или пасты. Плавленые С. получаются обычно в железных или алюминиевых котлах, нагреваемых снизу при помощи изолированной топки. В качестве топлива применяют дрова, нефть и газ. При получении плавленых линолеатов из жирных к-т, где не требуется высокой $t°$, котлы обогреваются паром. Вверху котлы закрываются крышкой, снабженной отводной трубой для удаления газов и отверстиями для загрузки, наблюдения и установки термометра. Для равномерного и тщательного перемешивания служит механич. мешалка. Получение плавленых резинатов основано на взаимодействии расплавленной канифоли с окисью или солью металла, при к-ром абиетиновая к-та канифоли образует с металлом смолянокислую соль (резинат), а вода (или соответственно летучая к-та) выделяется в виде паров:

$$2C_{19}H_{29}\cdot COOH+MO=(C_{19}H_{29}COO)_2\cdot M+H_2O,$$

где М—двувалентный металл (Pb, Co, Mn). Для получения более светлого и чистого С. применяют гарпиус. (Таланцев на основании продолжительного опыта указывает, что франц. гарпиус не пригоден для изготовления С., т. к. последние дают олифу, к-рая в деревянных бочках скоро становится мутной.) Реакция образования резината часто не протекает гладко по вышеприведенному ур-ию и наряду с нормальным резинатом (средней солью) образуется основной резинат. К образованию основных резинатов в особенности склонны Pb, Ca, Zn (Parr). Присутствие в резинате основных соединений совершенно нежелательно, т. к. при этом часть абиетиновой к-ты остается несвязанной, а основной резинат, напр. $(C_{19}H_{29}\cdot COO)_2Pb\cdot PbO$, распадается при дальнейшем нагревании с выделением Pb. Получение плавленых резинатов производится след. обр.: в котел засыпают определенное количество гарпиуса, к к-рому после расплавления прибавляют при $t°$ 160—220° небольшими порциями необходимое количество предварительно высушенной и истертой в мелкий порошок окиси или соли металла. Во время работы требуется тщательное перемешивание для равномерного нагрева, устранения подгорания канифоли и осаждения на дно тяжелых металлич. соединений. При добавке металлич. соединений образуется большое количество пены вследствие выделения паров воды или летучих соединений, в виду чего необходимо соблюдать известные меры предосторожности. Иногда масса расплавленного резината при перемешивании (напр. в присутствии извести) становится кашеобразной и только при действии высокой $t°$ снова делается жидкой. После добавки всего металла $t°$ поднимают до 250° и выше, чтобы закончить реакцию и удалить из массы полностью воду и летучие к-ты. Окончание реакции определяют при помощи пробы на стекло, к-рая после охлаждения должна застывать в прозрачную, чистую и ровную массу. Охлажденный расплавленный резинат выливают в ящики или бочки, где он затвердевает, после чего его разбивают на небольшие куски.

Свинцовый резинат—куски темного цвета, очень легко растворимые в льняном масле (160°); получается гл. обр. при нагревании канифоли с свинцовым глетом (до 30% к весу канифоли), реже с суриком, уксуснокислым свинцом и другими солями. Для изготовления олифы его берут в количестве 2,5—3%, часто в виде экстракта. Свинцовый резинат применяется в большинстве случаев вместе с марганцевым резинатом. Марганцевый резинат—прозрачные куски коричнево-черного цвета; получается б. ч. с гидратом окиси марганца (ок. 9%) или с гидратом закиси марганца (ок. 10%). Применение естественного пиролюзита не рекомендуется. При плавке необходимо обращать внимание на сильное образование пены. Комбинированные свинцовомарганцевые резинаты—прозрачные, блестящие куски темнокоричневого цвета. При получении сначала прибавляется глет, а потом то или иное соединение Mn. Очень светлый продукт получается при сплавлении 100 ч. светлой канифоли с 2,5 ч. кальцинированного уксуснокислого свинца и 5 ч. борнокислого марганца. Они обладают более активным действием и дают пленку лучшего качества, чем каждый из предыдущих в отдельности, в виду чего находят очень широкое применение в практике. Как пример получения более сложного комбинированного С. можно привести следующий: к 100 ч. канифоли, нагретой до 220°, прибавляют малыми порциями при помешивании сначала 9 ч. глета, потом, при постепенном повышении $t°$ до 250°, 3 ч. гидрата окиси марганца, затем 1,5 ч. гидрата кальция, после чего смесь нагревают, пока все не растворится. Приготовленного таким образом С. достаточно прибавить 2%, чтобы получить высыхание масла в течение 8—10 ч. Кобальтовый резинат получается сплавлением нагретой до 180° канифоли с 8% уксуснокислого Co или с 6% более дешевых окисных или закисных соединений. При остывании цвет С. постепенно переходит из синего в красный.

Плавленые линолеаты получаются из жирных к-т льняного масла или непосредственно из самого масла. При взаимодействии металлич. соединений с маслом происходит омыление, т. е. металл соединяется с жирными кислотами, образуя линолеат, а глицерин выделяется в свободном виде. При употреблении солей летучих к-т последние выделяются при нагревании в виде паров. Обработку масла обычно производят в котле, снабженном мешалкой. К маслу, нагретому приблизительно до 175°, прибавляют при перемешивании небольшими порциями высушенную и тонко измельченную окись или соль металла, после чего $t°$ масла поднимают до 220—250°, в зависимости от способности металлич. соединения реагировать с маслом. Во время нагревания масло сильно пенится, поэтому необходимо следить за тем, чтобы оно не вылилось из котла. Обработку производят до тех пор, пока проба, взятая на стекло, не затвердеет в совершенно однородную и прозрачную массу. Недостатками этого способа являются: 1) нагревание масла до очень высокой $t°$, вследствие чего получаются сильно окрашенные продукты, 2) выделение из масла глицерина, к-рый остается в готовом линолеате, понижая его активность при высыхании. Лучшие продукты получаются при обработке жирных к-т. Для этого масло сначала омыляют едкой щелочью и полученное мыло разлагают серной кислотой [часто применяется и *контакт* (см.)], после чего жирные к-ты тщательно про-

мывают горячей водой и нагревают для удаления влаги. Приготовленную т. о. смесь жирных к-т обрабатывают окисью металла путем перемешивания в котле при $t°$ ниже 100°. Линолеаты, получаемые из жирных кислот, в отличие от получаемых из масла не содержат глицерина и имеют более светлый цвет.

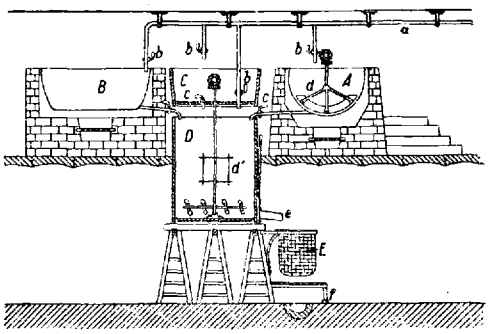
Плавленый свинцовый линолеат получают нагреванием 7 ч. льняного масла с 2 ч. глета и 2 ч. сурика при 220—230° или размешиванием 100 ч. льняно-кислых к-т с 20—50 ч. глета при $t°$ 40—100°. Хорошо растворяется в льняном масле, однако раствор вследствие образования выделения с жирными насыщенными к-тами скоро становится мутным. Скорость сушки не очень велика. При употреблении в количестве 2% получается твердо высыхающий лак. Марганцевый линолеат получается, как и предыдущий, с гидратом окиси Mn, борнокислым Mn и др. в виде кусков желтого цвета, на воздухе окрашивающихся в темный цвет. При употреблении в количестве 2% дает олифу, высыхающую в 12—15 час. Применяется также для масел, идущих на пропитку тканей, для изготовления печных лаков и т. д. Часто употребляется в виде комбинированного С. со свинцовым линолеатом и другими. Кобальтовый линолеат получается при нагревании масла с соединениями кобальта (напр. с 15—20% уксуснокислого кобальта) при $t°$ ок. 250° и выше, коричневато-красная мягкая масса, к-рая при прибавлении к маслу (1%) дает высыхание приблизительно в 8 час. Вследствие светлой окраски применяется для светлых лаков и эмалевых красок.

Осажденные С. Получение осажденных С. (как смолянокислых, так и жирнокислых) представляет по сравнению с плавленными С. более длительный способ, состоящий в общем из следующих двух основных операций: 1) получения мыла путем омыления смолы или масла, 2) осаждения водного раствора мыла раствором соли металла. Для получения мыла гарпиус или отстоенное масло обрабатывают раствором щелочи до тех пор, пока не наступит полное омыление. Количество необходимого щелока определяют при помощи анализа. Избытка щелочи надо избегать, так как последний из раствора соли, применяемой для осаждения С., осаждает гидрат закиси металла, нерастворимый в масле при $t°$ ниже 180—200° и поэтому пропадающий бесполезно. Приготовленный прозрачный водный раствор мыла, разбавленный водою до концентрации 7—10%, осаждают затем при помешивании раствором соли металла, напр. $MnCl_2$ и т. д., после чего осадок резината или линолеата промывают водою до полного удаления растворимых солей, отжимают, сушат и измельчают. Осажденные С. отличаются от плавленых большей чистотой, так как примеси, содержащиеся в сырых материалах, удаляются во время работы (при омылении, промывке и т. д.), в то время как при плавке полностью переходят в готовый продукт. Цвет осажденных С. получается более светлый, так как применяемые $t°$ значительно ниже, чем при получении плавленых С., например $t°$ омыления ~100°, $t°$ осаждения 50÷60° и сушки ~60°. Несмотря на это реакция осаждения смоляного мыла не протекает полностью по ур-ию:

$$2C_{19}H_{29}\cdot COONa+MCl_2=(C_{19}H_{29}\cdot COO)M+NaCl$$

(M—двувалентный металл); наряду со средней солью получаются также кислые соединения, напр. для марганца $Mn(C_{20}H_{29}O_2)_2\cdot 2C_{20}H_{30}O_2$ и др.

Установка получения осажденных резинатов (см. фигуру) состоит из котла для омыления A, снабженного мешалкой d, котла для горячей воды B и деревянного чана D для осаждения. Над последним помещается чан C для приготовления раствора соли. Вода подается во все резервуары из водопровода a с кранами b. Готовое мыло спускается из котла A по трубе c в чан D, где оно разбавляется водой из котла B и осаждается при вращении мешалки d' раствором соли из чана C. Кашеобразный продукт после отстаивания спускается через e в подвешенные мешки E, где он задерживается тканью, а растворы и вода вытекают в канал f.



Марганцевый резинат—рыхлый порошок розоватого цвета, легко и без остатка растворимый в льняном масле и углеводородах. Получается путем осаждения разбавленного канифольного мыла, приготовленного например из 100 ч. гарпиуса, 356 ч. воды и 35 ч. едкого натра 25° Bé, раствором 200 ч. $MnCl_2$ 25° Bé. Раствор $MnCl_2$ не должен содержать железа; часто применяется как С. для масляных лаков и т. д. Свинцовый резинат получается при осаждении канифольного мыла уксуснокислым свинцом. В масле растворяется труднее, чем плавленый резинат. Применяется б. ч. в комбинации с другими металлами. Приготовление осажденных линолеатов производится аналогично резинатам. Кроме льняного масла применяют древесное, перилловое и другие жирные масла, а также стеариновую, пальмитиновую, нафтеновые и другие к-ты. Однако все эти соединения не получили как С. большого значения за исключением некоторых специальных случаев, напр. перилловокислый Mn применяется для получения быстро высыхающей печатной олифы, древеснокислые С.—для получения матовых масляных лаков и т. д. Такую же роль играют и С., получаемые с нек-рыми другими металлами, например линолеат алюминия находит применение для изготовления непромокаемых тканей, линолеат меди—для изготовления олифы, идущей на окраску днищ морских судов с целью защиты их от молюсков и водорослей и т. д. В настоящее время сделаны попытки к получению С. непосредственно в масле путем коллоидного распределения в нем металлов или путем восстановления соответствующей соли действием электрич. тока. Получит ли этот новый способ практич. значение, пока еще неизвестно.

Жидкие С.—растворы металлич. мыл в летучих органич. растворителях (скипидаре, бензине, сольвент-нафте и др.), иногда с примесью большего или меньшего количества льняного масла. Жидкие С. подобно твердым делятся на масляные (растворы линолеатов Pb, Mn, Co и др.) и смоляные (растворы резинатов тех же металлов). Масляные жидкие С. получаются или растворением линолеата в нагретом льняном масле, после чего к раствору прибавляют органич. растворитель, или растворением непосредственно в органич. растворителе, напр. растворяют при нагревании и перемешивании 13 ч. свинцового линолеата и 10 ч. марганцевого линолеата в 10 ч. скипидара и 60 ч. сольвент-нафты. Растворы содержат обычно 30÷50% сухого С. Смоляные жидкие С. готовятся или растворением резината в скипидаре и других растворителях или растворением только что полученного плавленого резината в подогретом льняном масле, после чего к раствору добавляют летучий растворитель, напр. сплавляют 55 ч. гарпиуса с 0,5 ч. гашеной извести и 1,5 ч. гидрата окиси марганца, затем прибавляют 5 ч. лакового льняного масла и 38 ч. бензина. Конц. жидкие С. называются экстрактами. При стоянии жидкие С. часто выделяют осадок, в виду чего их активность падает. Применяются в малярном деле, для лаков и т. д. В продаже часто встречаются под различными произвольными названиями.

Свойства и применение С. Помимо различной активности в отношении высыхания масел С. оказывают различное действие не только на характер сушки масел, но также и на качество получаемой пленки. Кобальтовые С. обладают свойством производить высыхание с внешней поверхности пленки внутрь, в то время как свинцовые и марганцевые С. обусловливают высыхание изнутри вверх. Поэтому при значительном содержании в масле кобальта возможно затвердевание только наружного поверхностного слоя, тогда как нижняя часть может остаться невысохшей, что приводит затем к размягчению и липкости покрытия, не говоря уже о его непрочности. Свинцовые сикативы, и в особенности свинцовомарганцевые, дают при высыхании очень твердые и хорошо просыхающие пленки. В отношении цвета кобальтовые С. дают наиболее светлые продукты (олифа, лак и т. д.), которые при действии света становятся еще светлее, поэтому их применяют гл. обр. в производстве клеенки, линкрусты и др., т. к. пленка, получаемая с ними, кроме того отличается мягкостью и гибкостью. Под действием атмосферы, в особенности содержащей сероводород, белые красочные пленки со свинцовыми С. желтеют и темнеют, в то время как пленки, получаемые с кобальтовыми С., почти не изменяются. С., содержащие свинец, считаются вредными, поэтому их заменяют марганцевыми и кобальтовыми С. или применяют комбинации их с другими металлами. Свинцовые С. обладают также склонностью к выпадению из раствора в масле, в особенности под влиянием воздуха и света, что объясняется образованием нерастворимых жирных оксикислот. Отличаются ли по своим свойствам как С. линолеаты и резинаты, полученные с одним и тем же металлом, не выяснено. Нек-рые исследователи считают, что высыхание масел зависит не только от химич. состава, но и от коллоидного состояния С., на к-рое органич. компонент может оказывать различное диспергирующее влияние. Другие находят, что правильно приготовленные резинаты и линолеаты действуют совершенно одинаково. Различные условия сушки (влажность, $t°$ и т. д.) оказывают влияние не только на скорость высыхания, но и на качество пленки, напр. свинцовые и марганцевые резинаты во влажном воздухе дают после высыхания «отлип», чего не наблюдается у линолеатов (см. *Олифа*). Резинаты по сравнению с линолеатами более дешевы, легче растворяются и менее изменяются при хранении. Осажденные резинаты в отличие от плавленых растворяются в масле уже на холоду или при слабом нагревании. Недостатком их является присутствие свободной канифоли. Обычно резинаты применяются для изготовления олиф и некоторых лаков. Линолеаты дают более гибкую, эластичную и прочную пленку, поэтому идут на изготовление лаков для кожи, изоляционных и других, а также для лаков, подвергающихся шлифовке (автомобильных, каретных и т. д.). Они выдерживают также значительно лучше высокие $t°$. Недостатком линолеатов, в особенности плавленых, является склонность их к выделению из растворов вследствие окислительного действия воздуха, полимеризации и других причин. При употреблении С. (как твердых, так и жидких) необходимо обращать особенное внимание на содержание в них активного металла, которое в продажных продуктах может колебаться в очень широких пределах. В зависимости от содержания металла находятся цена, качество, а также и расход С. для получения определенного эффекта сушки. Поэтому вопрос о стандартизации С. имеет чрезвычайно важное практич. значение. В Германии установлены следующие нормы для плавленых и осажденных С.

Виды С.	Содержание металла в %
Свинцовый резинат плавленый	11,0—12,0 Pb
» » осажденный	22,0—23,0 Pb
Свинцовый линолеат плавл. . .	31,0—34,0 Pb
» » осажд. .	31,0—32,0 Pb
Марганцевый резинат плавл. .	2,0—2,5 Mn
» » осажд. .	6,0—6,5 Mn
Марганцевый линолеат плавл. .	7,0—7,5 Mn
» » осажд. .	8,0—8,5 Mn
Кобальтовый резинат плавл. .	2,2—2,5 Co
» » осажд. .	6,2—6,5 Co
Кобальтовый линолеат плавл. .	2,2—2,5 Co
» » осажд. .	9,2—9,5 Co
Свинцовомарганцевый резинат плавл.	4,5—5,5 Pb; 1,0—1,5 Mn
Свинцовомарганцевый резинат осажд.	12,0—12,5 Pb; 2,5—3,0 Mn
Свинцовомарганцевый линолеат плавл.	14,0—15,0 Pb; 2,7—3,2 Mn
Свинцовомарганцевый линолеат осажд.	14,0—15,0 Pb; 2,7—3,2 Mn

Для приготовления этих С. должны применяться только канифоль, льняное масло, жирные кислоты льняного масла и соединения, содержащие указанные металлы. Для плавленых продуктов допускается прибавка извести. Процентное содержание металла относится только к активному металлу, т. е. находящемуся в растворимой форме. При растворении в 10-кратном количестве льняного масла при 150° эти С. должны давать прозрачный или лишь слабо мутноватый раствор (за исключением осажденного кобальтового резината, у к-рого помутнение или осадок не является указанием на присутствие суспендированного или неактивного металла). Хороший С. должен удовлетворять следующим трем основным условиям: 1) сообщить маслу соответствующую скорость высыхания; 2) не давать загущения с металлич. красками; 3) не выделять после растворения в масле осадка. При исследовании С. определяют: 1) цвет, 2) растворимость в льняном масле и органич. растворителях (цвет раствора, вязкость, выделение осадка и т. д.), 3) содержание активного металла, 4) содержание влаги (в осажденных С.), 5) содержание неомыленных веществ и т. д., а также производят практические испытания на скорость сушки и качество пленки.

Лит.: Киселев В., Приготовление олифы и сикативов, М., 1922; его же, Олифа и лаки, М., 1926; Талан цев З., Олифоварение и приготовление сикативов, М., 1924; его же, Технология жиров и масел, ч. 1, М., 1925; Зиновьев А., О некоторых свойствах линолеатных и резинатных сикативов в связи с применением их в производстве олифы, «Маслобойно-жировое дело», М., 1928; Киселев В. и Головистиков И., Влияние качества и количества сикативов на скорость высыхания льняного масла, «ЖХП», 1930, *22—23*; Seeligmann F. u. Ziecke E., Handbuch d. Lack- u. Firnisindustrie, 4 Aufl., B., 1930; Stock E., Die Fabrikation d. Oellacke u. Sikkative, W.—Lpz., 1915; Bottler M., Die Trockenmittel in d. Lack-, Firnis- u. Farbenindustrie, Halle a/S., 1915; Ullm. Enz., 2 Aufl., B. 10, p. 430. См. также *Олифа*.

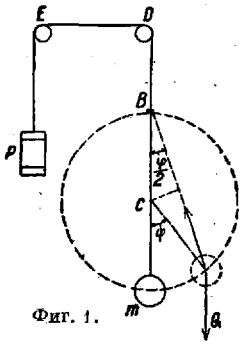
П. Черенин.

СИЛА КРИТИЧЕСКАЯ. Устойчивость равновесия может зависеть как от геометрич. формы системы, так и от величины действующих сил; при малых силах равновесие м. б. устойчиво, при больших—неустойчиво. То значение силы, при к-ром равновесие из устойчивого переходит в неустойчивое, называется С. к.

Первые исследования в этой области принадлежат Эйлеру. Он показал, что прямолинейный стержень, сжимаемый двумя силами P, прило-

женными на концах и действующими вдоль оси его, сохраняет прямолинейную форму равновесия, пока силы P невелики. При возрастании сил P наступает такой момент, когда прямолинейная форма равновесия становится неустойчивой и стержень искривляется. То значение сжимающей силы, при к-ром начинается искривление стержня, называется до настоящего времени Эйлеровой критической силой. Теория Эйлера была несколько далее развита Лагранжем, применявшим ее к расчету колонн. Идеи Эйлера долгое время не находили себе применения в технике, они были основательно забыты, и инженеры пользовались при расчете сжатых стержней различными эмпирич. ф-лами. Лишь во второй половине 19 в., когда развитие строительства мостов и других металлич. конструкций потребовало более точного расчета сжатых стержней и тонких пластин, выяснилась вся правильность и плодотворность идей Эйлера. Оказалось, что во всех тех случаях, когда один или два размера тела малы сравнительно с третьим (пластины, оболочки, тонкие стержни), всегда существует С. к. и она м. б. найдена по способу, указанному Эйлером. Появилось очень большое число работ в этой области, и в настоящее время при всех расчетах тонкостенных конструкций прежде всего считаются с этой С. к. Силы, действующие на сооружение, обязательно д. б. меньше критических.

Если понятие о С. к. в теории упругости установилось уже давно, то в статике твердого тела первый довольно сложный пример был дан Сутвеллом в 1913 г. Несколько более простых примеров даны Динником. Наиболее просто находится С. к. в статике твердого тела следующим приемом: известно, что если работа A приложенных к телу сил при малом, но конечном отклонении его от положения равновесия отрицательна, то рассматриваемое положение равновесия устойчиво; если A положительна, то—неустойчиво. Если A меняет свой знак при возрастании силы P, то С. к. существует; если же A сохраняет свой знак, то С. к. не существует. Для нахождения С. к. следует приравнять A нулю и решить соответствующее ур-ие относительно P. Напр. маятник состоит из невесомого стержня Cm и шара весом Q (фиг. 1). Нить $mBDEP$ с грузом P на конце проходит через кольцо B, лежащее на окружности радиуса l, как-раз над C и через блоки D и E. Ясно, что положение равновесия ($\varphi = 0$) является устойчивым, если P мало сравнительно с Q, и неустойчивым, если P велико, т. е. С. к. здесь существует; надо найти ее величину. Работа всех сил при отклонении маятника из положения равновесия на угол φ



Фиг. 1.

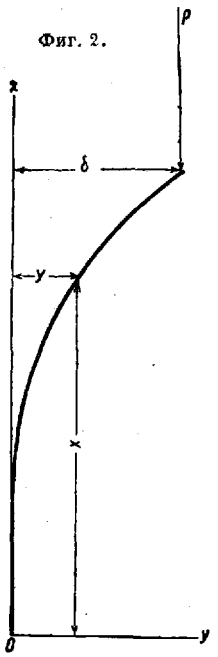
$$A = -Ql\,(1-\cos\varphi) + 2Pl\left(1-\cos\frac{\varphi}{2}\right)$$

или при малом φ

$$A = [-2Q + P]\,\frac{l\varphi^2}{4}.$$

Если $P<2Q$, то $A<0$ и равновесие устойчиво; если же $P>2Q$, то $A>0$ и равновесие неустойчиво. С. к. находится из ур-ия $A=0$, т. е. $P_{кр.} = 2Q$. Для других систем для данного типа деформации существует вообще несколько значений С. к.; из них для технич. целей важно знать наименьшую. Высшие же С. к. в большинстве случаев не представляют никакого интереса. Для определения $P_{кр.}$ существуют 3 основных способа. Не излагая их в общей форме, поясним суть дела на задаче о продольном изгибе.

1) Прямое интегрирование дифференциальных уравнений равновесия. Колонна (фиг. 2) сжата силой P, действующей вдоль оси ее. При малой P колонна остается прямой. При увеличении P может наступить такой момент, когда прямолинейная форма колонны делается неустойчивой и колонна искривляется. Для нахождения того значения P, при к-ром начинается это искривление, предполагают, что колонна уже искривилась, и составляют диференциальное ур-ие изгиба для малых отклонений от прямолинейной формы равновесия. При малых отклонениях это уравнение получается линейным. Интегрируют его и определяют из граничных условий произвольные постоянные, вошедшие при интегрировании. Эта операция приводит к конечным уравнениям, в к-рые входят произвольные постоянные интегрирования, сила P и размеры колонны. Критич. значение P находится из того соотношения между силой и размерами колонны, при к-ром уравнение изгиба может иметь несколько решений, удовлетворяющих одним и тем же граничным условиям (изгиб продольный—см. *Изгиб*). Его иногда изменяют след. обр.: к силе P, критич. значение к-рой надо определить, присоединяют еще какую-либо силу (напр. поперечную силу или момент) и смотрят, при каком значении P прогиб, вызываемый дополнительной силой, будет неопределенно возрастать. Это значение P и будет С. к.



Фиг. 2.

2) Метод потенциальной энергии. Предполагают, что колонна уже искривилась, и составляют выражение для изменения потенциальной энергии ΔW системы при изгибе. В данном случае потенциальная энергия ΔW слагается из энергии изгиба ΔV и убыли энергии ΔT при опускании груза P:

$$\Delta W = \frac{1}{2}\int_0^l EI\,y''^2\,dx - \frac{P}{2}\int_0^l y'^2\,dx.$$

Критическая сила находится из уравнения

$$\Delta W = 0.$$

Если известна форма той кривой, по к-рой искривляется наша колонна, то из ур-ия $\Delta W = 0$ получают точное значение $P_{кр.}$. Но в большинстве случаев форма этой кривой неизвестна. Тогда можно воспользоваться следующим приближенным приемом, подробно развитым С. Тимошенко: на основании опытных данных или рассмотрения аналогичных задач задаются подходящей формой кривой, причем ее ур-ие обязательно должно удовлетворять условиям на

границах и содержать один или несколько неопределенных параметров

$$y = f(x, a_1, a_2, \ldots, a_n).$$

Далее составляют выражения для ΔV и ΔT, вносят их в ур-ие $\Delta W = 0$ и находят P. Наконец параметры a_1, a_2, ..., a_n подбирают таким образом, чтобы $P_{кр.}$ имела наименьшую величину. Сравнение точных и приближенных решений показало, что этот простой прием при удачном подборе формы кривой дает очень хорошие результаты.

3) Динамический прием основан на рассмотрении колебаний системы около положения равновесия. Надо составить диференциальное уравнение колебаний колонны, проинтегрировать его и вычислить период колебаний T. Он зависит от величины сжимающей силы P. То значение P, при к-ром T неопределенно возрастает, и является $P_{кр.}$. Физический смысл этого приема ясен: с увеличением P колонна колеблется все медленнее и медленнее. При $P = P_{кр.}$ колонна, отклонившись от прямолинейной формы, в нее уже не возвращается, а остается искривленной. С математич. точки зрения этот прием является наиболее сложным.

Самое интегрирование уравнений или вычисление энергии во всех трех случаях может быть выполнено или аналитически или графически. С этой точки зрения все приемы нахождения С. к. можно разделить на аналитические и графические. Результаты нахождения С. к. для стержней, пластин и оболочек—см. *Устойчивость*. **А. Динник.**

Лит.: см. *Устойчивость*.

СИЛИКАГЕЛЬ, гидрат кремневой к-ты, находящейся в коллоидном состоянии, за последнее время получивший широкое технич. применение в качестве ценного адсорбента.

Брюстер [1] первый из исследователей занимался изучением гелей кремнекислоты. Кюн [2] и Струкман [3] изучали растворимость свежеосажденных гелей кремнекислоты в различных жидкостях и нашли, что они имеют отрицательный заряд. Грем [4], изучая растворимость кремнекислоты, первый заметил способность наполняющих гель жидкостей замещаться другими жидкостями. Машке [5] нашел, что при взаимодействии щелочных солей кремнекислоты с к-тами свойства образующихся золей зависят от концентрации и $t°$ обоих компонентов; он же установил, что кремнекислота м. б. получена в различных степенях гидратации, в зависимости от условий сушки. Следует указать также на работу Христиансена [6], исследовавшего оптические свойства гл. обр. природной кремнекислоты (см. *Табашир*). Особенно большое значение в деле изучения свойств коллоидной кремнекислоты и процессов, протекающих в системе гель+вода, имели исследования Ван-Беммелена [7], к-рый нашел, что гели при поглощении жидкостей или паров не образуют с ними химич. соединения, но что здесь происходит процесс адсорбции. Для объяснения процесса обезвоживания и оводнения гелей Жигмонди, приложив учение о капиллярных силах, доказал амикроскопичность гелей и, пользуясь ур-ием Минковского [8], показал возможность вычислять диаметры капиллярных отверстий в гелях по понижению упругости пара. Работы Бахмана [9] (1912 г.) подтвердили амикроскопичность структуры геля кремневой кислоты. Жигмонди, Бахман и Стевенсон [10] повторили исследование Ван-Беммелена по определению изотерм систем: гель SiO_2+пары воды и гель SiO_2+пары спирта и сконструировали особый аппарат, дающий возможность быстро определять изменения упругости паров в отсутствии воздуха. В 1913 г. Бахман [11] показал, что при поглощении жидкостей гелями кремнекислоты имеет место чисто капиллярный процесс без какого-либо взаимодействия с субстанцией геля. В 1914 г. Андерсон по понижению упругости паров воды, спирта и бензола, адсорбированных гелем SiO_2, вычислил наибольшие и наименьшие диаметры капилляров: вода—5,49÷2,75 $m\mu$, спирт—5,17÷2,42 $m\mu$, бензол—5,98÷2,70 $m\mu$. Патрик в 1914 г. исследовал поглощение коллоидной кремнекислотой углекислого газа, сернистого газа и аммиака при различных $t°$ и давлениях.

В 1920 г. впервые был описан [12] в общих чертах способ получения С., обладающего удовлетворительными адсорбционными свойствами по отношению к парам. Способ этот (по Патрику) следующий: при взаимодействии растворов соляной кислоты и силиката натрия образуется золь, коагулирующий в течение 1—18 час. Когда гель достаточно отвердеет, его промывают чистой водой до полного удаления электролитов, сушат в вакууме при 110° и доводят в нем содержание воды до 7—8%. Патрик пришел к следующим выводам: 1) максимумом адсорбционных свойств обладает С., содержащий ок. 7% воды, 2) эмпирич. ур-ие Фрейндлиха (см. *Адсорбция*) не всегда приложимо к полученным экспериментальным данным, 3) наиболее удовлетворяющим действительности ур-ием можно считать следующее:

$$\frac{V}{\frac{1}{\sigma^n}} = k\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{n}},$$

где V—объем конденсированной фазы, σ—поверхностное натяжение, p—давление газовой фазы, p_0—упругость паров жидкости, k и $\frac{1}{n}$—постоянные, зависящие от физич. свойств адсорбента и адсорбтива. Несмотря на значительное количество работ по С. вопрос о способах его получения ограничивался лишь общими указаниями [13]. В 1925 году Холмс и Андерсон [14] опубликовали новый способ получения С. с высокой сорбционной емкостью. По этому способу С. готовится взаимодействием растворов жидкого стекла с растворами различных солей ($FeCl_3$, $NiCl_2$, $AlCl_3$, $CaCl_2$ и др.). Пример: к 500 $см^3$ жидкого стекла уд. в. 1375, разведенного водой до 10 $л$, приливают при сильном помешивании 1 440 $см^3$ $^2/_1N$ раствора $FeCl_3$; осадку дают отстояться и затем отфильтровывают через полотно. Отфильтрованную массу раскладывают тонким слоем на лотки с полотняным дном и сушат в теплой вентилируемой комнате. После нескольких дней просушивания куски геля становятся твердыми и ломкими; тогда гель вносят в сосуд и промывают водой до отрицательной реакции на хлор. Полученный красный гель после высушивания при комнатной $t°$ активируют нагреванием в сушильном шкафу при 135—145° в течение 12 час. Перед употреблением такой гель активируют еще раз при 150°, пропуская через него слабый ток воздуха. Сорбционные свойства такого геля (при упругости паров бензола при 30°) равны 43,2%. Для придания гелю большей пористости авторы отмывали заключающийся в нем коллоидный гидрат окиси железа, настаивая гель в 6 N растворе соля-

ной к-ты, с последующим промыванием водой. Такой гель показал сорбционную емкость по бензолу при 30°, равную 50%. Кроме ферроксид-геля авторами были получены гели, содержащие окислы алюминия, хрома, кальция и меди. Они получались взаимодействием 500 *см*³ 0,44 *N* раствора хлористой соли металла с 1 *л* раствора, полученного разбавлением 50 *см*³ продажного жидкого стекла. Для приготовления гелей, содержащих закись никеля, на 1 *л* стекла брали по 110 *см*³ $^2/_1$ *N* раствора $NiCl_2$. В табл. 1 приведена сорбционная емкость полученных гелей по бензолу при 30° (в %).

Табл. 1.—Сорбционная емкость гелей.

Тип геля	Сорбц. емкость промытого геля (после высушивания)	Сорбц. емкость геля, обработанного к-той
$(Al_2O_3)_x(SiO_2)_y$	4,1	24,5
$(CaO)_x(SiO_2)_y$	8,6	21,2
$(Cr_2O_3)_x(SiO_2)_y$	23,2	37,8
$(CuO)_x(SiO_2)_y$	26,1	37,9
$(NiO)_x(SiO_2)_y$	60,0	96,8

Оказалось, что ферроксид-гель (гель «from iron») и гель «from nickel» гораздо лучше обесцвечивают масла, чем обыкновенный С. Холмс, Селливан и Меткаф (Metcalv) [15] нашли, что при промывании геля $^9/_1$*N* раствором горячей соляной к-ты получается С. одинаковых сорбционных свойств с гелем, промытым серной к-той при 115°. Далее было установлено, что оптимальным содержанием воды в С. до его промывки нужно считать 50—70% и что очень сильное влияние на повышение сорбционных свойств С. оказывает процесс *синерезиса* (см.). Для изготовления нового типа С. авторы дают следующий рецепт: к 50 *л* разбавленного раствора силиката натрия (2,5 *л* продажного жидкого стекла уд. в. 1,375, разведенного до 52,5 *л*) медленно приливают при сильном помешивании 8 *л* $^2/_1$*N* раствора $FeCl_3$. Жидкости дают стоять ок. 60 час., затем фильтруют через полотно, положенное на железную сетку, располагая осадок толщиной ок. 5 *см*. Когда содержание воды упадет до 60%, куски геля размером ок. 2 *см* помещают на неделю для выпотевания в закрытые банки (процесс подсушивания длится до двух и более недель). Гель после выпотевания ломают на куски размером ок. 1 *см* и кипятят несколько раз по 1 ч. с $^6/_1 \div ^9/_1$ *N* раствором серной к-ты до удаления $Fe(OH)_3$, промывая гель водой после каждого кипячения. Затем отмытый гель сушат при 150° в течение 8 ч., после чего активируют при 140—200°, пропуская через толщу геля струю сухого воздуха. В табл. 2 приводится сравнительная сорбционная емкость трех типов С. (по данным Холмса).

Табл. 2.—Сравнительная сорбционная емкость различных гелей (по Холмсу).

Адсорбтив	Гель Патрика	Гель, подвергнутый горячей активации	Ферроксид-гель
Бензол	32,2	62	126
Толуол	33,1	63	119
Ксилол	33,4	62	120
Четыреххлористый углерод	57,7	120	222
Сероуглерод	44	91,5	182
Хлороформ	55,7	107	202
Бромистый этил	57,1	107	208
Этиловый эфир	30,5	54,3	108
Газолин	27,6	—	68
Амилен	25,9	53,4	96,7

Описанный метод приготовления дает возможность регулировать величину капиллярных отверстий; напр. при высушивании силикагеля до содержания в нем около 35% воды происходит сильное уменьшение объема геля и образование мелких капилляров, а при доведении содержания воды до 55% образуются более широкие капилляры.

Феллс и Фирс [16] предложили способ получения высокопористого С.—«Carbo-gel». Способ приготовления этого типа гелей следующий: раствор силиката натрия (уд. в. 1,181) смешивают с раствором тростникового сахара в $^1/_1$ *N* растворе соляной к-ты. Отвердевший гель ломают на небольшие куски и нагревают на паровой бане в открытой фарфоровой чашке; при этом гель буреет, затем чернеет. После этого гель нагревают в воздушном термостате до 300° в течение 2 ч. Полученный продукт тщательно промывают водой, на что требуется ок. 4 ч., и активируют в течение 2 ч. при разрежении 15—20 *мм* рт. ст. Адсорбционная емкость полученных образцов геля приведена в табл. 3.

Табл. 3.—Адсорбционная емкость образцов геля (по Феллсу и Фирсу).

Состав геля в %			Адсорбировано в %	
SiO_2	H_2O	C	Бензол	Толуол
93,20	6,80	—	65,4	62,2
91,65	6,41	1,94	68,1	65,4
88,37	7,02	4,61	73,2	69,5
86,96	7,11	5,93	75,6	70,8
86,12	6,90	7,28	77,8	72,8
83,76	6,64	9,60	80,2	75,0
79,66	6,92	13,52	85,0	80,1
75,59	6,31	18,10	88,2	82,7
66,59	6,00	27,41	84,3	78,9
53,96	5,84	40,20	74,8	67,7
—	—	100,00	25,1	22,3

Окатов [17] разработал способ получения С., основанный на медленной коагуляции золя, с последующей обработкой геля активирующими растворами. В качестве активирующих веществ он применял аммиак и сернокислые соли аммония или щелочных металлов. При этом было замечено, что гель с оптимальной динамической активностью получается при изготовлении его след. образом: к $^{10}/_1$ *N* раствору соляной к-ты приливают раствор жидкого стекла, взятого в таком отношении к к-те, чтобы 6÷8% к-ты в реагирующей жидкости оставалось свободной после смешения. Кроме этого концентрация раствора жидкого стекла должна быть такой, чтобы получающийся золь содержал 10÷11% SiO_2. Это достигается предварительным определением содержания SiO_2 в жидком стекле. Полученный так. обр. золь оставляют стоять в ваннах на несколько дней до наступления достаточной зрелости геля, что определяется появлением на поверхности геля жидкости (синерезис), растрескиванием и отставанием от стенок сосуда. Для определения количества аммиака, необходимого для приготовления активирующей жидкости, поступают след. обр.: после изготовления золя берут пипеткой 50 *см*³ золя, переносят в мерную колбу и оттитровывают аммиаком. Отсюда, зная объем изготовленного золя, вычисляют объем аммиака, необходимый для нейтрализации всей свободной к-ты в золе. После того как гель достиг достаточной зрелости, его ломают на куски размером 2—3 *см*, кладут в сосуд вместе с сывороткой и обливают активирующим раствором, состоящим из 0,25 *N* раствора Na_2SO_4 и содер-

жащим аммиак в количестве, необходимом для нейтрализации 0,4—0,5 всей свободной соляной к-ты в геле. После суточной активации геля раствор сливают, а гель промывают водой до отсутствия кислой реакции в толще геля. После этого гель вносят в термостат и сушат при 150° до превращения геля в твердую массу. Такой гель обладает удовлетворительной скоростью поглощения при невысоких концентрациях. По мнению Окатова активация геля при обработке раствором сернокислых солей основана на коагуляции и дегидратации ионом SO_4'' коллоидных комплексов кремнекислоты в непрокоагулировавшем золе, находящемся в толще геля, причем действия этих ионов проявляются только в слабокислой среде. По мере повышения содержания аммиака в активирующей жидкости при высушивании происходит все меньшее сжатие объема геля, т. е. образование более грубой капиллярной структуры. Такие гели хорошо поглощают пары лишь при высоких концентрациях и совершенно непригодны для низких концентраций.

Кроме вышеуказанных способов С. может быть получен, и притом в наиболее чистом виде, путем взаимодействия четыреххлористого кремния $SiCl_4$ с водой. Этот способ получения м. б. весьма рентабельным, так как при получении хлористого алюминия из глины в качестве побочного продукта образуется четыреххлористый кремний, не имеющий технического применения и являющийся поэтому отбросом производства.

Тиссен и Кернер [18] получили С. путем омыления этилового эфира ортокремневой к-ты. Ими получены были следующие гидраты: $SiO_2 \cdot 2H_2O$; $2SiO_2 \cdot 3H_2O$ (пиро-); $SiO_2 \cdot H_2O$ (мета-); $2SiO_2 \cdot H_2O$ (метадикремневая к-та). Кроме того были вычислены теплоты образования этих гидратов путем применения уравнения Клапейрон-Клаузиуса из упругости паров гидрата при разных $t°$. Вычисленные теплоты образования весьма незначительны по сравнению с теплотами гидратации других веществ. Ниже приведены граммолекулярные теплоты образования при 320,5° (абсолютные): $SiO_2 \cdot 2H_2O$—1 200 cal, $2SiO_2 \cdot 3H_2O$—1 500 cal, $SiO_2 \cdot H_2O$—1 000 cal, $2SiO_2 \cdot H_2O$—1 000 cal. Сапожников, Окатов и Сусаров [19] показали, что С. обладает вполне удовлетворительными адсорбционными свойствами по отношению к окислам азота, причем по мере понижения концентрации адсорбтива и повышения $t°$ адсорбционная способность геля падает; поглощение NO_2 выгоднее вести при $t°$, близкой к нулю; при обратном получении из геля поглощенной NO_2 выходы достигают 95÷99%.

Изучение изотерм адсорбции [20] для O_2, CO и CO_2, а также для бинарных систем: $CO + O_2$ при 0°, $CO + O_2$ при 100°, $CO_2 + O_2$ при 100° и $CO_2 + CO$ при 100° показало незначительную сорбционную емкость С. по отношению к этим газам, например для кислорода при 100° и 142 *мм* давления она равна 0,54 *см*³, а для CO при 100° и 127 *мм*—1,37 *см*³. Кроме С. в зернах и порошке, применяемого гл. обр. для очистки нефтепродуктов, в практике появились формованные гели в виде пластинок и цилиндриков. Формованные гели имеют преимущество перед зерненым в том, что при их изготовлении не наблюдается отходов и требуется меньшая затрата тепла на высушивание (т. к. при формовании бо́льшая часть воды отжимается). Прессование по данным патентной литературы [21] ведется при давлениях порядка 300—500 *atm*. В нек-рых случаях однако С. в цилиндриках м. б. получен путем пропускания через обыкновенную мясорубку.

Применение С. Возможность широкого технич. использования С. впервые была установлена в 1918 г. в лаборатории фирмы Davison Chemical Co. в Балтиморе (США), что явилось толчком для образования фирмы Silicagel Corporation, сконструировавшей адсорбционно-поглотительные установки для улавливания паров органич. растворителей и паров воды из воздуха. Фирма указывает на следующие применения С.: сушка воздуха при подаче его в доменные печи, улавливание паров бензина из природных газов, паров бензола на коксобензольных з-дах, улавливание паров летучих растворителей, улавливание нитрозных газов, концентрирование и получение сухого сернистого газа. Кроме этого возможно применение С. как носителя контактной массы в сернокислотном производстве и вообще как субстрата (подкладки, пористой основы) для самых разнообразных катализаторов.

Холмс, Рамзай и Эльдер [22] указывают, что платинированный С., при одном и том же содержании платины, обладает более высокими каталитич. свойствами, чем платинированный асбест. Получение платинированного С. вели путем смачивания носителя слабощелочным раствором $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$. Гель после смачивания просушивали при 100° и охлаждали до комнатной $t°$, после этого осторожно пропитывали раствором формалина и медленно нагревали до 100°. После почернения гель тщательно промывали горячей водой и сушили. Авторы работы указывают, что максимальный процент окисления SO_2 равен 96%. Ададуров и Бродович исследовали контактирующие свойства С. по отношению к SO_2 и нашли, что гели, полученные путем взаимодействия растворов жидкого стекла с раствором $NiCl_2$ или $FeCl_3$, обладают высокими контактными свойствами (до 67%). В технич. масштабах платинированный С. обычно готовят путем обрызгивания формованного геля (в цилиндриках) раствором H_2PtCl_6, с последующим восстановлением при нагревании. О применении С. для рекуперации паров растворителей см. *Рекуперация*.

Сравнительно широкое применение С. получил в технике осветления минеральных масел, керосина и сырого бензола благодаря его способности полимеризовать непредельные соединения и адсорбировать растворенные примеси. По данным фирмы Silicagel Corporation С. почти нацело освобождает керосин также и от сернистых соединений. Регенерация С. после отбелки по данным той же фирмы ведется путем продувки перегретым до 450° водяным паром, который вытесняет бо́льшую часть адсорбированных гелем веществ, с последующим продуванием смеси пара с воздухом при 350°. С. регенерируется нацело без изменения своих свойств. Процесс регенерации длится ок. 5 час. Для очистки масел [23] гель д. б. тонко измолот (при прохождении через сито с 200 отверстиями на дм. не должно получаться остатка); при применении более крупного порошка процесс очистки сильно замедляется. Работы по изучению очистки нефтяных погонов от сернистых соединений были произведены Ватерманом и Перкином [24], Миллером и Дунстаном [25]. Белль [26] дает описание установок для очистки сильно загрязненного бензина с суточной производительностью до 1 000 бочек (для очистки водных растворов гель применяться не может вследствие своей гидрофильности). Внедрение С. в практику отбельных процессов тормозится лишь его относительной дороговизной по сравнению с натуральными отбеливающими материалами—флоридином, фуллеровой землей и т. п.

Лит.: 1) «Journ. Chimie et Physik», P., 1820, t. 29, p. 411—429, 1828, t. 52, p. 412—416; 2) «Journal f. prakt. Chemie», Lpz., 1853, B. 59, p. 1—6; 3) «Liebigs Annalen», Lpz., 1855, B. 94, p. 341; 4) «Annalen d. Physik u. Chemie»,

Lpz., 1864, p. 529; [5]) ibid., 1872, B. 221, p. 549—578, B. 222, p. 90—111; [6]) ibid., 1885, p. 259, 260, 298—305, 439—446; [7]) «Zeitschrift f. anorg. Chemie, Leipzig, 1908, B. 59, p. 225—249, 1909, B. 62, p. 1—23; [8]) Enzyklopädie d. mathem. Wissenschaften, Mch.—B., 1907, B. 5, T. 1, H. 4, p. 71; [9]) «Ztschr. f. anorg. Chemie», Leipzig, 1912, B. 73, p. 125; [10]) ibid., 1912, B. 75, p. 189; [11]) ibid., 1913, B. 79, p. 202; [12]) «Am. Soc.», 1920, v. 42, p. 946; [13]) «Journ. of Physical Chemistry», N. Y., 1918, v. 22, p. 510—519; [14]) «Industrial a. Engineering Chemistry», N. Y., 1925, v. 17, 6; [15]) ibid., 1926, April; [16]) «Chemistry a. Industry Review», L., 1927, v. 46; [17]) «Журнал прикладной химии РФ-ХО», 1929, 1; [18]) «Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chemie», Lpz., 1931, B. 197; [19]) «Ж», т. 6, вып. 8; [20]) «Am. Soc.», 1931, p. 497; [21]) Kaus ch O., Das Kieselsäuregel u. die Bleicherden, B., 1927; [22]) «Industrial a. Engineering Chemistry», N. Y., 1929, v. 21, 9; [23]) «Brennstoff-Chemie», Essen, 1923, B. 4, p. 358; [24]) ibid., 1925, B. 6, p. 255—257; [25]) «J. Ch. I.», 1924, v. 43, p. 181; [26]) «Ch.-Ztg», 1924, p. 48, 518.

А. Окатов.

СИЛИКАТНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ обнимает производства различных видов искусственных *силикатов* (см.) и по роду изделий и продуктов разделяется на керамическую, стекольную и вяжущих веществ.

1. Керамическая промышленность включает все виды производства грубой и тонкой керамики, получаемые путем соответствующих подготовки, формовки и обжига различных глин, их смесей и нек-рых пород и минералов. Основным сырьем для изделий керамич. пром-сти являются различные глины, а для отдельных отраслей производства кварциты, магнезиты, доломиты, бокситы и т. п., а в качестве плавней для уплотнения применяют нек-рые из минералов, так же как и для отощения. Добыча сырья (ручная или механизированная) и его транспорт на з-д совершаются при помощи механизированных транспортных устройств и передач. Способы обработки сырья и подготовки его к обжигу построены на важнейших свойствах глины—пластичности и способности ее становиться твердой при нагревании. Способов обработки сырья и превращения его в изделие желаемой формы существует два: мокрый и сухой, а также промежуточный—полусухой. Применение каждого из способов исключительно зависит от степени пластичности перерабатываемого сырья. Каждому из указанных способов соответствует определенная аппаратура, варьируемая в зависимости от отдельных деталей производства различных отраслей керамики. Помимо того свойства готовых изделий предопределяют кроме требуемой обработки наличие в сырье необходимого его состава, что очень редко могут дать природные материалы. Для выравнивания состава сырья и для получения необходимых свойств изделий вводят соответствующие добавки к основному сырью в виде различных материалов, минералов и веществ. Отформованные изделия подвергают, сообразно характеру, обрезке и отделке. Высушивание отформованных изделий применяется в тех отраслях керамической пром-сти, в к-рых по роду сырья употреблен мокрый способ обработки, и стремится удалить бо́льшую часть воды, введенной в сырье при образовании из него пластического теста. В процессе высушивания изделия сокращаются в объеме в силу испарения механически примешанной воды и сближения частиц вещества. Это явление усушки, начинаемое с поверхности, может вызвать появление трещин и даже деформацию изделия в случае наличия большого его процента. Поэтому в отдельных случаях для уменьшения этого вредного явления в обрабатываемое сырье вводят отощающие вещества, не имеющие этого недостатка и способствующие образованию как бы несжимаемого каркаса в общей массе вещества изделия. Процесс высушивания лучше всего производить искусственно в специальных аппаратах-сушилках, в виду всех его удобств и выгод по сравнению с естественной и примитивной сушкой. При сухом и полусухом способах высушивание применяется не к отформованным изделиям, а к сырым материалам с целью облегчить операцию измельчения. Обжиг керамических изделий имеет целью придать отформованным изделиям требуемые твердость и прочность, цвет, стойкость к воде; он осуществляется в соответствующих обжигательных аппаратах (печах) различных систем. В таблице приведены наиболее употребительные в современной технике печи для обжига керамических изделий и расход топлива в % от веса изделий.

Табл. 1.—Печи для обжига керамических изделий.

Наименование изделий	Род печи	Расход топлива *
Строительный кирпич	Кольцевая Гофмана	Камен. уголь — 5—7; бурый уголь — 5—12; торф — 6—9; дрова—14
	Зигзаг, Туннельная	
Гончарные изделия	Газокамерная	Кам. уг.—30
Половые плитки	Газокамерная	» » 14
	Круглая с прямым пламенем	» » 35—45
Огнеупорные изделия	Газокамерная	Кам. уг. —12—14—16—18
	Круглая с обратным пламенем	Кам. уг.—21—30; 25—28; 11,1—21; 2,16—30
	Туннельная	Кам. уг. — 8—8,7
Фаянсовые изделия	Круглая с обратным пламенем	Кам. уг. — 50—90
	Туннельная	
Фарфор	Круглая с обратным пламенем	Кам. уг. —350; 140—200; 300
	Туннельная	Кам. уг.—30

* По данным проф. В. Штегера (в %).

Туннельная печь имеет ряд преимуществ перед остальными системами: 1) экономия в расходе топлива (наиболее полное сжигание топлива при минимальном избытке воздуха); 2) бо́льшая скорость обжига; 3) равномерные высушивание, подогревание, обжиг и охлаждение; 4) централизованный источник тепла. К недостаткам туннельной печи относятся повышенная стоимость устройства и оборудования, большой подвижной состав и соответствующий его ремонт и возобновление.

Об отдельных отраслях керамич. пром-сти см. *Керамическое производство*, *Кирпичное производство*, *Клинкер*, *Изразцы*, *Динас*.

Промышленность огнеупорных материалов производит такие изделия, которые способны выдерживать высокие $t°$, сопротивляться воздействиям горячих газов, твердых и расплавленных масс и оставаться механически прочными. По составу они делятся на кислые, основные и нейтральные. Кислые содержат не менее 92—97% SiO_2, основные имеют не менее 95% CaO или MgO (или общую их сумму) и нейтральные обнимают материалы, содержащие Al_2O_3 (не менее 22%) и SiO_2. Сырьем для производства огнеупорных изделий служат соответственно природные кварци-

ты и кварцевые породы, магнезиты, доломиты, огнеупорные глины, бокситы и пр. Сырье обрабатывается по сухому или полусухому способам, и только в отдельных случаях применяется мокрый способ. Сырье сначала подвергается грубому дроблению на дробилках разных систем, дробильных вальцах и бегунах; затем при наличии определенной влажности высушивается в барабанных сушилках и наконец попадает в измалывающие аппараты. Измельченное сухое сырье определенной крупности проходит через дозирующие аппараты в смесители и затем в прессы для уплотнения и формования. При изготовлении динасовых изделий к измельченным зернам кварца подмешивают перед прессовкой известковое молоко из расчета 2,5% сухого порошка CaO. Для связывания зерен сырого магнезита добавляют перед прессовкой 2,5% сухой мелкоразмолотой глины и 8—10% воды. Доломитовые кирпичи формуются из обожженного размолотого доломита с добавлением 7—10% смолы или же в нек-рых случаях 20—30% железной руды, что не понижает стойкости доломитовых изделий и набоек. Шамотные изделия формуются из смеси огнеупорной глины и шамота по мокрому (с 18% воды) или по сухому (с 6—8% воды) способам. Хромистый кирпич формуется по сухому способу из размолотого хромистого железняка с добавкой 2% CaO в виде известкового молока. Отпрессованный огнеупорный сырец поступает в обжиг, предварительно в нек-рых случаях подвергаясь процессу высушивания. Обжиг осуществляется в печах различной системы. Такие материалы, как шамотные (обжиг при 1 300—1 380°) и тальковые (около 1 300° и ниже), обжигают в кольцевых, многокамерных и в более совершенных печах; обжиг остальных видов огнеупорных изделий производится в круглых, многокамерных или туннельных печах при $t°$ обжига для хромистых 1 350°, динасовых 1 400° и магнезитовых 1 700°.

Физико-химические условия производства огнеупорных изделий. Процесс обжига огнеупорных изделий согласно теории акад. А. А. Байкова, имеющий целью превратить бессвязную рыхлую массу в прочное камневидное изделие, в основном разделяется на три периода. В первый период постепенно поднимают $t°$ до требуемой высоты. Во второй период (менее продолжительный) изделия выдерживают при достигнутой $t°$, причем мало связная масса отдельных зерен основного вещества пропитывается жидкой фазой, получающейся в виде эвтектики из примесей и основного вещества. Количество получаемой жидкой фазы зависит от состава, количественного соотношения компонентов и достигнутой $t°$. Обжигаемое изделие, представляя еще рыхлую массу, пропитавшуюся небольшим количеством жидкости, к концу второго периода обжига приобретает определенную механическую прочность в силу срастания твердых зерен в кристаллический сросток, что является результатом перекристаллизации при $t°$ обжига зерен основного вещества в небольшом количестве жидкости, протекающей в течение определенного времени. Этот процесс образования твердых монолитных огнеупорных изделий подобен процессу затвердевания цемента, затворенного водой, поэтому огнеупорные материалы можно назвать «цементами высоких $t°$», а готовые огнеупорные изделия—«бетонами высоких $t°$» (акад. Байков). В течение третьего периода происходит охлаждение готового изделия до обыкновенной $t°$ со скоростями, соответствующими тому или другому виду изделия. В процессе производства должен быть установлен непрерывный технич. контроль, начиная от сырья и кончая готовой продукцией, которая испытывается по методам, установленным стандартом.

Изделия кислотоупорной промышленности имеют плотную спекшуюся массу и должны сопротивляться воздействию различных к-т как в холодном, так и в нагретом состоянии. Сырьем для них служат низкоспекающиеся, среднепластичные, огнеупорные глины с добавкой определенного количества тонко измельченного шамота (10—30%), а иногда кварца, полевого шпата и специальных глин. Способов подготовки сырья к обжигу существует четыре: сухой, мокрый, литой и пневматич. трамбования. Каждый из способов зависит от характера сырья и назначения готовых изделий. Сушка отформованных изделий должна быть очень осторожной, в особенности для сложных по форме изделий, и выполняется в специальных сушильных устройствах. Источником тепла помимо отдельных топок может служить отходящее тепло обжигательных печей, паровых котлов и прочих заводских теплоустановок. Обжиг высушенных изделий производится весьма постепенно и осторожно в газовых многокамерных печах сист. Мендгейма непрерывного действия при $t°$ 1 250—1 280° или в некоторых случаях несколько ниже. Охлаждение обожженных изделий должно выполняться медленно и постепенно.

Промышленность тонкой керамики обнимает предприятия, производящие фаянсовые и фарфоровые изделия. Сырьем для фаянсовых изделий, в зависимости от их назначения, служат или огнеупорные спекающиеся глины с добавками или же каолин в смеси с огнеупорной глиной и целым рядом минеральных добавок. В качестве сырья для фарфоровых изделий применяют каолин, кварц, полевой шпат и др. Производство тонкой керамики см. *Фарфоровое и фаянсовое производство*. Количество предприятий в керамич. пром-сти и их мощность приведены в табл. 2.

Табл. 2.—Предприятия в керамической промышленности.

Производство	Число заводов	Производительность
Красного кирпича . . .	416 *	4 613,6 млн. шт.
Силикатного кирпича .	30 *	1 094 » »
Огнеупорных изделий .	16	—
Фарфорово-фаянсов. . .	26	—
Керамико-канализационных труб	4 *	64 тыс. *m*

* На 1932 г. находящихся в ведении НКТП.

2. Стекольная промышленность обнимает все предприятия, производящие различные стеклянные хозяйственные изделия, изделия, применяемые в химической пром-сти, и строительные материалы. Сырьем для приготовления стекла служит кремнекислота, а также все ее разновидности, соли щелочных металлов, породы, содержащие $CaCO_3$. Помимо того вводят в качестве обесцвечивающих или окрашивающих веществ ряд минеральных веществ определенного химического состава. Сырые материалы, взятые в требуемой пропорции

и тщательно перемешанные, загружают в печь для расплавления и получения стекла. Для плавки и получения стекла служат газовые печи—горшковые или ванные. В первых плавка происходит в специальных горшках из огнеупорной массы, а во вторых—на поду печи. Продолжительность процесса плавки—около 11 час. и 2—3 часа на разогрев и остывание печи. В отдельных случаях при плавке стекла продолжительность плавки длится 18 и даже 24 часа. Полученное при помощи плавки стекло в зависимости от характера изделий формуется посредством выдувания, прессования, вытягивания или литья вручную или при помощи специальных машин. Все указанные операции производятся еще тогда, когда стекло или тягуче и принимает придаваемую ему форму или находится еще в жидком состоянии. Дальнейшее остывание стекла должно происходить постепенно, чтобы изделие сохранило и в твердом состоянии стеклообразное состояние жидкости. Для достижения такого состояния изделия помещают в соответствующие вспомогательные печи, в которых и осуществляется медленное их охлаждение. В настоящее время в СССР находится 140 стекольных заводов, из которых механизировано 17. Производительность механизированных заводов 342 тыс. *m* изделий.

3. Промышленность вяжущих веществ охватывает все предприятия, производящие различные эти вещества. Сырьем для вяжущих веществ служат многочисленные породы, легко находимые в поверхностных частях земной коры, почти всегда обнаженные и добываемые открытыми горными работами. К ним относятся различные разновидности известняков, мергеля, гипса, глины. Способы подготовки сырья к обжигу просты для всех воздушных вяжущих веществ, применяющих для обжига природное сырье в его естественном виде, и сложны для высококачественных гидравлических вяжущих веществ, требующих приготовления искусственной смеси и изменения физич. состояния данного сырья. Обжиг подготовленного сырья производится в печах различных систем. Воздушные вяжущие вещества обжигаются в шахтных или специальных печах. Обжиг упрощенных вяжущих веществ (гидравлическая известь, роман-цемент) совершается в шахтных печах. Более сложные гидравлич. вяжущие вещества (как портланд-цемент) обжигаются в шахтных печах обыкновенных и автоматических и во вращательных печах. И наконец глиноземистый цемент обжигается и плавится в плавильных шахтных печах или в электродных электропечах. Переработка обожженного полуфабриката в готовый продукт осуществляется для всех почти вяжущих веществ путем перемола его в порошок требуемой тонины с соответствующими добавками или без таковых. Только воздушная известь и в известной части гидравлич. известь для такого превращения в порошок подвергаются процессу гашения путем добавки воды (реже паром) и действия ее на обожженный материал.

Вяжущие вещества служат для получения строительных растворов, необходимых при возведении различных зданий и сооружений из естественных или искусственных каменных строительных материалов, соединяемых вышеуказанными растворами. Высокогидравлич. вяжущие вещества, как портланд-цемент и глиноземистый цемент, играют первостепенную роль при устройстве современных монолитных сооружений из бетона и железобетона. Количество заводов в СССР и их мощность указаны в табл. 3.

Табл. 3.—Производство вяжущих веществ в СССР

Наименование производств, заводы	Число заводов	Производительность
Цементные	40 *	38 млн. боч.
Известковые	65 *	2 023,4 тыс. *m*
Алебастровые	22 *	737 тыс. *m*
Роман-цементные	4 *	77 тыс. боч.
Каустич. магнез.	2	—

* На 1932 г. находящихся в ведении НКТП.

Лит.: Будников П., Керамич. технология, 2 изд., Харьков, 1927; Драллe Р. и Кеппелер Г., Производство стекла, пер. с нем., М., 1929; Орлов Е., Глазури, эмали и керамические краски, Харьков, 1926; Лигинский Л., Шамоты и силикаты, пер. с нем., Берлин, 1927; Шур И., Стеклотехника, Харьков, 1927; Наске К., Цементное производство, М., 1928; Ост Г., Строительные вяжущие материалы, стекло, керамика, пер. с нем., вып. 3, Л., 1925; Петухов С., Стеклоделие, СПБ, 1898; Пономарев И., Огнеупорные материалы, Томск, 1931; Качалов Н., Фарфор и его изготовление, М.—Л., 1927; Швецов В., Огнеупорные материалы в металлургии, М.—Л., 1932; Байков А., Физико-химические условия производства огнеупорных изделий, М., 1931; Будников П., Силикатная пром-сть США, Харьков, 1931; Лифшиц Л., Туннельные печи для обжига огнеупорных, фарфоровых изделий, М., 1929; Будников П. и Певзнер К., Производство огнеупорного шамотного кирпича, М.—Л., 1932; Hecht H., Lehrbuch d. Keramik, 2 Aufl., W.—Lpz., 1930; Dümmler K. u. Loeser, Handbuch d. Ziegelfabrikation, 3 Aufl., Halle a/S., 1926; Signer F., Die Keramik in Dienste von Industrie u. Volkswirtschaft, Brschw., 1923; Pukall W., Grundzüge d. Keramik, Koburg, 1922; Berdel E., Einfaches chemisches Praktikum für Keramiker, T. 1—4, Koburg, 1926; Wendler A., Maschinelle Glasverarbeitung, Leipzig, 1929; Schnurpfeil P., Die Glasfabrikation, 6 Aufl., Leipzig, 1923; Schoch K., Die Mortelbindestoffe, B., 1928; Wecke P., Zement, B., 1930; Журн.: «Tonindustrie-Zeitung», B.; «Sprechsaal», Koburg; «British Clayworker», London; «The Clayworker», Indianopolis; «Transactions of the American Ceramic Society», Ohio; «Вестник силикатной пром-сти», М.; «Керамика и стекло», М.; «Строительные материалы», М.

В. Тарарин.

СИЛИКАТНЫЕ КРАСКИ, краски на жидком стекле (см. *Растворимое стекло*); отличительной особенностью последнего как связующего вещества С. к. является то, что оно не механически склеивает краситель, но вступает в химич. реакции как с красителем, так и с грунтом. Отсюда вытекает ряд особенностей и преимуществ С. к. Они допускают применение нек-рых минеральных красителей; не м. б. применены красители, на к-рые действует щелочь (медные, свинцовые краски). С. к. требуют разнообразных методов подхода к ним и техники окраски, т. к. надо знать, какие поверхности годны под С. к., а какие не выдержат их. С. к. держатся очень хорошо на сухом цементе, на штукатурке, глине, дереве, свободных от ржавчины металлах, особенно на цинке и стекле, хуже на разных видах гипса. Перед масляными или клеевыми красками С. к. имеют то преимущество, что быстро высыхают (в несколько минут) без запаха, и образуют водо- и огнестойкий защитный слой (предметы, окрашенные С. к., не горят, а лишь с трудом обугливаются); С. к. значительно дешевле масляных.

Жидкое стекло как связующее вещество для красок впервые было предложено герм. ученым Фуксом в 1818 г. для стенной живописи, устойчивой против действия атмосферных агентов. Развитию этой техники послужили, с одной стороны, химики (Либих, Петтенкофер), а, с другой стороны,—живописцы (Каульбах, Эхтер и др.). В последующие годы в Германии был выработан ряд специальных сортов С. к. как для живописи (стереохромия), так и для малярного дела. Развилось заводское производство кра-

сок как для внутреннего употребления, так и для вывоза за границу.

В настоящее время интенсивная работа по С. к. ведется в Германии и других странах, гл. обр. в направлении повышения их водо- и огнеупорных свойств. В довоенное время в России употреблялись исключительно германские С. к., гл. обр. кеймовские минеральные краски (см. *Краски для живописи*). В последние годы в СССР над вопросом водо- и огнеупорных свойств С. к. работают Ин-т прикладной минералогии и Гос. ин-т сооружений (Москва). Последним выработана водо- и огнестойкая краска-паста, состоящая из двух компонентов: молотого песка и жидкого стекла. Последнее лучше всего брать в виде смеси натронного и калийного в отношении 1 : 1. Тогда окраска прочна и водоустойчива через 4—7 дней. Лучше покрывать этой краской грубо отстроганное дерево. Можно прибавлять 5—20% красителей (мумия, железный сурик, обожженная глина—для красной краски, окись хрома—для зеленых, охра—для желтых, ультрамарин—для голубых и пиролюзит — для темных). Стоимость покрытия 1 $м^2$ толщиной в 1 *мм* составляет 20 коп. Достигнутые успехи С. к. и их широкое применение позволяют думать, что в ближайшее время они займут надлежащее место в строительстве, отводя масляным краскам покраски по металлу и столярным изделиям и совершенно вытеснив клеевые краски.

Лит.: Брюшков А., Силикатные краски, «Малярное дело», 1930, *1—2*; Костырко Е. и Шеницын Н., Огнезащитная силикатная краска-паста, там же, 1930, *1—2*; Лебедев-Егоров, Силикатные краски для строительных целей и живописи, там же, 1930, *1—2*; Деликов И. и Веденкин С., Огнезащитные краски и составы, М., 1930, 4-й сборник ЦНИУ НКПС, М., 1930, вып. 106; Костырко Е., Текущие работы по новым строительным материалам, Гос. научно-экспериментальный ин-т сооружений, 1930, *12*; Л. А., Технич. условия окраски кеймовскими минеральными красками, «Малярное дело», М., 1930, *1—2*; Антокольский Л., Защитные цели малярного дела, там же, 1931, *2*; Рево А., Клеящие вещества и их применение в малярной технике, там же, 1931, *2*; Антокольский Л., Еще об окраске фасадов, там же, 1931, *4*; Ullm. Enz., 7, 2 Aufl.; Krätzer H. u. Andès L., Wasserglas u. Infusorienerde, 3 Aufl., W. u. Lpz., 1922. **А. Фиолетова.**

СИЛИКАТЫ, природные или искусственные, простые или сложные соединения кремнекислоты с окислами металлов, по преимуществу первых трех групп периодич. системы химических элементов. К природным С. относятся изверженные горные породы, многие продукты их выветривания и большое количество минералов. Многие из них применяются или в качестве *строительных материалов* (см.), а также в дорожно-мостовом деле, или в качестве сырья при изготовлении некоторых изделий пром-сти искусственных С. (см. *Силикатная промышленность*). К искусственным силикатам принадлежат готовые изделия и продукты силикатной промышленности, а именно: изделия грубой и тонкой керамики, стекла, вяжущие вещества, а также нек-рые отходы металлургич. производств (шлаки). Природные С., представляющие собой продукт остывания огненножидкой магмы земли и кристаллизации из расплавленного ее состояния, имеют в большинстве своем кристаллич. строение; нек-рые разновидности искусственных С. обладают и могут получать аморфное строение. Сложное строение С. было выяснено только после применения к их изучению плодотворных методов физико-химич. анализа.

I. Системы С. Ниже приведен ряд систем С., играющих роль в силикатной пром-сти. 1) Система SiO_2-CaO. Диаграмма состояния этой системы (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 198, фиг. 5) имеет два $t°$-ных максимума, соответствующих двум химическим соединениям $CaO \cdot SiO_2$ и $2CaO \cdot SiO_2$, третье же химич. соединение $3CaO \cdot SiO_2$ такого максимума на кривой не имеет. Система применима для выяснения роли известковых силикатов при получении вяжущих веществ. 2) Система CaO-Al_2O_3. Диаграмма состояния этой системы (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 200, фиг. 13) имеет три температурных максимума соответственно химическим соединениям: $5CaO \cdot 3Al_2O_3$; $CaO \cdot Al_2O_3$; $3CaO \cdot 5Al_2O_3$; четвертое соединение состава $3CaO \cdot Al_2O_3$ такого максимума не имеет; между этими соединениями расположены эвтектики. Эта диаграмма разъясняет значение известковых алюминатов для портландского и глиноземистого цементов. 3) Система SiO_2-Al_2O_3. Диаграмма этой системы (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 198, фиг. 3) применяется при изучении огнеупорных изделий; система имеет одно химическое соединение $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ в $t°$-ном максимуме и две эвтектич. смеси. 4) Тройная система SiO_2-Al_2O_3-CaO. Диаграмма состояния этих веществ (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 203, фиг. 45) изображает два $t°$-ных максимума, соответствующих химич. соединениям $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$; $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ и $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$, и ряд тройных эвтектик. Эта тройная система имеет большое значение в области изготовления изделий и продуктов силикатной пром-сти, что видно на диаграмме (см. фигуру). 5) Система SiO_2-MgO. Диаграмма состояния этой системы (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 198, фиг. 4) отмечает два $t°$-ных максимума, соответствующих химич. соединениям $MgO \cdot SiO_2$ и $2MgO \cdot SiO_2$ и разъясняет влияние SiO_2 на MgO, что имеет значение для огнеупорных изделий и других силикатов. 6) Система Al_2O_3-MgO (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 199, фиг. 12) имеет один максимум, отвечающий соединению $MgO \cdot Al_2O_3$ и эвтектики, и, обусловливая высокую огнеупорность, имеет применение при изготовлении магнезитовых огнеупорных изделий. 7) Тройная система SiO_2-MgO-Al_2O_3 (диаграмму состояния этой системы см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 202, фиг. 44) имеет тройные эвтектики; применима для системы каолин-кварц-магнезит. 8) Тройная система SiO_2-MgO-CaO (см. *Спр. ТЭ*, т. VI, стр. 204, фиг. 45) имеет тройные химические соединения $CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$; $CaO \cdot MgO \cdot SiO_2$; $2CaO$; $MgO \cdot 2SiO_2$ и эвтектики; разъясняет значение известково-магнезиальных силикатов при производстве магнезитовых изделий для металлургических печей. 9) Тройная система SiO_2-CaO-Na_2O (см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 166, фиг. 20) обладает химич. соединениями $Na_2O \cdot CaO \cdot 3SiO_2$; $Na_2O \cdot 2CaO \cdot 3SiO_2$; $Na_2O \cdot 3CaO \cdot 6SiO_2$ и рядом эвтектик. Система имеет значение при изготовлении стекла. 10) Тройная система SiO_2-K_2O-H_2O. Эта система играет роль при образовании водных основных С., давая химические соединения $K_2O \cdot SiO_2 \cdot H_2O$; $K_2O \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$; $K_2O \cdot SiO_2 \cdot {}^1/_2H_2O$ и ряд эвтектик.

II. Природные С. К природным С. относятся изверженные горные породы и большое количество породообразующих минералов. Эти минералы делятся на четыре класса: 1) щелочно-алюминиевые С. Сюда относятся *полевые шпаты* (см.), главными представителями которых являются ортоклаз и микроклин, затем плагиоклазы и наконец фельдшпатоидные минералы: нефелин, лейцит и анальцим; 2) железисто-магнезиальные силикаты: пироксены, амфиболы

и оливины; 3) слюды представляют собой С., занимающие промежуток между щелочно-алюминиевыми С. и тяжелыми железисто-магнезиальными С.; 4) отдельные разновидности различных С.: гранат, эпидот, андалузит, кианит, кордиерит, ставролит. Все эти природные С. представляют собой результат кристаллизации из остывшей огненножидкой магмы земли. Магма при затвердевании давала изверженные горные породы кристаллического или стеклообразного состояния. Характер ее затвердевания определялся степенью охлаждения и вязкостью магмы, зависящей в свою очередь от состава. Быстрое охлаждение и сильная вязкость способствовали образованию стекла, и, наоборот, медленное охлаждение и небольшая вязкость—образованию кристаллов. Порядок кристаллизации и строение естественных С. открыты в результате их исследования по методам физико-химич. анализа; термич. анализом по характеру кривой плавкости установлена способность реагирующих компонентов образовывать или твердые растворы, или химич. соединения, или эвтектики; с помощью микроструктуры установлено строение естественных С.

III. Система технических С. 1. Грубая и тонкая керамика. Физико-химическая переработка сырых керамич. масс базируется на главнейших свойствах глиняного вещества—пластичности, отношении к нагреванию и обжигу и некоторых других. Пластичность глин обусловливает возможность формовки, лепки и является способностью глин при образовании с водой теста принимать придаваемую ей форму и сохранять ее при последующих нагревании и обжиге. Пластичность глиняного вещества зависит от целого ряда причин, а именно: степени дисперсности, его состава, формы зерен и частиц, количества и химического состава жидкого вещества, служащего для замешивания теста. Степень пластичности может быть регулируема в желаемую сторону. В основе отношения глинистого вещества к нагреванию и обжигу лежат реакции физико-химич. характера. Высушенное глинистое вещество отдает свою конституционную воду при $t°$ выше 500°, а именно в пределах 560—580°. Дальнейшее повышение $t°$ дает остановку с выделением тепла при $t°$ выше 900 : ~1 000°. При этой $t°$ безводный каолинит распадается на смесь свободных окислов и образует силлиманит с выделением свободного SiO_2. Акад. Вернадский дал нижеследующую схему реакций: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 = Al_2O_3 + 2SiO_2$; $Al_2O_3 + 2SiO_2 = Al_2O_3 \cdot SiO_2 + SiO_2$. При дальнейшем повышении $t°$ в пределах 1 200—1 300° происходит переход силлиманита в муллит по реакции $3(Al_2O_3 \cdot SiO_2) = 3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + SiO_2$. Глиняное тесто, нагретое до 110°, теряет пластичность и сокращает размеры изделия, давая соответствующую усушку. Дальнейшее повышение $t°$ в указанных температурных интервалах дает новое уменьшение объема, вызываемое происходящими реакциями, и носит название усадки. Примеси, присутствующие в глинах и каолинах в виде мельчайших зерен и кристалликов разрушенных пород и минералов, будучи сами по себе огнеупорными, в смеси между собой при $t°$ обжига дают легкоплавкие эвтектические смеси С., к-рые, расплавляясь, заполняют поры и стягивают частицы основного вещества. Такое плавление примесей сопровождается уплотнением массы изделия и приводит его к спеканию. Дальнейшее повышение $t°$ ведет к размягчению вещества и появлению деформации изделия; за размягчением по повышении $t°$ наступает плавление. В виду того что плавление глин происходит в $t°$-ном интервале, а не при определенной $t°$, огнеупорность устанавливается при помощи конуса Зегера.

2. Стекло и глазури. Стеклами называются сложные силикаты, богатые кремнекислотой, застывающие из расплавленного состояния в виде аморфной стеклообразной массы, имеющей одинаковые свойства по всем направлениям. Строение стекол, определяемое методами физико-химического анализа, характеризуется наличием в них твердых растворов, обладающих всеми свойствами жидкостей, за исключением текучести и явлений химич. равновесия. Многие стекла, нагретые до размягчения, могут начать кристаллизоваться и перейти в более устойчивую форму. Если эта кристаллизация проходит в вязкой массе, то появляются чрезвычайно вытянутые кристаллы, к-рые придают стеклу совершенно мутный вид, получается расстекловывание, сильно изменяющее основные свойства стекла и делающее его хрупким, подверженным газопроницаемости. При нагревании стекло постепенно изменяет величину вязкости, не давая в то же самое время отчетливой $t°_{пл.}$. Это постепенное уменьшение коэф-та вязкости стекла при нагревании является основой всех способов обработки стекла и производства стеклянных изделий.

Глазури (см.) керамич. изделий представляют собой частично расстеклованные стекла, к-рыми покрывают в виде тонкого слоя поверхность обжигаемого изделия. Область прозрачных глазурей ограничена, так как при содержании более 9 молекул SiO_2 появляется эмалевидное помутнение. Цветные глазури получаются примешиванием нек-рых химич. солей. Коэф. расширения глазурей подбирается так, чтобы он мало отличался от коэф-та расширения изделия. Кроме того д. б. подобрана и соответственная величина упругости.

3. Технические шлаки являются отходами металлургич. производств. По строению металлургич. шлаки представляют собой сплавы С. и сульфидов. Растворимость сульфидов металлов значительно выше в основных шлаках, нежели кислых. Шлаки делятся на глиноземисто-известковые и железисто-известковые; первые представляют собой глиноземисто-известковые С. и являются отходом металлургии железа, по преимуществу доменного производства. Примененные при изучении их методы физико-химич. анализа установили их строение и выявили их точно определенное местоположение среди искусственных С.,



что ясно видно на диаграмме состояния трех веществ SiO_2-Al_2O_3-CaO (см. фигуру на стр. 786). Шлаки железисто-известковые представляют собой железисто-известковые С. и являются отходом металлургич. производств цветных металлов, по преимуществу меди и свинца; они обладают по сравнению с доменными шлаками более низкой $t°_{пл.}$.

4. Вяжущие вещества. Из всей большой области вяжущих веществ наиболее типичными по строению сложными С. являются портланд- и глиноземистый цемент. В основном они изучены по методам физико-химич. анализа. Строение, природа и химизм явлений изготовления см. *Цемент*.

Лит.: Ле-Шателье А., Кремнезем и силикаты, пер. с фр., Л., 1927; Будников П. П., Керамическая технология, Харьков, 1927; Кюль Г., Химия цемента в теории и практике, перевод с немецкого, Л., 1931; Курнаков Н., Введение в физико-химич. анализ, Л., 1925; его же, Растворы и сплавы, в книге Основы химии Менделеева, т. 2, М.—Л., 1928; Пономарев И., Обзор работ по кремневым соединениям, «Труды Гос. экспер. Ин-та силикатов», М., 1931; Bogue R., Состав портланд-цементного клинкера, пер. с англ., Ташкент, 1927; Eitel W., Physikalische Chemie der Silikate, Lpz., 1929; Sosman R., The Properties of Silica, New York, 1927; Rieke R., Die Arbeitsmethoden d. Silikatchemie, Brschw., 1923; Doelter und Leitmeier H., Handbuch der Mineralchemie, B. 1—2, Dresden—Leipzig, 1912—17; Tammann G., Aggregatzustände, Lpz., 1923; Kühl u. Knothe, Die Chemie d. hydraul. Bindemittel, Leipzig, 1915; H. Bocke-Eitel W., Grundlagen d. physikalisch-chemischen Petrographie, 2 Aufl., B., 1923; «Tonindustrie-Zeitung», B.; «Zement», Berlin.

В. Тарарин.

СИЛЛИМАНИТЫ, см. *Муллит*.

СИЛОСНАЯ БАШНЯ, в с.-х. обиходе, цилиндрическая, внутри гладкостенная башня, в к-рую при помощи силосорезок и элеваторов (пневматических или планковых) нагружают изрезанные на мелкие части растения, предназначенные для силосования (заквашивания). В помещенном в таком виде в башню материале происходит ряд химико-бактериологич. процессов, благодаря к-рым он может сохраняться в ней без порчи неопределенное время, до момента его скармливания животным. Около сорока лет назад большинство фермеров в США не знало, что такое силосованный корм, а в настоящее время С. б.—обязательная постройка каждой правильно организованной фермы, и без силосования скотоводство в США не могло бы получить такого развития, к-рого оно достигло теперь. До 1914 г. в России в южных губерниях (б. Екатеринославской, Харьковской, Полтавской и др.) производились попытки ввести в обиход хозяйства приготовление силосованного корма по америк. методу; однако эти попытки не привели к желательной цели. Главной причиной было отсутствие самого материала для силосования—кукурузы. Культура последней была незнакома и мало распространена в хозяйствах, и сама кукуруза считалась растением крайнего юга, не могущим нормально расти в более северных местностях. В настоящее время в СССР, когда на культуру кукурузы обращено внимание (см. *Технические сельскохозяйственные культуры*), когда фактически доказана возможность произрастания многих сортов кукурузы в качестве полевого растения в более северных местностях СССР и когда для силосования оказались пригодными и другие растения (земляная груша, подсолнух и др.),—приготовление силосованного корма прочно вошло в обиход советского сел. х-ва.

Силосование, или консервирование корма, в начальных стадиях его применения производилось различно. Для приготовления силосованного корма—по одному способу—только что скошенный зеленый материал тут же укладывали в яму или какое-либо подходящее помещение с воздухонепроницаемыми стенами, в котором он сильно утрамбовывался (способ Гоффара). В материале все же оставалось много воздуха, $t°$ при самонагревании поднималась незначительно, и брожение, происходившее при невысокой температуре, придавало корму кислый вкус, почему этот способ получил тогда название кислого силосования. В противовес кислому силосованию был предложен другой способ—сладкого силосования, при к-ром растительная масса закладывалась в помещение в провяленном виде и не сразу, а постепенно (способ Фрея). При этом способе второй слой растительного материала укладывался на первый после того, как в последнем $t°$ от самонагревания поднималась до 40°. При том же условии укладывался третий и последующие слои, пока вся яма или помещение не заполнялись. По окончании нагрузки верх закрывался толстым слоем соломы, поверх к-рой насыпался слой земли. Химико-бактериологич. анализы продукта, полученного по тому или другому способу, обнаружили в корме присутствие бродильных бактерий, благодаря жизнедеятельности к-рых накопляются кислоты, консервирующие корм. Благодаря изучению хим. состава силосованного корма и бактериальной флоры все внимание научных сил было направлено на изыскание таких приемов силосования, к-рые способствовали бы развитию в материале наиболее нужного молочнокислого брожения и подавляли бы уксуснокислое, а также и развитие плесневых грибков. Оказалось, что наиболее благоприятные $t°$ для развития уксуснокислых бактерий лежат в пределах 20—35°, для маслянокислых—в пределах 35—45° и что молочнокислые бактерии развиваются при $t°$ 1—55°. На разности $t°$, необходимых для развития бактерий, и был создан новый способ силосования—горячее силосование. Сущность этого способа сводится к быстрому поднятию $t°$ в зеленом материале свыше 45°, при к-рой гибнут маслянокислые бактерии и тем более уксуснокислые. Способ этот был предложен Фреем и метод горячего силосования до последнего времени считался лучшим для получения хорошо сохраняющегося и вкусного корма. Однако на практике не всегда удавалось получить требуемую высокую $t°$, но при протекании процесса брожения при $t°$ ниже 30° все же получался корм превосходного качества. Такое открытие породило сомнение в правильности основного положения теории горячего силосования. При производстве анализов корма, полученного при более низкой $t°$ (1—30°), оказалось, что преобладающей к-той, консервирующей корм, является все же молочная к-та, а остальные к-ты были обнаружены лишь в незначительных количествах. Благодаря этому открытию в последнее время появилась новая теория холодного силосования, по которой и производится до настоящего времени почти повсеместно силосование кормов. Т. о. теория кислого силосования (Гоффар) превратилась в теорию холодного силосования, а теория сладкого силосования (Фрей)—в теорию горячего силосования. Кроме этих двух способов в Германии были попытки ввести в обиход хозяйства электросилосование, в сущности являющееся видом горячего силосования, лишь с тем отличием, что

силосуемая масса нагревается до 50° не за счет самонагревания, а электрич. током. Способ этот дорогой и в значительной степени понижает качество корма. Для получения требуемого для консервирования количества молочной к-ты необходимо, чтобы силосуемый материал имел в своем составе легко сбраживаемые вещества (растительный сахар). Известно далее, что бактерии молочной к-ты—а н а э р о б ы, т. е. лучше всего развивающиеся при отсутствии воздуха; бактерии же уксусного брожения—а э р о б ы, т. е. требующие для своего развития присутствия воздуха. Чтобы создать лучшие условия для развития молочнокислых бактерий и худшие—для уксуснокислых, следует стремиться удалить как можно быстрее из уложенного в С. б. материала по возможности весь воздух и прекратить в нее его дальнейший доступ. При современном способе силосования этого достигают при помощи достаточного измельчения силосуемого материала и его трамбования в башне. Дальнейший доступ воздуха в силосуемый материал обусловливается степенью воздухонепроницаемости стен башни. Однако как плотно ни уложен изрезанный материал и как ни утрамбован в башне, все же в нем остаются нек-рые, хотя и незначительные, пустоты, содержащие в себе воздух. Для его удаления на помощь при загрузке С. б. приходят растительные клетки силосуемого материала, еще нек-рое время продолжающие жить и следовательно дышать и поглощать находящийся в материале кислород и выделять углекислоту. На поверхности и внутри тканей силосуемого материала имеется целый ряд микроорганизмов в виде различного рода бактерий и грибков. Попадая в силосуемую массу, в к-рой быстро уменьшается запас кислорода, все вредные для силосования плесневые грибки и аэробные бактерии погибают, в то время как полезные анаэробные молочнокислые бактерии, попав в благоприятные условия, начинают быстро размножаться, питаясь соком гибнущих растительных клеток. Выделению сока из силосуемой массы содействуют в значительной степени предварительное ее измельчение и давление ее верхних слоев на нижние, при укладке резки в достаточно высокие башни. Процесс силосования наступает после укладки в С. б. материала в начале его брожения, к-рое производится дрожжевыми грибками совместно с молочнокислыми бактериями и другими микроорганизмами. Брожение в С. б. продолжается до тех пор, пока не окажется в силосуемом материале 1% молочной к-ты, после чего молочнокислые бактерии, дрожжевые грибки и другие микроорганизмы погибают и т. о. прекращается брожение. Дальнейшая задача—сохранение готового продукта при помощи сохранившегося в нем достаточного количества консервирующей его молочной к-ты. Предохранить последнюю от разложения можно, лишь предохранив корм от доступа воздуха.

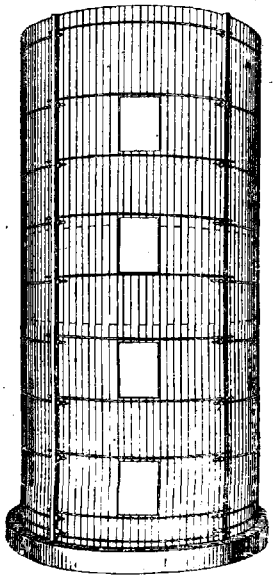
Из изложенных выше требований, для достижения правильного приготовления силосного корма, вытекают и требования, предъявляемые ко всякому вместилищу, в к-ром производится силосование, и в частности к С.б. 1) Стены башни д. б. воздухонепроницаемы, т. к. проникновение в силосную массу воздуха ведет к развитию плесневых грибков и гнилостных бактерий. 2) Стены д. б. совершенно гладкими и вертикальными. Условие это необходимо для равномерной осадки корма в башне и плотного его прилегания к ее стенкам, без образования воздушных пустот. 3) Стены д. б. водонепроницаемы. 4) С. б. должны быть достаточно высокими для получения возможно большего давления на нижележащие слои силосуемого материала, что способствует вытеснению из него воздуха. Наиболее желательная форма С. б.—цилиндрическая, обеспечивающая наибольшую вместимость и лучшее и равномерное распределение по ее поверхности измельченного материала. В прямоугольных или многоугольных С. б. силосуемый материал не так совершенно заполняет углы, в к-рых образуются воздушные пустоты. 5) Стены башни д. б. нетеплопроводны. В противном случае теплота, образуемая при брожении материала, будет через стены уходить наружу, требуемая $t°$ 25° для холодного способа силосования и 50° для горячего—не будет достигнута и тем самым будет нарушен нормальный процесс брожения. В зимнее время нетеплопроводность стен, в особенности в условиях нашего хозяйства, необходима для предохранения корма от сильного промерзания. Промерзание корма не столько опасно в отношении его скармливания в оттаявшем виде, сколько усложняет выемку его из С. б. Оттаявший корм д. б. немедленно скормлен животным, т. к. не может сохраняться и быстро портится.

В настоящее время для постройки С. б. применяют весьма различные материалы: дерево, камень, кирпич, бетон, железобетон и металл. Фундамент С. б. в некоторых случаях служит не только ее основанием, но—при углублении его в почву в виде колодца на 1—2 *м*—и ее продолжением над поверхностью почвы, что увеличивает ее вместимость. Фундамент строится из камня, кирпича, бетона и других прочных строительных материалов, укладываемых обыкновенно на цементе. Из того же материала устраивается и пол в башне. Внутренний диаметр фундамента д. б. равен диаметру башни, для того чтобы оседание в ней изрезанного материала не задерживалось на месте соединения стен с фундаментом. Стены вне зависимости от материала, применяемого для постройки, рассчитываются и укрепляются так, чтобы они могли выдержать внутреннее давление силосуемого материала, к-рое значительно. По исчислению проф. Кинга (Висконсин) при высоте слоя силосованной массы в 6 *м* давление на площадь в 1 $см^2$ равно 1,082 *кг*. Для скрепления деревянных клепочных стен применяют железные или деревянные обручи, в кирпичных и бетонных С. б.—различные металлические скрепы, а иногда и обручи. На С. б. в большинстве случаев возводится крыша. Для выемки из С. б. корма по всей ее высоте устраивают ряд люков со ставнями, раскрывающимися на высоте слоя корма; через них выбрасывается потребное количество корма. Для удобства выбрасывания корма во всю высоту башни (с наружной стороны) перед рядом люков пристраивается тамбур или широкий трехсторонний жолоб, обращенный открытой стороной к корпусу башни. Дверцы люков д. б. надлежащим образом пригнаны к пазам отверстий в С. б. во избежание проникновения в корм воздуха.

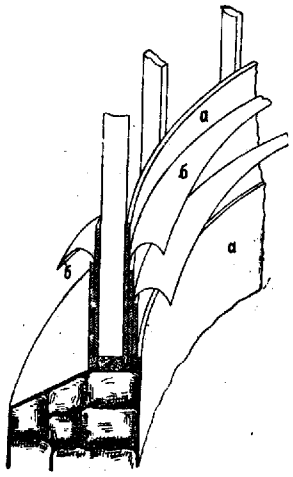
Д е р е в я н н ы е С. б. пока наиболее распространены (в особенности в США) и их изготовлением по различным конструкциям заняты многие специальные заводы.

К л е п о ч н а я или б о ч а р н а я С. б. (фиг. 1) строится из вертикально устанавливаемых на фундамент длинных деревянных клепок, стягиваемых с наружной стороны рядом стальных об-

ручей, снабженных в месте соединения их концов приспособлением, допускающим их натяжку. Ширина клепок зависит от диаметра С. б. и при толщине в 5 *см* бывает в 10—15 *см*. Гладкие клепки пришиваются друг к другу гвоздями через предварительно провернутые на небольшую глубину отверстия, в к-рые свободно входит шляпка гвоздя. При наличии в клепках шпунта они устанавливаются без гвоздей. Бочарная С. б. в настоящее время в СССР пока единственный тип деревянной С. б. Недостаток этого типа—его легкая промерзаемость благодаря незначительной толщине клепок. В северных районах США, где бочарная С. б., так же как и у нас, промерзает, во избежание этого применяют С. б. с утепленными стенками; прототипом их является башня висконсинская или Кинга. Стены башни Кинга (фиг. 2) состоят из ряда установленных ребром на деревянном кольце, уложенном на фундаменте, стоек

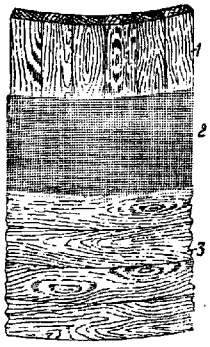


Фиг. 1.



Фиг. 2.

шириною в 10—12 *см* и толщиною в 5 *см*, с наружной и внутренней стороны обшитых несколькими слоями досок *а* толщиною в 1 *см*. Обшивка досками производится в горизонтальном направлении, причем между ними прокладываются слои строительной бумаги *б*. Внутренняя обшивка состоит обыкновенно из трех слоев досок с двумя бумажными прокладками; наружная же обшивка—из двух слоев досок с одной бумажной прокладкой. Для вентиляции пространства между двумя обшивками (без чего могло бы гнить внутри дерево) на внешней обшивке внизу прорезают несколько отверстий и столько же отверстий вверху во внутренней обшивке (зимою отверстия закрываются). Недостаток башни Кинга—негладкость внутренних стен—был устранен в башнях Геллера, построенных по типу башен Кинга, но оштукатуренных внутри по рейкам цементом, что придает стенкам гладкую водонепроницаемую поверхность. Видоизменением башни Кинга является кружальная С. б. Она состоит из ряда установленных друг над другом кружал, или деревянных колец, составленных из нескольких слоев дерева, к к-рым с внутренней стороны башни пришиваются вертикально установленные шпунтовые клепки толщиною в 5 *см* и шириною в 10 *см*. Наружная сторона обшивается такими же клепками, но более тонкими: 2,5 × 15 *см*. Более усовершенствованный тип деревянной С. б. с тройной обшивкой изготовляется в США на специальных заводах (фиг. 3, где *1*—внутренняя стена из клепок 5 × × 15 *см*, *2* — строительная бумага, *3*—обручи—наружная стена). Башни отпускаются заводами или в совершенно собранном виде или в разобранном. Башня представляет собою обыкновенный клепочный силос, обернутый спирально строительной бумагой, поверх которой спирально же нашита лента из досок в 1,25 *см* толщины. Деревянная лента, края которой плотно прикасаются друг к другу, представляет собой третий слой обшивки и скрепляет т. о. стенки башни, заменяя железные или стальные обручи, к-рые в этой конструкции излишни. Наращивание досок для образования длинной ленты производится при помощи шипов (ласточкин хвост); сверху соединение оковывается оцинкованным железом на гвоздях. Существует много конструкций деревянных С. б., но все они—варианты или улучшение одного из описанных выше типов.



Фиг. 3.

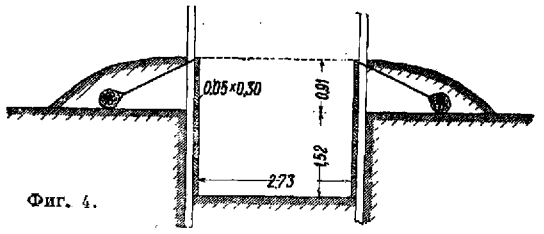
Бетонные, монолитные, кирпичные и другие С. б. Кроме деревянных в настоящее время строят С. б. и из других строительных материалов: цемента, камня, кирпича и металла. Из цемента строят одностенные и двухстенные монолитные башни и башни из пустотелых бетонных камней. Наименьшее распространение благодаря своей теплопроводности имеют металлич. башни. По сравнению с деревянными построенные из этих материалов С. б. имеют следующие преимущества: прочность, устойчивость (не страдают от бурь), нетребовательность в отношении ухода и могут быть построены из расчета на большую вместимость. К недостаткам этих башен следует отнести (при неудовлетворительном качестве материалов) теплопроводность и пористость стен и главное—высокую стоимость постройки. Монолитные башни строят из бетона. Приготовленный из 1 ч. портланд-цемента, 2—2½ ч. крупного песка и 4 ч. гравия бетон льют в установленные на месте постройки формы. Стенки при этом роде постройки имеют толщину (в зависимости от диаметра башни) в 12,5—15 *см*. Для их скрепления при заливке стен устанавливается соответствующая железная арматура. По окончании отливки стен и снятия форм вся постройка смазывается жидким раствором цемента, а изнутри стены покрываются слоем смолы. Для местностей с холодным климатом строятся одностенные и двухстенные железобетонные С. б. и башни из цементных плит. Большим распространением пользуются и башни из обожженного пустотелого кирпича, укладываемого на растворе из цемента, глины и песка, причем между горизонтальными швами закладываются круглые металлические скрепы.

Металлические С. б. по прочности и воздухо- и водонепроницаемости наилучшие, но имеют тот недостаток, что легко промерзают и окисляются. Двухстенные металлич. башни менее подвержены действию холода, чем одностенные, и при $t°$ в 20° ниже нуля не промерзают. Металлич. башни строятся (как цистерны

для жидкостей) из листового железа или стали и собираются на заклепках. Удобство этих башен состоит еще и в том, что при необходимости низкую башню можно нарастить несколькими рядами листов и тем увеличить ее емкость. Для предотвращения окисления стенок их обычно окрашивают изнутри какой-либо кислотоупорной краской.

В местностях, где грунтовые воды находятся на достаточном расстоянии от поверхности почвы, м. б. построены т. н. полунадземные С. б., состоящие из б. или м. глубокой ямы, обшитой деревом или выложенной камнем, и установленной над ней надземной С. б. обычного типа, построенной из того или иного материала. Нагрузка подобной башни не требует большого расхода мощности двигателя, так как в виду ее незначительной высоты м. б. применен обыкновенный планковый элеватор. Выгрузка корма из надземной части башни не представляет затруднений и производится так же, как и из башни обычного типа, но выгрузка из подземной части требует все-таки излишних приспособлений. Для наших климатических условий полунадземная С. б. имеет ту выгодную сторону, что в подземной части корм не промерзаем и может расходоваться в сильные морозы, когда корм надземной части бывает уже израсходован при слабых морозах, пока он еще не успел промерзнуть. Подобный тип С. б. был предложен проф. Г. В. Богаевским и при испытании дал вполне положительные результаты (подобная башня построена на ферме Вольского с.-х. училища в б. Саратовской губ. на 163 *т* зеленой массы). В лесистых местностях (в лесных районах Миннезоты США), где лесные материалы по цене невысоки, при отсутствии технических сил строятся при помощи лишь пилы и топора шести- или восьмигранные полунадземные башни. Для таких башен берут необструганные доски толщиною в 5 *см* и шириною в 10 *см*, к-рые нарезаются все одной длины. Доски накладываются друг на друга плашмя и пришиваются гвоздями. Внутреннюю часть стены для придания ей большей гладкости и воздухонепроницаемости обычно покрывают цементной штукатуркой.

Кроме различных типов надземных и полунадземных башен для приготовления силосного корма служат ямы и траншеи. Хотя ямы для силосования и являются отживающим типом постройки для приготовления корма, однако они не изжили себя окончательно даже в США, где встречаются еще на мелких фермах. У нас строительство силосных башен хотя и приняло широкие размеры, но еще большим распространением пользуется ямное силосование. Ямное силосование производят в вырытых канавах или траншеях глубиною до 2,4 *м*, шириною до 3 *м* и длиною в зависимости от количества заготовляемого корма или в глубоких колодцах (7,5—15 *м* глубиною). Устройство того или иного типа приспособлений для силосования обусловливается отсутствием близости грунтовых вод, проникновение которых в силосуемую массу ведет к ее порче. Ямы и траншеи или обкладываются досками, или выкладываются камнем, или же, если грунт достаточно плотен и не осыпается, загружаются силосуемой массой без всякой облицовки стен, а лишь с обмазкой стен глиной. Последний способ устройства ямы понятно самый дешевый, но и непрочный, т. к. через год стены осыпаются и необходимо яму расширять или выкапывать новую. Ямный способ заготовки силосованного корма выгоден тем, что он дешев; вырыть и исправить яму или траншею возможно во всякое время; устройство ям (фиг. 4) не требует никаких специальных технических приспособлений и ямы заполняются



Фиг. 4.

без помощи элеватора, а главное—корм не промерзает. Из недостатков ямного или траншейного силосования можно отметить то, что при необшитых стенах и без капитального ремонта траншея может прослужить один лишь сезон, далее траншея или яма совершенно непригодны для сохранения корма при близости грунтовых вод, наконец летом корм в траншее без порчи сохраняться не может и нередко значительная его часть гибнет. Выемка корма затруднена, т. к. приходится выбрасывать из траншеи корм на значительную высоту, в особенности зимою, когда бывает необходимо отрывать снег и разламывать смерзшуюся крышу.

Силосный колодец представляет собою подземную С. б. глубиною в 7,5—15 *м*. Устройство подобного колодца возможно лишь при твердом грунте и полном отсутствии грунтовых вод. Стенка колодца выводится выше поверхности почвы на 1—1,2 *м* и обсыпается кругом землей. Для выгрузки корма из колодца, к-рая довольно затруднительна, приспосабливают ворот или лебедку с блоками, при помощи к-рых (в ящике или корзине) производится подъем корма. Как яму, так и силосный колодец после заполнения изрезанным материалом покрывают толстым слоем соломы и заваливают землей; в нек-рых случаях по соломе производится обмазка глиной, предотвращающей доступ в корм воздуха.

Силосорезки, силосонаполнители, машины для измельчения силосного материала (преимущественно кукурузы или подсолнуха) и нагрузки его в С. б. Имеется два типа силосорезок, совершенно различных по своей конструкции, а именно: барабанный (фиг. 5), у к-рого ножи, установленные на крестовинах вала, образуют барабан, и дисковый, в к-ром ножи прикреплены к диску-маховику. Оба типа машин для подъема изрезанной массы м. б. снабжены пневматич. или планковым, открытым или закрытым элеватором. Единственное преимущество планкового, в сравнении с пневматическим, состоит в том, что для него


Фиг. 5.

м. б. применен менее мощный двигатель. К недостаткам планкового элеватора следует отнести более сложную установку с ним машины на месте работы и трудность передвижения его от одной С. б. к другой. Планковый элеватор не имеет также той громадной производительности, к-рую развивает пневматический, и требует для установки более места. Силосорезки строят с автоматич. подачей зеленой массы к ножам или же подачу ее производят от руки. В первом случае ящик для подачи снабжен конвейером, автоматически перемещающим стебли кукурузы к питающим валкам, во втором же конвейер отсутствует и перемещение зеленой массы по дну ящика производится вручную. В дисковом типе силосорезки крылья вентилятора прикрепляются непосредственно к ножевому диску, к-рый одновременно служит и вентилятором, выдувая по трубам в С. б. изрезанную массу. Барабанный тип силосорезок для той же цели имеет в большинстве случаев вентилятор, насаженный на отдельном валу от барабана. В конце приемного отверстия, за подающими вальцами, как в барабанном, так и дисковом типе силосорезок имеется стальная неподвижная планка с острым режущим углом, к к-рой ножи при работе прижимают стебли кукурузы и производят срез. Для чистого и незатруднительного среза ножи диска или барабана д. б. правильно установлены по отношению к режущей планке, что достигается при помощи винтов, нажимающих на ту или иную часть ножа. Лезвие ножей не должно задевать за планку, но также и не быть от нее на далеком расстоянии. Рекомендуется устанавливать лезвия ножа в дисковой машине так, чтобы они подходили ближе к планке у центра диска, чем у его окружности. Требуемый зазор между концами лезвия ножа и планкой ближе к окружности м. б. измерен толщиною игральной карты, вставленной между ними. У части ножа ближе к центру зазор д. б. наполовину меньше. В барабанном типе силосорезки установка ножей производится с той же точностью, но зазор между лезвием ножа и режущей планкой д. б. по всей ее длине одинаковым и м. б. измерен толстым листом бумаги. В большинстве конструкций силосорезок режущая планка при затуплении ее кромки м. б. перевернута обратной стороной. В нек-рых машинах эта планка имеет три режущие кромки, а в других даже и четыре. Силосорезки строят различной величины и производительности и размер их обозначают по ширине приемного отверстия в дм., напр. 13-дюймовая имеет приемное отверстие шириною в 13 англ. дм. (33 *см*). Ширина приемного отверстия в том и другом типе колеблется в пределах 9—25 англ. дм. (23—64 *см*). В барабанном типе высота приемного отверстия невелика и меньше, чем у дискового. Поэтому, чтобы получить в барабанном типе площадь приемного отверстия, равную площади дисковой машины, приходится сильно увеличивать его ширину. Напр. приемное отверстие силосорезки барабанного типа высотой 89 *мм* должно иметь ширину в 609 *мм*, чтобы по площади соответствовать приемному отверстию дисковой машины шириною в 305 и высотою в 178 *мм*.

Для передачи изрезанной массы в С. б. служит в большинстве случаев пневматич. элеватор, состоящий из вентилятора и соответствующей высоте С. б. трубы, заканчивающейся наверху изогнутым коленом, или д е ф л е к т о р о м, направляющим изрезанный материал в башню. Колено дефлектора, открытое снизу, д. б. установлено так, чтобы прикрепленная к нему распределительная труба висела бы как-раз в центре С. б. Распределительная труба для наполнения С. б. применяется в настоящее время повсюду. Труба эта значительно облегчает довольно утомительную, но весьма важную работу распределения измельченной массы в С. б. Она изготовляется секциями в 1—1,25 *м* длиною, которые сцепляются друг с другом посредством цепочек и крючков. При помощи этой трубы человек, находящийся внутри С. б., направляет струю поступающей резки в любое место. Если распределительная труба при наполнении С. б. не применяется, то более тяжелые частицы резки при падении сверху в зависимости от направления дефлектора будут отлетать в какую-либо сторону, а более легкие лягут по всей площади силоса. В том месте, где скопляются более крупные части резки, масса будет более сильно уплотнена, чем в остальных частях, и при использовании силосованного корма может оказаться много испорченного. До применения распределительной трубы в С. б. обыкновенно работало 3—4 чел., к-рые разравнивали вилами и утаптывали по всей площади С. б. изрезанную зеленую массу. При применении же распределительной трубы один человек в С. б. выполняет всю работу, направляя конец трубы во все стороны и заполняя равномерно всю ее площадь. Длина резки в большинстве случаев может изменяться в пределах 10—50 *мм*. Длина в 13 *мм* для приготовления силосованного корма на практике признана наиболее выгодной, т. к. при ней изрезанная кукуруза плотно ложится в С. б., и машина все же работает с достаточной производительностью. Длина резки зависит от скорости движения конвейера и валков, подводящих кукурузу к приемному отверстию, в соотношении с быстротой вращения вала машины, а также и числа участвующих в работе ножей. Чем тише движутся конвейер и валки, тем короче будет резка и, наоборот, при быстром их движении длина резки увеличивается. Увеличение числа ножей в машине также уменьшает длину резки и, наоборот, при уменьшенном их числе резка получается более длинная. Т. к. весь успех процесса силосования зависит от надлежащего уплотнения изрезанной массы в башне, благодаря к-рому из нее вытесняется воздух, то кукуруза вообще режется довольно мелко, т. к. крупная резка, как было указано выше, не так плотно садится, как мелкая. Производительность силосорезок указывается з-дами обыкновенно в *т/ч*, но т. к. длина резки может по желанию изменяться, то и производительность в зависимости от длины резки повышается или понижается. Высота С. б. также значительно влияет на производительность машины, т. к. гораздо легче выдувать изрезанную массу на высоту 6 *м*, чем выдувать ее на высоту 18—24 *м*. Приводимая ниже табл. 1 дает приблизитель-

Табл. 1.—Производительность силосорезок (в *т/ч*).

Ширина приемного отверстия	Тип силосорезки	
	барабанный	дисковый
9 дм. (228 *мм*)	2— 4	3— 5
11 » (279 »)	4— 7	6—12
13 » (330 »)	5— 9	9—15
15 » (381 »)	6—12	12—20
18 » (457 »)	8—15	15—25
20 » (508 »)	9—22	—
25 » (635 »)	10—25	—

ное понятие о производительности силосорезки с различной шириной приемного отверстия, при резке длиною в 13 *мм* и высоте подъема в 12 *м*.

Для приведения в действие силосорезки и достижения ее полной производительности трактор должен обладать достаточной мощностью. Необходимая мощность для приведения в действие силосорезки зависит от многих факторов: от степени остроты ножей, их установки, высоты С. б., длины резки и состояния, в к-ром находятся механизмы машины (табл. 2).

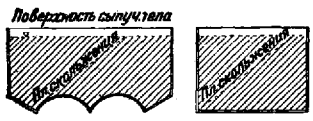
Табл. 2.—Потребная мощность трактора для работы с силосорезками при выдувании зеленой массы на высоту 12 *м*.

Ширина приемного отверстия	Мощность трактора (HP)	
	при барабанной силосорезке	при дисковой силосорезке
9 дм. (228 *мм*)	4— 8	6—12
11 » (279 »)	6—12	12—20
13 » (330 »)	8—16	14—25
15 » (381 »)	10—20	18—35
18 » (457 »)	12—25	25—50
20 » (508 »)	15—30	—
25 » (635 »)	18—35	—

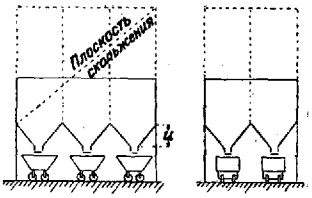
В начале применения силосования в американских хозяйствах предполагалось, что для получения более питательного корма кукурузу для силосования необходимо убирать незрелой, и для получения большого количества зеленой массы в США принято было высевать узкими рядами т. н. специальную силосную кукурузу. Это был очень высокорослый южный сорт, образующий большое количество листвы, но редко в этих местностях развивавший початки. Благодаря такому направлению в приготовлении силоса сложилось мнение, что для силосования годна лишь зеленая кукуруза. Позже, когда было обращено больше внимания на питательные свойства силосованного корма и после многочисленных опытов с силосованием кукурузы в различных стадиях ее развития, США от приготовления силосованного корма из зеленой кукурузы отказались, и в настоящее время готовность кукурузы для силосования стала определяться по зерну в початках, а именно началом его морщения. В это время кукуруза в течение нескольких дней д. б. срезана и вместе с початками переработана на силосорезках и помещена в С. б. В последнее время в США начал распространяться еще более новый способ приготовления силосованного корма, а именно: из вполне спелой кукурузы, с к-рой удаляются початки на зерно, и на силосованный корм идут лишь сухие или полусухие стебли, листья и оболочки початков. Подобный силосованный корм (стовер-силос) приготовляется при помощи хоскер-шреддеров, особых машин-силосорезок. При этом способе кукурузу убирают при полной зрелости початков кукурузными сноповязалками или иными способами и устанавливают в поле стоймя снопами для просушки в бабки (суслоны). Когда зерно в початках высохнет настолько, что початки без опасения самонагревания м. б. помещены в кош для хранения, кукурузу свозят с поля к С. б. Силосорезка хоскер-шреддер представляет собою комбинацию хоскер-шреддера, отделяющего початки от стеблей, срывающего с них оболочку, а также и изрезывающего стебли на мелкие части, и мощного вентилятора силосорезки, поднимающего по трубам изрезанную массу в С. б. Так как изрезанные сухие стебли слишком рыхлы и трудно уплотняются в С. б., что затрудняет вытеснение из силоса воздуха, то эту силосорезку снабжают еще насосом, подающим во время работы через трубу вместе с изрезанными стеблями и воду в требуемом количестве. Последняя должна добавляться к массе одновременно с поступлением материала, т. к. при этом он более равномерно ею пропитывается. Главное условие при приготовлении стовер-силоса—правильное распределение по всей площади С. б. изрезанного материала, основательное его уплотнение и вытеснение из него воздуха. Преимущество нового способа приготовления силоса по словам его сторонников состоит в том, что он допускает возможность выдержки на корню растений до полного их вызревания, благодаря чему в них накопляется нек-рое количество лишних питательных веществ, и корм, приготовленный из вполне дозревших растений, хотя и с предварительным отделением початков на зерно, по питательности не уступает силосу, приготовленному из не вполне дозревших растений вместе с початками. Распространенное мнение, что стовер-силос менее питателен, чем обыкновенный силосованный корм, приготовленный из недозрелой кукурузы с початками, ошибочно и опровергается новейшими данными (бюллетень университета Штата Иллинойс).

Лит.: Болотин Е., Силосы и силосование кормов, М., 1930. **К. Шиловский.**

СИЛОСЫ, сооружения для хранения больших масс сухих сыпучих тел (зерна, цемента, угля, руды и пр.). Различают два основных типа этих сооружений, а именно: С. амбарного типа (фиг. 1 и 2) без членения внутреннего пространства вместилища вертикальными стенками и закромные С. с вертикальным членением (фиг. 3). В первых продукты насыпаются на сравнительно небольшую высоту, при к-рой плоскость скольжения хранимых сыпучих тел пересекает поверхность последних, а во втором случае продукты насыпаются на значительно бо́льшую высоту, причем плоскость скольжения пересекает расчленяющие С. стенки. С. состоят в основном из трех частей: нижней опорной части, средней части, или самого хранилища, и верхней перекрывающей части, служащей одновременно помещением для обслуживания хранилища. Нижняя часть силоса, между опорными частями сооружения, используется для транспортного оборудования; сюда же выходят воронки дна С., через к-рые опорожняются амбары и закрома. В верхней части располагаются приспособления для подачи хранимого материала в самые хранилища. С одной стороны к С. примыкает пристройка, служащая для сообщения с верхней частью С. и для размещения подъемных механизмов, подающих материал в хранилище. Высота стенок последнего в С. амбарного типа определяется

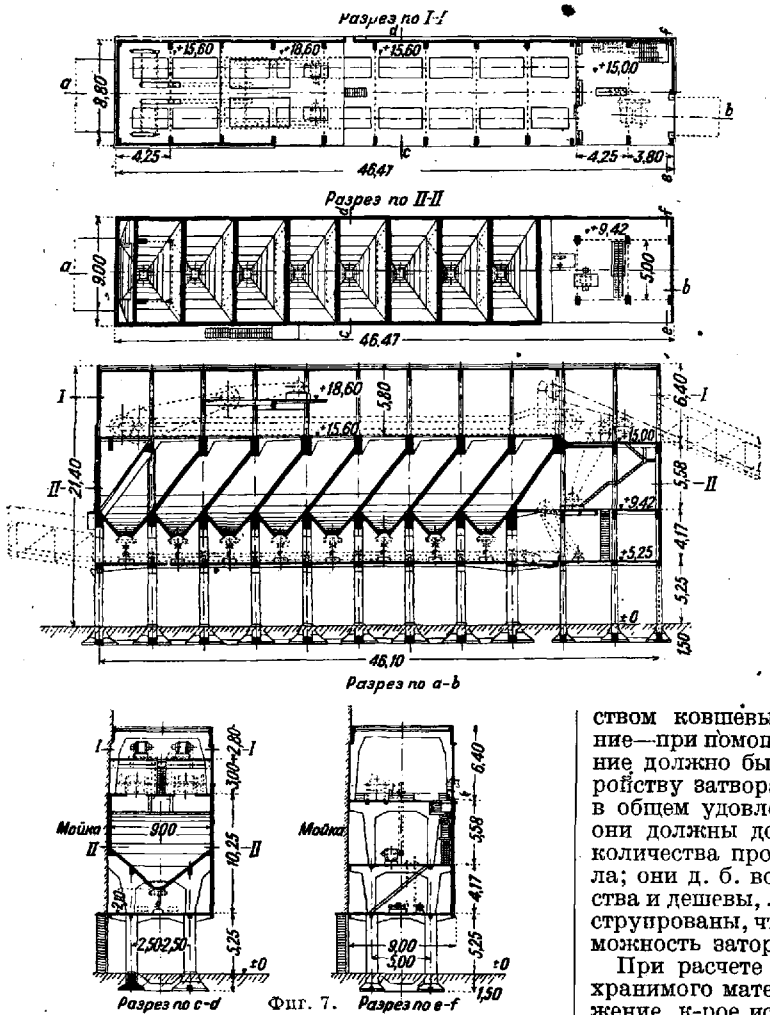


Фиг. 1.



Фиг. 2.

в пределе пересечением плоскости скольжения хранимого материала с верхним краем противоположной стены С. (фиг. 2). Высота закромных С. (фиг. 3) достигает 20—25 *м*, ширина закромов обыкновенно 5—6 *м* (зернохранилища). При большой высоте амбарных С. стенки испытывают столь большие напряжения, что такие С. становятся неэкономичными и уступают место более целесообразным закромным С. Для ограничения толщины слоя хранимого материала строят иногда С. с наклонными внутренними стенками, расчленяющими С. на закрома (фиг. 4). Дно С. должно быть так сконструировано, чтобы была обеспечена беспрерывность движения хранимого материала при опорожнении вместилища. Дно амбарных С. состоит поэтому из сплошного ряда воронок, число к-рых зависит от высоты *и* воронок (фиг. 2). При прямоугольных закромах воронке м. б. придана рациональная форма согласно фиг. 5. Опорная часть С. должна быть так сконструирована, чтобы она допускала свободный проход перевозочных средств под воронками для погрузки хранимого материала. Конструктивное оформление перекрывающей части зависит от условий эксплоатации. Конструктивные особенности тех или иных С. вообще зависят от свойств хранимых в С. материалов. На фиг. 6 представлен С. амбарного типа для руды; верхняя перекрывающая часть должна иметь размеры, достаточные для свободного пропуска транспортных средств с рудой; воронкам придают форму опрокинутой пирамиды с не менее чем четырьмя плоскостями скольжения во избежание заторов при опорожнении С. Фиг. 7 дает закромный С. для угля; здесь целесообразны закромные С. ради большей пожарной безопасности; высота слоя угля д. б. ограничена 6 *м* во избежание самовоспламенения его; приток в закрома свежего воздуха, способствующего разложению угля, д. б. по возможности ограничен соответствующими мероприятиями (закрытие сверху, плотность стенок). На фиг. 8 показан закромный С. для хранения зерна (пшеницы); ширина отдельных закромов 8,2 *м*; зерновые и мучные продукты должны поступать на хранение в С. в совершенно сухом виде, в противном случае в С. должны быть предусмотрены устройства для просушки таковых; для воспрепятствования нагреву хранимых продуктов производят периодич. пересыпание их из одного закрома в другой или прибегают к другим предохранительным мероприятиям. Для хранения соли сооружают С. амбарного типа; вследствие гигроскопических свойств большинства солей последние образуют комья, которые препятствуют свободному высыпанию через воронки; опорожнение этих С. производят посредством ковшевых приспособлений, а наполнение—при помощи транспортеров. Особое внимание должно быть уделено рациональному устройству затвора воронок; эти затворы должны в общем удовлетворять следующим условиям: они должны допускать точное регулирование количества пропускаемого через них материала; они д. б. возможно более простого устройства и дешевы, легко обслуживаемы и так сконструированы, чтобы была устранена всякая возможность затора сыпучего материала.

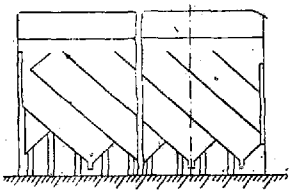


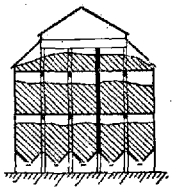
Фиг. 7.

При расчете С. важно определить давление хранимого материала на стенки и дно. Напряжение, к-рое испытывают стенки амбарного С., соответствует приближенно напряжению, испытываемому подпорной стенкой, заделанной в нижней части. Боковое давление p, оказываемое сыпучим материалом на единицу поверхности вертикальной стены амбарного силоса на глубине h под поверхностью загрузочного материала, выразится поэтому ур-ием

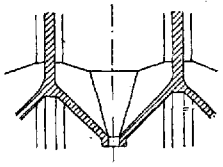
$$p = \gamma h \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right), \qquad (1)$$

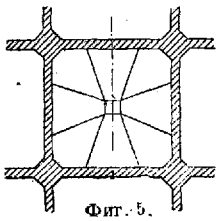
где γ—уд. в. загрузочных материалов; φ—угол естественного откоса загрузочных материалов. Ф-ла (1) применима для слоя загрузочных материалов небольшой высоты, т. к. в ней не учтено трение между последними и поддерживающими их стенками. Конструкция стен амбарных С. представляет сочетание плит и балок; расположенные в расстоянии 3—5 *м* друг от друга вертикальные ребра м. б. рассчитаны как горизонтально загруженные вертикаль-



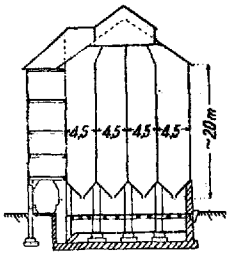


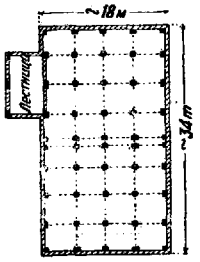
Фиг. 4.



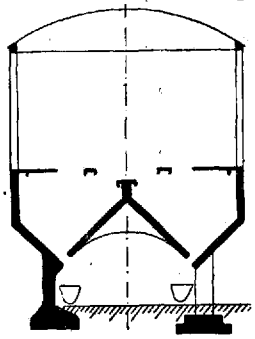


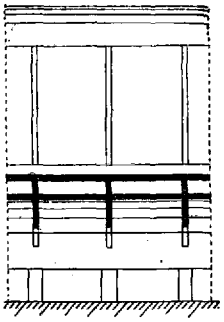
Фиг. 5.



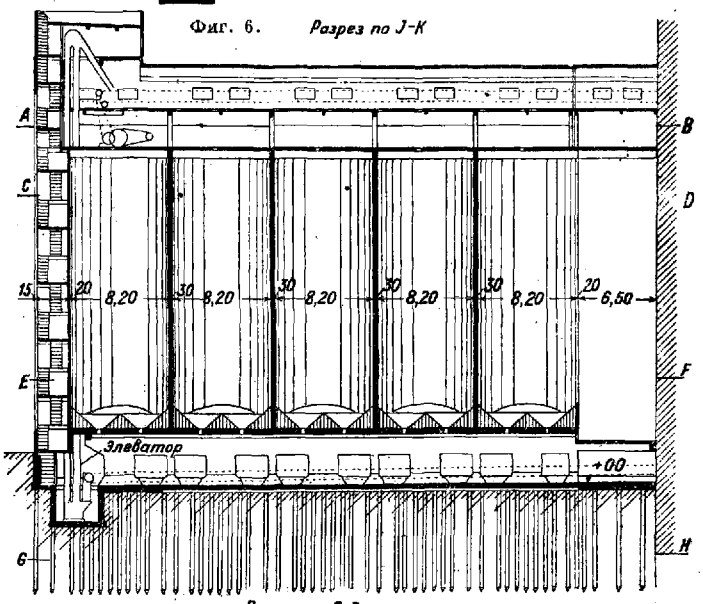


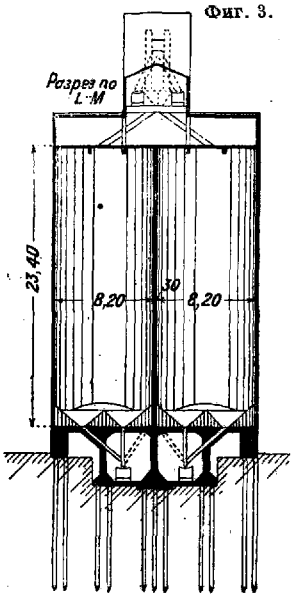
Фиг. 3.

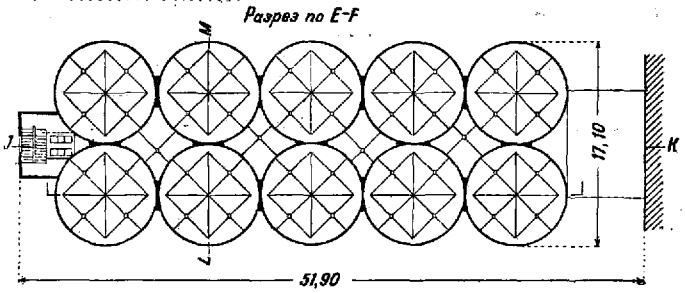


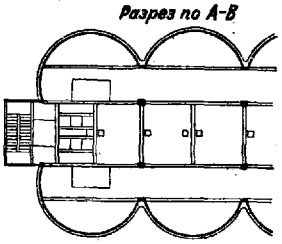


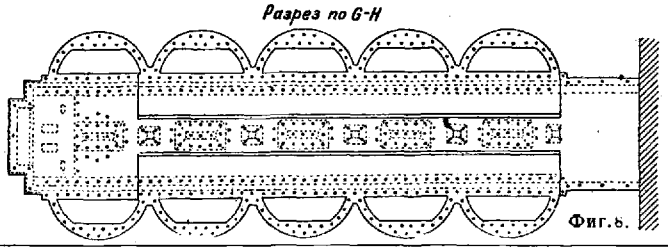
Фиг. 6.



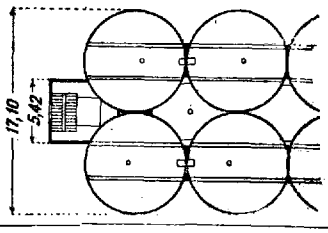




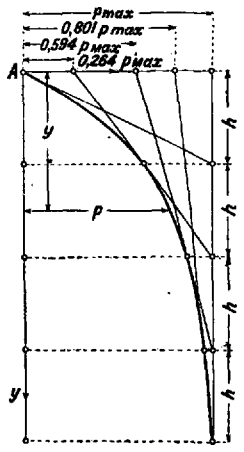




Фиг. 6.



ные ребра подпорной стенки; при большем расстоянии между этими ребрами простенки между ребрами рассматриваются как плиты, опертые по трем сторонам; трение между стенками и загрузочным материалом большей частью не учитывается.



Фиг. 9.

Закромные С. Давление на единицу поверхности закромов при условии введения в расчет угла трения φ, соответствующего трению между загрузочным материалом и стенками, выражается след. ур-ием:

$$p = \frac{e^{\lambda} - 1}{e^{\lambda}} \cdot p_{max}, \qquad (2)$$

где p—давление на единицу поверхности вертикальной стены на глубине y (фиг. 9); e—основание натуральных логарифмов; λ—показатель степени, пропорциональный глубине y и обратно пропорциональный тангентному отрезку h, т. е. $\lambda = \frac{y}{h}$; p_{max}—значение p, когда y, а следовательно и λ, принимает бесконечно большое значение. Основная высота h для построения кривой давления получается из уравнения

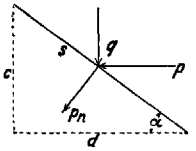
$$h = \frac{p_{max}}{a}, \qquad (3)$$

причем

$$p_{max} = \frac{\gamma F}{U \operatorname{tg} \varphi'}, \qquad (4)$$

$$a = \gamma \cdot \operatorname{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right); \qquad (5)$$

γ—уд. в. загрузочных материалов; F—площадь основания отдельного закрома; U—периметр основания отдельного закрома; φ—угол естественного откоса загрузочных материалов; φ'—угол трения между загрузочным материалом и стенками закрома. Давление q на единицу площади горизонтального сечения на глубине y определяется по давлению p на стенку на той же глубине по следующей ф-ле:



Фиг. 10.

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

Нормальное давление на наклонное под углом α к горизонту дно С. определяется из выражения (фиг. 10):

$$p_n = p \sin^2 \alpha + q \cos^2 \alpha = \frac{c^2 p + d^2 q}{s^2}. \qquad (7)$$

При $\alpha = 45°$ получим:

$$p_n = \frac{1}{2}(p + q). \qquad (8)$$

В закромных С. статич. условия расчета крайне неопределенны, т. к. стены не м. б. рассматриваемы ни как шарнирно закрепленные ни как жестко заделанные. Расчет закромных С. обыкновенно сводится к расчету отдельных закромов, рассматриваемых как самостоятельные замкнутые рамы, вне связи с соседними закромами. Для расчета С. с прямоугольными закромами мы будем иметь для стержня *1—2—3* (фиг. 11):

$$M_1 + 2(\eta + 1) M_2 + \eta M_3 + \frac{pa^2}{4} + \frac{\eta p b^2}{4} = 0, \qquad (9)$$

где

$$\eta = \frac{I_a}{I_b} \cdot \frac{b}{a}; \qquad (10)$$

M_1, M_2 и M_3—угловые моменты; I_a, I_b—моменты инерции соответственно для сторон a и b силосного закрома. Т. к. $M_1 = M_2 = M_3$, то

$$M_1 = -\frac{p(a^2 + \eta b^2)}{12(\eta + 1)}. \qquad (11)$$

Наибольший момент в стержнях a будет

$$M_{ma} = \frac{pa^2}{8} + M_1, \qquad (12)$$

а в стержнях b

$$M_{mb} = \frac{pb^2}{8} + M_1. \qquad (13)$$

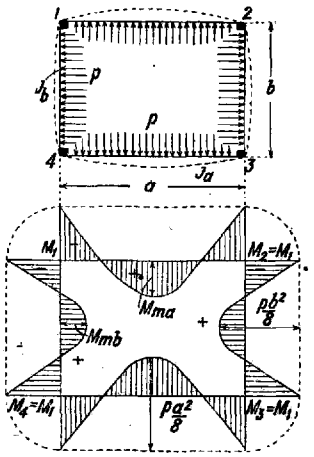
Для случая $I_a = I_b$, $a = b$ получаем $\eta = 1$ и тогда

$$M_1 = -\frac{pa^2}{12} \qquad (14)$$

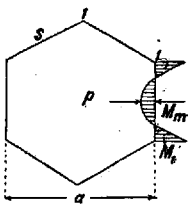
и

$$M_m = +\frac{pa^2}{24} \qquad (15)$$

(как у балки с жестко заделанными концами). Для расчета С. с многоугольными закромами можно для двух смежных сторон мн-ка написать следующую зависимость, принимая во внимание, что угловые моменты равны (фиг. 12):



Фиг. 11.



Фиг. 12.

$$M_1 + 4M_1 + M_1 + \frac{ps^2}{4} + \frac{ps^2}{4} = 0, \qquad (16)$$

откуда получим

$$M_1 = -\frac{ps^2}{12}; \qquad (17)$$

следовательно

$$M_m = +\frac{ps^2}{24}. \qquad (18)$$

Если обозначить через a диаметр вписанного круга, то для квадрата $s = a$, а поэтому

$$M_1 = -\frac{pa^2}{12} \qquad (19)$$

и

$$M_m = \frac{pa^2}{24}; \qquad (20)$$

для правильного шестиугольника $s = \frac{a}{\sqrt{3}}$, а следовательно

$$M_1 = -\frac{pa^2}{36} \qquad (21)$$

и

$$M_m = \frac{pa^2}{72}; \qquad (22)$$

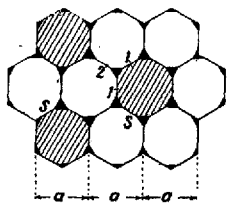
для правильного восьмиугольника $s = 0{,}414a$ и потому

$$M_1 = -0{,}0143\, pa^2 \qquad (23)$$

и

$$M_m = 0{,}00716\, pa^2. \qquad (24)$$

Для закромного С. указанных на фиг. 13 сечения и заполнения отдельных закромов, моменты угловые и промежуточные для заполненных закромов (принимая во внимание, что стены между незаполненными закромами не подвергаются изгибу) получаются те же, что и для многоугольной рамы. Стены силоса с прямоугольными закромами подвержены действию изгибающего момента M и продольного растягивающего усилия N. Если закрома имеют круглое сечение, то в стенах таких закромов возникает лишь одно растягивающее усилие, равное pr, где r—внутренний радиус сечения. В железобетонных С. наружные стены снабжаются одиночной арматурой, а внутренние — двойной (давление возможно с двух сторон). Расстояние h_1 ц. т. сжатой арматуры сечения f'_e до крайнего сжатого волокна



Фиг. 13.

$$h_1 = \frac{1}{3}x, \qquad (25)$$

где x—расстояние от нейтральной оси до того же волокна. Толщина стены

$$d = 1{,}1h, \qquad (26)$$

где h—полезная толщина. Для равновесия необходимо удовлетворить следующие два ур-ия:

$$D_b + D_e - Z + N = 0; \qquad (27)$$

$$(D_b + D_e)h_0 + Nu = M; \qquad (28)$$

D_b означает сумму сил, сжимающих бетон, причем

$$D_b = \frac{1}{2}b \cdot \sigma_b \cdot x; \qquad (29)$$

D_e—сумму сил, сжимающих арматуру, причем

$$D_e = f'_e \cdot \sigma'_e; \qquad (30)$$

Z—сумма сил, растягивающих арматуру, причем

$$Z = f_e \cdot \sigma_e; \qquad (31)$$

h_0—плечо внутренних сил D и Z; u—расстояние силы N от центра растянутой арматуры, причем

$$u = 0{,}45\,h; \qquad (32)$$

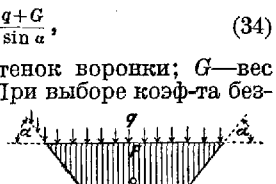
b — ширина рассматриваемого участка стены; σ'_e, σ_e, σ_b — соответственно напряжения сжатой арматуры, растянутой арматуры и сжатого бетона; f'_e, f_e — соответственно сечения сжатой и растянутой арматуры. При одиночной арматуре

$$D_e = 0 \quad \text{и} \quad f'_e = 0; \qquad (33)$$

задавшись величинами σ_b и σ_e, определяют величины h и f_e. Металл, необходимый для прикрепления воронки, должен для всего горизонтального сечения F верха воронки иметь сечение (фиг. 14).

$$f_e = \frac{F \cdot q + G}{\sigma_e \sin a}, \qquad (34)$$

где a—угол наклона стенок воронки; G—вес содержимого воронки. При выборе коэф-та безопасности следует иметь в виду динамич. силы, напр. вследствие обрушения в закромах образовавшихся в сыпучем материале пустот и заторов; эти добавочные силы не м. б. заранее учтены и принимаются в расчет путем повышения запаса прочности.



Фиг. 14.

О силосах для хранения кормовых растений и других продуктов см. *Силосные башни*.

Лит.: Брилинг С., Формулы и таблицы для расчета инженерных конструкций, ч. 2, 3 изд., М., 1931; Dörr H., Silos, Hndb. f. Eisenbeton, hrsg. v. F. Emperger, 3 Aufl., B. 14, B., 1924; Luft E., Druckverhältnisse in Silozellen, 2 Aufl., B., 1920; Otzen R., Der Massivbau, B., 1926; Saliger R., Praktische Statik, 2 Aufl., Lpz., 1927; Ritter A., Berechnung rechteckiger Silozellen in Eisenbeton, Stg., 1916. **С. Брилинг.**

СИНЕРЕЗИС, процесс самопроизвольного выделения жидкости из коллоидных гелей, сопровождаемый сокращением объема геля (см. *Коллоиды*). С. особенно ясно наблюдается на тиксотропных гелях, связывающих при своем образовании всю жидкость системы в одно сплошное целое. Вообще С. можно считать общим характерным свойством гелей. Большей частью процесс протекает так, что масса геля, застывшего в данном сосуде, со временем отстает полностью от его стенок и затем плавает в отделившейся жидкости, оставаясь по форме подобной форме сосуда. Кинетика С. измеряется по изменению объема v отделяемой жидкости со временем τ, т. е. $v = f(\tau)$. Скорость С. в данный момент равна $\frac{dv}{d\tau}$. С. наблюдается лишь при достаточно малых концентрациях гелеобразующего коллоида (дисперсной фазы), напр. для геранина S менее 3% [1], причем v растет с уменьшением этой концентрации; однако скорость С. при этом убывает; возрастает она под влиянием повышения $t°$ и прибавок веществ, способствующих гелеобразованию. Верхний предел концентрации, при к-ром С. прекращается, соответствует связи всей массы жидкости (дисперсионной среды) с коллоидными частицами, т. е. характеризуется отсутствием в жидкости избытка, могущего отделиться. Сущность С. сводится к действию тех же молекулярных сил притяжения, которые проявляются и в процессах *коагуляции* (см.). Коагулированные хлопья, как и частицы геля, со временем сближаются (уплотняются) и теряют связанную ими жидкость. Поэтому С. следует считать вполне аналогичным гелеобразованию (желатинированию), являющимся его продолжением и тоже связанным с дегидратацией коллоидных частиц. Жидкость, отделяемая при С., содержит в нек-ром количестве вещество дисперсной фазы—для полуколлоидов типа геранина в истинно растворенном (молекулярно-дисперсном) состоянии.

С. имеет большое значение в областях техники, имеющих дело с *лиофильными коллоидами*. Так, С. наблюдается на гелях мыла и крахмального клейстера. Им же в основном обусловлен процесс черствения хлеба, которое нельзя рассматривать как простое высыхание.

Лит.: 1) Липатов С., Коллоквиум по коллоидной химии, «Записки Воронежского с.-х. ин-та», 1929; Liepatoff S., «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1927, B. 41, p. 200, 1927, B. 43, p. 396, 1929, B. 47, p. 21, 1929, B. 48, p. 62, 1929, B. 49, p. 321; «Biochem. Ztschr.», B., 1928, B. 192, p. 91.—Наумов В., Химия коллоидов, 3 изд., Л., 1932; Freundlich H., Kapillarchemie, 4 Aufl., Lpz., 1932; Kuhn A., «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1928, B. 46, p. 299; Le Blanc u. Kröger, «Ztschr. f. Elektrochemie», B., 1921, B. 27, p. 335; Mukoyama T., «Kolloid-Ztschr.», Dresden, 1927, B. 42, p. 79; Bungenberg de Jong, «Kolloid-chemische Beihefte», Dresden, 1929, B. 29, p. 454. **П. Ребиндер.**

СИНИЛЬНАЯ КИСЛОТА, цианистый водород, цианистоводородная к-та, HCN, открыта Шееле в 1872 г. Впервые получена из берлинской лазури, откуда и получила свое первоначальное название «к-ты берлинской сини», а впоследствии—синильной кислоты. Как соединение неустойчивое С. к. в минеральном мире не встречается. В растительном

мире она встречается как в свободном, так и в связанном состоянии (в виде глюкозидов). В растительных организмах С. к. является по всей вероятности одним из первых продуктов ассимиляции азота. В тропич. растении (Бразильская гевея) С. к. обнаруживается уже по запаху. В листьях Pangium edule с о-ва Ява С. к. содержится до 0,34%, а во всем взрослом растении—до 350 *г*. В форме глюкозида *амигдалина* (см.) С. к. находится в семенах яблок, горьком миндале, косточках вишен, слив, персиков, лавровишни и др. С. к. встречается постоянно в продуктах пирогенного разложения азотсодержащих органических веществ, в табачном дыме, в газообразных продуктах перегонки каменного угля, в доменных газах, в генераторном газе.

Физические свойства. С. к. при обыкновенной $t°$ бесцветная, легкоподвижная жидкость с запахом, отдаленно напоминающим запах горького миндаля. Уд. вес $D^{7} = 0{,}70583$, $D^{18} = 0{,}6969$; $t°_{кип.}$ 25,65° (760 *мм*), $t°_{пл.} - 13{,}4°$ (по Таммапу), $t°_{замерз.} - 14°$. Критическая температура $183{,}5 \pm 0{,}1$, критическая плотность 0,195 *г/см*³, критич. давление $53{,}2 \pm 0{,}5$ *atm*; упругость пара: 110 *мм* Hg при −15,2°, 165 при −10°, 427 при 10,8°, 567 при 18°, 760 при 25,6°, 3,71 *atm* при 64,8°, 9 *atm* при 100°; криоскопическая константа $K = 21{,}7$, степень ассоциации $x = 2{,}04$. Склонность молекул С. к. к ассоциации сказывается в ряде химических свойств, в частности в легкости образования комплексных солей. Электропроводность жидкой HCN при 0° $0{,}60 \cdot 10^{-6}$ мо; диэлектрическая постоянная ε при 22,1° 113,2, при 13,4° 194,4. Характерно то, что ε для HCN гораздо больше, чем ε для воды (ε для $H_2O = 80$); вследствие этого диссоциирующая способность С. к. по отношению к электролитам д. б. бо́льшей, чем у воды. Показатель преломления HCN: $n_D^{10} = 1{,}2675$ (удельный), $M_D^{10} = 6{,}475$ (молекулы); константа электролитич. диссоциации $13 \cdot 10^{-10}$. Последняя величина указывает, что С. к. является слабой кислотой; водный раствор ее дает едва заметную кислую реакцию на лакмус; даже борная кислота и фенол частично вытесняют HCN из ее солей. С водой, алкоголем и эфиром С. к. смешивается во всех отношениях. Теплота образования HCN из элементов (по Томсену): парообразной −27 480 cal, жидкой −21 780 cal. С. к.—сильно эндотермич. соединение, что сказывается на ряде ее химич. свойств (неустойчивость, взрывчатость).

Теплота горения С. к. (на 1 моль) при 18°	15 862 cal
» смешения 1 мол. HCN с 400 мол. H_2O	6 100 cal
» термич. диссоциации HCN (при 18°)	2 700 cal
» испарения (при 20°)	5 690 cal
» плавления	1 680 cal
» возгонки	8 900 cal

Теплоемкость (молярная) газообразной HCN

$t°$	*мм* Hg	c_p	c_v	$c_p\ c_v$
17,35	505	10,38	8,23	1,261
20,8	422	9,63	7,51	1,282

Свободная энергия при $t°$ 298° = 29 700 cal; при 800° = 28 400 cal.

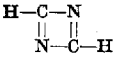
Строение и химические свойства С. к. Синильной к-те можно придать три формулы (ф-ла IIa мало вероятна):

I. H—C≡N; II. H—N=C; IIa. H—N≡C

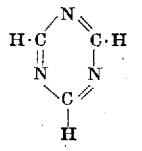
нитрильная форма — изонитрильная форма

Соли синильной кислоты при взаимодействии с галоидными алкилами дают одновременно два ряда цианистых соединений: *нитрилы* (см.) и изонитрилы (см. *Цианистые соединения*). В зависимости от температуры и ионизирующей среды меняется соотношение нитрильных и изонитрильных производных.

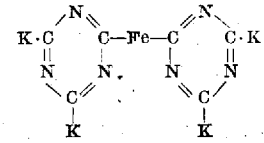
Крайняя ядовитость HCN говорит за ее изостроение (двувалентный углерод). Данные теплоты горения HCN, исследование теплоемкости парообразной С. к. и ее оптических свойств показывают, что С. к. является смесью двух таутомерных форм—нормальной и изоформы. Содержание изоформы в смеси быстро растет с повышением $t°$. Работы Брэдига, Тейхмана позволяют заключить, что обычная С. к. с $t°_{кип.}$ 26,5° представляет смесь 54,3% изокислоты с $t°_{кип.}$ 66,7° и 45,7% нормальной к-ты с $t°_{кип.}$ 31,7° и что большинство цианистых солей является производными нормальной синильной кислоты, лишь KCN вероятно имеет изостроение. Кроме того Энклаар доказывает наличие третьей «лабильной» С. к. с $t°_{кип.}$ 120°. Последняя совпадает с $t°_{кип.}$ давно известной дициановодородной к-ты с $t°_{кип.}$ 120—125°, имеющей вероятно циклическое строение



Эта к-та двуосновна, что хорошо согласуется с давно известной способностью цианидов тяжелых металлов образовывать двойные соединения типа $KAg(CN)_2$. Принятие циклич. строения и двуосновности лабильной дицианистоводородной к-ты хорошо объясняет как образование комплексных солей, так и легкость их разложения с выделением С. к., что является следствием наличия мало прочного четырехчленного кольца. Особенность свойств желтой и красной солей (см. *Кровяная соль*), их прочность и целый ряд других соображений говорят за то, что существует еще С. к. циклич. строения—трицианистоводородная кислота



производное которой—желтая соль имеет строение



Шестичленность такого кольца обусловливает его значительную прочность, что подтверждается свойствами железисто-синеродистых солей.

В чистом состоянии С. к. довольно устойчива, но в присутствии даже незначительного количества влаги, щелочей, а особенно аммиака, она быстро разлагается с выделением аммиака, муравьиной кислоты, щавелевой кислоты и продуктов полимеризации. На воздухе С. к. может быть зажжена и горит фиолетовым пламенем. Эндотермич. характер С. к. проявляется в ее взрывчатости. Неоднократно наблюдались случаи самопроизвольных взрывов жидкой С. к., хранившейся в железных баллонах. По силе взрыва С. к. превосходит тротил, пикриновую к-ту, бездымный порох, уступая лишь нитроглицерину. Однако вызвать взрыв С. к. можно только с помощью очень сильных детонаторов. Вследствие малой скорости взрывной волны С. к. как взрывчатое вещество не применима. Меры борьбы со взрывчатостью С. к. при ее хранении: возможно бо́льшая чистота продукта (т. е. устранение влаги, следов щелочных цианидов и др.) и введение специальных стабилизаторов, как HCl, $CaCl_2$, активированный уголь, щавелевая к-та, тетрахлорэтан, хлороформ, а также соединений, способных при гидролизе выделять HCl, как хлорное олово, хлористый циан, хлоругольные эфиры.

Физиологические свойства С. к. Даже в незначительном количестве HCN, попадая в организм животных, вызывает быстрое отравление и смерть. Для человека смертельно

вдыхание воздуха с содержанием HCN 0,3 *мг/л*. По Лазарскому С. к. сначала возбуждает дыхательные, вазомоторные и сердечные центры нервной системы, а затем парализует их. По Шёнбейну С. к. прекращает перенос кислорода гемоглобином крови, связывая последний в циан-гемоглобин; смерть наступает в результате удушения (так называемого кислородного голода) организма.

Получение С. к. Можно наметить следующие виды азотного сырья: 1) азот неорганич. солей, 2) азот органич. соединений, 3) азот в элементарной форме, 4) азот аммиака, 5) азот, связанный с кислородом.

1. Получение С. к. из ее простых и комплексных солей—широко принятый в настоящее время метод в пром-сти и в лабораторной практике. Обычно исходят из KCN, NaCN или желтой кровяной соли, действуя на них разбавленной серной кислотой:

$$2KCN+H_2SO_4=K_2SO_4+2HCN.$$

Можно также пользоваться реакцией вытеснения HCN из простых цианидов действием углекислоты. Получение С. к. из желтой соли ведется сходным методом. По Гартману на $K_4Fe(CN)_6$ действуют разбавленной серной к-той по следующему уравнению:

$$2K_4Fe(CN)_6+3H_2SO_4=6HCN+K_2Fe_2(CN)_6+3K_2SO_4.$$

При этом выделяется только половина всей С. к., заключенной в желтой соли; другая половина остается в нерастворимом остатке—в виде т. н. эвритовой соли $K_2Fe_2(CN)_6$. По Гроссману эвритову соль кипячением с раствором KOH в присутствии кислорода воздуха целиком переводят опять в растворимую желтую соль

$$3K_2Fe_2(CN)_6+6KOH+O=3K_4Fe_2(CN)_6+Fe_3O_4+3H_2O.$$

2. Самый старый метод получения С. к.—прокаливание животных остатков (кожи, волоса, рога, крови) с поташом и железом. В результате получается желтая кровяная соль, из которой затем по способу (1) может быть выделена чистая HCN. Этот метод в настоящее время почти оставлен.

3. Получение С. к. из газов пиролиза. С. к. содержится в газах коксовых печей в генераторном и доменном газе и м. б. оттуда извлечена. На газовых з-дах С. к. улавливается в скрубберах раствором сернокислой соли окиси железа. Получающийся при этом ферроцианат выпадает в виде осадка, откуда можно выделить С. к. в чистом виде; 100 *кг* газового угля дают до 42 *г* (0,04%) HCN.

При нагревании аминов до 1 000° и выше получается HCN:

$$CH_3\cdot NH_2=HCN+2H_2;\ (CH_3)_3N=HCN+2H_4.$$

Рейхард и Буэб разработали технич. способ получения С. к., исходя, как из сырья, из шлемпы сахарной мелассы. Шлемпа содержит до 4% азота в виде бетаина и аминокислот. При пиролизе бетаин распадается на аммиак и низшие амины. В производстве дистиллируют шлемпу 40°Bé в горизонтальных ретортах при 700—800° в течение 3—4 час. Смола собирается в приемниках, а газы и пары, проходя через каналы, нагретые до 1 000°, подвергаются цианированию, затем пропускаются через 20%-ный раствор H_2SO_4 для улавливания аммиака, и наконец через конц. NaOH для улавливания HCN; непоглощенный остаток газов идет как топливо. В первой стадии процесса (при дистилляции) газы содержат H_2, CO_2, H_2O, CH_4, тяжелые углеводороды, N_2, NH_3 и низшие амины. Цианированный газ содержит 7% HCN, 7% NH_3, 8% углеводородов, 12% H_2, 18% CO, 24% CO_2, 24% N_2.

4. Из элементарного азота С. к. может быть получена при действии высокой *t°*. В 1879 г. Дьюар получил С. к. в вольтовой дуге, пропуская через нее смесь водорода и воздуха; Дифенбах, Мольденгауэр и Грисгейм получили HCN из генераторного газа, пропуская его через вольтову дугу, причем катодом служил порошкообразный уголь. Реакция идет еще лучше в присутствии катализаторов: меди, железа и их солей. В последнем случае выход С. к. достигает 21 *г* на kWh энергии. По этому методу работает Шейдеанштальт при давлении 1,6 *atm*, используя смесь: 5,3% CO; 18,3% CH_4; 33,7% H_2; 42,7% N_2. Акц. об-во «Азот» в Бори получает С. к. из нефтяного газа и азота, пропуская смесь их через вольтову дугу. Применяемые для этого печи аналогичны печам, служащим для получения азотной кислоты из азота воздуха.

Мосцицкий использовал реакцию взаимодействия метана и азота в электрич. дуге, указанную еще Бертело:

$$2CH_4+N_2=2HCN+3H_2.$$

Тогда как при эквимолекулярных количествах газов у Бертело при незначительном образовании С. к. имело место большое выделение сажи, Мосцицкий, подбирая соотношение N_2:CH_4, добился (при исходной смеси из 20% CH_4, 10% H_2, 70% N_2 и при напряжении 4 200 V переменного тока) выхода около 19% HCN, т. е. почти количественного превращения метана в С. к. Липинский исходил из масляного газа и азота, подвергая смесь газов действию разрядов в дуге высокого напряжения, помещенной во вращающемся магнитном поле. Заставляя газовую смесь циркулировать, он достиг выходов до 28 *г* HCN на kWh энергии. Андрьюссенс и Циба исходили из ацетилена и азота. Указанные методы (Мосцицкого, Липинского и Андрьюссенса) м. б. применены с большим успехом в целях промышленного получения HCN в условиях дешевой электрической энергии. Надо еще указать на кальций-цианамидный способ: при пропускании азота над накаленным кальций-карбидом образуется кальций-цианамид $CaCN_2$, к-рый с водяным паром или с водяным газом при *t°* красного каления над углем дает HCN и CaO. За последние годы (1929—31) появились работы К. Петерса, Ф. Фишера, Г. Кюстера о газовых реакциях под действием электрических разрядов при уменьшенном давлении. В указанных условиях элементарный азот реагирует с различными углеводородами, напр. с метаном, нафталином, этиленом, ацетиленом—с образованием С. к., причем при избытке азота идет почти количественное превращение углеводородов в С. к. В конце 1930 г. появилась работа Петерса и Кюстера об образовании С. к. в аналогичных условиях из углеводородов и аммиака; напряжение на электродах бралось до 10 000 V, вакуум в реакционных трубках поддерживался 20—50 *мм* Hg, скорость тока газов до 250 *л/ч*; при составе исходной газовой смеси метан : аммиак=1 : 1, максимальный выход С. к. достигал 70%. С увеличением содержания аммиака растет и выход С. к. по отношению ко взятому метану; при соотношении метан : аммиак=3 : 7 достигается количественное превращение метана в С. к. Конечный продукт синтеза—чистый цианистый аммоний.

5. Метод получения С. к. из окиси углерода и аммиака по схеме

$$CO + NH_3 = HCN + H_2O$$

за последние годы приобретает все более выдающееся значение. Майль и де-Гордон в 1918 г. впервые указали на возможность получения HCN из CO и NH_3 над Al_2O_3 или ThO_2 при *t°* 400—500°. Ими была установлена каталитическая природа реакции, влияние состава контакта на *t°* начала реакции и на величину выхода С. к. Начиная с этого времени появились многочисленные патенты на получение С. к. из CO и NH_3.

Сохраняя б. или м. постоянные темп-рные условия, патенты эти обнаруживают большое разнообразие предлагаемых катализаторов. Так, Гольдзильбер Шейдеанштальт предлагает в качестве катализатора активированный уголь нейтральный или слабо щелочный, чистый или покрытый металлами, окислами и т. п., или пропитанный гидратами окисей, карбонатами, силикатами, боратами, фосфатами,

сульфидами и цианидами щелочных или щелочноземельных металлов. BASF (1923 г.) предлагает применять стекловидную окись алюминия, чистую или с примесями ThO_2. ZrO_2, окиси урана; I. G.—Al_2O_3, ZrO_2, ThO_2, окись урана; Франк и Каро—окиси щелочноземельных металлов или магния или могущие их дать соединения; Бредиг и Элод—соединения редких земель (особенно дидима, лантана, церия), а также окислы Ti, Mo, урана и особенно ванадия, далее те же вещества в смесях с другими катализаторами, напр. Al_2O_3, карбиды Si, Ti, Zr, смеси их («силит» и «силокситон»), силициды тех же металлов, карбид Al, ThO_2.

Изучение кинетики реакции Бредигом и Элодом в пределах $t°$ 500—700° с катализаторами Al_2O_3, ThO_2, CeO_2 с переносчиком и без него показало, что лучшие выходы С. к. получаются с Al_2O_3 без переносчика и с CeO_2 на фаянсе. Выход С. к. растет с повышением $t°$, содержания CO и скорости тока газовой смеси. При $CO : NH_3 = 20 : 1$, «скорости газа 12 *л/ч* (при времени контрактирования $^1/_{10}$ мин.) и при $t° = 700°$, выход HCN доходит до 65% от взятого NH_3, при потере аммиака на диссоциацию ~14%; при соотношении $CO : NH_3 = 5 : 1$ выход HCN—48%. Помимо основной реакции ($CO + 2NH_3 = NH_4CN + H_2O$) идет частичная реакция диссоциации аммиака на элементы, причем потеря аммиака доходит в ряде опытов до $^1/_4$—$^1/_5$ от выхода С. к. (при 500° потеря равна 2÷6%, при 600°—до 12%, при 700°—7÷18%. Параллельно с основной реакцией идет еще реакция между окисью углерода и водяным паром: $CO + H_2O = H_2 + CO_2$; поэтому с ростом выхода HCN всегда наблюдается и рост выхода H_2. Получающаяся CO_2 во многих случаях вредит основной реакции. Несколько иной метод получения HCN из CO и NH_3 предложил де-Ламбилли. Последний пропускал смесь NH_3, CO, H_2O при 80÷150° над древесным и животным углем или над кусками пемзы. При этом сначала идет образование муравьинокислого аммония и формамида по следующим уравнениям:

$$NH_3 + CO + H_2O = HCOONH_4;$$
$$NH_3 + CO = HCONH_2.$$

Полученные продукты еще раз пропускают при 210° для образования HCN:

$$HCOONH_4 = HCN + 2H_2O;$$
$$HCONH_2 = HCN + H_2O.$$

С. к. также м. б. получена из муравьиных эфиров и аммиака. I. G. и BASF взяли несколько патентов на получение HCN из метилформиата и аммиака над катализаторами ThO_2 и Al_2O_3 при $t°$ 180—250°.

6. Получение С. к. из окислов азота. Были предложения получения HCN из аммиака и окислов азота. Смесь NH_3 и закиси азота при пропускании над накаленным докрасна древесным углем дает HCN:

$$2NH_3 + N_2O + C = 4HCN + H_2O.$$

По Элоду и Недельману С. к. получается с помощью пирореакции из NO и углеводородов; лучшим катализатором является смесь Al_2O_3 и кварца в соотношении 1 : 1.

Наиболее актуальным методом промышленного получения С. к. надо считать синтез из окиси углерода и аммиака, поскольку он увязывается с целым рядом смежных производств: производством сжатых газов (кислорода, водорода, азота), аммиачно-содовым, азотнокислотным, азотно-туковым, получением синтетического топлива (метанол) и др. Поэтому разрешение вопроса получения дешевого сырья—получение аммиака синтетич. путем из азота воздуха—и выдвинуло за границей за последние годы этот метод как наиболее рентабельный. Однако во многих случаях не исключается возможность применения и других методов. Из них наибольший интерес представляет получение С. к. из элементов. В данном случае исходное сырье (азот воздуха) является наиболее дешевым. Получение С. к. электрохимич. путем из азота воздуха и всякого рода углеродсодержащих соединений с успехом м. б. применено в районах дешевой электрич. энергии. Наряду с этим сохраняет свое значение и проблема использования промышленных отбросов для получения С. к.; сюда относится улавливание С. к. из продуктов пиролиза каменного угля, доменных и генераторных газов, крекинг мелассы на сахарных з-дах и др.

Анализ HCN. Качественное определение HCN производят нагреванием ее со щелочным раствором закисной соли железа, затем при подкислении HCl и последующем прибавлении окисной соли железа, получается синий осадок берлинской лазури; чувствительность реакции 1 : 50 000. При кипячении с многосернистым аммонием и выпаривании досуха, затем при подкислении и прибавлении соли окиси железа—кровянокрасная окраска (родановая реакция); чувствительность 1 : 4 000 000. Количественно HCN (по Либиху) определяют титрованием $^1/_{10}$ *N* $AgNO_3$, приливая к отмеренному объему с содержанием около 1,1 *г* HCN в щелочном растворе KOH или NaOH раствор серебра до появления белой мути. 1 *см*³ $^1/_{10}N$ $AgNO_3 = 0{,}0054$ *г* HCN. По Фольгарду к отмеренному объему раствора HCN или ее соли, подкисленному HNO_3, приливают избыток $^1/_{10}$ *N* $AgNO_3$, взбалтывают, фильтруют через сухой фильтр, фильтрат титруют $^1/_{10}$ *N* KCNS в присутствии соли окиси железа как индикатора (1 *см*³ $^1/_{10}$ *N* $AgNO_3 = 0{,}0027$ *г HCN*). По Дени же в присутствии аммиака—к отмеренному объему раствора HCN приливают 10 *см*³ 10%-ного NH_3, 10—15 капель 10%-ного KJ и титруют $^1/_{10}$ *N* $AgNO_3$ до появления желтоватой опалесценции. Колориметрическое определение HCN основано на появлении красной окраски от приливания цианида к щелочному раствору пикриновой к-ты (изопурпуровая реакция). В 25-*см*³ мерный цилиндр приливают 3 *см*³ насыщенной пикриновой к-ты, 1 *см*³ 5%-ного Na_2CO_3 и 1 *см*³ испытуемого раствора. Ставят на 5 мин. на водяную баню, охлаждают и дополняют до 25 *см*³ воды. Сравнивают в колориметре со стандартом. Чувствительность 1 : 5 000 000. Можно использовать также бензидиновую реакцию: смешивают 3%-ную уксуснокислую медь (1 капля) с насыщенным раствором бензидина (5 капель) с 1 *см*³ 10%-ной Na_2HPO_4 и $^1/_{20}$ ч. воды; приливая каплю реактива в испытуемый раствор, получают синее окрашивание. Для определения наличия паров HCN в воздухе пользуются бензидиновой бумажкой (фильтровальная бумажка, смоченная раствором соли меди и после того раствором соли бензидина): при концентрации HCN выше 25 *мг/м*³ синяя окраска появляется не позже 7 ск.

Применение С. к. HCN в свободном состоянии, а также в виде комплексного соединения $Ca(CN)_2 \cdot 2HCN$, известного под названием твердой С. к., применяется в с. х. в смеси с хлором, фосгеном, жидкой углекислотой в борьбе с вредителями (полевыми мышами, кротами, сусликами и др.). В Испании, Калифорнии, Японии, Южной Африке С. к. применяется против вредителей плодовых деревьев и виноградников, против хлебных вредителей, насекомых—домашних паразитов (клопов, блох и др.). За последние годы были проведены успешные опыты применения синильной кислоты для дозревания плодов и овощей (см. также *Этилен*). В медицинской практике С. к. идет для приготовления некоторых фарм. препаратов (искусственное горькоминдальное масло, лавровишневые капли). Как дезинфицирующее средство С. к. употребляется с давних пор, еще лучше с последующим применением формальдегида, который является и дегазатором по отношению к С. к. Применение С. к. в военном деле в качестве боевого отравляющего вещества несмотря на ее высокую ядовитость и смертоносное действие не имело заметного успеха, гл. обр. благодаря малому уд. весу паров С. к. (0,93 по отношению к воздуху) и ее малой устойчивости. Попытки боевого применения смесей С. к. с мало летучими жидкостями, напр. с хлорным оловом, хлористым мышьяком, хлороформом (франц. «винсеннит») также до настоящего времени не увенчались успехом. Однако в будущем не исключена возможность подыскания таких смесей С. к., которые окажутся вполне действительными боевыми средствами химич. борьбы.

Лит.: Некрасов В., Химия отравляющих веществ, М.—Л., 1929; Либерман Г., Химия и технология отравляющих веществ, М.—Л., 1931; Зимаков, «Ж», 1929, т. 61, стр. 997; Bredig u. Teichmann, «Ztschr. f. Elektrochemie», B., 1925, B. 31, p. 449; Pascal, «CR», 1925, v. 180, p. 1850; Meyer K. u. Hopff, «B», 1921, B. 54, p. 1709; Wade, Painting, «Journ. of the Chemical Society», L., 1898, v. 73, p. 256; Guillemard, «CR», 1907, v. 144, p. 141; Bredig, «Chem. Zentr.», 1926, B. 2, p. 2849; Bredig u. Elod, «Ztschr. f. Elektrochemie», Lpz., 1930, B. 36, p. 1003; «Ch. Zentr.», 1926, B. 1, p. 3628; Elod u. Nedelman, «Ztschr. f.

Elektrochemie», Lpz., 1927, B. 33, p. 277; Bertelsman W., Die Technologie der Cyanverbindungen, Mch., 1906; Am. Cyanamid Company, Ам. П. 1513051/1926; Ф. П. 576392.

С. Бобков и П. Зимаков.

СИНТЕЗ ОРГАНИЧЕСКИЙ, совокупность химических методов, дающих возможность, исходя из элементарных веществ или из соединений относительно простого состава, получать в конечном счете сложные органич. (углеродистые) соединения определенного, заранее намеченного химич. состава, а в большинстве случаев и заранее известного строения. В своем первоначальном значении понятие С. о. охватывало только такие процессы, при к-рых имеет место образование сложных молекул из более простых (синтез в буквальном, узком смысле этого слова). В настоящее время общепринято придавать понятию С. о. более широкий смысл: сюда относят все методы искусственного получения желаемых органич. соединений, не исключая и таких реакций, в к-рых осуществляется дезагрегация сложных молекул на более простые или происходит лишь перегруппировка атомов внутри молекулы (изомеризация, циклизация, размыкание циклов).

Начало С. о. было положено историч. реакцией Вёлера, получившего в 1828 г. мочевину изомеризацией циановокислого аммония, который в свою очередь м. б. получен (синтезирован) из элементов; эта реакция была так. обр. первым полным синтезом органич. вещества, известного до тех пор лишь как продукт жизнедеятельности организмов. Вслед за тем был произведен полный синтез уксусной кислоты (Франкланд и Кольбе, 1848 г.), далее ряд синтезов, выполненных Бертело, Шеврёлем, Бутлеровым и другими исследователями. Вторая половина 19 в. обогатила органич. химию огромным числом разнообразных синтетич. методов, в том числе всевозможными диазореакциями, многочисленными методами *конденсации* (см.) углеродных цепей и замыкания циклов, сложнейшими синтезами Э. Фишера и его учеников и т. д. Работы первой трети 20 в. значительно пополнили методы С. о., уточнили их и некоторым из них позволили придать весьма изящные формы (ксантогеновый метод Чугаева, синтезы Гриньяра, ступенчатое каталитич. восстановление по Паалю и Скита и т. п.). В результате непрерывного прогресса С. о. дал в руки химиков систему весьма совершенных методов, позволяющих строить сложнейшие органич. молекулы почти любой структуры, допускаемой валентностью соответствующих элементов. Подавляющее большинство известных к настоящему времени органич. соединений было реализовано с помощью С. о.

Методика С. о. носит специфич. характер, определяемый условиями проведения реакций между органич. веществами, из к-рых большинство—неэлектролиты. При получении неорганических соединений объектами работы являются в большинстве случаев электролиты либо инертные вещества, не реагирующие при обычных $t°$; в соответствии с этим синтез новых веществ основывается либо на быстро протекающих ионных реакциях в растворах либо на высокотемпературных пирореакциях. Область же С. о. является по преимуществу областью молекулярных, медленно протекающих реакций, могущих принимать различное направление в зависимости от условий их проведения; выход синтезируемого продукта определяется законом действия масс и относительной скоростью главной реакции по сравнению с «побочными», т. е. другими возможными при данных условиях реакциями. Высокие $t°$ (выше 600°) в С. о. используются редко, так как лишь немногие углеродистые соединения переносят их без разложения. Необходимость оперировать в области умеренных $t°$ вызвала к жизни усиленную разработку других (кроме нагревания) способов ускорения реакций; результатом этого явилось включение в практику С. о. разнообразнейших методов фотосинтеза и электросинтеза, применение высоких давлений и особенно широкое использование катализа. В этом отношении за последние 2 десятилетия достигнуты крупнейшие успехи, хотя до сих пор еще не удалось искусственно воспроизвести условия, в к-рых протекают при обычных $t°$ атмосферы сложные биологические синтезы в растительных клетках. Второе затруднение—возможность протекания реакций в нежелательном направлении—нередко удается устранить применением вакуума, или быстрой «закалкой» продукта (выводом его из горячей реакционной зоны в охлаждаемую), или соответствующим подбором катализатора.

Первой стадией «полного» синтеза органич. вещества являются реакции прямого соединения углерода с различными простыми веществами—водородом, кислородом, азотом, серой, фтором, кремнием или металлами. Т. о. получаются простейшие углеродистые соединения, могущие служить исходным материалом для дальнейших синтетич. реакций. Эти последние заключаются в наращивании углеродных цепей (обычно при этом в молекулу вводится и водород) и введении различных неорганич. радикалов (заместителей водорода, субституентов), напр. гидроксила —OH, карбонильного кислорода =O, нитрогруппы —NO_2, аминогруппы —NH_2, сульфогруппы —SO_3H и т. п. На практике чаще всего исходят из готовых органич. соединений растительного, животного или минерального происхождения либо из отдельных продуктов пиролиза углеродсодержащего сырья (угля, нефти, древесины, торфа); эти вещества соответственно подобранными химич. методами переводятся в требуемое соединение, что бывает нередко связано с переходом через ряд промежуточных продуктов.

Все задачи, разрешаемые с помощью С. о., могут быть сведены к следующим общим случаям. I. Исходное вещество содержит углеродную цепь требуемого строения и с требуемым числом атомов углерода. Здесь возможны 4 случая: 1) Исходное вещество не содержит неорганич. замещающих групп или содержит лишь часть требуемых заместителей. В этих случаях недостающие группы вводятся в исходное соединение: а) путем замещения атомов водорода соответствующими субституентами (галоидирование, нитрование, сульфирование, окисление и т. д.) или б) присоединением различных неорганич. молекул (в случае непредельности), напр. галоидов, галоидоводородных к-т, H_2O, H_2SO_4 и т. д. 2) Исходное вещество не содержит требуемых субституентов, но содержит (исключительно или наряду с частью требуемых) другие—иного состава или строения. В этом случае требуемый заместитель вводится следующими путями: а) замещением имеющегося субституента требуемым (омыление галоидопроизводных, амидов и нитрилов, обмен галоида, диазогруппы, гидроксила на другие радикалы и т. д.) и б) превращением имеющегося заместителя в требуемый, что может быть достигнуто отнятием из него части атомов, либо введением новых, либо перегруппировкой наличных атомов в данной группе. 3) Исходное вещество содержит замещающие группы в большем количестве, чем требуется, или наряду с требуемыми содержит излишние посторонние группы. В таких случаях лишние группы отщепляются, напр. путем замещения их водородом (восстановление). 4) Исходное вещество содержит нужные замещающие группы в требуемом количестве, но в ином расположении. В этом случае заместители переводятся на надлежащие места путем изомеризации молекул исходного вещества.

II. Исходные вещества содержат меньшее число атомов углерода, чем требуемый конечный продукт. Путем к получению последнего здесь служит прямой синтез из

двух или более органич. молекул, приводящий либо 1) к наращиванию непрерывной углеродной цепи (цианирование при углероде, полимеризация, всевозможные реакции конденсации, алкилирования и ацилирования; сюда относятся такие важнейшие методы С. о., как реакции Фриделя-Крафтса, Вюрца и Фиттига, Гриньяра, Зайцева и Бутлерова, синтезы с помощью ацетоуксусного и малонового эфиров и т. п.), либо 2) к сочетанию нескольких углеродных цепей через посредство промежуточных неуглеродных связующих звеньев (этерификация, алкилирование и ацилирование в неорганич. радикалах или при гетероатомах основной цепи).

III. Исходное вещество содержит больше атомов углерода, чем конечный продукт. Для получения последнего молекула исходного вещества подвергается расщеплению, что может происходить без присоединения (простое разложение) или с присоединением новых атомных групп (омыление эфиров, окислительный распад и т. д.).

IV. Исходное вещество содержит требуемое число атомов углерода, но цепь иного строения. В этих случаях углеродная цепь перестраивается соответствующим образом, причем возможны следующие варианты: 1) изомеризация открытых цепей (внутримолекулярные перегруппировки), 2) смыкание открытых цепей в замкнутые (циклизация), 3) размыкание замкнутых цепей в открытые и 4) изомеризация замкнутых цепей. Сюда же можно отнести случаи, когда путем отнятия нек-рых атомных групп создаются кратные связи между углеродными атомами цепи, и обратно—путем присоединения таких групп кратные связи преобразуются в простые.

Характеристику отдельных методов органич. синтеза и примеры соответствующих реакций см. *Промежуточные продукты* для синтеза красителей.

Практич. значение С. о. заключается в том, что он 1) является одним из наиболее надежных способов установления структуры сложных органических веществ, 2) непрерывно обогащает область органич. химии новыми химич. индивидуумами и новыми классами соединений, 3) имеет широкое и разностороннее применение в технике. В области химич. технологии С. о. позволил организовать на базе дешевого сырья крупное производство таких веществ, к-рые ранее добывались в готовом виде из природных источников (напр. ализарин, индиго), а также ввести в практику потребления огромное количество новых продуктов (синтетич. красители и т. п.). Наиболее крупное значение С. о. приобрел в пром-сти красящих веществ, в производстве растворителей, фармацевтич. и парфюмерных препаратов, а также в области военной техники (производство взрывчатых веществ). Ближайшие годы намечают мощное развитие методов органического синтеза в области получения искусственного топлива, синтетического каучука, смол и пластических масс, удобрительных, дубильных и консервирующих веществ, инсекто-фунгисидов и т. д. На очереди—проблема промышленного изготовления синтетических пищевых веществ—углеводов и жиров.

Лит.: Алексеев П., Методы превращения органич. соединений, Киев, 1889 (книга до сих пор не утратила своей ценности; русское издание—библиографич. редкость; имеется франц. пер.); Крапивин С., Практич. работы по органич. химии, М., 1910; Ворожцов Н., Основы синтеза красителей, М.—Л., 1925; Гаттерман Л., Практич. работы по органич. химии, пер. с нем., 3 изд., Л., 1926; Гаттерман Л. и Виланд Г., Практич. работы по органич. химии, пер. с нем., Л., 1930—1932; Ортнер Л. и Рейхель Л., Практикум по органич. химии, пер. с нем., М.—Л., 1931; Elbs K., Synthetische Darstellungsmethoden d. Kohlenstoff-Verbindungen, B. 1—2, Lpz., 1891; Houben-Weyl, Die Methoden d. organischen Chemie, 3 Aufl., Lpz., 1924—1929; Lassar-Cohn, Arbeitsmethoden f. die organisch-chemische Laboratorien, 5 Aufl., Lpz., 1922—1923; Posner T., Lehrbuch d. synthetischen Methoden d. organischen Chemie, 1903; Schmidt J., Synthetisch-organische Chemie d. Neuzeit, 2 Aufl., Wiedemann's Serie, B. 23, Brschw., 1926; Porter Ch. W. a. oth., The Methods of Organic Chemistry, Boston, 1927; Vanino L., Handbuch d. präparativen Chemie, B. 2, Organischer Teil, 2 Aufl., Stuttgart, 1923; Holleman A. F., Die direkte Einführung von Substituenten in dem Benzolkern, Berlin, 1910; Bate S. C., The Synthesis of Bensene Derivatives, London, 1926.

В. Янковский.

СИНТЕТИЧЕСКИЙ КАУЧУК. Первые наблюдения по превращению диэтиленовых углеводородов в каучукоподобные вещества (в С. к.) были сделаны Г. Бушарда в 1879 году при нагревании изопрена и И. Кондаковым в 1901 году при автополимеризации диизопропенила [1]. Вопрос о синтезе каучука как о практич. задаче был впервые поставлен в 1909 г. В этом году и в ближайшие годы производилось обследование явлений полимеризации и связанного с этим вопросом получения С. к. независимо и одновременно С. Лебедевым [2] в России, Гарриесом [3] и Гофманом [ ] в Германии, Перкином и Метьюсом в Англии [1]. Впоследствии вопросами синтеза каучука в России занимались И. Остромысленский [5] и Б. Бызов. Наибольшее внимание этому вопросу было уделено в Германии, где во время войны был построен завод С. к. из диизопропенила. Он выпустил свыше 2 000 *т* каучука. С окончанием войны этот завод был закрыт.

В 1926 г. по инициативе ВСНХ была возобновлена работа по С. к. в СССР. Разработанный С. Лебедевым способ получения дивинилового каучука из спирта был изучен на опытном з-де в Ленинграде. Первый большой завод, работающий по этому способу, пущен в ход 7 июля 1932 г. в Ярославле; второй завод пущен 14 сентября 1932 г. в Воронеже. Постройка двух других заводов этого типа (в Ефремове и Казани) близится к окончанию. Вопросы, связанные с получением С. к. из нефти, также разрабатываются на опытном з-де в Ленинграде.

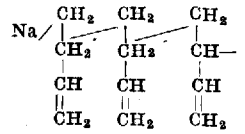
Химия С. к. сейчас достаточно определенно намечает пути своего дальнейшего развития. Если до недавнего времени она стремилась к тому, чтобы С. к. возможно точнее копировал свойства природного каучука, то в настоящее время задача ставится значительно шире. Всякая новая форма С. к. приносит новый комплекс свойств, которых нет ни у природного каучука ни у других С. к. Способностью превращаться в высокомолекулярные полимеры, обладающие рядом признаков природного каучука (эластичность, способность вулканизоваться горячим и холодным способом), отличаются многие вещества, имеющие в молекуле сопряженную систему двойных связей:

$$C{=}C{-}C{=}C.$$

Эту группировку атомов можно назвать каучукофором. Процесс получения С. к. поэтому распадается на следующие две операции: 1) синтез веществ, имеющих в молекуле каучукофор (обычно это углеводороды, но в последнее время внимание исследователей стали привлекать производные этих углеводородов, например вещества, содержащие хлор или этоксильную группу $-O{\cdot}C_2H_5$) и 2) превращение этих веществ в высокомолекулярные полимеры, или полимеризация. Строение полимерных форм С. к. в значительной степени разъяснено изучением действия на них озона (метод Гарриеса) и обследованием продуктов, получающихся при распаде озонидов. Различают два типа полимеров (каучуков): нормальные и анормальные. Первые получаются в результате самопроизвольной полимеризации при комнатной $t°$ или при нагревании—обычно в пределах $50 \div 150°$. Их строение аналогично строению природного каучука. Для изопрена напр. строение нормального полимера таково:

$$[-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}{=}CH-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}{=}CH-CH_2-]_x.$$

Анормальные каучуки имеют структуру, отличную от структуры природного каучука. Такие каучуки получаются при полимеризации, протекающей под влиянием энергичных возбудителей процесса. Наибольший интерес имеет вопрос о структуре каучуков, заполимеризованных действием металлич. натрия. На основании работ Циглера [6] натрийбутадиеновому каучуку приписывают структуру



Вопрос этот однако не может считаться окончательно решенным.

Синтез исходных материалов. Бутадиен-1,3, иначе дивинил, винилэтилен, эритрен [5, 7] $CH_2:CH\cdot CH:CH_2$. При атмосферном давлении это газ, $t°_{кип.}$ −4,3° (751 *мм*). $D_4^{20}=0{,}65615$; $D_4^0=0{,}64483$; $D_4^{15}=0{,}62743$. Молекулярная рефракция $MR_D=20{,}85$. Для ф-лы C_4H_6 требуется $MR_D=19{,}72$. Отсюда экзальтация +1,13. Упругость пара p в пределах от −79° до +29,8° имеет следующие значения в *мм*:

$t°$	−79	−58	−29	−14	−7,2	0	+8,2	+15,0	+29,8
p	20	116	338	529	692	902	1 215	1 532	2 419

Бутадиен как углеводород ненасыщенный способен присоединять по две молекулы водорода, галоидоводородных кислот, хлора, брома. Как вещество, содержащее сопряженную систему двойных связей, он способен присоединять сернистый ангидрид, а также молекулу малеинового ангидрида. Наиболее характерная реакция для бутадиена—присоединение брома. При избытке этого реактива образуется кристаллич. плавящийся около 110° тетрабромид $C_4H_6Br_4$. Главная масса (90%) этого бромида состоит из высокоплавкой модификации с $t°_{пл.}$ 118°. В виде примеси имеется ок. 10% низкоплавкой модификации с $t°_{пл.}$ 39°. Металлич. цинком в спиртовой среде бутадиен регенерируется количественно из обоих тетрабромидов. Количественное определение бутадиена производится или в виде тетрабромида или в форме соединения с малеиновым ангидридом. Впервые бутадиен-1,3 был получен Кавенту в 1862 г. при разложении паров амилового спирта в железной трубке при красном калении. Этот способ не имеет практического значения. Известно свыше двух десятков способов получения бутадиена-1,3. Здесь приведены лишь те, которые по доступности сырья и выходам имеют практич. значение или могут его получить при усовершенствовании. 1) Из ацетилена. Недавно химиками америк. Общества Дю-Пон-де-Немур [10] разработан способ получения димерной формы ацетилена. Получается он при каталитическом действии CuCl. Его формула: $CH:C\cdot CH:CH_2$. Превращение этого углеводорода в бутадиен возможно при частичном присоединении водорода

$$CH:C\cdot CH:CH_2+H_2\rightarrow CH_2:CH\cdot CH:CH_2.$$

Однако проведение этого процесса с хорошими выходами может натолкнуться на значительные затруднения вследствие его осложнения образованием продуктов дальнейшего присоединения водорода к бутадиену. Оригинальный выход из положения был найден в замене водорода хлористым водородом. При этом был получен охлоренный аналог бутадиена—хлоропрен, способный полимеризоваться в каучукоподобное вещество. 2) Смесь ацетилена и этилена, взятых в эквимолекулярных количествах, по наблюдениям Бертело (1867 г.) дает нек рое количество бутадиена при пропускании через накаленную докрасна трубку. Процесс течет по уравнению:

$$CH:CH+CH_2:CH_2\rightarrow CH_2:CH\cdot CH:CH_2.$$

Этот способ пока не имеет практич. значения вследствие малых выходов бутадиена. 3) Можно считать установленным, что большинство органич. соединений при пирогенном разложении образует неко орое количество бутадиена-1,3. Количество бутадиена колеблется в широких пределах, в зависимости от исходного материала и от условий процесса. Наиболее обещающим сырьем для пирогенного процесса образования бутадиена-1,3 является нефть; может быть нек-рые специальные сорта нефти окажутся особо пригодными. Образовать бутадиен способна как сама нефть, так и все ее фракции. Оптимальные условия процесса: $t°$ 700÷750° и возможно быстрое удаление образовавшегося бутадиена из сферы высокой $t°$ (закалка). По опытам С. Лебедева [8] и его сотрудников из бакинской нефти и ее фракций были получены такие выходы бутадиена: бибиэйбатская нефть 3,75%; различные фракции бензина 7,5 11%; керосин 6,0%; соляровое масло 5,5%; мазут 2,5%. При существующих способах пиролиза нефти (получение светильного газа и блаугаза, ароматизация нефти, крекинг) количество возникающего в процессе бутадиена повидимому колеблется от предела, близкого к 1%, до малых долей процента. Вопрос о выделении и эксплоатации бутадиена, образующегося при процессах пирогенизации нефти, в особенности при ожидаемом широком развитии крекинга, является вопросом значительной экономической важности. Значительные трудности встретятся при очистке нефтяного бутадиена-1,3 от многочисленных сопровождающих его других непредельных углеводородов. Последние затрудняют полимеризацию бутадиена и повидимому неблагоприятно отзываются на качестве получающегося каучука. 4) Из ацетальдегида можно получить бутадиен-1,3 в три последовательные фазы: а) полимеризация альдегида в альдоль под влиянием щелочей:

$$2CH_3\cdot CHO=CH_3\cdot CH(OH)\cdot CH_2\cdot CHO;$$

б) восстановлением альдола в 1,3-бутиленгликоль электролитически или каталитически:

$$CH_3\cdot CH(OH)\cdot CH_2\cdot CHO+H_2=CH_3\cdot CH(OH)\cdot CH_2\cdot CH_2(OH);$$

в) дегидратация 1,3-бутиленгликоля в бутадиен-1,3 в присутствии водоотщепляющих катализаторов:

$$CH_3\cdot CH(OH)\cdot CH_2\cdot CH_2(OH)=2H_2O+CH_2:CH\cdot CH:CH_2.$$

Исходный альдегид м. б. получен или из ацетилена (способ М. Кучерова) или из этилового спирта. Этот способ может стать приемлемым при проведении всех трех фаз с весьма высокими выходами. 5) Из смеси альдегида со спиртом по способу, разработанному И. Остромысленским [5]. Эквимолекулярная смесь альдегида и спирта, пропущенная через трубку с окисью алюминия, при 360÷460° образует бутадиен-1,3 в значительных количествах. Реакция повидимому течет через 1,3-бутиленгликоль:

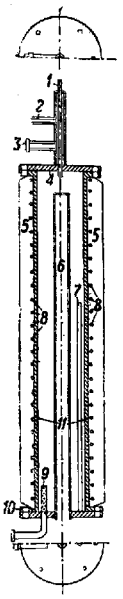
$$CH_3\cdot CHO+CH_3\cdot CH_2(OH)=CH_3\cdot CH(OH)\cdot CH_2\cdot CH_2(OH),$$

к-рый далее дегидратируется окисью алюминия в бутадиен-1,3. Этот способ был проведен на специальной установке на заводе «Крас-

ный Богатырь» в Москве в 1919—22 гг. Было найдено, что выход бутадиена по этому способу равен 6%. 6) Из этилового спирта С. Лебедевым [9] был разработан очень простой способ получения бутадиена, непосредственно из спирта. Пары этилового спирта пропускают через трубу, заключающую катализатор, при 425—450°. Катализатор представляет тесную смесь вещества, способного отщеплять от спирта воду, напр. Al_2O_3, с веществом, способным отщеплять от спирта водород, напр. ZnO. Реакция течет по ур-иям:

$$2CH_3\cdot CH_2(OH)=2H_2O+H_2+CH_2:CH\cdot CH:CH_2,$$
$$3CH_3\cdot CH_2(OH)=3H_2O+H_2+C_6H_{10}\ \text{и т. д.}$$

Первая из этих реакций преобладает, остальные имеют подчиненный характер. Побочными продуктами при этом процессе являются: этилен, псевдобутилен, уксусный альдегид, эфир, нормальный бутиловый и гексиловый спирты и другие продукты. При хорошо подобранном катализаторе выходы бутадиена превосходят 20% на затраченный спирт. По этому способу будут получать бутадиен первые строящиеся заводы С. к. в СССР.



Фиг. 1.

Фиг. 1 и 2 представляют установки для переработки 80 *кг* спирта в сутки. Химически процесс является однофазным. Технологически он разбит на четыре части: 1) контактное разложение спирта; 2) разделение продуктов разложения на жидкий конденсат и газ; 3) переработка газа; 4) переработка жидкого конденсата. Аппаратом для контактного разложения является печь, состоящая из системы труб, наполненных рыхлой контактной массой. Трубы обогреваются отдельно или в общей оболочке. На фиг. 1 изображена отдельная печь с двусторонним электрич. нагревом (диам. 10 *см*, длина 1 *м*, материал красная медь). На фиг. 1: *1*—карман, *2*—вакуум, *3*—трубка для поступающих паров спирта, *4*—верхний фланец (железо), *5*—изоляция (асбест), *6*—карман для внутреннего нагрева (красная медь), *7*—карман для термопары печи (красная медь), *8*—намотка (нихром), *9*—трубка для отводящих газов из печи, *10*—нижний фланец, *11*—стенки печи. На фиг. 2 изображена батарея из 6 таких печей: *1*—бак для спирта, *2*—мерники для спирта, *3*—перегреватели для спирта, *4*—печи, *5*—ледяной холодильник, *6*—приемник конденсата, *7*—эксгаустер, отводящий газ разложения в систэму поглотителей. Процесс разложения ведется при *t*° ок. 450°. Пройдя через холодильник, продукты разложения разделяются на газ и жидкий конденсат. Газ состоит из бутадиена-1,3 и ряда побочных продуктов: водорода, этилена, псевдобутилена и незначительных количеств окиси углерода и метана. Газ содержит значительное количество паров летучих жидкостей, входящих в состав конденсата. Переработка газа протекает так. обр.: газ, вышедший из холодильника *5*, поступает через газомеритель *8* на скрубберы *9*, орошаемые жидкостью, способной растворять тяжелые составные части газа, включая бутадиен и псевдобутилен. Такой жидкостью может служить скипидар, тетралин и др. Скрубберная жидкость стекает в бачки *10*, а газ, состоящий главным образом из H_2, C_2H_4, CO и CH_4, через газомеритель *11* поступает в газгольдер. Скрубберная жидкость передается насосом *12* в перегонные кубы *13*, снабженные насадкой *14*. Здесь из скрубберной жидкости отгоняются растворенные в ней газы и летучие продукты разложения спирта. При помощи компрессора *15* и холодильника *16* газы конденсируются и передаются на ректификационный аппарат. Последний состоит из бака *17*, колонны *18*, дефлегматора *19*, промывателя *20*, сушила *21*, холодильника *22* и приемника для ректификованного бутадиена *23*. Ректификация ведется под давлением около 3 *atm*. В промывателе *20* бутадиен освобождается от примеси альдегида. Ректификованный бутадиен, содержащий в качестве примесей псевдобутилен, диэтиловый эфир и нек-рые другие вещества поступает на полимеризацию. Для переработки жидкого конденсата его перекачивают из бака *6* в куб *24* ректификационного аппарата, состоящего из колонны *25*, дефлегматора *26*, холодильника *27* и приемников *28*. Конденсат состоит из неразложенного спирта, воды, уксусного альдегида, диэтилового эфира, бутилового и гексилового спиртов, некоторых карбонильных соединений, а также углеводородов этиленовых, двуэтиленовых и бензольных. Конденсат подвергают разделению на фракции. Из них путем ряда физических и химических операций выделяются в технически чистом состоянии перечисленные выше отходы.

Изопрен [7], иначе метил-2-бутадиен-1,3, или β-метилдивинил,

$$CH_2:C(CH_3)\cdot CH:CH_2$$

бесцветная, очень подвижная жидкость своеобразного резкого запаха. Его физические константы приведены в след. таблице:

Характеристики	по Гарриесу [3]	по С. Лебедеву [2]
$t°$ *кип.*	33,75÷34° (762 *мм*)	34,5° (765 *мм*)
Уд. в.	$D_4^{21,5}=0,6793$	$D_4^{20,0}=0,6803$
Показ. преломл. . .	$n_D^{21,0}=1,42267$	$n_D^{20,0}=1,42207$
Молекулярная рефракция MR_D . . .	25,45	25,10 найд. / 24,33 выч.
Экзальтация	—	1,07

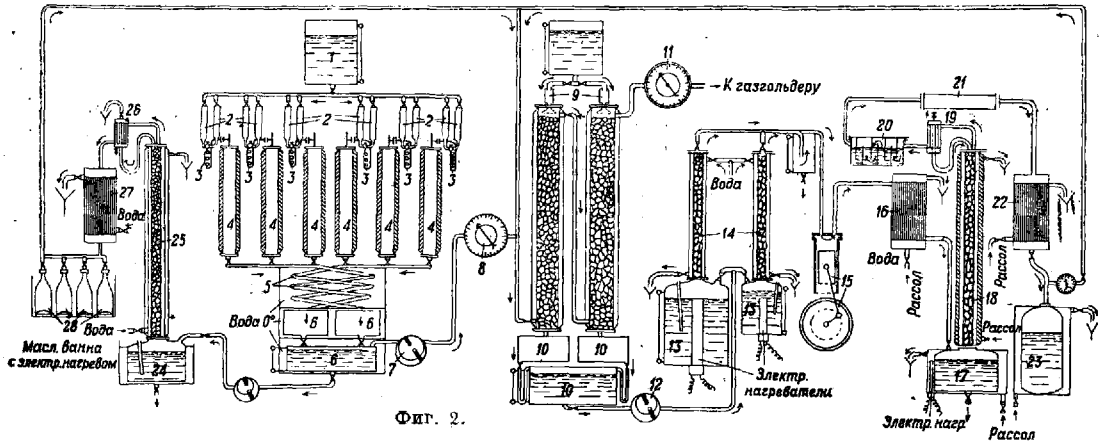
Изопрен легко присоединяет две молекулы водорода в присутствии металлич. катализаторов: никеля, платины, палладия. Конечным продуктом реакции является изопентан. В промежуточной фазе образуется смесь амиленов: изопропилэтилена, несимметрического метилэтилэтилена и триметилэтилена. Бром присоединяется в количестве двух молекул. Первая молекула присоединяется преимущественно к крайним углеродным атомам сопряженной системы:

$$CH_2Br\cdot C(CH_3):CH\cdot CH_2Br$$

Вторая присоединяется значительно труднее. И дибромид и тетрабромид жидки. Хлористый и бромистый водород присоединяются легко, образуя при полном насыщении жидкие гидробромиды (или гидрохлориды), например

$$CH_3\cdot CBr(CH_3)\cdot CH_2\cdot CH_2Br.$$

Эти соединения имеют существенное значение для выделения изопрена в химически чистом состоянии из смеси других углеводородов. Подобно большинству сопряженных систем изопрен способен образовать соединение с сернистым ангидридом SO_2. Этот последний может быть взят для реакции и в газообразном состоянии и в виде водного раствора. Это соединение известно в двух формах: кристаллической и аморфной. Из первой изопрен можно регенерировать нагреванием; вторая при нагревании разлагается. Для количественного определения



Фиг. 2.

изопрена пригодны дигидрохлорид и дигидробромид; однако для получения точных цифр при посредстве этих соединений надо располагать значительным количеством анализируемого материала. Повидимому наилучшим аналитич. методом является получение кристаллич. соединения изопрена с малеиновым ангидридом по методу Дильса [11].

Впервые изопрен был выделен Виллиамсом в 1860 г. из продуктов пирогенного разложения каучука; строение его было установлено работами Ипатьева и Мокиевского. Описано и запатентовано громадное количество способов получения изопрена. Здесь приведены лишь немногие способы для характеристики тех путей, по к-рым в этой области движется химическая мысль. Очевидно только тот способ может рассчитывать на успех, который имеет дешевую сырьевую базу. Сырьем настоящего момента служат: нефть и продукты ее крекинга, каменный уголь, а также получающиеся из него продукты (газ, деготь, первичная смола), целлюлоза, крахмал и получающиеся из них продукты (спирт, сивушное масло, ацетон), скипидар, ацетилен. По каждой из этих категорий сырья зарегистрировано немало способов синтеза и вариантов этих способов.

1) При пирогенизации нефти [7] и ее погонов всегда образуется незначительное количество изопрена. Одна часть его находится в легких жидких продуктах пирогенизации, а другая в газообразных продуктах, откуда он может быть извлечен скрубберным промыванием или же комбинацией компримирования с охлаждением. Полученный таким способом изопрен смешан со значительным количеством других углеводородов, преимущественно триметилэтилена, от которых он неотделим перегонкой. Удобных физич. методов очистки изопрена от триметилэтилена до сих пор неизвестно; необходимо применение химических способов. Во всяком случае предварительная очистка изопрена перед полимеризацией необходима, в виду способности изопрена увлекать в реакцию полимеризации некоторое количество триметилэтилена, что неблагоприятно отражается на качестве полимера. Больший интерес по своей значительной массе представляют те пентаны и пентены различного строения, к-рые образуются при пирогенизации нефти. При мощном развитии крекинга количество пентаново-пентеновой фракции будет очень велико, и ее выделение из продуктов крекинга не представит значительных затруднений. Очевидно м. б. использована и пентановая фракция нефтей, хотя ее количество вообще в нефтях незначительно. Пути превращения в изопрен пентанов и пентенов различного строения хорошо изучены и теоретически и в лабораторном масштабе. Все три возможных пентана:

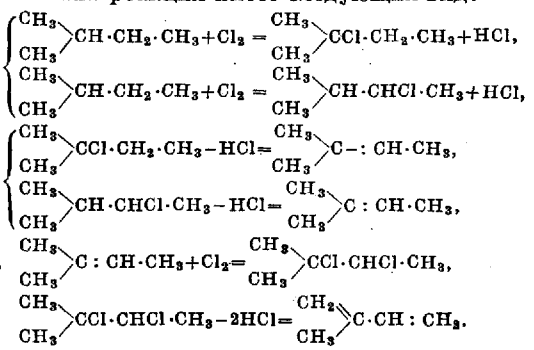
I. $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_3$,

II. $(CH_3)_2CH \cdot CH_2 \cdot CH_3$,

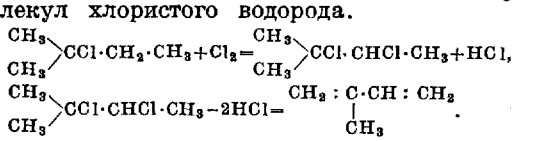
III. $(CH_3)_2C(CH_3)_2$

находятся в нефтях и повидимому с преобладанием второго находятся в продуктах пирогенизации нефтей. Второй из них имеет углеродный скелет тот же, что и изопрен, и переход от него к изопрену наиболее прост. Первый и третий тоже удается, хотя и более сложным путем, превратить в изопрен. Для всех трех пентанов первая фаза процесса одна и та же—хлорирование до получения монохлорпентанов. Для возбуждения процесса хлорирования применяются или катализаторы или ультрафиолетовый свет ртутной лампы. Во второй фазе смесь изомерных хлорпентанов подвергается нагреву 400÷450° в присутствии извести или катализаторов (например $BaCl_2$) для отщепления молекулы хлористого водорода. При этом хлориды пентанов типа II и III образуют почти исключительно триметилэтилен [хлорид пентана (III) с изменением углеродного скелета]; хлориды нормального пентана (I) образуют два изомерных пентена нормального же скелета. Эти последние по указаниям патента BASF могут быть с хорошими выходами изомеризованы в триметилэтилен пропусканием над окисью алюминия при 450°. Полученный во второй фазе триметилэтилен действием хлора превращают в дихлоризопентан. Наконец последний, теряя две молекулы хлористого водорода при повышенной $t°$ в присутствии изве-

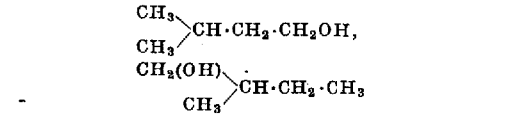
сти или катализаторов, образует изопрен. Для изопентана реакция имеет следующий вид:



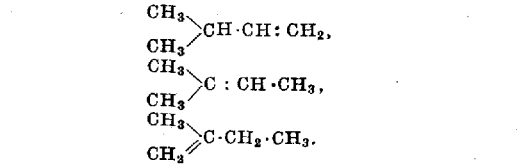
Вариантом описанного выше способа является процесс дальнейшего хлорирования до дихлорида (при действии ультрафиолетовых лучей), полученных в первой фазе монохлоридов изопентана с последующим отщеплением двух молекул хлористого водорода.



2) Сивушное масло, кипящее ок. 130°, представляет смесь амиловых спиртов [7]:

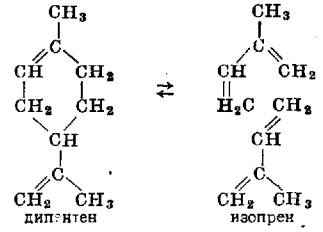


со значительным преобладанием первого. Углеродный скелет обоих спиртов тот же, что и у изопрена. Можно наметить два пути для перехода от этих спиртов к изопрену. По первому пути отщепляют от этих спиртов воду пропусканием паров изоамилового спирта над окисью алюминия при 400°. В результате появляются три амилена, приблизительно в равных количествах:



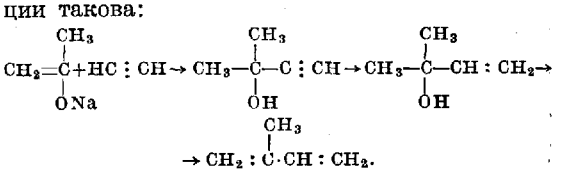
Действием хлора они превращаются в соответственные дихлориды; последние, отщепляя по две молекулы HCl при высокой $t°$ в присутствии катализаторов, образуют изопрен. Нормальным продуктом реакции отщепления HCl при низких температурах являются не изопрен, а соответственно: а) изопропилацетилен, б) диметилаллен и в) непредельный монохлорид; поэтому необходимо допустить во время реакции изомерное превращение исходных хлоридов в такие изомеры, к-рые, отщепляя 2HCl, образуют изопрен. Частично происходит и изомеризация готовых углеводородов в изопрен, к-рый при повышенных $t°$ является повидимому наиболее стойким изомером. Второй путь превращения амиловых спиртов сивушного масла в изопрен заключается в превращении спиртов в монохлориды действием хлористого водорода и в дальнейшем хлорировании монохлоридов до дихлоридов с последующим контактным отщеплением 2HCl при высокой $t°$. Все операции, производимые при высоких $t°$, ведутся при разрежении для предохранения образовавшегося изопрена от разрушения.

3) Способ получения изопрена из скипидара [12] сводится к пирогенному его разложению. В 1884 г. Тильден при пропускании скипидара через нагретую докрасна железную трубку получил ок. 6% сырого изопрена. В. А. Мокиевский показал, что этот сырой изопрен представляет собою смесь почти равных количеств изопрена и триметилэтилена. Впоследствии было установлено, что различные углеводороды, входящие в состав скипидара, далеко не одинаково пригодны для получения изопрена. Хорошие выходы получаются из дипентена, лимонена, карвестрена (сильвестрена) и тех углеводородов, к-рые могут изомеризоваться в только что перечисленные. Объясняется это тем, что дипентен и сильвестрен являются димерными формами изопрена, и образование из них изопрена является естественным процессом диссоциации этих димерных форм.



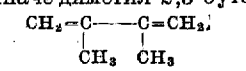
Существенные усовершенствования этого процесса были внесены Зильберрадом и Штаудингером, которые показали, что применение при реакции пирогенного разложения дипентена пониженного давления или разведения паров дипентена инертными газами значительно повышает выходы изопрена, предохраняя образовавшийся изопрен от разложения. Той же цели достигает и быстрое удаление изопрена из области высоких $t°$ (закалка). При соблюдении этих условий Штаудингеру удалось повысить выход сырого изопрена до 60%. Прибор, в котором получают изопрен пирогенизацией скипидара или его фракций при соблюдении упомянутых выше условий, носит название изопреповой лампы. Существенной частью этого прибора является накаливаемая током спираль из металлич. проволоки, через витки которой проходит пар разлагаемого материала.

4) Значительный интерес представляет синтез по способу Мерлинга из ацетона и ацетилена. Так как ацетон сейчас синтезируется из ацетилена, то материалом для этого синтеза изопрена можно считать один ацетилен. Реакция проводится через натриевое производное и ведет к образованию спирта, содержащего в молекуле ацетиленовую связь. Ацетиленовую связь затем восстанавливают до этиленовой; от полученного т. о. непредельного спирта отщепляют воду и получают изопрен. Схема реакции такова:

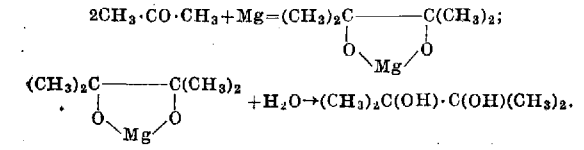


По своей сложности и дороговизне синтез по способу Мерлинга пока имеет лишь теоретический интерес. В нем однако возможны значительные усовершенствования.

Диизопропенил [7], иначе β,γ-диметилдивинил, иначе диметил-2,3-бутадиен-1,3:



Бесцветная жидкость, $t°_{кип.}$ 69°; $D_4^{16,5} = 0,7304$; $n_D^{16,5} = 1,44321$. Молекулярная рефракция MR_D (найдено) = 27,77; для ф-лы C_6H_{10} MR_D (вычислено) = 28,97; отсюда экзальтация = 0,80. Этот углеводород, подобно бутадиену-1,3 и изопрену, способен присоединять два и четыре атома брома, одну и две молекулы галоидоводородных кислот. Первые два атома брома присоединяются с большой легкостью. Получающийся при этом кристаллич. дибромид $C_6H_{10}Br_2$, плавящийся при 48°, может служить для характеристики диизопропенила. Диизопропенил получается из ацетона. Ацетон превращают в пинакон путем восстановления, которое может быть осуществлено по способу Голлемана действием амальгамы магния. Магний м. б. заменен алюминием. Во время войны 1914—18 гг. германцы применяли восстановление ацетона металлич. алюминием в едком натре:



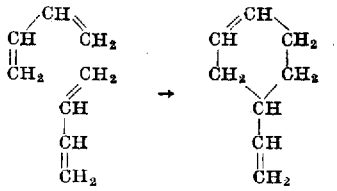
Пинакон после отщепления двух молекул воды превращается в диизопропенил. Отщепление воды производится нагреванием в присутствии катализаторов (Al_2O_3, $KHSO_4$ и др.) или перегонкой под давлением. Т. к. исходным материалом для получения диизопропенила всегда является ацетон, то вариации способа получения этого углеводорода сводятся к различным способам получения ацетона. В настоящее время серьезное значение имеют два способа получения ацетона: 1) брожение глюкозы и других углеводов (параллельно с получением n-бутилового спирта) и 2) синтез из ацетилена через альдегид (по реакции М. Кучерова) и уксусную кислоту.

Полимеризация. Вторая основная операция в синтезе каучука заключается в превращении углеводорода ряда бутадиена (или его производного) в высокомолекулярную форму, б. или м. приближающуюся по свойствам к природному каучуку. Этот процесс носит название полимеризации. Для углеводородов ряда бутадиена его можно выразить общим ур-ием:

$$xC_nH_{2n-2} = [C_nH_{2n-2}]_x.$$

Для каучукоподобных полимеров величина x повидимому варьирует в пределах от нескольких сот до нескольких тысяч. Скорость процесса полимеризации для различных производных бутадиена-1,3 колеблется в очень широких пределах. В зависимости от условий ($t°$, освещение, наличие полимеризующего агента, присутствие стимулирующих или тормозящих примесей) получаются полимеры различного частичного веса и различных свойств.

Ауто- и термополимеризация. Полимеризация чистых бутадиена, изопрена и диизопропенила при комнатной или слегка повышенной $t°$ ведет к образованию только каучукоподобных полимеров высокого частичного веса. Хотя качество получаемого при этом каучука высокое, но по своей медленности этот процесс не имеет практич. значения. При повышении $t°$ скорость процесса быстро нарастает, но при этом часть углеводорода полимеризуется в димерную форму. Количество последней с повышением $t°$ быстро увеличивается. Так, для диизопропенила при $t°$, не превышающих 50°, димер практически не образуется. При 100° образуется около 60% димера и при 150° около 80%. Образование ди- и полимерной формы для бутадиена может быть представлено уравнениями [2]:

I. 

II. $x(CH_2 : CH \cdot CH : CH_2) \rightarrow (-CH_2 \cdot CH : CH \cdot CH_2-$ $-CH_2 \cdot CH : CH \cdot CH_2-CH_2 \cdot CH : CH \cdot CH_2-$ и т. д. x раз).

Т. к. непосредственное превращение димера в полимер невозможно, то димеры, представляющие собою скипидароподобные жидкости, являются пока труднореализуемыми отходами. По своему строению полимеры, получающиеся из чистых углеводородов при комнатной температуре и при нагревании, близки к природному каучуку. Чрезвычайно своеобразный тип автополимеризации был описан И. Кондаковым [13] для диизопропенила. При хранении этот жидкий углеводород постепенно на протяжении нескольких месяцев превращается в белоснежную рыхлую каучукоподобную массу, нерастворимую в обычных растворителях, а лишь набухающую. Впоследствии такой же тип полимеризации был наблюдаем и у изопрена и у дивинила. Легкость образования этой формы возрастает в ряду дивинил — изопрен — диизопропенил. Этого типа полимер диизопропенила под названием «метил-каучук H» был использован в Германии во время войны 1914—1918 гг. Строение полимеров этого типа недостаточно разъяснено.

Полимеризация под влиянием света. Факт, что освещение вызывает полимеризацию многих непредельных веществ, установлен давно. Известно, что дивинил, изопрен и диизопропенил превращаются в высокомолекулярные формы под влиянием ультрафиолетовых лучей. По данным Гарриеса изопрен при этом образует преимущественно твердое каучукоподобное тело. Систематические исследования по действию света на углеводороды с сопряженной системой двойных связей не опубликованы.

Полимеризация под влиянием катализаторов. Большое число патентов описывает полимеризацию дивинила и его гомологов в присутствии различных возбудителей процесса: 1) к-т (преимущественно уксусной) и веществ типа хлорангидридов, 2) кислорода, озона, соединений, содержащих непрочносвязанный кислород (напр. перекиси, окисленный скипидар), 3) металлоорганических соединений, амида натрия, 4) щелочных и щелочноземельных металлов. Большинство этих способов полимеризации не имеет реальной ценности; серьезное значение имеют лишь возбудители группы (4) и в особенности металлич. натрий. Способность металлич. натрия вызывать полимеризацию дивинила и его гомологов была впервые подмечена Метьюсом и Стренджем [14]. В зависимости от материала и условий процесс длится от нескольких дней до

нескольких недель. Темп-ра процесса не должна превышать 60—70° во избежание образования димерных форм. Металлич. натрий вводят в форме проволоки, дисперсии или коллоидного раствора. Количество его д. б. тем меньше, чем удельная поверхность его больше; оно варьирует от малых долей процента для коллоидного раствора до 0,5—2% для проволоки. Этот способ полимеризации имеет особенно важное значение для получения дивинилового каучука. Ведущиеся сейчас исследования на опытном заводе лит. Б в Ленинграде показали значительную гибкость этого способа. В зависимости от условий процесса он может дать каучукоподобные полимеры, растворимые в обычных растворителях (эфир, хлороформ, бензол) или нерастворимые, мягкие или жесткие. Вариация свойств обусловлена величиной мол. веса и возможно различием в строении.

Полимеризация в каучукоподобные полимеры сопровождается громадным сжатием и выделением значительного количества тепла. Сжатие при образовании из мономера каучукоподобных полимеров колеблется для различных углеводородов и различных типов полимера от 20 до 30%. Для дивинила оно близко к 30%. Тепловой эффект полимеризации изопрена в природный каучук равен 450 cal/*г* [15]. Для различных полимеров дивинила тепловой эффект полимеризации колеблется в довольно широких пределах: 315—415 cal на *г* вещества; для растворимых форм—ниже; для нерастворимых форм — выше (для расчета взята теплота полимеризации жидкого дивинила). Столь значительный тепловой эффект полимеризации при малой теплопроводности каучука обусловливает необходимость проведения полимеризации в длительные сроки или применения специальных средств для отвода теплоты реакции. При несоблюдении этих условий подъем *t*° на больших установках может вызвать обугливание полимера.

Свойства синтетических каучуков. На основании опубликованных до сих пор материалов лишь очень немногие С. к. могут быть характеризованы с удовлетворительной полнотой. Характеризованы м. б. разновидности диизопропенилового каучука на основе опыта Германии во время войны 1914—18 гг., а также дивиниловые каучуки на основе данных опытного завода лит. Б в Ленинграде. Для характеристики изопреновых каучуков имеются лишь отрывочные и недостаточные сведения. Есть указания, что изопреновый термополимер наиболее приближается по свойствам к природному каучуку, с которым он имеет одинаковый исходный материал (изопрен) и сходную химич. природу. С. к. присущ ряд признаков, отличающих их от природного.

Окисляемость, стабилизация. Почти все типы синтетического каучука энергично окисляются кислородом воздуха. Окисление тем энергичнее, чем каучук жестче и чем развитее его поверхность. Особенно энергично поэтому окисляется губкоподобный автополимер, описанный Кондаковым для диизопропенила, и аналогичные полимеры дивинила и изопрена. Также чрезвычайно энергично окисляются рыхлые вальцованные шкурки из натрийдивинил-каучука. Длительное хранение таких сортов каучука невозможно. Окисляясь, каучук теряет свои эластич. свойства и через несколько недель или месяцев превращается в хрупкий «сухарь». При неумелом хранении кип такого каучука может наступить самовозгорание, подобно самовозгоранию кип хлопка. Это невыгодное свойство С. к. совершенно устраняется введением антиоксидантов, или стабилизаторов, каковыми являются многие органические основания, многоатомные фенолы и др., напр. введение путем вальцевания 0,5—1% альдоль-α-нафтиламина (Age-rite) совершенно предохраняет от окисления натрий-дивиниловый каучук. Относительно малая окисляемость природного каучука обусловлена наличием в нем стабилизирующих веществ (органических оснований и смол), попадающих в него из латекса при коагуляции.

Ограниченная способность переходить в пластич. состояние. Характерная способность природного каучука переходить в пластич. состояние при механич. обработке на вальцах у некоторых типов С. к. отсутствует совсем, у других выражена очень слабо. С. к. упорно сохраняет свой «нерв». Это обстоятельство затрудняет получение гладкой каландровой пластины из мало наполненных смесей синтетического каучука, а также конфекцию изделий.

Пониженная клейкость. Смеси из С. к., в особенности из сухих типов, обладают пониженной клейкостью по сравнению со смесями из натурального каучука. Хотя свежеобнаженные поверхности таких смесей обладают клейкостью, приближающейся к таковой натурального каучука, она обычно сохраняется недолго и быстро падает. Это обстоятельство затрудняет конфекцию изделий из С. к., т. к. те десятки мин., в течение которых сохраняется клейкость, — срок недостаточный в производстве. Недостаточная пластицируемость и клейкость—два характерных свойства С. к., к которым придется приспособиться резиновой пром-сти. Хотя С. к. поддаются обработке на обычной аппаратуре, применяемой на резиновых заводах для обработки природного каучука, но надо думать, что оригинальные свойства С. к. вызовут к жизни новые и оригинальные способы обработки и новую аппаратуру.

Виды С. к. Диизопропениловый каучук. В Германии во время войны было приготовлено свыше 2 000 *т* этого каучука [16]. Готовилось три сорта каучука. Один из них под названием метил-каучук W получался полимеризацией диизопропенила нагреванием до 70° в течение примерно пяти месяцев и имел вид прозрачной вязкой желтоватой массы. Другой сорт—метил-каучук H—белоснежный губчатый автополимер, полученный холодным способом по Кондакову. Наконец третий сорт получался полимеризацией металлическим натрием в присутствии углекислого газа. Это метил-каучук B. Все три сорта обладали рядом недостатков, из которых наиболее существенным является недостаточная эластичность (кожистость) при обычных *t*°-ных условиях и почти полная потеря эластичности на холоду. Марка W после мастикации может быть растворена. Она применялась для изготовления изделий (шин и пр.). Марка H служила для приготовления эбонита, по электрич. свойствам не уступающего эбониту из натурального каучука. Марка B применялась гл. обр. для изготовления кабелей. После войны производство метил-каучуков было прекращено вследствие низкого качества каучука и его высокой стоимости (15 руб. за *кг* во время войны 1914—18 гг., 7 р. 50 к. после войны).

Бутадиеновый (дивиниловый) каучук. Для дивинила известны следующие полимеры: термополимеры, губчатый автополимер и натрий-полимеры. Термополимер известен в двух модификациях: растворимой и нерастворимой; обе образуются одновременно со значительным преобладанием нерастворимой формы. Термополимер с трудом обрабатывается на вальцах; смеси имеют кожистый характер; вулканизованные—мало прочны. При полимеризации дивинила, содержащего примеси, характер термополимеризата существенно изменяется. Свойства этого каучука мало изучены. По качеству он во всяком случае ниже натрийбутадиен-каучука. Повидимому термополимеризация как метод получения бутадиен-каучука может сохраниться лишь в тех случаях, где натрий неприменим. Такой случай представляет дивинил, получаемый пирогенизацией нефти и ее фракций и неочищенный от углеводородов, реагирующих с натрием (однозамещенные ацетилены, циклопентадиен). Темп-ры, применяемые для термополимеризации, варьируют от 60 до 100°. Дальнейшему повышению темп-ры с целью ускорения процесса препятствует значительное образование димерной формы. Введение веществ, подверженных таутомерным превращениям или легко окисляющихся, ускоряет процесс образования полимера (Б. Бызов). Автополимер губчатый для дивинила был получен лишь в очень небольших количествах; он близок по свойствам к метил-каучуку Н, описанному выше. Изучение его только начинается. Натрийбутадиен-каучук [7, 17] получил наибольшее значение в синтезе каучуков как по удобству и легкости получения, так и по качеству получаемой из него резины. Чистый дивинил в присутствии 0,5—1% натрия в форме тонкой проволоки, равномерно распределенной в массе дивинила, полимеризуется нацело в 2—5 дней. Для заводского дивинила вследствие наличия примесей этот срок увеличивается до 10 и более дней. Характер полимеризата подвержен колебаниям в зависимости от примесей, типа примененного натрия, его распределения и температуры процесса. Для дивинила, получаемого из спирта по описанному выше способу Лебедева, свойства полимеризата варьируют от очень сухого, трудно поддающегося обработке, до мягкого. Чем чище дивинил, чем меньше натрия, тем вообще суше получается полимеризат. Пластичность (по Карреру на приборе Вильямса) полимера, удобного для обработки, колеблется от 0,05 до 0,35. Хорошего качества натриевый полимеризат бутадиена представляет почти бесцветную, очень упругую, прозрачную массу, почти не деформирующуюся при хранении, уд. в. ок. 0,89 (20°). В тех случаях, когда этот каучук предназначен для изоляции и некоторых других специальных задач, его на вальцах отмывают от натрия и сушат в виде листов в вакуум-сушильных аппаратах. Если такие задачи не ставятся, каучук м. б. обработан вместе с заключенным в нем натрием, который при этом окисляется и связывается вводимыми примесями. Отмытый от натрия на вальцах, этот каучук представляет б. или м. рыхлую шкурку, почти бесцветную. Высушенный в атмосфере азота, этот каучук содержит около 0,2% золы. Беззольная часть имеет следующий средний состав: 88,75% С, 11,09% Н, 0,16% О. При хранении на воздухе такой каучук жадно поглощает кислород, теряя постепенно упругие свойства и через несколько месяцев превращается в «сухарь»; он энергично поглощает кислород при обработке на вальцах; так, при мастикации в течение 30, 45 и 60 мин. количество кислорода в каучуке возросло соответственно на 0,25, 1,0 и 0,2%. Введение в натрийбутадиен-каучук обычных для природного каучука антиоксидантов (Age-Rite, Neosan-D.) в количестве 0,5—1%, как показали двухлетние наблюдения, совершенно его стабилизует. Растворимость для натрийбутадиен-каучука не является характерной константой; она варьирует очень широко от легкой растворимости в эфире, бензоле, бензине, хлороформе и других растворителях до полной нерастворимости в этих жидкостях. Растворимость зависит от условий полимеризации, от термич. обработки, от степени окисленности. Все условия, ведущие к получению сухого полимера высокого молекулярного веса, ведут к уменьшению растворимости. К этому же ведет длительная термич. обработка. Нерастворимые формы лишь набухают. В метиловом и этиловом спиртах все типы натрийбутадиен-каучука нерастворимы. Отношение к повышенной $t°$ натрийбутадиен-каучука сухого типа очень характерно и резко отличается от поведения природного каучука. В то время как при нагревании природного каучука до 75° он сначала приобретает липкость и наконец совсем раскисает, натрийбутадиен-каучук в этих условиях внешне совершенно не изменяется. В структуре натрийбутадиен-каучука однако при этом происходят значительные изменения (циклизация, изомеризация); растворимость уменьшается; убывает и склонность к реакциям присоединения.

Механические свойства резины из натрийбутадиен-каучука колеблются в широких пределах в зависимости от типа полимеризата. Сухой тип дает резину более прочную, чем мягкий тип. Вулканизация смесей несколько замедлена по сравнению с таковой для натурального каучука, но легко поддается регулированию действием обычных ускорителей вулканизации. Вулканизат из натрийбутадиен-каучука, серы и ускорителя обладает ничтожной прочностью. Так, смесь состава 100 ч. натрийбутадиен-каучука, 3,5 ч. серы и 0,25 ч. тиурама, дает следующие показатели при испытании на разрыв:

Продолжительность вулканизации, мин.	40	50	60
Прочность в *кг/см²*	5	6	4
Относительное удлинение в %	840	444	272
Остаточное удлинение в % . .	48	12	4

Механич. прочность С. к. приобретает от введения в него активных наполнителей, обладающих большой степенью дисперсности. По величине усиливающего эффекта их можно распределить в следующий ряд: газовая сажа, ламповая сажа, каолин, окись магния и углекислая магнезия. Лучшие результаты дает газовая сажа при введении ее в смесь в количестве 50—75% по весу от каучука. Для хороших сортов натрийбутадиен-каучука прочность на разрыв составляет 200 *кг/см²*. Ламповая сажа из того же каучука дает резину с прочностью не выше 150 *кг/см²*. Лучшие сорта каолина дают смесь с прочностью 100 *кг/см²*. Для каолинов с меньшей степенью дисперсности прочность падает до 70 *кг/см²* и даже еще ниже. Для примера ниже приведен рецепт смеси для шинного протектора и результаты механич. испытаний: 100 ч. каучука, 4 ч. серы, 65 ч. сажи арроу-

блек, 10 ч. окиси цинка, 4 ч. стеариновой к-ты, 10 ч. руберакса, 1 ч. дифенилгуанидина, 1 ч. альдоль-α-нафтиламина. Вулканизация в течение 130 мин. при давлении пара в 3 *кг*. Прочность (в *кг/см*²) 159; относительное удлинение 712%; остаточное удлинение 38,9%.

Эксплоатационная выносливость изделий из натрийбутадиен-каучука. На опытном з-де лит. Б в Ленинграде были изготовлены из натрийбутадиен-каучука следующие изделия, бывшие в эксплоатации на протяжении $1^1/_2$ г. и после окончания службы подвергнутые испытанию. 1) Автомобильные шины с поверхностью из С. к. на каркасе, промазанном натуральным каучуком: усилителем служила газовая сажа; пробег первых трех шин до выхода из эксплоатации 16 и 18 тыс. *км*. 2) Автомобильные шины с тою же поверхностью и каркасом, промазанным С. к. с каолином в качестве усилителя: первые шины этого типа показали значительно меньший пробег—7÷12,5 тыс. *км*. 3) Калоши из натрийбутадиен-каучука: в эксплоатации выносливость, не уступающая изделиям из натурального каучука. 4) Прорезиненные ткани в форме макинтошей по выносливости не уступают тканям прорезиненным натуральным каучуком.

Хлоропрен [15]. Особняком стоит недавно изготовленный фирмой Du Pont de Nemours в США хлоропрен $CH_2:CCl\cdot CH:CH_2$ и полученный из него каучук, обладающий хорошими механич. свойствами. Он характерен тем, что не требует вулканизации и напоминает вулканизованный природный каучук. Исходным материалом является ацетилен, который под влиянием водного раствора полухлористой меди способен полимеризоваться в винил-ацетилен: $CH:C\cdot CH:CH_2$. Последний, присоединяя хлористый водород, образует хлоропрен. Это бесцветная жидкость; $t°_{кип.}$ 59,4° при 760 *мм* и 6,4° при 100 *мм*; n_D^{20}—1,4583. Молекулярная рефракция найденная MR_D 25,26, вычисленная—24,66. Вязкость при 25° = 0,394 центипуазам. Из химич. свойств характерна чрезвычайная прочность атома хлора как в мономере, так и в полимерах. Хлоропрен легко присоединяет два атома брома; реагирует с малеиновым ангидридом. Полимеризация хлоропрена происходит при его хранении: он постепенно густеет, остуденвает и дней через 10 превращается в плотную эластичную массу, названную μ-полимером. Он напоминает вулканизованный каучук. Свойства μ-полимера: $D^{20} = 1{,}23$, $n_D^{20} = 1{,}5512$; прочность на разрыв ~ 140 *кг/см*², относительное удлинение 800%; непластичен, не дает гладкого листа при вальцевании. Он набухает, но не растворяется в обычных растворителях каучука. Если полимеризацию прервать, не доведя ее до конца, то получается пластичный, вполне растворимый α-полимер. Он способен обрабатываться на вальцах. При 30° он теряет свою пластичность, превращаясь в μ-полимер через 48 час. При 130° процесс превращения заканчивается в 5 минут. Строение его предполагается аналогичным природному каучуку с заменой метиловой группы хлором: $[—CH_2\cdot CCl:CH\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot CCl:CH\cdot CH_2—]_x$. Описаны и нек-рые другие полимерные формы хлоропрена. Хлоропреновые каучуки еще мало изучены. Об эксплоатационной их прочности сведений нет.

Лит.: [1]) Кондаков И., Синтетич. каучук, его гомологи и аналоги, Юрьев, 1912; [2]) Лебедев С., Исследование в области полимеризации двуэтиленовых углеводородов, «Ж», 1910, 1911 и 1913; его же, Исследование в области полимеризации двуэтиленовых углеводородов, СПБ, 1913; [3]) Harries C., Untersuchungen über die natürlichen u. künstlichen Kautschukarten, B., 1919; [4]) Hofmann F., «Z. ang. Ch.», 1912, B. 25, p. 1465; [5]) Остромысленский, «Ж», 1915, 1916; его же, Каучук, М., 1914; [6]) Ziegler K. u. Baur, «B», 1928, B. 61, p. 253; [7]) Schotz S., Synthetic Rubber, L., 1926; [8]) Лебедев С., Получение дивинила из нефти и ее фракций, «Синтетич. каучук», М., 1932; [9]) его же, Сов. П. 24393/1928; [10]) Du Pont de Nemours et Co., «The Journ. of the American Chemical Society», Wsh., 1931; [11]) Diels u. Alder, «B», 1929, B. 62, p. 2337; [12]) Standinger u. Klever, ibid., 1911, B. 64, p. 2212; [13]) Kondakoff, «Journ. f. pr. Chemie», 1901; [14]) Matthews, Strange, An. P. 24790/910; [15]) Geiger, Ueber die Konstitution der Hochpolymeren, Zurich, 1926; [16]) Burgdorf C., Artificial Rubber During the War in Germany, «I. Eng. Chem.», 1926, *II*; [17]) Memmler, Hndb. d. Kautschuk-Wissenschaft, Lpz., 1930. **С. Лебедев.**

СИНТОЛ, кислородсодержащая сложная маслянистая смесь, получаемая из окиси углерода при контактных процессах переработки (Ф. Фишер 1913). Процесс образования С. в основном является процессом *гидрирования* (см.) окиси углерода (см. *Жидкий уголь*).

Появление жидких кислородсодержащих продуктов реакции наблюдается только тогда, когда процесс контактного восстановления окиси углерода ведут при увеличении давления. Такой метод получения жидких соединений запатентован Баденской анилиновой и содовой ф-кой (BASF) еще в 1913 г. Несколько времени спустя той же проблемой получения жидких продуктов из окиси углерода под давлением занялись Фишер и его сотрудники. Ими было установлено, что для приготовления катализатора безусловно должно употребляться железо, к-рое в таких условиях предпочтительнее, чем кобальт и никель. Железные опилки обрабатывались едким калием и высушивались. Применяя специальный циркуляционный аппарат, в котором реакционные газы при давлении в 150 *atm* многократно прогонялись через трубку с катализатором, нагретую до 400—450°, Фишер получал смесь жидких продуктов. Такая жидкая смесь состояла из двух слоев—одного водного, содержащего спирты, альдегиды, кетоны, к-ты и воду, и другого—маслянистого, к-рого получалось по объему раза в два больше, чем водного. Из к-т были обнаружены (в обоих слоях) следующие: муравьиная, уксусная, пропионовая, изомасляная и повидимому высшие, прямого определения которых однако не делалось. Альдегиды, присутствующие гл. обр. в маслянистом слое (до 20%), содержали пропионовый альдегид, альдегиды масляных к-т и ряд других высших альдегидов. Присутствия формальдегида обнаружено не было; из спиртов в значительных количествах присутствовали: метиловый, этиловый, нормальный пропиловый; из кетонов—ацетон, метилацетон и другие. Кроме этих соединений в масле присутствовали углеводороды (до 5%) и эфиры. После отделения водного слоя главная маслянистая часть обладала следующими свойствами: удельн. вес ~ 0,8289; содержание углерода ~ 70% и водорода ~ 12%; высшая теплотворная способность 8 200 Cal/*кг*, низшая теплотворная способность 7 540 Cal/*кг*; темп-ра застывания ниже —30°; границы кипения: до 100° перегоняется около 40%, до 200° перегоняется около 97%; продукт обладает очень низкой температурной вспышкой. Все приведенные данные показывают пригодность продукта для употребления его в качестве моторного топлива. Особенно благоприятные результаты получались при употреблении смеси синтола с бензолом.

Практич. значение синтолового процесса заключается в том, что он открывает возможности получения из дешевых углеродистых веществ (уголь, торф и дерево), переходя через окись углерода, ценных синтетич. продуктов. Вместе с тем на пути практич. использования синтолового процесса стоят значительные препятствия, заключающиеся гл. обр. в трудности разделения получающихся продуктов.

Синтин—продукт, получаемый из С., отличающийся от него значительно меньшим содержанием кислорода, если не полным отсутствием последнего. Синтин состоит гл. обр. из углеводородов. Процесс получения синтина осуществляется Ф. Фишером след. обр.: фракция С., кипящая от 100 до 225°, подвергается нагреванию до 420° в течение часа под избыточным давлением. После этого продукт оказывается разделенным на два слоя—верхний водный и нижний маслянистый, составляющий основную массу. Исследование этой маслянистой фракции показало, что она в основном состоит из углеводородов, кипящих как ниже исходной (ниже 100°), так и выше ее (до 300°) и с переменным отношением C : H = 1,5 : 2,2. Следует указать, что нагревание С. не в автоклаве, а при обыкновенном давлении, ведет к обратному процессу: С. распадается на газообразные продукты и уголь. Образование синтина по Ф. Фишеру происходит т. о., что сначала из спиртов с отщеплением воды возникают непредельные углеводороды, а эти последние под влиянием давления конденсируются в нафтеноподобные углеводороды. Возможность последнего превращения экспериментально доказана Ипатьевым; за эту же схему говорит высокое содержание олефинов в газе, образующемся при нагревании С. в автоклаве. Кроме работ Ф. Фишера имеются и другие работы, осуществляющие аналогичный процесс получения различных углеводородов путем нагревания разных кислородсодержащих органич. соединений в присутствии угля (или без него) до $t°$ в 500—600° и при избыточном давлении. Получающийся при этом маслянистый продукт перегоняется:

до	100°	150°	200°	250°	300°
	17%	35%	57%	74%	84%

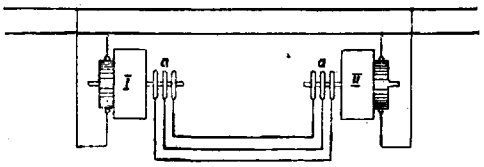
Фракции ниже 100° обладают запахом бензина. Фракции выше 100° растворяются в конц. серной кислоте на 50% (С. растворяется целиком). Часть, не растворимая в серной к-те, после очистки и перегонки оказалась состоящей из углеводородов. Продукты, растворимые в серной к-те, содержали: углерода ок. 80%, водорода ок. 12% и кислорода ок. 8%.

Лит.: Фишер Ф., Искусственное получение жидкого топлива, пер. с нем., Л., 1927; Ellis C., Hydrogenation of Organic Substances, N. Y., 1930; Sabatier P., Die Katalyse in d. organischen Chemie, B., 1927; Rideal E. K., Taylor H. S., Catalysis in Theory a. Practice, L., 1926; Fischer F., Tropsch H., «Brennstoff-Chemie», Essen, 1923, p. 193, 275, 281; «B», 1923, B. 56, p. 2436, 2728; ibid., 1926, B. 59, p. 830, 922; «Abh. d. Kohle», 1921, B. 6, p. 382; Ipatiew W., «B», 1911, B. 44, p. 2978; Ipatiew W. u. Kljukwin N., ibid., 1925, B. 58, p. 4; Kobayashi, Jamamoto, «Journ. Soc. Chem., Ind. Japan», 1929, v. 32, p. 23; «Brennstoff-Chemie», 1929, B. 10, p. 134; Frolich K., «Ind. Eng. Chem.», 1931, v. 23, p. 1386; Morgan G. T., «Proceed. of the Royal Soc.», L., 1930, v. 127, p. 246; Guerbet M., «CR», 1901, t. 128, p. 511; Weizmann, Garrard, «Journ. of the Chemical Society», L., 1920, p. 334; Adkins, Kinsey, Folkers, «Ind. Eng. Chem.», 1930, v. 22, p. 1046; Brown, Galloway, ibid., 1928, v. 20, p. 960; 1929, v. 21, p. 310; 1930, v. 22, p. 175; Graves G. D., ibid., 1931, v. 23, p. 1381; Smith, Davis, Reynolds, ibid., 1928, v. 20, p. 462; Schuftan P., «Z. ang. Ch.», 1926, B. 39, p. 276; Ф. П. 605839/1925; BASF, Г. П. 293787 (295202, 295203)/1913; Ан. П. 254760/1925; Ф. П. 593942/1925; 623068/1926; 598447/1925; 450543/1923; 32812 (1930). **П. Зиманов.**

СИНХРОНИЗАЦИЯ, с общей точки зрения приведение двух или нескольких периодически изменяющихся явлений к точному взаимному соответствию их периодов, в частности к соответствию, состоящему в совпадении по времени начала и конца последних. Периодич. явления, обладающие указанными свойствами, называются синхронными или синхронизированными. Так, если на какую-либо упругую систему, имеющую период собственных колебаний, равный T, действует возмущающая сила, имеющая тот же период, причем начало действия этой силы совпадает с началом колебаний упругой системы, то колебания системы и возмущающая сила будут между собою синхронны. В этом случае возникает явление резонанса (см. *Колебательные движения* и *Резонанс*). Совокупность всех естественных и технич. условий, при к-рых данные периодич. явления становятся синхронными, называется синхронизмом. Если какие-либо из условий синхронизма для данного явления исчезают, т. е. если синхронные явления перестают быть таковыми, то говорят, что они выпадают из синхронизма. Несинхронные явления называются также асинхронными. Общее значение скорости синхронно перемещающихся объектов называется синхронной скоростью. Если какой-либо из этих объектов выпадает из синхронизма, то говорят, что он «скользит» по отношению к объектам, сохранившим синхронную скорость, другими словами, что он обладает некоторою относительною скоростью по отношению к последним. Отношение относительной скорости объекта, выпавшего из синхронизма, к синхронной скорости называется скольжением, которое конечно не следует смешивать со скольжением при перемещении одного тела по поверхности другого. С. с точки зрения кинематики механизмов есть приведение подобных или тождественных механизмов с одинаковыми кинематич. связями в такое движение, при к-ром отдельные пространственные расположения их в каждый момент времени тождественны. Простейшим случаем синхронного движения является движение двух шкивов с одинаковыми или разными диаметрами, насаженных неподвижно на вращающийся вал, или движение двух шкивов одинакового диаметра, приводимых в движение общей ременной передачей при отсутствии скольжения. Примером асинхронного движения может служить движение двух шкивов, хотя и равных диаметров, но при наличии скольжения ременной передачи по одному из них, или движение без скольжения ремня двух шкивов разных диаметров. Необходимым условием синхронизма движения частей одного и того же механизма или связанного комплекса механизмов служит наличие механич. или электрич. связей. В вышеприведенных примерах механич. связью служил вал и приводной ремень; в электрич. механизмах связью обычно является магнитное или электромагнитное поле, действующее на протекающие в поле электрич. токи. В зависимости от того, создает ли данная механич. или электрич. связь синхронные или асинхронные движения, и сама связь называется синхронной (синхронизирующей) или асинхронной.

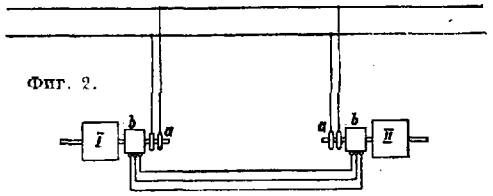
В области электротехники синхронная электрич. связь применяется во многих случаях, когда требуется различные части ме-

ханизмов или целых агрегатов привести в синхронное движение. Такая связь должна существовать напр. при работе электродвигателей на общий приводной вал при необходимости устранения возможностей скольжения приводных ремней и установления равномерной нагрузки двигателей. Особенно важное значение имеет синхронная электрич. связь у разводных мостов, у к-рых каждая из половин приводится в движение собственным электродвигателем;



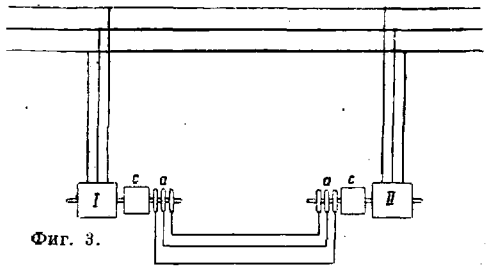
Фиг. 1.

при несинхронном действии двигателей может произойти разновременная посадка частей моста. Синхронная электрическая связь необходима также и для портальных кранов с большими пролетами, у которых каждая опора перемещается при помощи собственного двигателя. Естественно, что при асинхронной электрической связи могли бы при этом получиться в механизме очень опасные для целости последнего перекосы. Точная С. движения двух электродвигателей достигается след. образом. Два электродвигателя *I* и *II* постоянного тока снабжаются каждый тремя контактными кольцами *a* (фиг. 1), которые соединяются с тремя точками якорной обмотки, расположенными по периферии якоря на дуговом расстоянии друг от друга в 120°. Кольца одного из двигателей при помощи щеток соединены с соответствующими кольцами другого. Каждый из роторов м. б. при этом рассматриваем как якорь трехфазного генератора. При синхронном вращении якорей по проводам, соединяющим кольца *a*, никакой ток проходить не будет. Если же



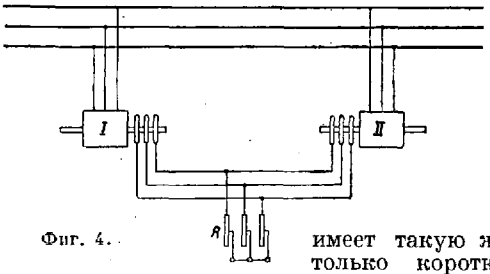
Фиг. 2.

какой-либо из якорей начнет нарушать вследствие каких-либо причин синхронный характер движения, то по проводам потечет т. н. «выравнивающий ток», к-рый будет оказывать тормозящее действие на опережающий якорь и ускоряющее действие на отстающий якорь до полной их С. Указанная синхронная электрическая связь обладает однако нек-рыми недостатками, а именно: наличие контактных колец вызывает искажение магнитного поля, что в свою очередь вызывает искрение щеток; помимо того синхронный ход электродвигателей имеет место в рассматриваемом случае лишь при нормальном числе оборотов; при небольшом же числе оборотов синхронное движение отсутствует. Для устранения первого недостатка двигатели *I* и *II* снабжаются еще вспомогательными синхронными двигателями *b*, причем схема фиг. 1 изменяется так, как указано на фиг. 2, однако при этом второй из указанных недостатков не устраняется. Вследствие этого, а также вследствие некоторой своей сложности указанный способ С. широкого распространения не получил. Для устранения обоих недостатков моторы *I* и *II* снабжаются вспомогательными асинхронными двигателями *c*, у которых статоры и роторы соединены параллельно. Соответствующая схема представлена на фиг. 3. Так как в этом случае вращающееся магнитное поле образуется и при неподвижных роторах, то синхронное движение двигателей обеспечено с самого же начала движения их. Если синхронная электрическая связь д. б. осуществлена для индукционных трехфазных двигателей, то применяется схема, представленная на фиг. 4, где *R* представляет один общий пусковой и регулирующий реостат. Однако для большей полноты С. и в этих случаях применяют синхронизирующие вспомогательные индукционные моторы. В некоторых случаях требуется, наоборот, достичь определенным образом отрегулированное асинхронное движение с определенным «скольжением». Такой случай представляется



Фиг. 3.

например в бумажном производстве. На *бумагоделательных машинах* (см.) бумажная пленка движется сначала вместе с сушильным сукном по поверхности ряда барабанов, а затем, по достижении определенной степени сухости, покидает сукно и перемещается по дальнейшему ряду барабанов. Т. к. при высыхании бумажная пленка укорачивается, то при одной и той же линейной скорости точек поверхностей барабанов бумага либо рвалась бы либо давала бы складки. Отсюда является необходимость определенного отрегулированного асинхронного движения валов машины, т. е. определенного «скольжения» движения (*в вышеуказанном смысле*) валов друг относительно друга. Часто могут иметь место не только синхронные движения (в частности вращения) физич. тел, но и синхронные некорпускулярные движения, напр. вращения магнитного поля. В качестве примера рассмотрим следующий случай. Допустим, что к статору асинхронного двигателя подводится трехфазный ток, создающий вращающееся магнитное поле, и что ротор двигателя



Фиг. 4.

имеет такую же, только короткозамкнутую обмотку, как и статор. Пусть число пар полюсов ротора равно p, частота тока, т. е. число полных периодов тока в ск. (число «герц»), — f, полюсное деление, т. е. дуговое расстояние между нейтральными линиями двух смежных

полюсов,—τ, полный период тока $T=\frac{1}{f}$. Магнитное поле, создаваемое статором, будет совершать при этом $\frac{f}{p}$ об/ск., или $60\frac{60f}{p}$ об/м., а т. к. каждый оборот равняется по длине $2\tau p$, то следовательно в течение минуты магнитное поле переместится на величину

$$\frac{60f}{p}\cdot 2\tau p = 60f\cdot 2\tau.$$

Т. о. магнитное поле будет пересекать провода ротора с линейной скоростью, равной $2\tau f$/ск. В обмотках ротора будут индуцироваться переменные электродвижущие силы с частотой, также равной f. Возникающие вследствие этого в короткозамкнутых проводах ротора токи, вступая во взаимодействие с магнитным полем, заставляют ротор вращаться. Если бы на ротор не действовали никакие внешние силы, то скорость вращения его увеличивалась бы до тех пор, пока она не стала бы равной скорости вращения магнитного поля, после чего ротор продолжал бы вращаться с достигнутой им скоростью, т. е. с этого момента ротор и магнитное поле вращались бы синхронно. В этом случае магнитные линии очевидно совсем не пересекали бы проводов ротора, т. ч. ток в последних был бы равен нулю. В реальных условиях, т. е. при наличии внешних сил, приложенных к ротору, последний, начав свое вращательное движение, достигает при установившемся режиме нек-рой стабильной скорости, к-рая однако ниже скорости вращающегося магнитного поля. Т. о. вращения магнитного поля и ротора будут асинхронны, при наличии нек-рого «скольжения» последнего. Так как вращающий момент, приложенный к ротору, пропорционален наводимой в роторе эдс, а последняя пропорциональна относительному перемещению проводников ротора в электромагнитном поле, то вращающий момент пропорционален «скольжению». Обозначая синхронную линейную скорость через v, а отстающую относительную скорость через v', «скольжение» через s. имеем:

$$\frac{v'}{v}=s.$$

Если f' частота вращения ротора, то

$$v'=2\tau f';$$

точно так же

$$v=2\tau f,$$

откуда

$$\frac{v'}{v}=\frac{f'}{f}=s \text{ и } f'=fs,$$

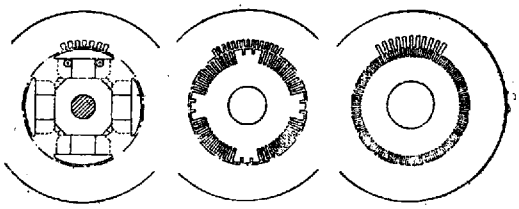
т. е. частота вращения отстающего ротора при асинхронном установившемся вращении равна частоте наводящего тока, умноженной на скольжение.

См. также *Генератор переменного тока, Синхронный двигатель, Телевидение.*

Лит.: Люст Г., Синхронные машины, Л., 1932; Толвинский В., Электрич. машины, П., 1923; Ян Г., Испытания электрич. машин, пер. с нем., 2 изд., М.—Л., 1931; Круг К., Основы электротехники, т. 2, М.—Л., 1932; Поярков М., Центральные электрич. станции, 2 изд., М.—Л., 1927; Чечет Ю., Генераторы и моторы перемен. тока, 2 изд., М.—Л., 1931. **М. Серебренников.**

СИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, электрич. машина переменного тока, вращающаяся с постоянной угловой скоростью. Скорость вращения С. д. обусловливается частотой тока, к-рым питается двигатель, а также числом пар полюсов последнего. С. д. применяются а) для привода машин—орудий, станков—в тех случаях, когда не требуется изменения скорости при нормальной работе, а во время пуска—больших моментов вращения, б) как вращающиеся компенсаторы, предназначенные для регулирования сдвига фаз в электрич. установках и поддержания устойчивости параллельно работающих синхронных систем при передаче энергии. Выбор С. д. для силовых установок требует предварительного внимательного рассмотрения всех условий и детальной оценки всех положительных и отрицательных сторон самого С. д. Преимущество С. д. перед другими двигателями переменного тока, в частности перед асинхронными, заключается в том, что 1) нормальные С. д. не берут из сети тока возбуждения, поэтому коэф. мощности м. б. высоким; 2) они м. б. рассчитаны с междужелезным пространством, бо́льшим, чем у индукционных двигателей; 3) опрокидывающий момент у этих двигателей значительно больше, вследствие чего они могут выдерживать бо́льшие перегрузки. Свойство С. д. вращаться с неизменной скоростью при постоянной частоте тока является достоинством лишь в нек-рых случаях. Необходимость иметь источник постоянного тока для возбуждения и различного рода пусковые приспособления несколько усложняет установку С. д. В силу этих соображений С. д. применяются там, где они могут дать вполне определенные преимущества. За последние годы благодаря большим конструктивным усовершенствованиям, а также улучшению способов пуска в ход, С. д. находят все большее и большее распространение. Они могут с успехом применяться для насосных и компрессорных установок, для привода турбовоздуходувок, прокатных станов, штамповальных станков, дробилок, а также в установках для преобразования одного вида электрич. энергии в другой, гл. обр. переменного тока в постоянный или переменного тока одной частоты в переменный ток другой частоты. С. д. как компенсатор делается теперь неотъемлемой частью устройств производства, передачи и распределения электрич. энергии. Мощность синхронных компенсаторов в одной единице все возрастает и за последние годы она достигла 80 000 kVA.

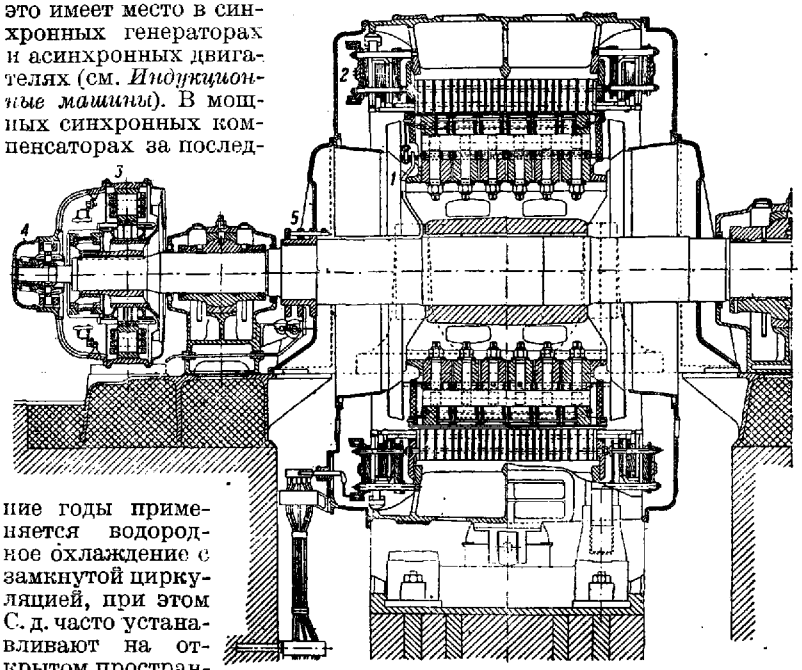
Устройство С. д. В конструктивном отношении С. д. весьма сходны с устройством синхронных *генераторов переменного тока* (см.). С. д. выполняются а) с явно выраженными полюсами, б) с неявно выраженными полюсами, с распределенной обмоткой возбуждения, в) по типу асинхронных двигателей. Двигатели небольшой мощности делаются с неподвижной внешней магнитной системой и внутренним вращающимся якорем. Нормальное же устройство С. д.—вращающаяся внутренняя магнитная система (ротор) и внешний неподвижный якорь (статор). Типичные формы устройства якорной и магнитной систем С. д. изображены на фиг. 1.



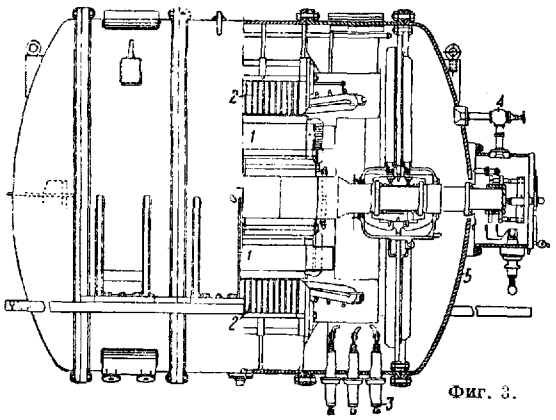
Фиг. 1.

Для повышения устойчивости работы, а также для улучшения пусковых свойств С. д. снабжаются демпферными обмотками. Если С. д. применяются в качестве компенсаторов, то ме-

ханич. часть этих машин м. б. несколько облегченной. Возбуждение С. д. осуществляется от собственного возбуждения—генератора постоянного тока, сидящего на одном валу с С. д., или же от постороннего источника тока (сети, специального агрегата и т. п.). Защита, вентиляция С. д., устраивается аналогично тому, как это имеет место в синхронных генераторах и асинхронных двигателях (см. *Индукционные машины*). В мощных синхронных компенсаторах за последние годы применяется водородное охлаждение с замкнутой циркуляцией, при этом С. д. часто устанавливают на открытом пространстве. На фиг. 2 приведен чертеж синхронного двигателя, а на фиг. 3 изображен разрез наружной установки С. д. с водородным охлаждением. На фиг. 2: *1*—ротор, *2*—статор, *3*—возбудитель, *4*—подвозбудитель, *5*—собирательные кольца для ввода тока возбуждения; на фиг. 3: *1*—ротор, *2*—статор, *3*—проходные изоляторы для ввода тока от



Фиг. 2.



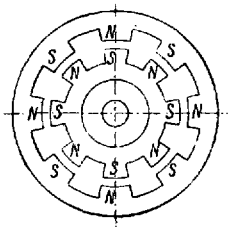
Фиг. 3.

сети, *4*—кран для впуска водорода, *5*—кожух, в который заключен С. д.

Принцип действия С. д. Действие С. д. станет понятным, если рассмотреть явления, в нем происходящие, и сопоставить их с работой следующей простой модели. Пусть статор (якорь) многофазной синхронной машины приключен к соответственной многофазной сети (с частотой f); возникающие в отдельных фазовых обмотках токи дают в совокупности магнитное поле, вращающееся относительно статора с числом оборотов n:

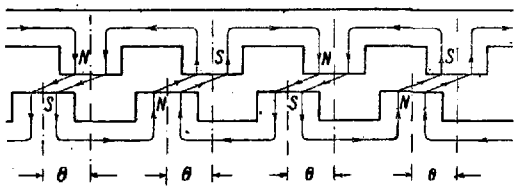
$$n = \frac{60 \cdot f}{p}, \qquad (1)$$

где p—число пар полюсов. Возбудив соответственно машину и приведя ротор ее во вращение с той же скоростью n и в ту же сторону, в какую вращается магнитное поле статора, можно увидеть, что при нек-рых условиях ротор оказывается способным продолжать вращаться без помощи извне вследствие того, что вращающееся поле статора увлекает за собой ротор. Уяснить себе такое явление легко на следующей модели: если расположить концентрически две вращающиеся около одной оси магнитные системы с явно выраженными полюсами чередующейся полярности, то эти системы примут такое относительное положение, как представлено на фиг. 4; полюсы располагаются друг против друга разноименными полярностями. Приводя в медленное вращение внешнюю систему, можно легко сообразить, что вследствие взаимного притяжения разноименных полюсов начинает вращаться и внутренняя система, и притом с той же скоростью. При постепенном увеличении скорости вращения одной системы происходит такое же увеличение скорости вращения и другой системы. Внешняя система создает во внутреннем пространстве между полюсами вращающееся магнитное поле аналогично тому, как статор многофазной машины создает вращающееся магнитное поле. Оси полюсов в рассматриваемой модели будут совпадать и при вращении, если не имеется сопротивления этому вращению. Если же к валу ротора (внутренней системе) приложить какое-либо сопротивление, то ротор моментально отстанет несколько от ведущего его поля, т. ч. между осями полюсов внутренней и внешней систем образуется некоторый угол, который на фиг. 5, изображающей модель в развернутом виде, обозначен через θ. Ротор, отстав на $\angle\,\theta$, будет снова вращаться синхронно с полем внешней системы. При смене полюсов (на $\angle\,\theta$) от силы магнитного притяжения разноименных полюсов появится касательная составляющая, которая, создавая вращающий момент, уравновешивает сопротивление на валу ротора. Чем больше момент сопротивлений, приложенный к ротору, тем на бо́льший угол θ ротор отстает от ведущей системы (внешней системы). Активный вращающий момент от притяжения разноименных полюсов внешнего и внутреннего колес возрастает с увеличением θ, и максимум вращающего момента получается при $\theta \cong 90°$; с дальнейшим увеличением θ вращающий мо-



Фиг. 4.

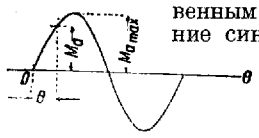
мент убывает и становится равным нулю при $\theta \cong 180°$. Еще большее увеличение θ вызывает изменение направления вращающего момента. Отсюда получается, что ротор может вращаться синхронно с ведущей системой лишь при нагрузке, вызывающей отставание ротора на $\theta < 180°$,



Фиг. 5.

и при этом работа такого механизма получается устойчивой лишь при углах θ, заключающихся в пределах 0—90°. Изменение вращающего момента, развиваемого С. д., происходит приблизительно по кривой, представленной на фиг. 6.

Совершенно такое же действие производит вращающееся магнитное поле статора нормальной многофазной синхронной машины на ротор, т. е. вращающееся поле статора увлекает за собой ротор, если ротор каким-либо способом уже доведен до вращения, со скоростью, синхронной с вращением поля статора, и если он расположен относительно поля статора так, что между его полем и вращающимся полем статора имеется притяжение; при этом поле ротора, как увлекаемое полем статора, вращается в синхронном двигателе при всех режимах его работы сзади поля статора, и притом угол отставания его возрастает с увеличением нагрузки двигателя. Приведение синхронной машины в такое состояние возможно с помощью вспомогательного двигателя или каким-либо искусственным способом. Развертывание синхронной машины в качестве двигателя нормально невозможно, так как инерция масс ротора велика. Для того чтобы ротор мог втянуться



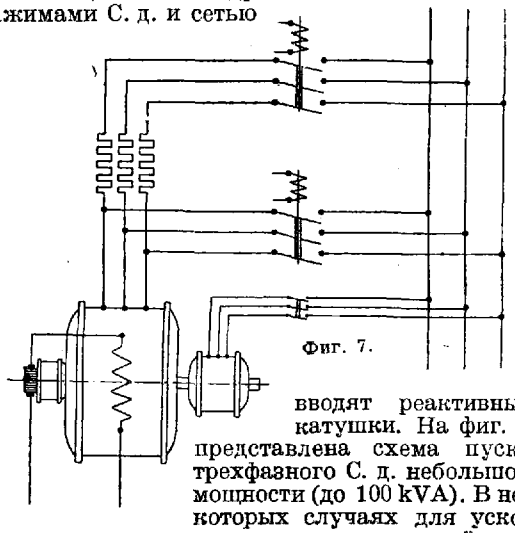
Фиг. 6.

вращающимся полем статора в обращение с нормальной скоростью, необходимо было бы, чтобы скорость эта достигалась в течение промежутка времени не более $^1/_4$ периода тока, т. е. ускорение, сообщаемое ротору при трогании с места, должно было бы быть чрезмерно велико (при $f = 50$ пер/ск.).

П у с к в х о д С. д. Активная работа С. д. начинается с момента параллельного приключения его к сети переменного тока. При обычном синхронизировании двигателей по фазоиндикаторным лампам или вольтметрам присоединение машины параллельно к сети является одной из наиболее сложных и ответственных операций, которая доверяется лишь опытному обслуживающему персоналу. Для возможности параллельного присоединения С. д. к сети переменного тока необходимо 1) довести С. д. до т. н. с и н х р о н н о й с к о р о с т и, 2) возбудить С. д. так, чтобы напряжение на зажимах машины было равно напряжению сети, и 3) иметь полное совпадение всех фаз напряжения. Если эти условия не соблюдаются, параллельное включение может не удасться и повести к крупным авариям. Для облегчения пуска в ход С. д. в настоящее время применяют приспособления, при к-рых С. д. может входить автоматически не только в синхронизм, но и в фазу, и весь процесс присоединения двигателя к сети сводится лишь к замыканию рубильника или масляного выключателя.

О б ы ч н ы е с п о с о б ы п у с к а в х о д. К этим способам принадлежат следующие виды пуска в ход С. д.: 1) при помощи машины, сцепленной с С. д., 2) посредством постороннего двигателя. 1) Если С. д. связан напр. с машиной постоянного тока, то агрегат м. б. пущен со стороны постоянного тока от аккумуляторной батареи или какого-либо другого источника энергии. В этом случае машина постоянного тока приводится во вращение, как двигатель, и, когда скорость вращения достигает синхронной, возбуждают синхронный двигатель; присоединение С. д. параллельно к сети переменного тока производится обычным путем, после того как достигнуты синхронизм и полное совпадение фаз напряжения. После присоединения С. д. к сети машина постоянного тока из двигателя переводится в генератор посредством соответствующей регулировки возбуждения. В некоторых случаях в качестве пускового двигателя м. б. использован возбудитель С. д., если мощность этого возбудителя достаточна для этих целей. 2) Часто случается, что С. д. приходится одному работать на привод и не всегда налицо источник постоянного тока, при помощи к-рого можно запустить в качестве двигателя машину постоянного тока, связанную с С. д.; тогда для пуска в ход С. д. применяют асинхронный двигатель, причем ротор пускового асинхронного двигателя снабжается короткозамкнутой обмоткой или обмоткой в виде беличьего колеса. Сущность способа пуска в ход при помощи асинхронного двигателя заключается в следующем: пусковой асинхронный двигатель, имеющий обычно на два, а иногда на четыре полюса меньше, механически связывается с С. д. Вследствие меньшего числа полюсов асинхронный двигатель может привести во вращение синхронную невозбужденную машину со скоростью выше номинальной. При возбуждении С. д. асинхронный двигатель нагружается, скорость вращения ротора начинает падать, пока скорость вращения С. д. не станет равной синхронной скорости, и при наступлении этого улавливается наиболее благоприятный момент для параллельного включения двигателя к сети. Пусковые двигатели с беличьим колесом не всегда удобны по той причине, что если момент синхронизма пропущен, то прежде всего нужно охладить беличье колесо и лишь затем приступить к вторичному пуску. Затем не всегда возможно хорошо рассчитать беличье колесо на том основании, что потери холостого хода С. д. со временем меняются. Поэтому иногда приходится исправлять беличье колесо, удаляя несколько стержней или подпиливая соединительное кольцо. Если ротор пускового двигателя снабжен обмоткой, то в некоторых случаях для получения более надежной синхронизации в цепь обмотки ротора вводят реостат, к-рый конечно усложняет и удорожает всю установку. Пусковой ток при пуске в ход асинхронным двигателем составляет 30—40% номинального тока С.д. Период пуска длится 5—7 мин., а иногда и более. Мощность пускового двигателя составляет ок. 10% номинальной мощности С. д., если последний запускается вхолостую. Если синхронный двигатель приводит в действие насос или компрессор, то пусковой вращающий момент должен быть значителен, что ведет к увеличению пускового двигателя и затруднению самого пуска в ход.

Пуск в ход С. д. можно значительно ускорить; для этого С. д. сцепляют с асинхронным двигателем, имеющим одинаковое число полюсов с первым, и между зажимами С. д. и зажимами сети вводят сопротивления или реактивные катушки. Когда С. д. доведен приблизительно до номинальной скорости, его подключают к сети, не заботясь о синхронизации, т. к. под действием проходящих токов он сам входит в синхронизм. После того как С. д. вошел в синхронизм, ему дают такое возбуждение, при котором ток, идущий в него, доводится до минимума и напряжение на концах сопротивлений значительно падает, а затем эти сопротивления замыкаются накоротко. Добавочные сопротивления или реактивные катушки д. б. соответственным образом рассчитаны, причем следует предвидеть наиболее неблагоприятное сочетание векторов напряжения, т. е. совпадение обоих векторов по направлению. Обычно эти сопротивления выбирают такими, чтобы при включении через них невозбужденного двигателя на полное напряжение значение силы тока составляло $^2/_3$ от номинального. Омические сопротивления употребляют для двигателя до 100 kVA, свыше этой мощности между зажимами С. д. и сетью

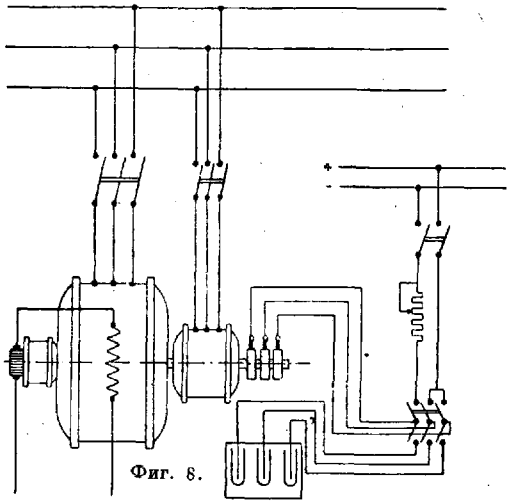


Фиг. 7.

вводят реактивные катушки. На фиг. 7 представлена схема пуска трехфазного С. д. небольшой мощности (до 100 kVA). В некоторых случаях для ускорения введения в синхронизацию пусковой двигатель С. д. снабжают одинаковым числом полюсов, причем обмотка ротора пускового двигателя выполняется разомкнутой; как только С. д. достигнет максимальной скорости, обмотка ротора размыкается и быстро приключается к сети постоянного тока (фиг. 8), и тогда весь агрегат быстро входит в синхронизм. Для того чтобы фазы напряжения С. д. и сети при наступлении синхронизма совпадали, необходимо пусковой двигатель заклинить с С. д. определенным образом. Во избежание разрыва тока во вторичной цепи пускового двигателя при переключении ее на сеть постоянного тока, питание переменным током производят со стороны ротора пускового двигателя, а статорную обмотку последнего разбивают на две части, из к-рых одна при достижении скорости, близкой к синхронной, начинает питаться постоянным током (фиг. 9). При таком способе пуска в ход пусковой ток составляет 10—20% от номинального тока С. д. Продолжительность пуска в ход составляет ок. 1 мин. Приключение к сети производится путем простого включения рубильника, после того как установлено соответствующее возбуждение машины. Мощность асинхронного пускового двигателя для приведения во вращение С. д. вхолостую может быть определена по следующей формуле:

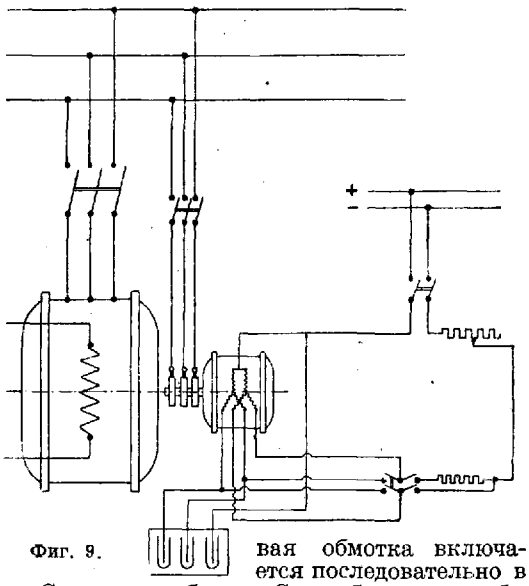
$$P_b = 2{,}74\frac{GD^2}{t_a}\cdot\frac{n_1}{1\,000}\cdot\frac{n_2}{1\,000}+P_0; \qquad (2)$$

GD^2—маховой момент вращающихся частей в $кгм^2$, t_a—время пуска в ход в ск., n_1—синхронное число оборотов С. д., n_2—синхронное число оборотов асинхронного пускового двигателя, P_0—потери холостого хода в kW.



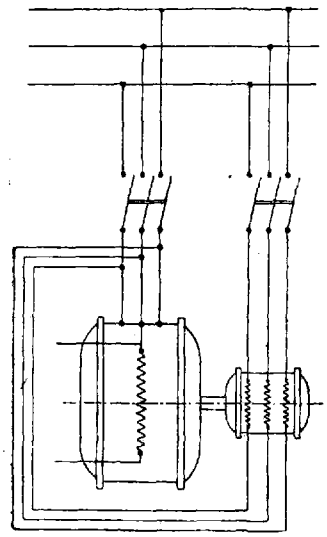
Фиг. 8.

Специальные способы пуска в ход. К этим способам принадлежат следующие: 1) пуск в ход по системе Розенберга; 2) асинхронный пуск; 3) пуск в ход от синхронного генератора. Способ Розенберга состоит в следующем: на валу С. д. насаживают обыкновенный пусковой асинхронный двигатель с ротором в виде беличьего колеса; трехфазная обмотка статора пускового двигателя открыта и каждая фазовая обмотка включается последовательно в цепь С. д.; т. о. обмотка С. д. образует как бы нулевую точку для обмотки статора пускового двигателя (фиг. 10). На фиг. 11 представлена схема соединения для случая, когда пусковой двигатель в цепь якоря С. д. включается через



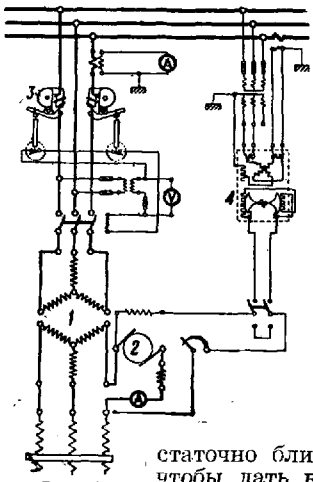
Фиг. 9.

трансформатор. Если С. д. однофазный, то на вал его насаживают коллекторный однофазный двигатель, обмотку статора которого соединяют последовательно со статорной обмоткой С. д. (фиг. 12). Во время пуска в ход, когда скорость вращения агрегата достигает максимума, С. д. возбуждается, когда он начинает входить в синхронизм, причем вначале это вхождение в синхронизм сопровождается сильными колебаниями скорости вращения и силы тока. После вхождения в синхронизм возбуждение С. д. устанавливается такое, при к-ром напряжение на концах статорной обмотки пускового двигателя достигает минимума, и тогда производятся короткое замыкание статорной обмотки, а затем и отсоединение ее от сети. С пусковым двигателем, допускающим ок. 30% номинального тока синхронного мотора, полный пуск в ход продолжается ок. 1 мин. При большем значении пускового тока (50—60% от номинального тока) продолжительность времени пуска в ход уменьшается до 15—20 ск.

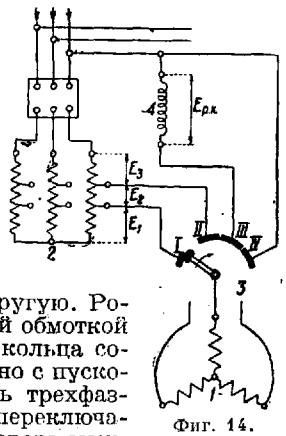


Фиг. 10.

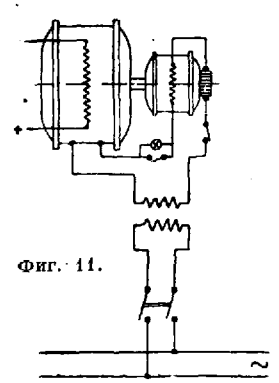
Асинхронный пуск в ход является в настоящее время весьма распространенным видом пуска в ход трехфазных С. д. Сущность этого способа заключается в том, что С. д. запускается как асинхронный двигатель. Если С.д. имеет явно выраженные полюсы, то он снабжается короткозамкнутой обмоткой (беличьим колесом), которая располагается у полюсных башмаков. Если полюсные башмаки сделаны из листового железа, то они снабжаются осевыми пазами, в которые прокладываются медные или бронзовые стержни. Последние соединяются кольцами, идущими вокруг полюса, или кольцами, соединяющими стержни всех полюсов. Если полюсные башмаки массивны, то они сами по себе играют роль стержней и колец (пусковой обмотки). Можно увеличить начальный вращающий момент, увеличивая сопротивление беличьего колеса; для данного напряжения момент в нек-рых пределах пропорционален сопротивлению ротора. Короткозамкнутая обмотка индукторов является как бы второй беличьей клеткой, но не полной, т. к. это однофазная обмотка и ее пересекает только часть потока. Эта обмотка уменьшает начальный момент так же, как параллельное включение ее равносильно уменьшению сопротивления беличьего колеса; она уменьшает крутящий момент при скорости, равной половине синхронной. С другой стороны, короткозамкнутая обмотка индукторов помогает двигателю приблизиться к синхронной скорости, другими словами, она уменьшает его скольжение. По достижении синхронной скорости свойства асинхронного двигателя пропадают, т. обр. обмотка наподобие беличьей клетки должна только довести ротор до скорости, достаточно близкой к синхронной, чтобы дать возможность синхронизирующей силе машины поднять затем скорость до синхронной. Если С. д. имеет не явно выраженные полюсы (цилиндрич. магнитную систему), то магнитная обмотка выполняется в виде трехфазной обмотки. На фиг. 13 представлена схема пуска в ход трехфазного С. д. с цилиндрич. ротором: *1*—синхронный индукционный двигатель, *2*—возбудитель, *3*—реле, *4*—автоматич. регулятор фаз. Для ограничения пускового тока к зажимам двигателя подводят пониженное напряжение (ок. 30% номинального); обычно понижение напряжения производится посредством автотрансформаторов. Кроме того в цепь якоря двигателя вводят еще реактивные катушки, которые служат для снижения ударного действия токов при переходе от пониженного напряжения к номинальному после вхождения двигателя в синхронизм (фиг. 14, где *1*—синхронный двигатель, *2*—автотрансформатор, *3*—переключатель, *4*—реактивная катушка). Уменьшение толчков тока при переключении достигается также путем введения омических сопротивлений или циклич. перехода с одной ступени на другую. Ротор снабжен трехфазной обмоткой (фиг. 15—16); два его кольца соединены непосредственно с пусковым реостатом. В цепь трехфазного кольца введен переключатель, посредством которого можно это кольцо ротора соединить с третьей ветвью пускового реостата или вводить в цепь ротора возбудитель. Начальный пусковой ток при асинхронном пуске в ход С. д. составляет обычно 100—130% номинального. Если двига-



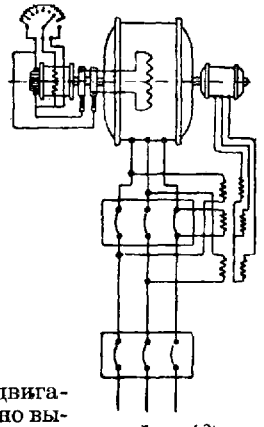
Фиг. 13.



Фиг. 14.



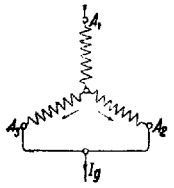
Фиг. 11.



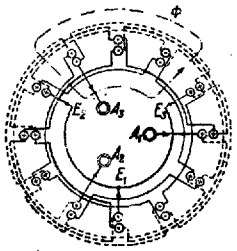
Фиг. 12.

тель однофазный, то для пуска его в ход как асинхронного двигателя якорь его снабжается вспомогательной обмоткой.

В последние годы получил довольно широкое применение пуск в ход по сист. Корндерфера. Схемы включения С. д. при асинхронном запуске по этой системе приведены на фиг. 17 и 18. Асинхронный способ пуска в ход по сист.

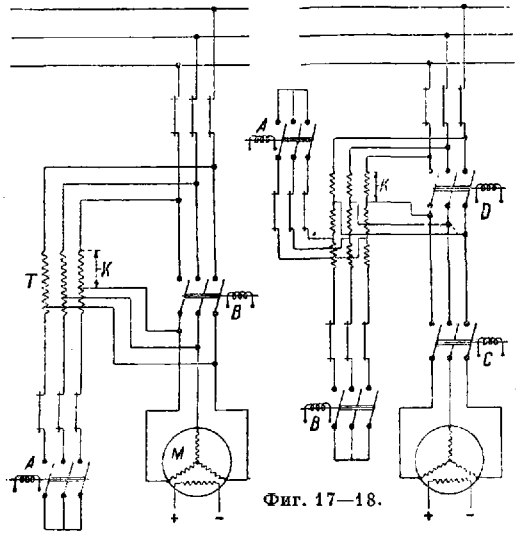


Фиг. 15.

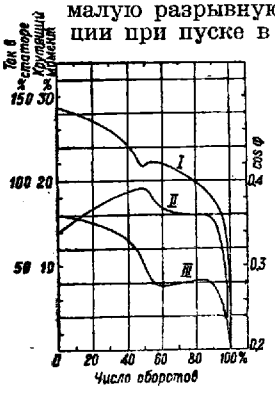


Фиг. 16.

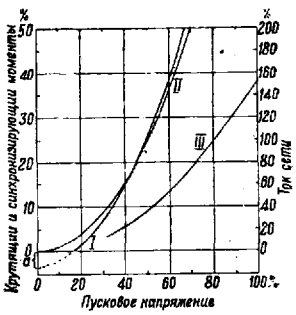
Корндерфера имеет то преимущество, что здесь необходима установка только одного автоматического выключателя (масленника), требующего устройства взрывной камеры. Масляные выключатели A, B не разрывают токов короткого замыкания и потому м. б. облегченного типа, на малую разрывную мощность. Манипуляции при пуске в ход по системе с одной промежуточн. ступенью напряжения (фиг. 17) таковы: 1) цепь возбуждения С. д. M замыкается через реостат на возбудитель (значение сопротивления возбудителя указывается для каждого типа отдельно); 2) замыкается масляный выключатель A и вслед за ним главный масляный выключатель D. В этом положении С. д. должен получить от автотрансформатора T такой процент напряжения, который является достаточным для развития полной скорости и синхронизации на этой ступени. Напряжение в цепи возбуждения должно предварительно подняться при развитии скорости до значения, соответствующего положению реостата. Положение реостатов определяется при первых пусках на месте установки т. о., чтобы переход от асинхронного режима к синхронизму происходил с наименьшими возможными толчками тока; 3) размыкается масляный выключатель A; в этом положении полное напряжение линии распределяется между частью автотрансформатора K, служащей *реактором* (см.), и С. д. соответственно их полному сопротивлению (импеданцу). Если по каким-либо причинам С. д. не удалось войти в синхронизм в положении (2), правильным выбором значения возбуждения и соответственным изменением реактивного тока можно отрегулировать падение напряжения в реакторе K т. о., чтобы на зажимах С. д. получалось достаточное напряжение для плавного вступления в синхронизм при этом положении, т. е. при размыкании масляного выключателя A; 4) замыкается масляный выключатель B, чем реактор замыкается накоротко.



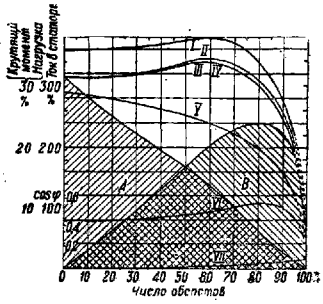
Фиг. 17—18.



Фиг. 19.



Фиг. 20.



Фиг. 21.

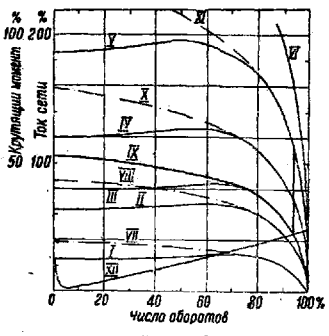
Пуск в ход по схеме с промежуточными ступенями (фиг. 18) осуществляется так. 1) Цепь возбуждения С. д. замыкается через реостат на возбудитель (значение сопротивления указывается для каждого типа отдельно); 2) замыкается масляный выключатель A и вслед за ним главный масляный выключатель D; в этом положении на зажимах С. д. получается минимальное значение напряжения и оно оставляется в этом положении до достижения предельной скорости, которую он может развить как асинхронный двигатель; при этом же положении напряжение возбудителя должно подняться до значения, соответствующего положению реостата; 3) размыкается масляный выключатель A; в этом положении полн. напряжение линии распределяется между частью автотрансформатора K, которая служит реактором, и С. д. соответственно их полному сопротивлению (импеданцу); по истечении 2—3 ск. замыкается масляный выключатель B, чем устанавливается вторая промежуточная ступень напряжения на зажимах С. д., который при этом положении должен тотчас же войти в синхронизм; 4) размыкается масляный выключатель B, чем опять кратковременно выключается часть автотрансформатора K как



Фиг. 22.

реактор, и сейчас же вслед за этим замыкается масляный выключатель C, замыкающий реактор накоротко, и на зажимах синхронной машины получается полное напряжение линии. Пусковые характеристики С. д. при асинхронном запуске представлены на фиг. 19—23. Значения кривых: на фиг. 19—*I*—ток в статоре, *II*—коэф-т мощности, *III*—полезный крутящий момент; на фиг. 20—*I*—крутящий момент (в неподвижном состоянии), *II*—ток сети (С. д. в неподвижном состоянии), *III*—минимальное напряжение, при к-ром м. б. достигнут синхронизм (кривые *I* и *II* относятся к пуску в ход с разомкнутыми роторными обмотками), *a*—момент трения покоя; на фиг. 21—*I*—мощность, поглощаемая статором, *II*—мощность, передаваемая ротору, *III*—мощность по кривой *II* за вычетом потерь на трение и вентиляцию, *IV*—полезный момент ротора, *V*—ток в статоре, *VI*—коэф. мощности, *VII*—потери на трение и вентиляцию, заштрихованная площадь *A*—потребленная ротором энергия, *B*—избыток энергии (идет на ускорение); фиг. 22—*I*—крутящий момент, *II*—ток сети, *III*—минимальное напряжение, при к-ром С. д. может быть синхронизирован (кривые *I* и *II* относятся к пуску в ход с разомкнутыми роторными обмотками), *a*—момент трения покоя; фиг. 23—*I*—*VI*—пусковые крутящие моменты для различных чисел оборотов при частоте 50 пер/ск. и пусковом напряжении в 20; 30; 33,3; 40; 50 и 60% от нормального напряжения, *VII*—*XI*—ток сети для кривых *I*—*V*, *XII*—крутящий момент холостого хода вентилятора.

В нек-рых случаях пуск в ход С. д. осуществляется от особого синхронного генератора, к-рый для питания С. д. может доставлять ток переменной частоты (от 0 до номинальной). С этой целью С. д. соединяется электрически с генератором; при этом генератор, так и С. д. возбуждаются. Если при таком соединении приводить во вращение синхронный генератор (напр. посредством паровой турбины), то вместе с ним будет увлекаться во вращение и С. д., электрически связанный с генератором. Для создания наибольшего пускового момента необходимо генератор возбудить возможно сильнее, причем С. д. должен иметь возбуждение в два раза слабее.

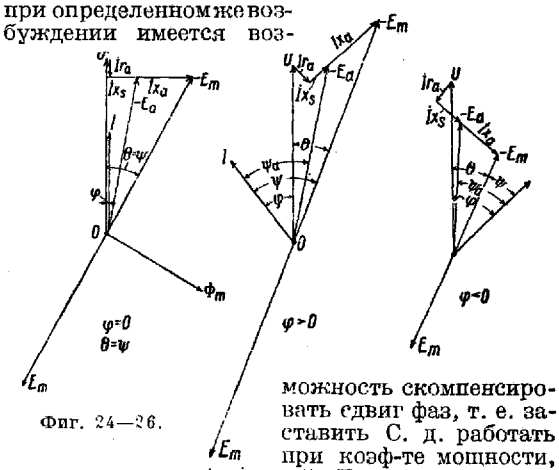


Фиг. 23.

Диаграммы напряжений. Электрич. машины, работающие как двигатель, потребляют электрич. энергию, поэтому развиваемая двигателем электромагнитная мощность получается отрицательной. Т. к. электромагнитная мощность определяется

$$P_m = mE_m \cdot I \cos\psi, \qquad (3)$$

где m—число фаз, E_m—напряжение, соответствующее потоку возбуждения Φ_m, I—фазовая сила тока, ψ—угол сдвига фаз, то при отрицательном значении мощности $\cos\psi$ д. б. меньше 0 и следовательно $270° > \psi > 90°$. На фиг. 24—26 приведены векторные диаграммы напряжений для различных внешних углов сдвига фаз между приложенным напряжением U и током I. Как видно из этих диаграмм, если С. д. перевозбужден, то ток опережает напряжение; при невозбужденном состоянии, наоборот: ток получается отстающим по фазе от напряжения, при определенном же возбуждении имеется возможность скомпенсировать сдвиг фаз, т. е. заставить С. д. работать при коэф-те мощности, равном единице ($\cos\varphi = 1$). Т. о. регулировкой возбуждения имеется возможность воздействовать у С. д. на реактивную составляющую тока. Из векторных диаграмм видно также, что вектор приложенного напряжения U во всех случаях опережает вектор напряжения E_m, создаваемого основным потоком возбуждения Φ_m.



Фиг. 24—26.

Мощность С. д. Из диаграмм, приведенных на фиг. 24—26, можно получить выражение: 1) для мощности, потребляемой двигателем:

$$P_1 = m \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi; \qquad (4)$$

2) для мощности, передаваемой статором ротору,—для электромагнитной мощности С. д.:

$$P_a = m \cdot E_a \cdot I \cdot \cos\psi_a = m \cdot E_m \cdot I \cdot \cos\psi; \qquad (5)$$

эта мощность равна мощности P_1, уменьшенной на величину джоулевых потерь в статоре P_j:

$$P_a = P_m = P_1 - m \cdot I^2 r_a = P_1 - P_j; \qquad (6)$$

эта мощность носит название также синхронной мощности; 3) для мощности, передаваемой на вал С. д.; эта мощность получается из электромагнитной после вычета потерь в железе, т. е.

$$P' = P_a - P_e; \qquad (7)$$

4) для механической, или полезной, мощности, равной

$$P = P_1 - P_j - P_e - P_\varrho, \qquad (8)$$

где P_ϱ—механич. потери. Если обозначить посредством z_a синхронное кажущееся сопротивление обмотки якоря, через ψ_k—угол сдвига фаз при коротком замыкании $\left(\text{arc tg}\frac{x_a}{r_a} = \psi_k\right)$, то выражения для всех видов мощности можно представить так:

$$P_1 = m \cdot \frac{U}{z_a}[U\cos\psi_k - E_m\cos(\psi_k - \theta)]; \qquad (9)$$

$$P_a = P_m = m \cdot \frac{U}{z_a}[U\cos(\psi_k - \theta) - E_m\cos\psi_k], \qquad (10)$$

или приближенно, полагая, что $P_j = 0$,

$$P_1 = P_a = P_m = \frac{U \cdot E_m}{x_a} \cdot \sin\theta = \frac{b \cdot U^2}{x_a} \cdot \sin\theta, \qquad (11)$$

где $b = \frac{E_m}{U}$ — коэфициент, характеризующий возбуждение синхронного двигателя.

Вращающий момент С. д. Электромагнитная мощность С. д. $P_m = P_a$, развивающаяся в машине при синхронном вращении, дает вращающий момент M_a, носящий название момента в синхронных ваттах. Выражение этого вращающего момента получается из равенства

$$P_a = M_a \cdot \omega,$$

где $\omega = \frac{\pi \cdot n_1}{30}$ — угловая скорость вращения ротора. Отсюда:

$$M_a = \frac{P_a}{\omega} = \frac{60 \cdot P_a}{2\pi \cdot n_1} = \frac{30\, m \cdot E_m \cdot I \cdot \cos\psi}{\pi \cdot n_1}. \quad (12)$$

При работе двигателем

$$M_a = M_e + M_\varrho + M,$$

где M_e—вращающий момент, затрачиваемый на преодоление потерь в железе, а M_ϱ— вращающий момент, идущий на покрытие механич. потерь (трение в подшипниках, трение в воздухе и прочие трения); M—полезный вращающий момент двигателя. Вращающий момент в «синхронных ваттах» можно выразить в *кгм*, а именно:

$$M_a = \frac{30}{9{,}81 \cdot \pi \cdot n_1} \cdot m \cdot E_m \cdot I \cdot \cos\psi =$$

$$= 0{,}974 \cdot \frac{m}{n_1} \cdot E_m \cdot I \cdot \cos\psi = 0{,}974 \cdot \frac{P_m}{n_1}. \quad (13)$$

Выражение (12) можно написать и в ином, иногда более удобном практически виде, если вставить в него выражение для E_m:

$$E_m = 4 f_B \cdot f_{w_1} \cdot f_y \cdot f \cdot w \cdot \Phi_m \cdot 10^{-8},$$

а именно:

$$M_a = \frac{2}{\pi} \cdot m \cdot f_B \cdot f_{w_1} \cdot f_y \cdot f \cdot w \cdot \Phi_m \cdot I \cdot \cos\psi \cdot 10^{-8} =$$

$$= A \cdot \Phi_m \cdot I \cdot \cos\psi. \quad (14)$$

Если в выражение (12) для P_m вставить выражение (10), то легко увидеть, что M_a зависит от угла θ. Кроме того легко убедиться, что при нек-ром θ вращающий момент имеет максимум. Для определения $M_{a_{max}}$ находят значение угла θ, при котором он имеет место:

$$\frac{dM_a}{d\theta} = c \cdot m \frac{E_m}{z_a}[-U \cdot \sin(\psi_k - \theta)] = 0,$$

$$\sin(\psi_k - \theta) = 0,$$

$$\psi_k - \theta = 0,$$

$$\theta = \psi_k;$$

так что

$$M_{a_{max}} = c \cdot m \frac{E_m}{z_a}[U - E_m \cos\psi_k]. \quad (15)$$

Так как

$$\psi_k \cong \frac{\pi}{2},$$

то

$$M_{a_{max}} = \frac{0{,}971}{n_1} \cdot m \cdot \frac{E_m \cdot U}{z_a} \text{ кгм}. \quad (16)$$

Этот вращающий момент носит название опрокидывающего момента, т. к. с увеличением нагрузки С. д. вращающий момент, развиваемый им, несмотря на увеличение θ уже не возрастает, а уменьшается, т. е. С. д. не может преодолеть даваемой ему нагрузки и выпадает из синхронизма. Для увеличения перегрузочной способности С. д. необходимо стремиться, с одной стороны, к уменьшению его z_a, а, с другой стороны, к увеличению отношения $\frac{x_a}{r_a}$ (к увеличению ψ_k). Уменьшение z_a должно следовательно достигаться за счет гл. обр. уменьшения активного сопротивления якоря r_a. Выражение (16) показывает, что максимальный вращающий момент С. д. зависит от его возбуждения. Для того чтобы убедиться, какое влияние на $M_{a_{max}}$ имеет возбуждение двигателя (т. е. величина E_m), следует воспользоваться не приближенным выражением (16), а точным его выражением (15), взяв первую производную его по E_m; при этом находят, что это выражение дает максимум при

$$E_m = \frac{U}{2\cos\psi_k}.$$

Так что

$$\left(M_{a_{max}}\right)_{max} = \frac{U}{2\,\omega z_a \cdot \cos\psi_k}\left[U - \frac{U}{2}\right] = \frac{U^2}{4\omega r_a}, \quad (17)$$

так как

$$z_a \cdot \cos\psi = r_a.$$

Из этого выражения видно, что максимум опрокидывающего момента не зависит от реактивного сопротивления якоря и что он обратно пропорционален активному сопротивлению якоря. Следует заметить, что под r_a необходимо понимать не только активное сопротивление самого якоря, но и всей цепи от тех точек, между к-рыми поддерживается генератором, питающим двигатель, постоянное напряжение U.

Влияние возбуждения на работу С. д. У С. д., как у всякой параллельно работающей синхронной машины, при регулировке возбуждения изменяется только реактивный ток. Здесь можно различать три случая: 1) С. д. не возбужден ($E_m < U$), при этом для всех нагрузок (от холостого хода до полной) двигатель потребляет из сети кроме активного тока реактивный отстающий ток; 2) С. д. возбужден нормально ($E_m = U$), при этом двигатель для всех нагрузок берет из сети небольшой реактивный опережающий ток; 3) С. д. перевозбужден ($E_m > U$), он потребляет реактивный опережающий ток, величина к-рого в пределах нормальной нагрузки колеблется мало; при этом усиление перевозбуждения вызывает увеличение реактивного тока. Что касается максимальной мощности С. д. $P_{a_{max}}$, то она в невозбужденном двигателе растет по мере увеличения возбуждения (с увеличением E_m); после же достижения нормального возбуждения $P_{a_{max}}$ сперва несколько растет с увеличением E_m, а затем уменьшается. В этом можно убедиться и аналитически. Из выражения для электромагнитной мощности (10) получается:

$$P_{a_{max}} = m \frac{U}{z_a}[U - E_m \cos\psi_k] \text{ при } \theta = \psi_k.$$

Это выражение достигает максимума при $E_m = \frac{U}{2\cos\psi_k}$:

$$\left(P_{a_{max}}\right)_{max} = \frac{U^2}{4 r_a}.$$

Следовательно максимальный вращающий момент $\left(M_{a_{max}}\right)_{max}$ достигает своего наибольшего значения:

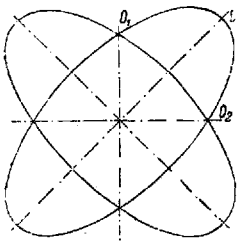
$$\left(M_{a_{max}}\right)_{max} = \frac{U^2}{4\omega r_a}.$$

Из (17) видим, что $\left(M_{a_{max}}\right)_{max}$ изменяется обратно пропорционально r_a, т. е., что активное сопротивление в цепи С. д. сильно влияет на значение его максимального вращающего момента. Отсюда становится понятным, почему перегружаемость С. д., питаемого от станции по длинной линии (с большим активным сопротивлением), м. б. весьма незначительна несмотря на то, что С. д. сам по себе является вполн-

не нормальным в отношении его способности перегрузки. Нормально С. д. строятся так, чтобы их максимальный вращающий момент превосходил номинальный вращающий момент приблизительно в два раза (коэф. перегрузки = = 2). Случайные перегрузки, всегда практически могущие иметь место, обычно не достигают 100%, а потому выпадения из синхронизма от перегрузки нормально не могут встречаться. Это справедливо, когда С. д. связан с генератором проводами с относительно малым активным сопротивлением. Из упрощенной диаграммы напряжений для С. д. можно установить, что

$$U^2 - E_m^2 - I_a^2 r_a - 2P_a \cdot z_a = 2x_a\sqrt{(E_m I)^2 - P_a^2}. \quad (18)$$

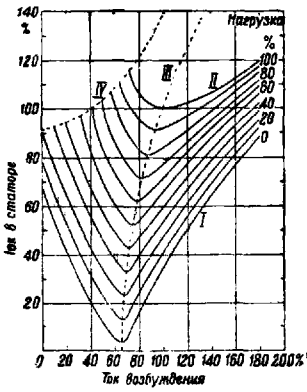
Это выражение связывает между собой и с постоянными параметрами машины (r_a, x_a, z_a) все величины, характеризующие условия работы С. д., а потому оно носит название основного уравнения работы С. д. В основное ур-ие входят величины E, U, I, P_a, которые могут изменяться. Если поддерживать постоянными U и E_m, то получающаяся при изменении P_a связь между P_a и I представляет рабочую характеристику С. д. Поддерживая постоянной электромагнитную мощность P_a при постоянном напряжении U, получают $I = f(E_m)$. Кривая, изображающая эту зависимость, походит на латинскую букву V и носит название **V**-образной кривой. Для каждого значения P_a получается своя **V**-образная характеристика. Из уравнения следует, что при $P_a \cong 0$



Фиг. 27.

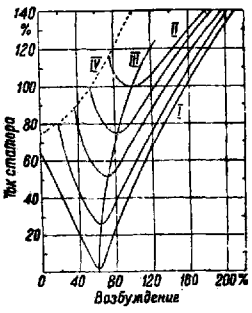
$$U^2 - E_m^2 - I^2 z_a^2 = \pm 2x_a \cdot E_m \cdot I. \quad (19)$$

Последнее выражение представляет ур-ие эллипса (два эллипса: один при знаке +, а другой при знаке −). Эти эллипсы представлены на фиг. 27, причем их ветви O_1O и OO_2 образуют **V**-образную кривую для $P_a = 0$, соответствующую устойчивому режиму работы С. д. Обычно **V**-образные кривые строятся не как $I = f(E_m)$, а как $I = \varphi(i_m)$, где i_m—ток возбуждения, так как при экспериментальн. исследовании С. д. не представляется возможным измерение напряжения E_m. Кривые $I = \varphi(i_m)$ несколько отличаются от кривых $I = f(E_m)$. Зависимость между током в якоре и током возбуждения для С. д. графически также представляется в виде **V**-образных кривых (кривых Морлея). Типичные **V**-образные кривые приведены на фиг. 28 и 29: *I*—кривая при холостом ходе, *II*—кривая при полной нагрузке, *III*—линия для cos φ = = 1, *IV* — опрокидывание (двигатель выпадает из синхронизма). Из **V**-образных кривых видим, что С. д. может служить в качестве



Фиг. 28.

синхронного компенсатора фаз тока, т. е. он может посылать в сеть реактивные отстающие токи. Перевозбужденный С. д., предназначаемый для компенсаций реактивных отстающих токов и играющий т. о. роль емкости, называется синхронным конденсатором. Генерирование отстающего (относительно напряжения сети U) тока производится бо́льшим или меньшим перевозбуждением двигателя. Такое свойство С. д. часто используется практически. При этом предназначенная для такой цели синхронная машина может одновременно с работой компенсатором служить и в качестве двигателя. Довольно часто С. д. устанавливают с исключительной целью для работы в качестве фазных компенсаторов. Такие применения имеют особенно важное значение при длинных линиях передач. Устанавливая синхронные компенсаторы на подстанции в конце линии передач, мы получаем возможность генерировать в линию передачи отстающие (от напряжения сети) реактивные токи, потребные для линии, и освобождать или хотя бы уменьшать т. о. для станционных генераторов необходимость работать при низком cos φ. Вместе с тем при этом уменьшается и падение напряжения в самой линии передачи, что, с одной стороны, уменьшает расход меди на линию передачи и, с другой стороны, уменьшает потери энергии в линии, т. е. повышает кпд линии.



Фиг. 29.

Влияние изменения напряжения и частоты на опрокидывающий момент. При падении напряжения опрокидывающий момент $M_{a_{max}}$ уменьшается:

$$M'_{a_{max}} = M_{a_{max}} \cdot \frac{100 - \varepsilon_u}{100}, \quad (20)$$

где ε_u—%-ное падение напряжения. Отношение опрокидывающего момента к номинальному:

$$k' = k\,\frac{100 - \varepsilon_u}{100}, \quad (21)$$

нормально при

$$\left.\begin{array}{ll} \cos\varphi = 0{,}8 & k = 2{,}1 \\ \cos\varphi = 0{,}9 & k = 1{,}9 \\ \cos\varphi = 1{,}0 & k = 1{,}5 \end{array}\right\}. \quad (22)$$

Изменение частоты на величину ε_f вызывает ускоряющие моменты, равные

$$M_j = \frac{\pi}{2 \cdot 9{,}81} \cdot GD^2\,\frac{f}{P} \cdot \frac{f}{100}\ кгм^2. \quad (23)$$

Свободный опрокидывающий момент под действием изменения частоты и напряжения равен

$$M''_{a_{max}} = M_{a_{max}} \cdot \frac{100 - \varepsilon_u}{100} - M_j.$$

Для устойчивой работы необходимо, чтобы

$$M''_{a_{max}} > M_{a_{max}}.$$

Устойчивость работы С. д. Под действием изменения внешнего момента сопротивления система ротора смещается относительно вращающегося поля статора, при этом при изменении внешнего момента на ΔM угол смещения вырастает на величину $\Delta\theta$, обусловленную

синхронизирующей мощностью двигателя. Синхронизирующая мощность P_s характеризует упругие свойства связи между ведомой и ведущей частями С. д. Математически под синхронизирующей мощностью следует понимать производную от синхронной мощности по углу смещения θ, т. е.

$$P_s = \frac{dP_a}{d\theta} \cong m \cdot \frac{E \cdot U}{z_a} \sin(\psi_k - \theta). \qquad (24)$$

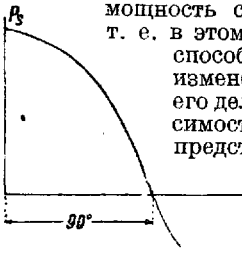
С изменением угла θ синхронная мощность машины P_a изменяется так, чтобы противодействовать той внешней для машины причине, к-рая вызывает изменение угла θ. Синхронизирующая мощность P_s неодинакова при различных значениях угла θ; она достигает максимума при $\psi_k - \theta = \frac{\pi}{2}$, а именно:

$$P_{s_{max}} = m \frac{E_m \cdot U}{z_a}. \qquad (25)$$

Отсюда следует, что максимальная синхронизирующая мощность С. д. пропорциональна максимальной синхронной мощности машины; таким образом чем больше перегрузочная способность С. д.

$$k = \frac{P_{a_{max}}}{P_{a_{норм.}}},$$

тем больше и ее синхронизирующая мощность. Как показывает ф-ла (24), с увеличением угла θ P_s уменьшается и при $\theta_k = \psi_k$ она делается равной нулю; при $\theta > \psi_k$ синхронизирующая мощность становится отрицательной, т. е. в этом случае С. д. делается неспособным противодействовать изменениям нагрузки и работа его делается неустойчивой. Зависимость P_s от угла θ для С. д. представлена фиг. 30, из которой видно, что синхронизирующая мощность имеет наибольшее значение при $\theta \cong 0$; это значит, что С. д. работает наиболее устойчиво при холостом ходе. По мере увеличения угла θ, т. е. с увеличением нагрузки, устойчивость работы С. д. постепенно падает и при $\theta = \psi_k \cong \frac{\pi}{2}$; небольшие нагрузки способны выбить С. д. из синхронизма. Если С. д. приводит в движение машины, станки и т. п., к-рые создают противодействующие моменты, периодически изменяющиеся, то ротор С. д. приходит в колебательное состояние, причем амплитуда колебаний зависит не только от амплитуды пульсации внешнего момента, но также и от соотношения периодов собственных и вынужденных колебаний. Для устойчивой работы С. д. как правило период собственных колебаний д. б. минимум в два раза более периода вынужденных колебаний. Период собственных колебаний С. д. определяется по формуле:



Фиг. 30.

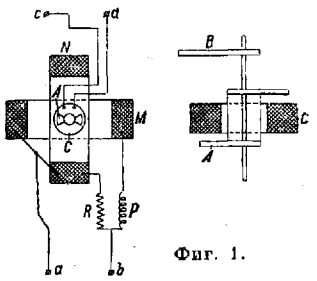
$$T_e = \frac{U}{240} \sqrt{\frac{GD^2}{P_n \cdot \frac{I_k}{I_n} \cdot f}}, \qquad (26)$$

где GD^2—маховой момент вращающихся масс, выраженный в *кгм*², P_n—номинальная мощность двигателя в kW.

Лит.: Кулебакин В., Испытание электрич. машин, М., 1928; Толвинский В., Синхронные машины, Л., 1923; Люст Г., Синхронные машины, Л., 1932; Arnold E., Die Wechselstromtechnik, B. 4, Die Synchronen Wechselstrommaschinen, B., 1923; Richter R., Elektrische Maschinen, Band 2, Berlin, 1930; Rziha P. u. Seidener J., Starkstromtechnik, 6 Auflage, Band 2, Berlin, 1932. **В. Кулебакин.**

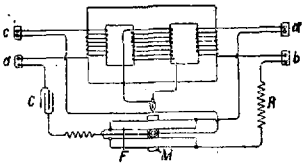
СИНХРОНОСКОП, электротехнич. прибор, служащий для измерения разности фаз между сетью и приключаемой к ней синхронизируемой машиной. По конструкции является фазометром, неподвижную катушку которого включают через большое сопротивление параллельно зажимам одной фазы синхронизируемой машины, подвижные катушки—параллельно зажимам одной фазы сети.

С. системы Вестингауза (фиг. 1) основан на след. принципе. Две неподвижные катушки M и N, параллельно приключенные к зажимам сети a и b через индукционное сопротивление P и безиндукционное R, создают вращающееся поле. В этом поле может вращаться под влиянием магнитного поля подвижной катушки C **Z**-образный сердечник из мягкого железа A, соединенный со стрелкой B. Катушка C приключена к зажимам c и d синхронизируемой машины. В момент притягивания или отталкивания сердечника под влиянием вращающегося поля достигается положение, когда значение поля катушек M и N равно нулю одновременно с нулевым значением поля катушки C. Отсюда возможность судить о разности фаз между сетью и синхронизируемой машиной. Если фазы машины и сети, к которой машина приключается, различны, положение указателя постоянно меняется; при совпадении (или противоположности) фаз, указатель остается спокойным (машина в синхронизме с сетью).



Фиг. 1.

С. системы Вестон (фиг. 2) не имеет подвижного железного сердечника. Этот С. представляет собой электродинамич. вольтметр, неподвижные катушки к-рого F последовательно приключены к зажимам сети a и b через безиндукционное сопротивление R, а подвижная катушка M—к зажимам c и d синхронизируемой машины через конденсатор C. Когда машина находится в фазе с сетью или противоположна ей по фазе, момент вращения катушки равен нулю, и стрелка прибора, скрепленная с катушкой M, под влиянием регулирующей пружины становится вертикально. При иных углах сдвига фаз, смотря по знаку угла, стрелка отклоняется вправо или влево от нулевого положения. Помещенная позади циферблата из молочного стекла стрелка освещается изнутри прибора фазной лампой. В момент совпадения фаз на циферблате С. видна тень стрелки (при противоположности фаз лампа гаснет). Вследствие медленного загорания и погасания лампы наблюдателю представляется, что стрелка при отсутствии синхронизма перемещается вправо или влево от нулевого положения и останавливается вертикально в момент, подходящий для включения машины в сеть.

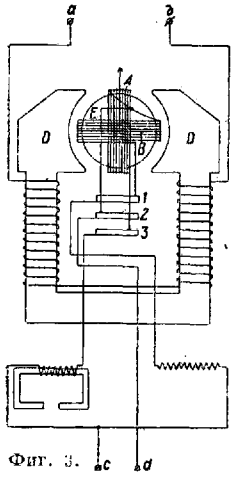


Фиг. 2.

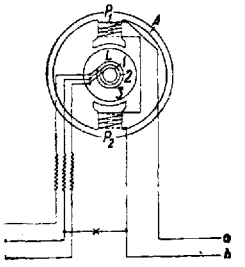
С. системы GEC (фиг. 3) основан на том же принципе, что и прибор Вестингауза. Катушки A и B смонтированы на подвижном элементе

E, вращающемся в поле электромагнита D-D, к-рый приключен к зажимам a и b сети. Обе катушки присоединяются к зажимам c и d синхронизируемой машины через контактные кольца *1*, *2*, *3*.

С. системы Сименс и Гальске (фиг. 4) состоит из неподвижного, сделанного из листового железа корпуса A (статор) с двумя полюсами P_1 и P_2 и из подвижного элемента L (ротор), несущего заложенную в пазы обмотку (для образования вращающегося поля). Под влиянием напряжения приключенной синхронизируемой машины (зажимы a, b) в статоре возбуждается магнитное поле. Трехфазный ток подается к ротору от собирательных шин через три контактных кольца *1*, *2*, *3*. Работа прибора основана на взаимодействии вращающегося и магнитного полей. При синхронизме ротор принимает положение, соответствующее углу сдвига фаз сети и приключенной машины. Скрепленная с ротором стрелка, как и в описанных приборах, служит индикатором синхронизма.



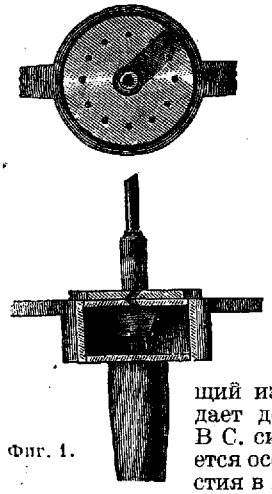
Фиг. 3.



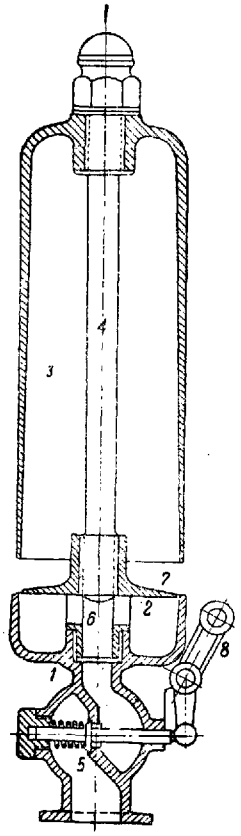
Фиг. 4.

Лит.: СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 1, Л., 1928; Standard Handbook for Electrical Engineers, London, 1922; Gruhn K., Elektrotechnische Messinstrumente, 2 Aufl., Berlin, 1923; Arnold E., Die Wechselstromtechnik, Die synchronen Wechselstrommaschinen, Berlin, 1923. **И. Мальников.**

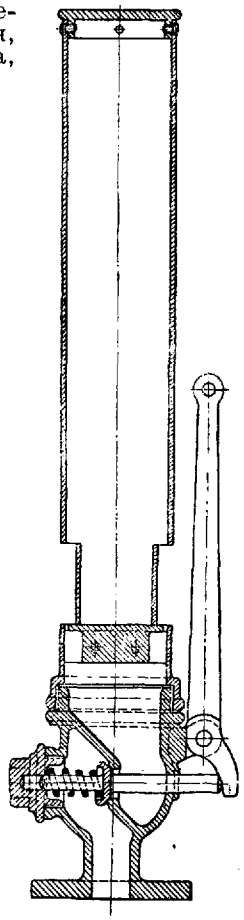
СИРЕНА, звуковой передатчик, в к-ром звук получается вследствие перерывов постоянного потока воздуха или пара (воздушные, паровые С.) или воды (подводные С.). Устройство простейшей С. сист. Каньяр-Латура изображено на фиг. 1. Главная часть прибора — вращающийся на оси круг с косыми расположенными по кругу отверстиями, находящийся над таким же неподвижн. кругом, отверстия в к-ром наклонены в противоположную сторону. При продувании воздуха через насадку верхний круг (вся установка напоминает турбину) приходит во вращение, и выходящий из него толчками воздух дает довольно сильный звук. В С. сист. Зеебека круг вращается особым двигателем, и отверстия в нем прямые. Существует много систем С., употребляемых в технике для сигнализации, простейшей из к-рых является свисток-сирена. В морском деле вследствие наличия на судах пара С. является особенно доступным источником звука для сигнализации; однако кпд С. весьма низок (порядка 5%), а потому они хуже электромагнитных передатчиков звука, получающих все большее распространение и имеющих кпд 50% и более. В подводной звуковой сигнализации также пробовали употреблять С.; как и воздушные С., они имеют низкий кпд и потому в настоящее время заменены электромагнитными передатчиками. Подводные С. имеют еще тот недостаток, что при вызываемых в них довольно мощных колебаниях давления из воды выделяются пузырьки воздуха, существенно ухудшающие кпд С. **Н. Андреев.**


Фиг. 1.

Сирены (и г у д к и) в морском деле. На судах для подачи звуковых сигналов по правилам морской навигации в условиях нормальной видимости и при мглистой туманной погоде служат также паровые С. и гудки. Назначение гудков или завываний С. как сигналов определяется продолжительностью сигналов и их количеством. Обычно короткие сигналы даются в течение $^1/_2$ ск., продолжительные—в течение 6—8 ск. Воспрещается употребление гудков, не вызываемых потребностями сигнализации (салютационные, для созыва команды и пр.). Употребление С. воспрещается, кроме случаев пожара, аварий и тумана. Гудок паровой (фиг. 2) состоит из бронзового корпуса *1*, имеющего вверху вид чашки. К корпусу крепится диск *2*, имеющий канал *6*, через к-рый пар может проходить от клапана *5* в чашку корпуса. Над диском с помощью стержня 4 укреплен колпак *3*.

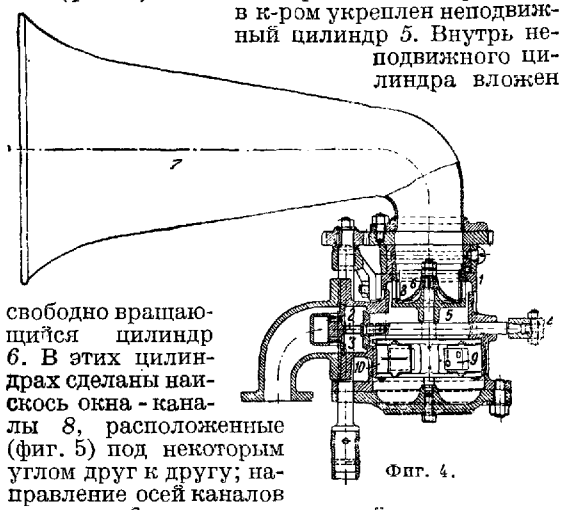


Фиг. 2.


Фиг. 3.

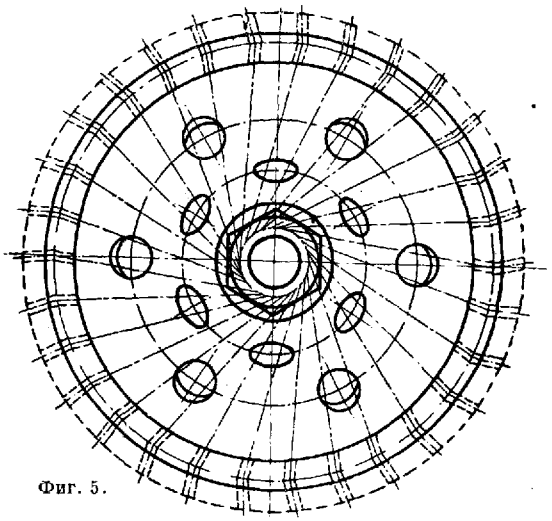
Края колпака помещаются над щелью 7, образующейся кругом между чашкой корпуса и диском. При открывании приводом 8 (при помощи троса с мостика) клапана 5 пар из трубы будет итти по каналу 6 и выходить с большой скоростью из щели 7 через острую кромку колпака, где, рассекаясь, будет производить звук. Расстояние от кромки колпака до щели 7 нельзя изменять произвольно, т. к. от него зависит получение хорошего звука. Для чистоты получаемого звука каждому давлению пара должно соответствовать определенное расстояние между щелью и кромкой колпака. Колпак навернут резьбой на стержень 4; вращая колпак, можно его опускать или же поднимать, изменяя расстояние до щели соответственно давлению пара. На чистоту звука влияет и величина колпака (по высоте) и способ крепления его к корпусу, т. к. при работе гудка стенки колпака приходят в колебания, дающие звук определенного тона. К разновидностям морских паровых гудков принадлежит и изображенный на фиг. 3. Существуют также двух- и трехтонные гудки, издающие мягкие, нетревожащие слуха аккордные звуки, но в морской практике они привились мало, т. к. комбинация тонов, снижая высоту, вносит нек-рую сложность в систему самой сигнализации. Гудки паровые, как и другие сигнальные звуковые приборы (горн, колокол, металлич. доска и пр.), в настоящее время считаются слишком слабыми и мало пригодными для морских сигналов: звук их распространяется на расстояние не более 1,5 *км* и кроме того увеличить высоту тона этих звукоизлучателей нет средств. Между тем кроме дальности при тихой погоде звуки их должны также преодолевать шум ветра, волн, морского прибоя и пр. при наиболее плохих атмосферных условиях, встречающихся в морской практике.

В настоящее время общеупотребительным и самым сильным звуковым сигнальным прибором в морском деле считается морская сирена. Она (фиг. 4) состоит из бронзового корпуса 1, в к-ром укреплен неподвижный цилиндр 5. Внутрь неподвижного цилиндра вложен



Фиг. 4.

свободно вращающийся цилиндр 6. В этих цилиндрах сделаны наискось окна - каналы 8, расположенные (фиг. 5) под некоторым углом друг к другу; направление осей каналов цилиндра 6 идет по касательной к окружности вращения стержня. При таком расположении каналов улучшается уравновешенность прибора при пуске С. в действие и во время ее вращения. Открывая приводом 4 разгрузочный клапан 2, а затем и стопорный клапан 3, пускают пар в верхнюю часть корпуса. Отсюда пар проходит через окна 8 и благодаря их относительно наклонному положению заставляет цилиндр 6 вращаться. При каждом его обороте n раз откроются все каналы (n—число каналов в каждом из цилиндров). В эти моменты струи пара, вырывающиеся через окна в рупор 7 наружу, производят сжатие воздуха, к-рое в следующий момент, когда все каналы закроются, превратится в разрежение; при следующем открывании каналов получается опять сжатие и т. д. Если цилиндр 6 совершает в 1 ск.



Фиг. 5.

k оборотов, то благодаря такому отсеканию сплошными стенками проходящего через окна пара и попеременному сжатию и разрежению воздуха около стенок цилиндра получается звук, число колебаний к-рого $N=nk$. По исследованиям Тиндаля (1872 г.) наиболее подходящая высота тона для звуковых сигналов морских С.—400 колебаний в ск. С. дают завывающий звук, высота тона которого зависит от скорости вращений цилиндра при пуске С. Чтобы эта скорость могла устанавливаться вполне определенной при данном давлении пара, на оси цилиндра устроен регулятор, состоящий из двух грузов 9, к-рые при вращении цилиндра стремятся удалиться от центра и этим прижимают плечи рычагов 10 к цилиндрич. поверхности корпуса С. Чем больше скорость вращения цилиндра, тем бо́льшая сила трения развьется между рычагом 10 и цилиндрич. корпусом, а поэтому необходимо и повышение давления пара для поддержания этой скорости и наоборот. Т. о. вес грузов 9 играет существенную роль в высоте звука С. При изготовлении С. с определенным числом отверстий для впуска пара определенного давления желаемую высоту звука при испытании ее достигают изменением веса грузов 9 регулятора. При получении требуемой высоты звука С. по весу грузов определяются уже и другие размеры прибора (высота, ширина и пр.). Часто в сиренах устраивают приспособления для трогания цилиндра 6 с места, чтобы останавливать цилиндр в положении, когда окна его не будут совпадать с окнами неподвижного цилиндра и движение не может начаться от давления пара. Рупор усиливает передачу на большие расстояния. Усиление звука в нем обусловливается 1) отражением, или отбрасыванием, звуковых волн от внутренней поверхности трубы в одном направлении и 2) дрожанием самих стенок рупора, что объясняет лучшую слышимость и по всем

другим направлениям, не совпадающим с осью его. Чтобы посылать звуки в желаемом направлении, устраивают приспособление для поворачивания С. или рупора около вертикальной оси. Это приспособление играет очень важную роль во время сильных туманов при береговых рейсах, т. к. короткие звуки С., встречаясь с береговыми скалами или другими препятствиями, отдаются обратно сильным и звучным эхо и т. о. предупреждают о возможной опасности. При долгом бездействии гудка или С. внутри корпуса и в подводящем пар трубопроводе накапливается конденсат, вследствие чего при открывании клапана не получается чистого звука, пока не продуется скопившаяся вода. В целях меньшего охлаждения пара трубопровод к гудку и С. иногда проводят внутри дымовой трубы, на к-рой обычно закрепляются сигнальные паровые приборы. Перед пусканием гудка или С. в действие необходимо прогреть и продуть как паропровод, так и корпус от скопляющегося конденсата. Чтобы не терялась пресная вода при продолжительной работе С., иногда устанавливают на судне особый воздушный насос-компрессор, и С. приводится в действие сжатым воздухом.

Из всех сигнальных звуковых приборов С. представляет громадное преимущество в том отношении, что по своему устройству может давать любой тон, смотря по числу оборотов и отверстий вращающегося цилиндра, и может давать звук очень большой силы, для чего нужно увеличивать массу проходящего через С. пара или сжатого воздуха, к-рая уже сама по себе обладает надлежащим звуковым колебанием. Современные судовые С. слышны на расстояниях 3—5 *км* при любых атмосферных условиях; но часто и на 20 *км* звук слышен вполне отчетливо. Каков бы ни был звуковой аппарат, дальность звука и кажущееся направление источника звука не только подвержены значительным колебаниям, но часто кажутся необъяснимыми. Все кажущиеся звуковые аномалии по исследованиям Физо объясняются явлениями преломления звука в среде воздуха неоднородной плотности; результатом напр. слоистости, плотности воздуха является з в у к о в о й м и р а ж. Оказывается также, что туман, когда именно и применяются звуковые сигналы, сам по себе не заглушает звука, но звуковые аномалии обусловливаются, особенно на море, неравномерностью распределения $t°$ и плотности воздуха.

Лит.: Х в о л ь с о н О., Курс физики, т. 2, Берлин, 1923; П о г о д и н, Судовые паровые котлы, ч. 1; Правила плавания, 1929; Звуковые сигналы; A i g n e r Fr., Unterwasserschalltechnik, B., 1922. **М. Зуб.**

СИРЕНЬ (Syringa vulgaris), кустарник. Распространена в культуре (из-за цветов ее) по всей Европе и Юж. Азии. Размножается легко корневыми отпрысками, семенами и отводками. Разводят С. также с декоративной целью. Древесина твердая, тяжелая; уд. в. 0,93. Применяют древесину С. для инкрустационных работ (заболонь С. красноватая, ядро буро-красное, с темными прожилками), для изготовления сапожных гвоздей, древесного угля (для пороха). Древесина С. хорошо поддается полировке.

СИРОПЫ представляют собой густые тягучие жидкости. Главной составной частью их является сахар (сахароза или инвертный), наличие которого обусловливает высокое осмотическое давление, не дающее возможности развиваться микроорганизмам, и следовательно хорошую сохраняемость. С. могут быть разделены на три группы: 1) медицинские, 2) плодовые и искусственные—для промышленных целей и 3) столовые. С. м е д и ц и н с к и е представляют густые, насыщенные в определенном отношении сахаром настои растений, растительные соки, растворы врачебных веществ и т. д.; предназначаются в большинстве случаев для улучшения вкуса лекарств, иногда с целью сочетанного действия с другими медикаментами, а иногда и в качестве самостоятельно действующих. Среди медицинских С. можно выделить 1) простой С. (Sirupus simplex), получаемый растворением 60 ч. рафинада в небольшом количестве воды, нагреванием раствора до кипения, разбавлением водой до 100 ч. и фильтрованием; 2) С., получаемые растворением сахара в настоях лекарственных веществ (водяных или в смеси со спиртом), и 3) С., получаемые растворением сахара в перебродившем плодовом соке. При приготовлении последних ягоды (вишня, малина, красная смородина) раздавливают в ступке в кашеобразную массу, наполняют сосуд до $^2/_3$ объема, иногда прибавляют 2% сахара и сбраживают при помешивании, при $t°$ 20—25°, в продолжение нескольких суток (обычно 4—5) до тех пор, пока отфильтрованная проба сока, смешанная с половинным количеством 90°-ного спирта, не будет давать мути. Затем массу отжимают, жидкость отстаивают и фильтруют, после чего немедленно приготовляют сироп: в 40 ч. полученного сока растворяют 60 ч. сахара, жидкость нагревают до кипения и процеживают, по охлаждении прибавляют 5 ч. 90°-ного спирта и столько воды, чтобы получилось всего 100 ч. сиропа. Прибавление небольшого количества спирта (ок. 5%) с целью лучшего хранения и более полного извлечения лекарственных веществ практикуется не только при приготовлении плодовых, но и других видов медицинских С. Готовые медицинские С. должны быть прозрачны (за исключением миндального), иметь запах и вкус данного вещества и густоватую консистенцию.

П л о д о в ы е и и с к у с с т в е н н ы е С. для промышленных целей применяют при приготовлении напитков, как выпускаемых со специальных з-дов фруктовых вод, где они изготовляются путем насыщения углекислым газом разбавленных водой С., и поступающих в продажу в бутылках в готовом виде, так и приготовляемых путем разбавления С. газированной водой непосредственно перед употреблением. Кроме того эти С. применяются для изготовления мороженого, ликеров, в кондитерском производстве, в кулинарии и т. д. Производство плодовых (фруктовых и ягодных) С. состоит из двух операций: получения сока прессованием и насыщения его сахаром, аналогично указанному выше для медицинских С. Перед прессованием плоды и ягоды измельчаются и непосредственно затем прессуются (земляника, смородина, вишня—последняя после выстаивания 12 ч. в холодном месте) или предварительно подвергаются брожению (малина, ежевика, яблоки), а иногда плоды и пропариваются. В целях концентрации ягодного сока ягоды замораживаются и затем центрифугируются для отделения кристаллов льда; повторным замораживанием и центрифугированием можно получить соки-сиропы плотностью до 50° Баллинга, причем полностью сохраняется присущий ягодам вкус и аромат. Некоторые плодовые С. сгущаются увариванием; так, яблочный С. приготовляется концентрацией до $t°$ 60° Баллинга в вакуум-

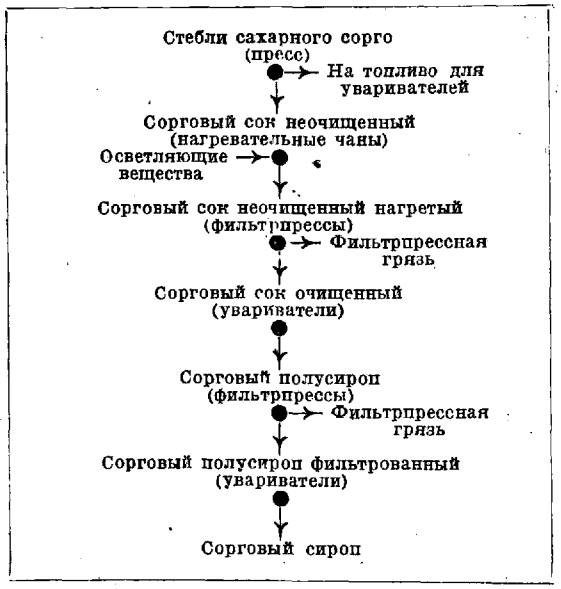
аппарате яблочного сока, полученного путем прессования дробленых яблок. Для хранения я б л о ч н ы й С. должен быть пастеризован. Имеются также способы приготовления яблочного С. из сока сухих яблок, получаемого настаиванием их с водой и прессованием. В и н о г р а д н ы й С.—уваренное сусло, б е к м е с, получают увариванием отпрессованного свежего виноградного сока. Для изготовления хорошего виноградного С. необходимо применение вакуум-аппарата, так как при уваривании в котлах на голом огне сахар карамелизуется и С. получает темный цвет и пригорелый привкус.

Для указанных выше целей наряду с натуральными фруктовыми С. выпускаются искусственные С., получаемые смешиванием сахарного С. с искусственными ароматич. веществами, органич. к-тами и красками. Искусственные С. выпускаются как под названием разных фруктовых С., так и под специальными (имбирный, ванильный, гренадин и др.). Искусственные С. благодаря своей относительной дешевизне являются серьезными конкурентами натуральных фруктовых сиропов.

С т о л о в ы е С. представляют собой почти исключительно сгущенные соки растений, содержащих сахар сахарного тростника, сорго, клена, свеклы, арбуза и др.; они широко употребляются в пищу за границей, а также в некоторых местностях СССР, непосредственно как таковые для намазывания на хлеб. Благодаря большому содержанию сахара они являются веществами высокой питательной ценности; кроме того сладкий вкус их раздражает пищеварительные железы, что увеличивает секрецию желез и влечет более легкую и полную переваримость того хлеба, к-рый с ними съедается. Кроме того они применяются в небольшой степени и для приготовления квасов и простых кондитерских изделий. Почти для всех видов столовых сиропов производство их слагается из следующих операций: подготовки сырья, получения сока, обработки и очистки его и уваривания С. до требуемой густоты. Т р о с т н и к о в ы е и с о р г о в ы е С. имеют широкое распространение в Америке, где среднее годовое производство выражается для тростникового 175—200 и для сортового 130—150 тыс. *т* в год. В производстве созревшие стебли растений срезают специальным ножом, очищают от листьев, боковых ветвей и семенной головки и свозят на переработочные пункты, где сейчас же стебли прессуются на вальцовых прессах типа применяющихся на тростниково-сахарных заводах, но сильно упрощенных. В то время как 9—12-вальцовые мощные прессы сахарных заводов выжимают до 80—85% сока по весу тростника, 2—3-вальцовые прессы, применяющиеся на производстве С., дают не более 55% сока. Полученный сок очищают от механических примесей тяжелее сока путем отстаивания; далее сок нагревают; при нагревании белковые вещества свертываются и всплывают на поверхность в виде пены, которая удаляется. В нек-рых крупных производствах при нагревании к соку еще добавляют осветляющие вещества (диатомовую землю, специальные глины и др.). После нагревания сок фильтруют и уваривают. Для уваривания сока наибольшее распространение в Америке получили с о р г о в ы е к о р ы т а, представляющие собой плоские противни глубиною 10—15 *см*, изготовляемые из меди или лужоного железа; эти противни при ширине 30—50 *см* имеют в длину от 2,0—2,5 до 4,5 *м*, нагреваются на голом огне на специальном очаге. В корытах устроены поперечные перегородки, к-рые прикреплены ко дну попеременно то к одной то к другой стороне, не доходя до противоположной. Благодаря перегородкам подлежащий увариванию сок, наливаемый с одного конца корыта, проходит зигзагообразно до противоположного конца и во время своего пути выпаривается до надлежащей концентрации готового сиропа. Эти уварочные корыта дают гораздо более светлый и лучшего вкуса С., чем простые котлы. Во время уваривания продолжает появляться на поверхности С. пена из свернувшихся белковых веществ, к-рая снимается. В нек-рых случаях уваривание ведется в два приема, причем сок, уваренный до состояния жидкого С., фильтруется и после этого во втором корыте уваривается уже окончательно; в нек-рых производствах вторично фильтруется уже готовый С. В более крупных предприятиях для уваривания применяются такие же плоские корыта, внутри к-рых устроены паровые трубки в виде секций; уваривание здесь идет более быстро и С. получается лучшего качества. После уваривания С. желательно быстро охладить, для чего его пропускают через змеевик, погруженный в охлаждающую жидкость; часто в качестве последней применяется свежеотжатый сок, и т. о. тепло используется для предварительного подогрева сока, поступающего на уваривание (см. схему). Производство сортового С. домашним и кустарным путем велось в СССР на С. Кавказе. В 1930 г. при станции Усть-Лабинская (С.-Кавказская ж. д.) построен первый опытный завод сортового С. производительностью ок. 500 *т* С. за сезон. Урожай сорго в калифорнийских условиях составляет ок. 35 *т* с 1 *га*, что соответствует 30 *т* очищенных сортовых стеблей, дающих ок. 1 600 *кг* готового С. К л е н о в ы й С. В феврале-марте в деревьях сахарного клена специальным коловоротом высверливают отверстия диам. 9—12 *мм* и 50 *мм* глубиной; вытекающий сок, содержащий 1—5% сухих веществ (гл. обр. сахарозы), собирают в подвешенные сосуды и затем свозят на уварочные пункты, где (на описанных выше типах уваривателей) он сгущается до 65—70° Баллинга. При наличии холодной погоды предварительно сок замораживают, что облегчает уваривание. Очистка сока заключается так же в снимании пены во время уваривания, применении яичного белка и др. осветляющих веществ. Иногда готовому С. дают закристаллизоваться и получают к л е н о в ы й с а х а р. Подобным же образом готовится (Швейцария, Норвегия, Балтийское побережье) С. из березового сока (см. *Клен* и *Сахарное производство*). С в е к о л ь н ы й С., с в е к о л ь н ы й м е д, еще с конца 19 в. готовился на мелких з-дах в Германии в Рейнских провинциях; в 1918/19 г. здесь было зарегистрировано свыше 500 производств с общей выработкой 33 000 *т* С.; при этом не был учтен ряд кустарных производств. Кроме Германии производство существовало в Бельгии, Франции, Голландии и др. странах. В Америке свекольный С. производится домашним способом, и данных о производстве его нет. Мелкое кустарное производство свекольных С. существовало и сильно распространилось в РСФСР в 1920/21 г. Производство С. заключается в том, что тщательно обрезанная, а иногда и очищенная от кожуры (что дает С. гораздо лучшего качества) сахарная свекла

распаривается острым паром в герметически закрытых сосудах при 2—3 *atm* давления в течение 2—3 часов. Распаренная свекла грубо измельчается и прессуется. Полученный сок кипятится с целью свертывания белковых веществ, фильтруется с прибавкою порошков для осветления (костяного угля, бурого угля, кизельгура и др.) и уваривается до требуемой густоты на голом огне в паровых варочных котлах или в вакуум-аппаратах в зависимости от размера производства. Готовые С. кроме приятного вкуса должны обладать определенной густотой и вязкостью как для хорошей сохраняемости, так и для того, чтобы при намазывании на хлеб не стекать и не сильно впитывать-

Схема производства соргового сиропа.



ся. С. должны иметь сухих веществ ок. 80%, главной составной частью к-рых является сахар (80% от сухих веществ). Для того чтобы сахароза не выкристаллизовывалась, половина ее подвергается в процессе производства инверсии (под влиянием к-т как естественных, так и прибавляемых во время переработки, или фермента инвертина). Кроме того наличие несахаров, пектиновых и азотистых веществ, а также солей влияет задерживающим образом на кристаллизацию С. (см. схему). С. из батата предложил изготовлять в США Гаре для утилизации отходов, к-рых при сортировке батата получается до 40%. В процессе производства клубни батата проваривают в воде (сменяемой до трех раз) для удаления из кожицы клубня веществ, портящих цвет и вкус С. Далее клубни разваривают в воде или при помощи пара до тех пор, пока содержащийся в них крахмал не клейстеризуется. Разваренные клубни затирают с двойным количеством воды, $t°$ смеси доводят до 60°, прибавляют ок. 1% ячменного солода и смесь выдерживают от 20 мин. до 1 часа при $t°$ 52—63° до тех пор, пока проба отфильтрованной жидкости перестанет давать с иодом реакцию на крахмал. При этом крахмал переходит в мальтозу. Полученное сусло отделяют от твердых частиц прессованием в мешках в плодовом прессе, кипятят и фильтруют через фильтрпресс с примесью диатомовой земли, уваривают, осветляют кипячением с древесным или костяным углем, вновь фильтруют и окончательно уваривают в С. янтарного цвета и мягкого характерного вкуса. Выход С.—ок. $^1/_3$ от переработанного батата. Солодовый С. готовится осахариванием крахмального клейстера (1 ч. крахмала на 9 ч. воды) в течение 3 часов при $t°$ 60—65° солодовыми вытяжками. Полученный раствор кипятят, фильтруют и уваривают до густоты С. Подобным же образом готовят *патоку* (см.) из кукурузной муки; осахаривание ее производят не солодовым экстрактом, а ферментами, заключающимися в кукурузе. И с к у с с т в е н н ы е с т о л о в ы е С., широко распространенные за границей, готовят из обыч-

Схема производства свекольного сиропа.



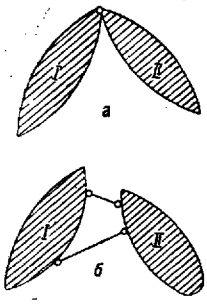
ного тростникового или свекловичного сахара, распуская его в воде, частично инвертируя нагреванием с небольшим количеством минеральных (гл. обр. соляной) или органич. (лимонной, винной) к-т, фильтруя и уваривая его в вакуум-аппарате. Прибавкой эссенций и подкрашиванием им придают соответствующий аромат и цвет. Искусственные столовые С. выпускаются под названиями искусственного меда, столового С. и др. Под названием столового С. в продажу идет иногда рафинадная патока, профильтрованная через механич. и угольные фильтры. Часто к столовым С. примешивается картофельная или кукурузная патока.

Лит.: Государственная фармакопея, М., 1925; Гарденин М., Производство свекольного сиропа в Германии, «Технико-экономич. вестник», М., 1925, *1*; Кащенко Ф., Производство свекольных сиропов и исследование их, Сборник статей по сахарной промышленности, М.—Л., 1925; Иофан А., Сорговый сироп и его производство, «Пищевая промышленность», М., 1930, *7*; Каменский В. и Иофан А., Проект опытного завода по производству сахарного сиропа из сорго, ibid., 1930, *10*; Hagers Handbuch d. pharmazeutischen Praxis, B. 2, B., 1927; Block B., Rübensirup, seine Herstellung, Beurteilung u. Verwendung, Lpz., 1920; Criuess W., Commercial Fruit a. Vegetable Products, N. Y., 1924; An Improved Method of Making Sugar-beet Syrup, «Farmer's Bull. U.S. Dep. of Agric.», Wsh., 1921, *1241*; Production of Maple Syrup a. Sugar, ibid., 1922, *1366*; Sorgo-Syrup Manufacture, ibid., *1389*; Production of Syrup Sweet Potatoes, ibid., 1923, *1158*. **М. Гарденин.**

СИСТЕМА в технике, теоретич. оформление сооружения или механизма, отличающееся от действительного сооружения упрощениями, вводимыми для проведения расчета и вме-

сте с тем мало изменяющими условия работы сооружения. В С., теоретич. схемах сооружений, состоящих из отдельных брусьев, абстрагируются поперечные размеры отдельных элементов, образующих сооружения, влияние которых на величину расчетных усилий и деформаций невелико. По своему образованию С. разделяются на С. с в о б о д н ы е, неизменяемость к-рых обеспечивается вне зависимости от опорных закреплений, и С. с в я з а н н ы е, неизменяемость к-рых зависит от опорных закреплений, и составляют две основные группы: 1) С. плоскостные, составные элементы к-рых располагаются в одной плоскости, способные воспринимать на себя силы, действующие в той же плоскости, или передавать в ней движения; 2) С. пространственные, составные части к-рых не располагаются в одной плоскости, способные воспринимать на себя силы любых направлений или передавать движение в пространстве. Названные группы С. обнимают собой целый ряд других подразделений, объединяя С. с общими свойствами.

Плоскостные С. образуются из отдельных стержней или дисков, связанных между собой в общее целое. Входящие в состав С. диски могут сами составлять более простую С. Соединение стержней и дисков между собой может быть шарнирное (цилиндрич. шарнир) и жесткое. Шарнирное соединение исключает две степени свободы относительного смещения соединяемых частей и может рассматриваться как две стержневые связи между дисками с шарнирами на концах (фиг. 1). Жесткое соединение исключает три степени возможных относительных смещений соединяемых частей на плоскости и может рассматриваться как три стержневые связи, не пересекающиеся в одной точке (фиг. 2). Если образование С. таково, что перемещение одного стержня или диска, образующего С., вызывает совершенно определенные конечные перемещения остальных стержней С. без изменения длин всех стержней, то такая С. является С. изменяемой и носит название плоской кинематич. цепи или механизма. Такие С. употребляются в машинах (см. *Механизмы*) для передачи движения. С., в к-рых взаимное перемещение стержней или дисков м. б. только в том случае, если произойдет изменение длины или формы составляющих С. стержней или дисков, считаются С. неизменяемыми и применяются в сооружениях. По самой сути неизменяемая С. является той же кинематич. цепью с нулевой степенью свободы. В таких С. взаимное перемещение отдельных составляющих С. частей и С. в целом является следствием только их деформаций от внешних сил и д. б. относительно мало по сравнению с основными размерами С., т. е. С. должна быть жесткой.

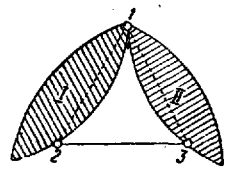


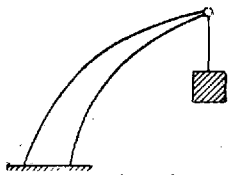
Фиг. 1.

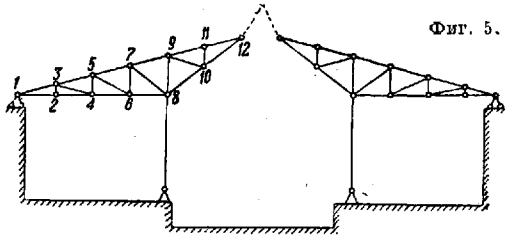


Фиг. 2.

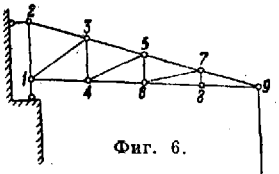
Неизменяемость плоскостной С. обеспечивают соответствующим ее образованием, соединяя стержни и диски между собой т. о., чтобы были исключены три возможные степени свободы относительных перемещений на плоскости. Это достигается введением между дисками трех связевых условий, к-рые м. б. в следующих комбинациях: соединение двух дисков м. б. шарниром (два условия закрепления) и стержнем с шарнирами на концах (одно условие, фиг. 3), заделкой или тремя стержнями, не пересекающимися в одной точке (три условия, фиг. 2, см. *Неизменяемость геометрическая*). С., представляющие сооружения, кроме внутренней неизменяемости д. б. неизменяемо прикреплены к земле. Рассматривая С. как один общий диск, необходимо уничтожить его три степени свободы перемещений относительно земли, т. е. ввести три условия закреплений (в общем случае три стержня, не пересекающиеся в одной точке, как между двумя дисками; фиг. 2). Такими опорными закреплениями м. б.: а) заделка при наличии опоры (фиг. 4), которая дает три связевых условия; неизвестными в ней являются величина, направление и точка приложения усилия или две составляющие его и момент; б) при наличии двух опор (фиг. 5) одна опора шарнирно-подвижная, исключающая одну степень свободы (один стержень), дающая неизвестное усилие по величине, и другая опора шарнирно-неподвижная (шарнир), исключающая две степени свободы, дающая усилие, неизвестное по величине и направлению; в) при наличии трех опор (фиг. 6) каждая из них является шарнирно-подвижной, исключающей одну степень свободы (один стержень); неизвестными являются величины трех усилий. При образовании плоскостной системы, состоящей из m дисков или стержней (опорные стержни исключаются), имеющей между ними n шарнирных и r жестких связей, условия неизменяемости требуют соблюдения неравенства


Фиг. 3.


Фиг. 4.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

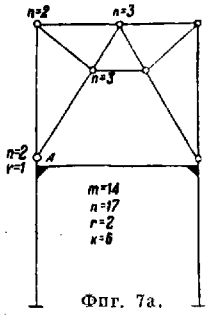
$$3m \leqslant 2n + 3r + 3. \quad (1)$$

Количество шарнирных связей n подсчитывается по количеству стержней, образующих С., с к-рыми связан шарнир, без одного; точно так же количество жестких связей r—по количеству сходящихся соединенных между собой жестко стержней без одного. Так, на фиг. 7а узел A имеет 4 сходящихся стержня, из к-рых 2 соединены между собой жестко ($r = 2 - 1$), и шарнир принадлежит трем стержням—двум сходящимся и одному из жестких стержней, следовательно $n = 3 - 1 = 2$. Обозначая количество связевых условий плоскостной С. с землей через k, условие внутренней неизменяемо-

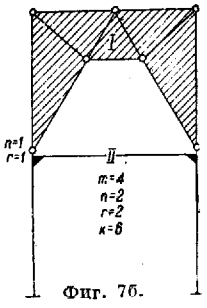
сти С. и ее неизменяемого прикрепления к земле требует, чтобы

$$3m \leqslant 2n + 3r + k. \qquad (2)$$

На фиг. 7а и 7б для одной и той же С. сделан подсчет шарнирных и жестких связей в двух вариантах: а) считая верхнюю часть как составную (фиг. 7а) и б) считая I как один общий



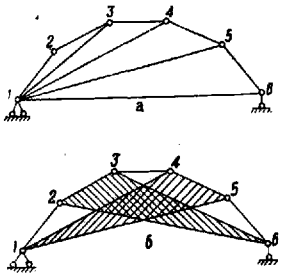
Фиг. 7а.



Фиг. 7б.

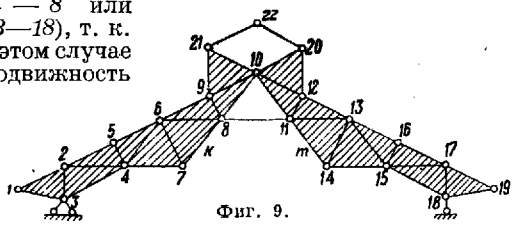
сплошной диск (фиг. 7б). Результаты в обоих случаях удовлетворяют условию (2). Условия (1) и (2) являются необходимыми для неизменяемости С., но недостаточными; последнее обстоятельство обусловливает необходимость особой проверки (см. *Неизменяемость геометрическая*).

С. называются п р о с т е й ш и м и, если легко проследить их образование на основании правила, вытекающего из условия соединений дисков: «присоединение каждого нового шарнира к неизменяемой С. должно быть сделано двумя дисками, не лежащими на одной прямой». На фиг. 5 и фиг. 6 представлены простейшие системы. Из простейших систем можно получить целый ряд других всевозможных С. путем взаимозамены внутренних связевых условий, дисков и условий закрепления к земле, удовлетворяющих основному условию неизменямости (2). Способ замены связевых условий состоит в том, что если из простейшей С. убрать один стержень или диск, входящий в ее образование, то условие $3m = 2n + 3r + k$ не будет удовлетворено, и система превращается в кинематич. цепь — механизм. Введение новой связи, в виде нового стержня или диска в самой С. или в виде дополнительного опорного закрепления, уничтожающих подвижность полученной кинематич. цепи, дает новую С., удовлетворяющую условию (2) и геометрически неизменяемую.



Фиг. 8.

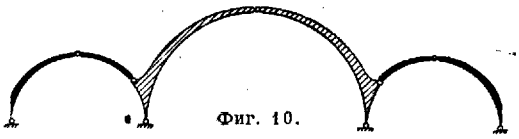
Следует иметь в виду, что уничтожение связевого условия в прикреплении С. к земле превращает С. также в механизм, подвижность к-рого м. б. уничтожена только новой связью с землей же. Внутренняя связь м. б. заменена излишней связью с землей, превращая С. из свободной в связанную; обратная же замена связевых условий с землей из трех требуемых условиями прикреплений внутренней связью невозможна. Путем замены внутрен. стержней получена сложная С., показанная на фиг. 8, б; она получается из простейшей С. (фиг. 8, а) путем замены в последней стержней *1—6* и *1—3* стержнями *3—6* и *2—6*. В этом случае $m = 9$, $n = 12$, $k = 3$ и $r = 0$, что удовлетворяет равенству (2): $3 \cdot 9 = 2 \cdot 12 + 3$. Полученную С. можно также рассматривать как два диска (*1—4—5*) и (*2—3—6*) (заштрихованы на чертеже), связанных между собой тремя стержнями (*1—2*), (*3—4*) и (*5—6*); тогда $m = 5$, $n = 6$, $k = 3$ и $r = 0$, и равенство (2) будет также удовлетворено. Количество шарниров уменьшилось потому, что теперь в каждом узле сходятся только два диска—стержня. При пользовании способом замены для образования системы необходимо следить за тем, чтобы заменяющий стержень или связь не были поставлены между узлами или дисками С., не имеющими относительных смещений в кинематич. цепи. Так, на фиг. 9 представлена простейшая С. При выбрасывании стержня *8—11* С. превращается в механизм, части к-рого могут поворачиваться вокруг шарнира *10*. Заменяющий стержень очевидно м. б. поставлен в любом месте между двумя дисками *1—9—21—10—7—4—3—1* и *10—20—12—19—18—15—14—10*, напр. между узлами *4—13*, и не м. б. помещен между узлами одного диска (*4 — 8* или *13—18*), т. к. в этом случае подвижность



Фиг. 9.

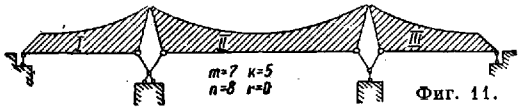
механизма не уничтожается; обычно заменяют стержнем *7—14*, получая таким образом систему Полонсо. Также следует избегать ставить заменяющие стержни между точками двух дисков или между двумя узлами, относительное смещение к-рых имеет значение минимума или близкое к нему, так как в этом случае С. будет нежесткой, и в заменяющем стержне могут развиваться значительные усилия. На фиг. 9 малые значения относительных смещений имеют точки дисков, соприкасающиеся с шарниром *10*; если заменяющий стержень поместить между точками k и m и постепенно приближать его к шарниру *10*, тем самым точки k и m приближаются к состоянию минимума относительных смещений, и усилие в заменяющем стержне $k—m$ будет неограниченно расти.

По условиям внутреннего образования С., а также по условиям закрепления С. к земле различают следующие виды их: 1) Когда $3m = 2n + 3r + k$ и С. по образованию удовлетворяют условиям как внутренней неизменяемости, так и неизменяемого устойчивого прикрепления к земле, то такие С. являются в то же время С., с т а т и ч е с к и о п р е д е л и м ы м и, причем: а) если $3m - 3 = 2n + 3r$ и $k = 3$, то С. является свободной и м. б. как простейшей, так и сложной (фиг. 8); условия закрепления к земле таких С. были указаны выше (фиг. 4, 5, 6); б) если

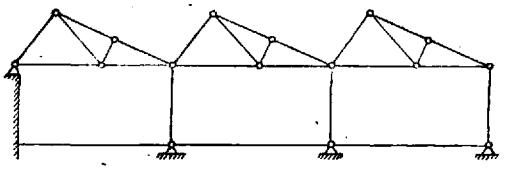

Фиг. 10.

$3m - 3 > 2n + 3r$, но $k > 3$, то С. в целом не является свободной, т. к. в ее внутреннем образовании недостает необходимых связей, к-рые заменены опорными закреплениями числом более трех; примерами таких С. являются С. трехшарнирные (фиг. 10), многоопорные (фиг. 11, 12)

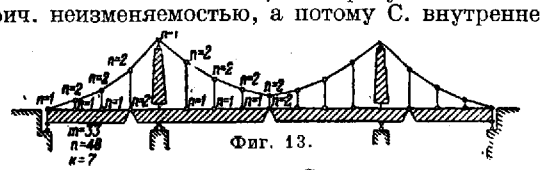
и комбинированные (фиг. 13, 14). 2) Когда $3m < 2n+3r+k$ и в процессе образования С. удовлетворено условие неизменяемости, то С. статически неопределима, причем: а) если $3m-3<2n+3r$ и $k=3$, то количество внутрен-



Фиг. 11.


Фиг. 12.

них связей в С. больше, чем требуется геометрич. неизменяемостью, а потому С. внутренне



Фиг. 13.

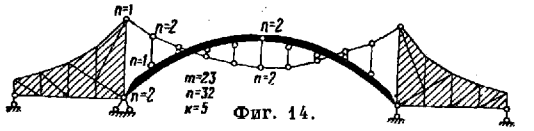
статически неопределима. Степень неопределимости таких С. (фиг. 15) N можно установить по формуле

$$N=2n+3r-3m+3. \quad (3)$$

Когда данная С. имеет замкнутые контуры, то неопределимость удобнее подсчитать по выражению

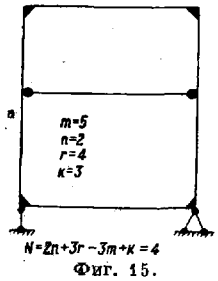
$$N=3p-n, \quad (4)$$

где p—количество замкнутых контуров при внутреннем образовании и n—шарниры в кон-



Фиг. 14.

турах; б) если $3m-3=2n+3r$ и $k>3$, то системы статически неопределимы относительно опорных реакций; степень неопределимости в этом случае равна количеству связей с землей без трех, т. е. $N=k-3$. Такая С. представлена на фиг. 16; в) если $3m-3<2n+3r$ и $k>3$, то С. статически неопределима как относительно внутреннего образования, так и относительно опорных закреплений (фиг. 17 и 18). Общая степень неопределимости получается из следующего равенства:



Фиг. 15.

$$N=2n+3r-3m+k \quad (5)$$

или, считая по замкнутым контурам,

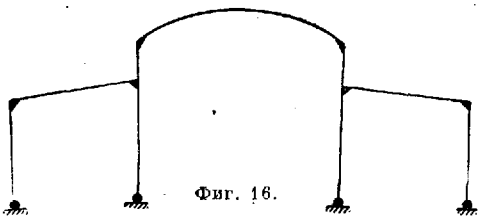
$$N=3p-n+k-3. \quad (6)$$

Так, на фиг. 18 замкнутых контуров внутреннего образования С. $p=2$, $n=0$, $k=6$:

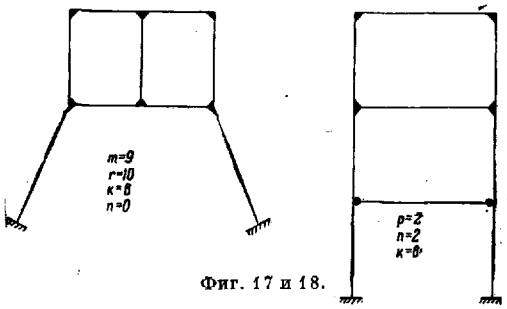
$$N=3\cdot2+6-3=9.$$

3) Когда $3m>2n+3r+k$, то С. представляет уже механизм, степень подвижности к-рого при указанных способах соединений будет равна $3m-2n-3\ r-k$. На фиг. 19 дана С. механизма с одной степенью свободы.

С., применяющиеся в сооружениях, можно также разделять на: 1) С., составленные из одного прямого бруса,—б а л к и, статически определимые и статически неопределимые (неразрезные), и из одного кривого бруса—*арки* (см.). Работа этих С. связана гл. образом с изгибом


Фиг. 16.

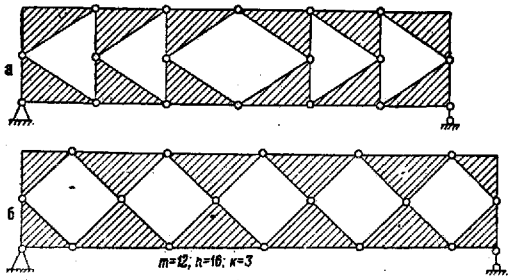
и сжатием, поэтому в их элементах появляются продольные усилия N_x, поперечные усилия Q_y и моменты M_z; 2) С., состоящие из брусьев, связанных между собой только шарнирами, носят название сочлененных С. (см. Ф е р м ы). Особенностью таких С. является то, что нагрузки, приложенные в узлах (шарнирах), вызывают в каждом элементе только продольное усилие (фиг. 5, 6); 3) С., состоящие из брусьев, связанных между собой жестко (заделкой),—р а м н ы е системы (фиг. 17; см. *Жесткие рамы*). Работа таких С. под действием нагрузки сводится в



Фиг. 17 и 18.

общем случае к работе сил N_x, Q_y и момента M_z; 4) С., представляющие сочетание указанных выше видов, называются С. к о м б и н и р о в а н н ы м и. По своей работе комбинированные С. могут иметь одновременно часть элементов, работающих только на продольную осевую силу, и часть—на усилия N_x, Q_y и момент M_z.

Пространственные С. составляются из отдельных плоскостных С., стержней, дисков или составных пространственных элементов, обеспечивающих в своем образовании пространственную неизменяемость. При образовании пространственных С. отдельные элементы, входящие

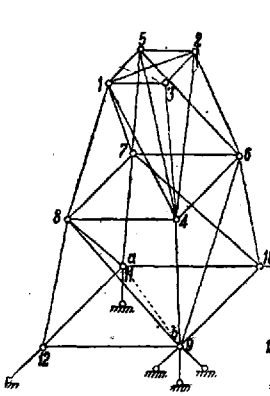


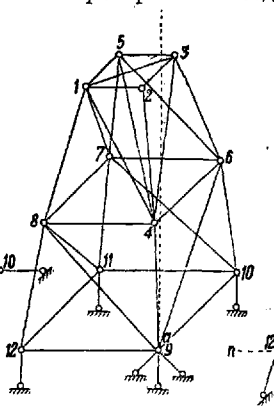
Фиг. 19.

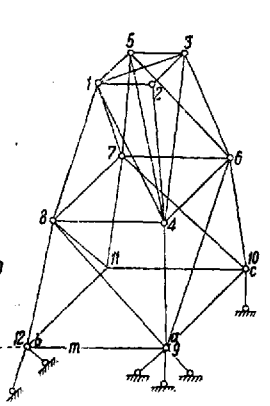
в состав С., соединяются между собой жестко или шарнирно, причем следует различать два вида шарнирных соединений пространственных С.: а) шарниры шаровые, обеспечивающие

пространственное взаимное вращение частей; б) шарниры цилиндрические, обеспечивающие вращение только в одной плоскости. Соединение двух элементов в одно пространственное целое требует уничтожения шести степеней свободы относительных смещений в пространстве соединяемых между собой элементов, чему полностью удовлетворяет жесткое соединение, уничтожающее все шесть степеней свободы. Соединение шарнирно-шаровое исключает три степени свободы поступательных смещений, три же степени свободы вращательных движений остаются. Шарнирно-цилиндрич. соединение исключает пять степеней свободы, оставляя только вращение в одной плоскости. Рассматривая землю и пространственную С. как 2 части одного целого, необходимо для обеспечения относительной неподвижности (устойчивости) С. уничтожить также ее шесть степеней свободы по отношению к земле, для чего необходимо ввести шесть закрепительных связей, к-рые теоретически м. б. представлены как шесть соединительных стержней с шаровыми шарнирами по концам. Каждый такой стержень исключает одну степень свободы (поступательные движения по направлению стержня). Однако расположение закрепительных стержней д. б. таково, чтобы они при своем продолжении не пересекали одну и ту же прямую ab в пространстве, так как в этом случае сооружение имело бы возможность повернуться вокруг этой прямой (фиг. 20 и 21). Как следствие закрепительные стержни не должны лежать в одной плоскости и пересекаться в одной точке и не д. б. параллельными. Если стержни при своем продолжении не пересекают математич. прямую в пространстве, а располагаются на близком от нее расстоянии, то такое закрепление будет иметь значительные усилия в стержнях и может стать нереальным закреплением.

В практике прикрепление пространственных систем к земле осуществляется или в виде заделки или в виде специальных опорных частей, которые разделяются на три следующих вида. 1) Шаровая неподвижная опора, допускающая только вращательные движения, исключает три степени свободы, именно три поступательных движения, и выполняется в виде стального шара, заложенного между опорными плитами, имеющими сферич. углубления. Теоретич. оформление такой опоры м. б. представлено в виде трех стержней, пересекающихся в одной точке (узел a на фиг. 22). Такая опора дает три неизвестные величины опорной реакции (величину и направление ее в пространстве). 2) Цилиндрич. подвижная опора, допускающая вращательные движения и поступательные только по одной прямой (по линии передвижения цилиндрич. катков), осуществляется в виде цилиндрич. катков, зажатых между плоскими опорными подушками, из к-рых верхняя имеет шаровую неподвижную опору для сооружения. Такая опора исключает две степени свободы С., теоретически м. б. представлена в виде двух опорных стержней (узел b, фиг. 22), расположенных в плоскости, перпендикулярной к линии движения катков, и дает две неизвестные величины опорной реакции (величину силы и ее направление в плоскости расположения стержней). 3) Шаровая подвижная опора, допускающая вращательные движения и все поступательные движения в одной плоскости, практически осуществляется в виде стального шара, зажатого между плоскостными опорными подушками. Теоретически такая опора м. б. представлена в виде одного опорного стержня (узел c на фиг. 22), исключающего одну степень свободы и дающего одну неизвестную реакцию по величине; направление же ее известно—оно совпадает с направлением стержня. Для удобства опоры на чертеже обозначают, как показано на фиг. 26; число внизу значка указывает количество степеней свободы, которое исключает данная опора.


Фиг. 20.


Фиг. 21.


Фиг. 22.

Три названные опоры дают необходимое количество связевых условий для присоединения пространственной С. к земле. Присоединение пространственной С. также м. б. выполнено и одним из указанных видов опор, но при достаточном их числе и надлежащем распределении. Если пространственная С. состоит из m стержней или дисков и имеет в своем образовании r жестких соединений, s шаровых шарнирных и n цилиндрич. шарниров, то необходимое количество связевых условий в образовании С. должно удовлетворять выражению

$$6(m-1) \leqslant 3s+6r+5n, \qquad (7)$$

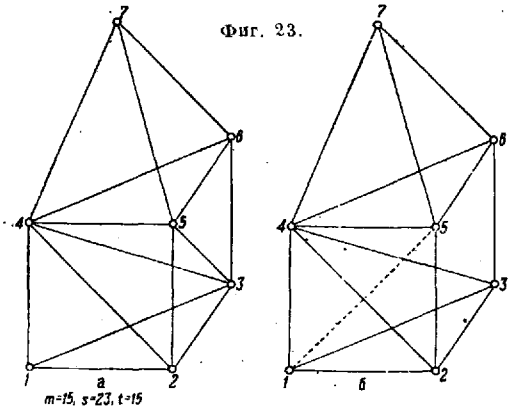
где s, r и n считаются по количеству стержней в узле, обладающих общей одинаковой связью, без одного. С., удовлетворяющие этому условию, способны воспринимать силы любых направлений и как угодно приложенные. Когда в образовании системы встречаются элементы, имеющие по концам шаровые шарниры, то такой элемент обладает одной степенью свободы—вращением вокруг собственной оси — и очевидно не может воспринимать на себя силы, не лежащие с ним в одной плоскости. Такая С. представлена на фиг. 23, б, где количество необходимых связей для восприятия силы случайного направления, действующей на элементы с шаровыми шарнирами, не удовлетворяет условию (7), и в то же время С. геометрически неизменяема, т. е. не меняет свою геометрич. форму без изменения этих составляющих С. частей. С. подобного образования, геометрически неизменяемые, м. б. применены в сооружениях только в случае, если силы, действующие на элементы с шарнирами по концам, будут лежать в одной плоскости с ними, т. е. представлять собой плоскостную С. Для обеспечения геометрич. неизменяемости пространственной

С., включающей в себя t стержней или дисков с шаровыми шарнирами по концам, д. б. удовлетворено условие

$$6(m-1) \leqslant 3s+6r+5n+t. \qquad (8)$$

С., удовлетворяющая этому условию, показана на фиг. 23,а. Условие (8) является так же, как

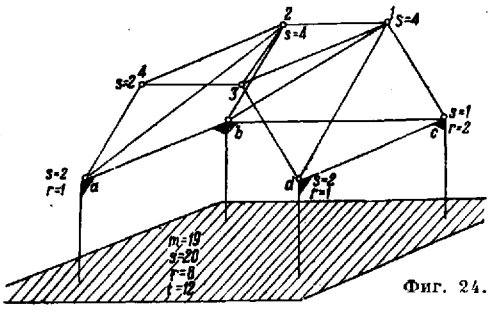
Фиг. 23.



и в плоскостных С., условием необходимым, но не достаточным в смысле установления неизменяемости (см. *Неизменяемость геометрическая*). Если количество опорных закреплений обозначить через k, то для обеспечения неизменяемости и достаточного (устойчивого) закрепления к земле необходимо, чтобы в С.

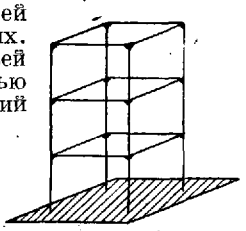
$$6m=3s+6r+5n+k+t. \qquad (9)$$

Системы, постепенное образование которых происходит или жесткой заделкой (фиг. 25) или присоединением нового шарнирного узла тремя стержнями или дисками, не лежащими в одной плоскости, обеспечивающими неизменяемую пространственную форму тетраэдра, называются С. п р о с т е й ш и м и. Так, на фиг. 24



Фиг. 24.

нижний этаж получен путем заделки стержней, а вверху узлы получены тремя стержнями; последовательный порядок образования их указан на чертеже. Полученная форма тетраэдра *dbc1* с вершиной *1* является геометрически неизменяемой, так как основание тетраэдра *dbc* расположено на стержнях *db—bc—cd*, неизменяемое положение к-рых обеспечивается взаимной жесткой заделкой. С., не удовлетворяющие указанному образованию, называются с л о ж н ы м и С. Из простейших С. можно получать другие простейшие С. и С. сложные путем замены связей или стержней. Прием заключается, как и в плоскостных С., в том, что из С. исключается связь или стержень; тогда очевидно равенство (9) будет нарушено, и С. будет превращена в изменяемую С. с недостающим количеством связей—в механизм. Если же связь или стержень ввести вновь в С. в другом месте в виде связи, способной исключить полученную при первом исключении подвижность С., то неизменяемость вновь восстановится и равенство (9) будет удовлетворено, но С. будет уже другая. Новые введенные в С. связи взамен устраненных в простейшей С. носят название заменяющих связей или стержней. Заменяющими связями могут быть так же, как и в плоскостных С., связи с землей свыше шести необходимых. Обратной же замены связей с землей внутренней связью быть не может. Заменяющий стержень (или связь) не д. б. поставлен между двумя узлами, не имеющими относительных смещений в полученном механизме. Так, на фиг. 23 взятый из простейшей системы стержень *3—5* не м. б. заменен в ней связью между узлами *1—5*, т. к. в этом случае узел *5* будет прикреплен тремя стержнями *4—5*, *1—5* и *2—5*, лежащими в одной плоскости. Также заменяющий стержень не м. б. вставлен между узлами, которые при перемещениях механизма находятся в состоянии минимума, т. к. в этом случае малые упругие деформации заменяющего стержня вызовут большие перемещения С., к-рая становится не жесткой, а в заменяющем стержне могут возникать значительные усилия. С. неизменяемые и удовлетворяющие условию (9) являются в то же время статически определимыми, т. к. для каждой части, входящей в С., можно составить шесть ур-ий статики, определяющих шесть связевых условий в С.



Фиг. 25.

По условиям внутреннего образования С., а также по условиям закрепления ее к земле можно различать следующие виды С.:

I. Когда

$$6m=3s+6r+5n+k+t$$

и С. по образованию неизменяема, то она является С. статически определимой, причем

а) если

$$6m-6=3s+6r+5n+t \text{ и } k=6,$$

то С. является свободной, м. б. простейшей и сложной (фиг. 22);

б) если

$$6m-6>3s+6r+5n+t \text{ и } k>6,$$

то С. является преобразованной—связанной С. (фиг. 26).

II. Когда

$$6m<3s+6r+5n+k+t$$

и С. по образованию неизменяема, то она статически неопределима, причем

а) если

$$6m-6<3s+6r+5n+t \text{ и } k=6,$$

то С. является свободной и статически неопределимой относительно внутреннего образования, т. к. число ее внутренних связей более требуемого по условию (8);

б) если

$$6m-6=3s+6r+5n+t \text{ и } k>6,$$

то С. свободная и статически неопределимая относительно опорных закреплений (фиг. 24);

в) если

$$6m-6<3s+6r+5n+t \text{ и } k>6,$$

то С. свободная и статически неопределимая как относительно внутреннего образования, так

и относительно опорных закреплений (фиг. 25); г) если

$$6m-6>3s+6r+5n+t \text{ и } k>6,$$

то С. является связанной и статически неопределимой относительно опорных закреплений.

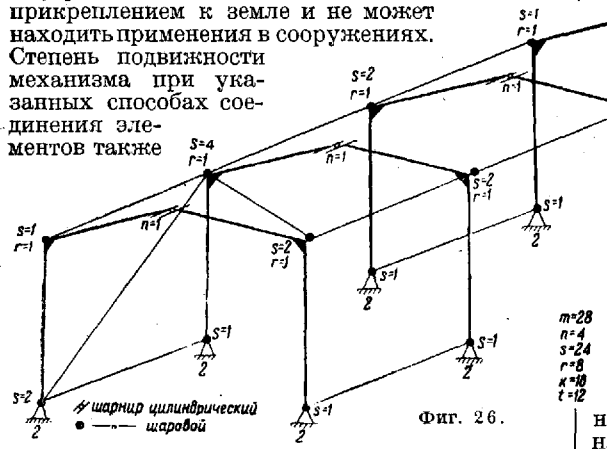
Степень статич. неопределимости указанных выше С. можно установить из равенства:

$$N=3s+6r+5n+k+t-6m. \quad (10)$$

III. Когда

$$6m>3s+6r+5n+k+t,$$

то С. представляет механизм с недостаточными внутренними связями или с недостаточным прикреплением к земле и не может находить применения в сооружениях. Степень подвижности механизма при указанных способах соединения элементов также можно определять равенством (10), получая отрицательные значения неопределимости.



Фиг. 26.

По своему образованию пространственные С. могут быть разделены на следующие С. 1) С., состоящие из отдельных брусьев и дисков, связанных между собой в одно жесткое монолитное целое, не допускающее взаимного поворота сходящихся в узлах брусьев (фиг. 25); такие С. называются жесткими рамными С. и употребляются во всех видах инженерных сооружений. Особое развитие получили рамные С. с появлением и развитием железобетона как материала, обеспечивающего монолитность С. В таких С. в общем случае имеются изгибающие моменты, поперечные силы и моменты крутящие. Жесткие рамные С. по своему образованию всегда являются С. неизменяемыми вне зависимости от числа стержней и узлов, образующих систему, и в них возникают только вопросы о достаточном закреплении к земле и степени статической неопределимости, причем первый из них решается просто, второй же м. б. подсчитан по условию (10), к-рое в этом случае м. б. написано упрощенно:

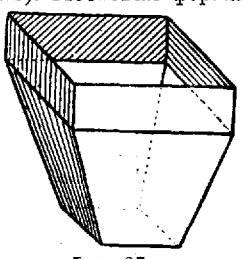
$$N=6(r-m)+k.$$

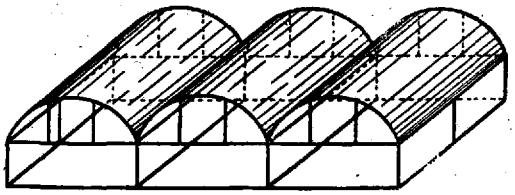
Так, С., указанная на фиг. 25, имеющая m=24, r=32, k=24, имеет неопределимость

$$N=6(32-24)+24=72.$$

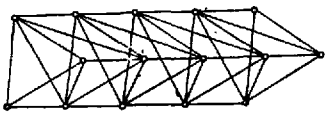
К таким же С. относятся С., состоящие из плоских плит (пластинок), связанных в одно пространственно-жесткое целое; они называются бункерами (фиг. 27) и употребляются в силосах, углехранилищах и т. п. Сюда же надо отнести системы, состоящие из пластинок, имеющих одиночную или двоякую кривизну. К первым относятся цилиндрич. покрытия (фиг. 28), ко вторым относятся С., представляющие собой поверхности вращения с образующей, имеющей кривизну, например купола (фиг. 29). 2) С. сочлененные (фермы), состоящие из отдельных стержней или фермочек и дисков, обеспечивающих свою пространственную неизменяемость, связанных между собой шаровыми шарнирами, допускающими взаимный поворот стержней (дисков) в любых направлениях. Благодаря этому усилие в стержне (диске) при нагрузках, приложенных в узлах, будет всегда осевое, направленное по линии центров шарниров на концах стержня. Пространственные сочлененные С. (фермы) могут воспринимать на себя силы, не лежащие в плоскости элементов, на которые они действуют. Геометрическая неизменяемость требует удовлетворения равенства (9), к-рое для сочлененных С. будет: $m+k=3q$, где q— количество узлов в С. Основной формой, обеспечивающей пространственную неизменяемость по образованию, является тетраэдр *1—2—3—4* (фиг. 23)—С., образованная из шести стержней. В простейших сочлененных С. присоединение нового узла производится тремя новыми стержнями, не лежащими в одной плоскости (фиг. 23). Применяя способ замены стержней, можно получать из простейших самые разнообразные сложные сочлененные С., которые применяются для перекрытий общественных зданий крупных размеров, купольных и шатровых покрытий, в мостах, кранах, башнях, маяках и прочих инженерных сооружениях.

По своему внешнему виду и по назначению сочлененные пространственные С. могут быть разделены на мостовые, зубчатые, стропильные, балочно-сферические, купольные, пирамидальные, шатровые, крановые фермы и фермы мачт и пилонов. Особую разновидность свободных пространственных С. составляют фермы летательных аппаратов, аэропланов и дирижаблей (см. *Аэроплан* и *Дирижабль*). Мостовая ферма (фиг. 30) состоит из шести отдельных плоскостных С., связанных неизменяемо в одно пространственное целое. Такая ферма при расчете на вертикальную нагрузку даст возможность разложить ее на отдельные плоскостные С., как обычно и поступают в практике (см. *Фермы*). При езде понизу плоскостные сочлененные системы *ABCD* и *EHFG* (фиг. 30) заменяются жесткими рамами. Мостовая ферма м. б. составлена также из трех плоскостных С. (фиг. 31)—т. н. трехпоясных С. Такие С. осуществлены за последние годы в практике мостостроения (Америка, Германия). Зубчатые стропильные фермы (или шедовые) применяются гл. обр. для перекрытия широких зданий мастерских, требующих большого освещения (фиг. 32), для чего крутая часть перекрытия *ABCD* бывает застеклена, а пологая покрывается кровлей. Балочно- и арочно-сферич. покрытия применяются в зданиях, имеющих в плане форму правильных мн-ков, и состоят из отдельных радиально расположенных плоскостных ферм, имеющих очертание верхнего

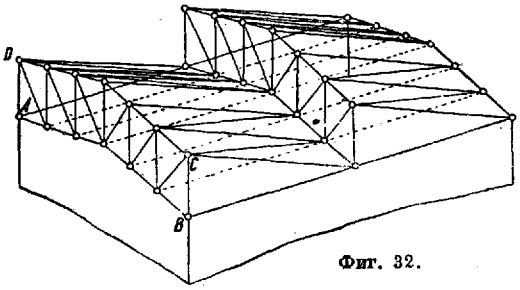

Фиг. 27.



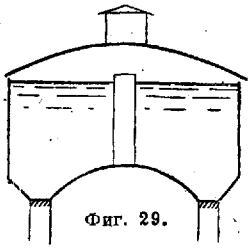
Фиг. 28.



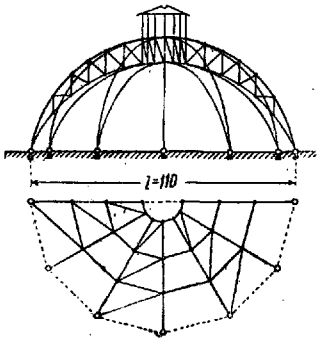
Фиг. 31.



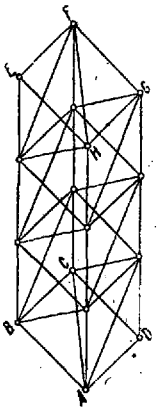
Фиг. 32.



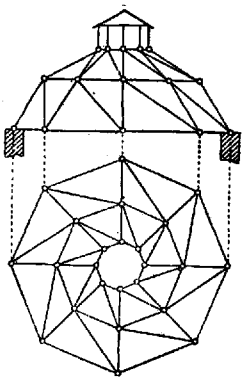
Фиг. 29.



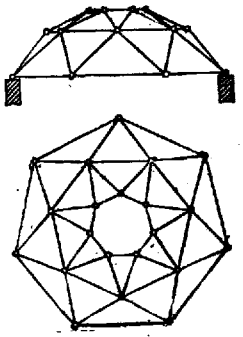
Фиг. 33.



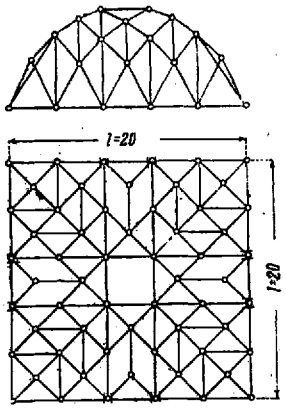
Фиг. 30.



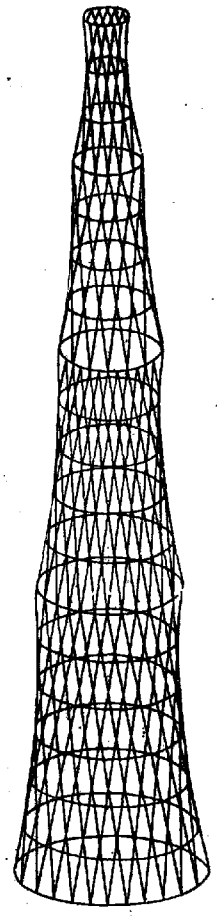
Фиг. 34а.



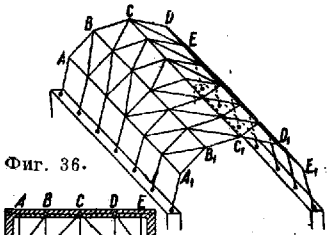
Фиг. 34б.



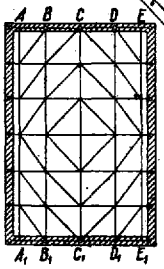
Фиг. 35.

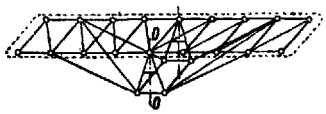


Фиг. 38.

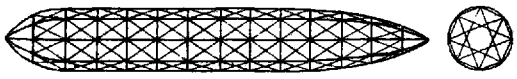


Фиг. 36.

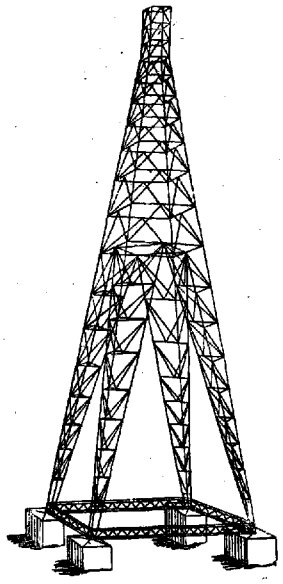




Фиг. 40.



Фиг. 39.



Фиг. 37.

пояса по кривой и дающих внешнюю сферич. поверхность. Отличие арочно-сферич. покрытий от балочных то, что первые дают на опоры распор и требуют исключительно неподвижных опор или нижнего кольца, выполняющего роль затяжки. На фиг. 33 дана подобного рода система, составленная из серповидных арок, чем достигается использование внутреннего помещения. Взаимное пересечение плоскостных ферм обеспечивается особым барабаном, расположенным в центре. Купольные С. отличаются от сферических (балочных и арочных) тем, что в них внутренняя часть купола использована полностью. На фиг. 34 даны 2 купольные С.: а) С. Шведлера (фиг. 34а) имеет внизу опорное кольцо, а сверху световой фонарь; поверхность ее состоит из плоскостей, имеющих более трех стержней, в ней лежащих; ребра С. располагаются по меридиональным и параллельным сечениям: первые дают представление об образующей поверхности вращения С., а вторые образуют в плане фигуру, подобную плану перекрываемого здания; б) С. сетчатая: поверхность ее состоит из плоскостей, в к-рых находятся только 3 стержня, меридиональных ребер нет, а параллельные фигуры подобны плану здания, но повернуты одна относительно другой; в сетчатых С. существует зависимость между числами стержней m, узлов q и граней f, выраженная ф-лой Эйлера: $m = q + f - 2$, чему удовлетворяет С. на фиг. 34б, где $m = 49$, $q = 21$ и $f = 30$, включая основание.

К С. купольным близко подходят С. шатровые (фиг. 35), служащие для перекрытия зданий с прямоугольным очертанием в плане. С. цилиндрические применяются для перекрытия длинных зданий, перронов и т. п. На фиг. 36 показана такого вида С., требующая дополнительных опор в точках A, B, C, D, E и A_1, B_1, C_1, D_1, E_1. С. в виде башен и пилонов различного профиля (фиг. 37) употребляются для опор виадуков, для причальных мачт дирижаблей, мачт электропередач, радиостанций и т. д. Среди этих С. особо следует отметить гиперболоидную С. (фиг. 38), предложенную акад. Шуховым; поверхность ее образуется сеткой из прямых стержней, что обеспечивает простоту изготовления. На фиг. 39 и 40 показаны С. летательных аппаратов.

Лит.: Прокофьев И., Теория сооружений, ч. 1, М., 1926; Тимошенко С., Курс статики сооружений, ч. 1, Л., 1926; Подольский И., Пространственные фермы, М.—Л., 1932; Ривош О., Металлические стропильные фермы, 5 изд., М.—Л., 1931; Рабцевич П., Сборник задач по пространственным системам, 1911; Schlink W., Statik d. Raumfachwerke, Lpz., 1907; Föppl A., Vorlesungen über techn. Mechanik, 7 Aufl., B. 2, Lpz.—B., 1926. **В. Киселев.**

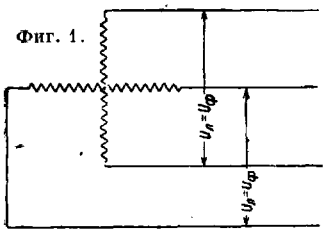
СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА (см. *Переменные токи* и *Трехфазный ток*) бывают следующие: 1) по числу фаз—однофазные и многофазные, 2) по числу проводов—двухпроводные и многопроводные.

Однофазные системы. Первые установки, работавшие на переменном токе, были однофазными. Вследствие отсутствия отвечающего различным запросам практики однофазного двигателя, однофазные установки для силовых и осветительных целей с появлением трехфазного тока не только почти перестали строить, но целый ряд существовавших однофазных установок был переделан в двух- или трехфазные. Ныне однофазные силовые и осветительные установки встречаются редко: в основу электрификации во всех странах положены районные станции и сети трехфазного тока, на питание от которых должны постепенно переходить и потребители всех других существующих пока отдельно установок; помимо этого и до сих пор нет однофазных электродвигателей, способных конкурировать с трехфазными. Для передачи значительных количеств энергии на большие расстояния однофазные системы не применяются: расход меди для трехфазной системы составляет 75% расхода меди, потребной для однофазной системы при том же напряжении между проводами и том же кпд передачи (тех же потерях); при одинаковых размерах однофазный генератор развивает значительно меньшую мощность, чем трехфазный. Однофазные двигатели сложнее, дороже трехфазных и вызывают бо́льшие колебания напряжения при пуске. Поэтому несмотря на то, что однофазные цепи проще многофазных, распределение энергии однофазными системами чрезвычайно редко применяют для питания двигателей свыше 10 HP. Распределение однофазными цепями наиболее принято для целей освещения как в однофазных, так и в многофазных (в виде однофазных ответвлений от трехфазных сетей) установках. Кроме того однофазные цепи применяют для электрических печей, нагревательных приборов и некоторых вспомогательных целей. Для целей же тяги в связи с развитием за последние два десятилетия однофазного коллекторного двигателя однофазный ток применяется часто при электрификации железных дорог (в особенности в Германии, Австрии и Швейцарии). Однофазные установки можно (подобно установкам постоянного тока) выполнять в виде двухпроводных и трехпроводных (см. *Трехпроводные системы*). Трехпроводные установки выполняются так же, как при постоянном токе, но деление напряжения при переменном токе осуществимо значительно легче, так как нулевой провод можно просто присоединить к средней точке обмотки генератора или трансформатора; если при этом можно ожидать больших неравномерностей в распределении нагрузки между двумя половинами трехпроводной системы, то во избежание неодинаковых падений напряжения в обеих половинах нужны изменения конструкции или схемы соединений обмоток трансформатора. Однако (за исключением США, где они иногда применяются) трехпроводные однофазные системы практич. распространения не получили: при переменном токе для уменьшения расхода металла на проводе можно вместо увеличения числа проводов прибегать к повышению напряжения посредством трансформирования; кроме того при трехпроводной системе более целесообразен трехфазный ток.

Двухфазные системы встречаются в настоящее время крайне редко (для питания электрич. печей); в США они были ранее широко распространены, причем из построенных в этой стране двухфазных установок часть существует и поныне. Двухфазные системы представляют собой сочетание двух однофазных систем, в которых эдс и соответственно токи сдвинуты по фазе (см. *Сдвиг фаз*) на 90° (четверть периода); получить такие токи (двухфазный ток) возможно от двух имеющих общий вал генераторов, обмотки якорей к-рых расположены друг по отношению к другу со сдвигом на 90°; на практике их получают от одного генератора с двумя обмотками, сдвинутыми на 90°. Для соединения обмоток генераторов, трансформаторов и проводов применимы следующие схемы.

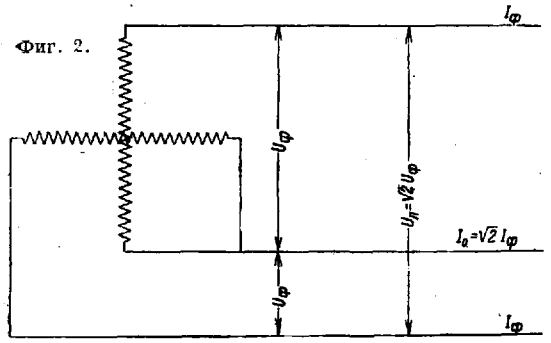
1) Четырехпроводная несвязанная (несопряженная) система (фиг. 1). Обе обмотки (фазные обмотки, или фазы) не соединены между собой; преимущество: независимость (электрическая) обеих фаз друг от друга; недостатки: сложность (четыре провода) и больший расход металла на провода.

Фиг. 1.

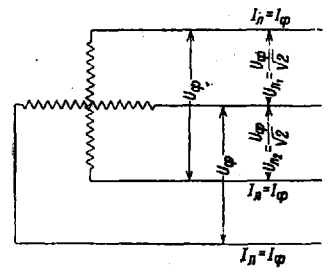


2) Трехпроводная система (фиг. 2). Обе фазы соединены между собой в нулевой точке, каждая одним из своих концов; эту систему можно рассматривать как полученную из предыдущей следующим образом: для каждой фазы сохранен свой прямой провод, обратные же провода обеих фаз объединены в один общий провод, исходящий из нулевой точки; преимущество: экономия металла; недостаток: несимметричность системы, вследствие чего падения напряжения м. б. настолько различны в отдельных проводах линии, что в конце ее напряжения фаз неодинаковы, и сдвиг отличен от 90°; это неблагоприятно для присоединенных двигателей: различна будет мощность, потребляемая фазами, т. ч. возможна перегрузка одной из них. Основные соотношения между токами и напряжениями: линейное напряжение между крайними проводами $U_л = \sqrt{2}U_ф$, где $U_ф$—фазное напряжение (фиг. 2); ток в нулевом проводе $I_ф = \sqrt{2}I_ф$, причем $I_ф$—ток в крайних проводах (линейный, в данном случае равный фазному).

Фиг. 2.



Фиг. 3.



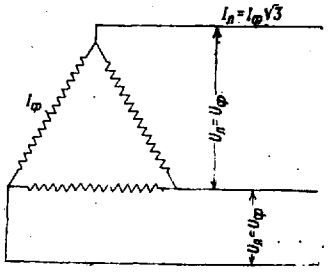
3) Четырехпроводная связанная (сопряженная) система (фиг. 3): обе фазы соединены между собой в своих средних точках. Линейные напряжения меньше, чем в предыдущем случае:

$$U_{л_1} = U_{л_2} = \frac{U_ф}{\sqrt{2}} = 0{,}71U_ф;$$

токи: $I_л = I_ф$. Если от нулевой точки проложить пятый провод, то можно располагать еще и половиной фазного напряжения, к-рое можно использовать (напр. для присоединения низковольтных ламп). К недостаткам двухфазных систем следует отнести, что изготовление двухфазных генераторов требует отклонения от нормальных процессов массового производства.

Трехфазные системы в настоящее время наиболее распространены в силовых и осветительных установках (для тяги в виде исключения, главным образом в Италии); достоинства: значительная экономия металла на провода (см. *Распределение электрической энергии*) и одинаковая пригодность для осветительных и силовых целей благодаря наличию весьма совершенных двигателей трехфазного тока, асинхронных и коллекторных; представляют собой сочетание трех однофазных систем, в которых эдс и токи (см. *Трехфазный ток*) сдвинуты друг относительно друга по фазе на 120° (треть периода). Соединение обмоток генераторов и трансформаторов осуществляется по одной из следующих схем. 1) Три фазы не связаны между собой; на практике вследствие сложности и большого расхода металла на провода (6 проводов) не применяется. 2) Трехпроводные системы: а) обмотки генераторов и трансформаторов соединены между собой треугольником (фиг. 4):

Фиг. 4.



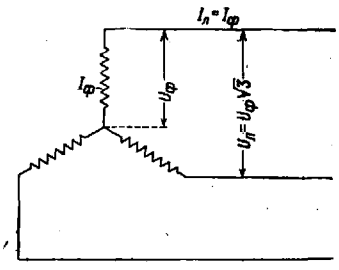
$$U_л = U_ф;\ I_л = I_ф\sqrt{3} = 1{,}73\ I_ф;$$

б) соединение звездой (фиг. 5):

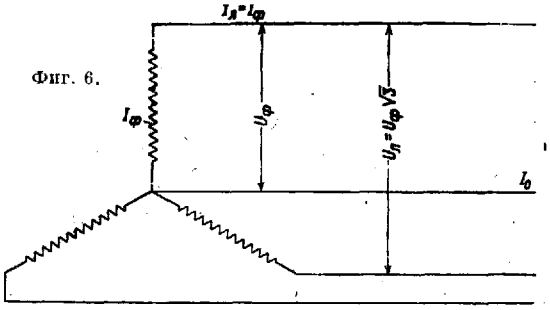
$$U_л = U_ф\sqrt{3};\ I_л = I_ф.$$

Выбор той или иной из этих двух систем определяется тем, требуется ли в данной части сети большой ток при малом напряжении (треугольник) или же наоборот (звезда). 3) Четырехпроводная система: соединение звездой с нулевым проводом (фиг. 6). Здесь возможно использовать два различных напряжения (фазное и линейное), поэтому возможно присоединение к одной и той же сети осветительных приборов (включается между одним из фазных проводов и нулевым) и двигателей (присоединяются к трем фазным проводам); кроме того четырехпроводная система применяется там,

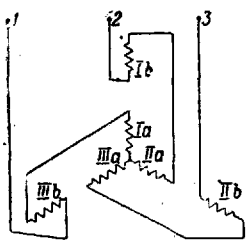
Фиг. 5.



Фиг. 6.



где можно ожидать неравномерного распределения нагрузки между тремя частями (фазами) системы (нулевой провод при этом, неся разность токов, выравнивает несимметричность). Трансформирование в трехфазных системах осуществляется с помощью трехфазных или же однофазных трансформаторов. Первичные и вторичные обмотки одного трехфазного трансформатора или одной трансформаторной группы, состоящей из трех однофазных трансформаторов, включают треугольником или звездой. Применение однофазных трансформаторов с соединением треугольником на первичной и вторичной стороне позволяет при повреждении одного из трансформаторов отдавать с помощью двух остальных 58% нормальной мощности. При неравномерной нагрузке целесообразно соединение смешанное, например треугольник для первичной стороны и звезда для вторичной. Иногда треугольник на первичной стороне невыгоден для выполнения трансформаторов; тогда первичные обмотки включают звездой, а вторичные—зигзагом (звезда, в к-рой каждая фаза состоит из двух секций, расположенных на различных сердечниках трансформатора, как на фиг. 7).



Фиг. 7.

Шестифазные системы применяются редко (на подстанциях для подвода энергии от трансформаторов к одноякорным преобразователям или ртутным выпрямителям); м. б. получены из трехфазных.

Системы для одновременного потребления однофазного и многофазного токов большого распространения не получили, встречаются в старых установках: моноциклическая система Штейнметца (главная обмотка и вспомогательная, создающая напряжение, в 4 раза меньшее и сдвинутое по фазе на 90°), полициклическая система Арнольда, Брагштадта и Лякура (для передачи по одной и той же сети токов различной частоты и напряжения) и др.



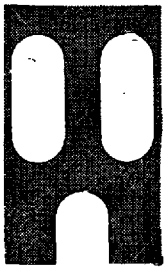
Фиг. 8.

Преобразование многофазных систем при помощи статич. схем (трансформаторов) применяется для уравновешенных систем. Наиболее распространена (в США в старых установках) схема Скотта для преобразования трехфазной системы в двухфазную и обратно с помощью двух однофазных трансформаторов (фиг. 8). Коэф. трансформации трансформатора T_2 равен $m:n$; у трансформатора T_1 он равен $\frac{\sqrt{3}}{2}\, m:n$. Между зажимами a, b и c—нормальное трехфазное напряжение; d—средняя точка обмотки bc. Напряжения между b и c и соответственно a и d относятся, как $1:\frac{\sqrt{3}}{2}$; вторичные напряжения U_1 и U_2 равны и сдвинуты по фазе на $\frac{\pi}{2}$.

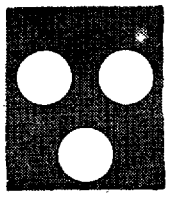
Лит.: Воронов А., Переменные электрич. токи, П., 1915; Круг К., Основы электротехники, т. 2, 3 изд., М.—Л., 1932; Миткевич В., Теория переменных токов, Л., 1931 (литогр.); СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 1, отд. 2, 2 изд., Л., 1930; Фаульь Ф., Справочник по электротехнике, пер. с англ., т. 1, М.—Л., 1929; Хащинский В., Канализация электр. энергии (Сети), ч. 1, 3 изд., Л., 1931; Чердынцев И., Теория переменных токов, 3 изд., М.—Л., 1932; Herzog-Feldmann, Die Berechnung elek. Leitungsnetze in Theorie u. Praxis, 4 Aufl., B., 1927; La Cour J. u. Bragstadt O., Theorie d. Wechselströme, B., 1923; Fraenkel A., Theorie d. Wechselströme, 3 Aufl., Berlin, 1931; Kittler E., Allgemeine Elektrotechnik, B. 2, Stg., 1909; Karapetoff V., The Electric Circuit, N. Y., 1912; Malti M., Electr. Circuit Analysis, N. Y., 1930; Steinmetz C., Theory a. Calculation of Alternating Current Phenomena, N. Y., 1916; Steinmetz C., The Electric Circuit, N. Y., 1917; Rziha E. u. Seidener J., Starkstromtechnik, 7 Aufl., B. 2, B., 1931.
В. Хащинский.

СИТА, рабочие поверхности, применяемые для сортировки различных сыпучих продуктов по величине. С. разделяются на пробивные и тканые. Пробивные С. изготовляют из металлич. листов (железных, оцинкованных и цинковых), путем продавливания в них отверстий разнообразных форм и величины на специальных машинах-прессах, посредством набора соответствующих штампов и матриц. С. для процеживания жидкостей (напр. для пивоваренных заводов) изготовляют из бронзовых листов с просверленными или же профрезерованными в них отверстиями различного профиля и размеров. Пробивные С. в зависимости от природы сортируемых ими материалов бывают различной толщины, достигающей 3—5 *мм* в дробильных и просевных машинах для минералов. В зависимости от толщины С. находится и минимальный диам. или ширина отверстий, к-рые не м. б. меньше толщины железного листа во избежание поломки штампов. Пробивные С. в шелушильных машинах для зерна (сетки в наждачных обойках) имеют продолговатые отверстия шириною в $1^1/_2$ *мм* из сталистого железа такой же толщины. С. тут подвергаются усиленному износу под действием центробежной силы, приближающей зерно к сетке. В центробежных отжимных колонках (после мойки зерна) применяют также плотные С. из оцинкованного железа во избежание ржавления толщиною 1,2—1,5 *мм* с продолговатыми отверстиями и отогнутыми краями, облегчающими выпуск воды и способствующими шелушению мокрых оболочек зерна. Для сортировки зерна в мельничных сепараторах применяют пробивные С. из железа толщиною 1 *мм* с отверстиями диам. 15—20 *мм* или продолговатыми 8×20 *мм* (фиг. 1) для приемных С., с круглыми отверстиями диам. 5, 6, 7 и 8 *мм* (фиг. 2) или продолговатыми (фиг. 3) 4×20; 5×20 и 6×20 *мм* для сортировочных С. и с круглыми отверстиями $1^1/_2$ и 2 *мм* или продолговатыми 1,5×20 *мм* для подсевных С. В элеваторных сепараторах большой производительности приемные С. имеют отверстия 15×25 *мм*, 20×25 *мм*, 20×30 *мм* и 25×30 *мм* (фиг. 4). Длина отверстий продолговатых С. технологич. значения не имеет и колеблется от 12 до 25 *мм*. Продолговатые отверстия рас-

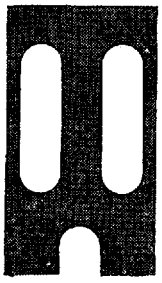
полагают параллельными рядами или в шахматном порядке; круглые отверстия всегда располагают в шахматном порядке, обычно с расстоянием центров, равным 1,5D, но иногда применяют с более редким расположением отверстий (фиг. 5). С. надлежит ставить по движению зерна, как указано стрелкой, не вдоль прямых рядов отверстий, а чтобы зерна пересекали их



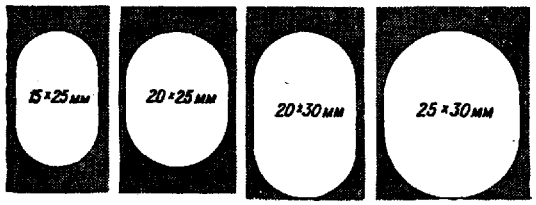
Фиг. 1.



Фиг. 2.

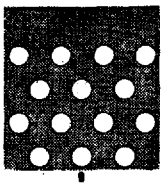


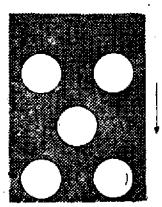
Фиг. 3.



Фиг. 4.

шахматное расположение. В крупяном деле применяют для сортировки С. из листов железа или цинка толщиною 0,5 *мм* с калиброванными круглыми отверстиями, ⌀ по шкале с интервалами в 0,1 или $^1/_8$ *мм*, примерно 4; $3^7/_8$; $3^3/_4$; $3^5/_8$; $3^1/_2$ *мм* и т. д. или 4; 3,9; 3,8; 3,7 *мм* и т. д.; лучше: 4; 3,9; 3,75; 3,6; 3,5; 3,4; 3,25; 3,1; 3 и т. д. Наименьший ⌀ круглых отверстий доходит до 0,75 и 0,5 *мм*. Остается еще отметить, что одно время применяли С. из пергамента с круглыми отверстиями для просева крупок на вейках.





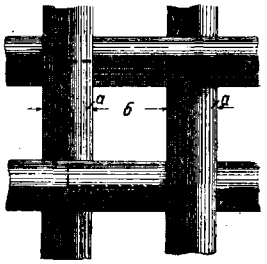
Фиг. 5.

Тканые С. разделяются на металлические и шелковые. Металлические С. в свою очередь подразделяются на плетеные и тканые. Плетеные изготовляют обычно с большими ячейками размером $^1/_8$—2″ из проволоки ⌀ 0,6—4,2 *мм* и применяют их как сетку над приемными отверстиями завальных ям (зерновых бункеров), для заборов, ограждения машин и т. п. Проволока изготовляется по «калибру Стубс» диаметров или номеров, приведенных ниже в табл. 1. Удобнее считать проволоку по ⌀ в *мм*, причем проволока имеется тоньше указанных в табл. размеров в 0,15; 0,14; 0,13 и т. д. до 0,03 *мм*. Тканые С. имеются двух родов: гладкие, или полотняного переплетения (фиг. 6, где *а*—толщина нити, *б*—пролет), при котором нити основы попеременно переплетаются через одну, и саржевые или киперные, где нити основы и утка каждая в отдельности переплетаются через две, образуя ткань с диагональным рисунком. Саржевая ткань из латунной проволоки

Табл. 1.—Номера проволоки для металлических сит.

№ по калибру Стубс	Толщина в *мм*	№ по калибру Стубс	Толщина в *мм*	№ по калибру Стубс	Толщина в *мм*
8	4,2	18,5	1,2	28	0,34
9	3,8	19,5	1,0	29	0,31
10	3,4	20,5	0,9	30	0,28
11	3,1	21	0,8	31	0,26
12	2,8	22	0,7	32	0,24
13	2,2	23	0,6	33	0,22
14	2,0	24	0,5	34	0,20
15	1,8	25	0,45	35	0,18
16	1,6	26	0,4	36	0,16
17	1,4	27	0,37	—	—

применяется в сахарных, крахмально-паточных, химических, краскотерочных и других заводах. Из стальной проволоки киперная ткань применяется в мукомольной пром-сти для щеточных отрубных машин. Гладкие С. имеют весьма многообразное применение. Легкие железные сита из более тонкой проволоки—для веялок-сортировок; плотные С.—для обтяжки буратов, отсевающих пыль, для искрогасителей. Особо плотные С.—для зерновых буратов, сор-



Фиг. 6.

Табл. 2.—Плотность С. по качеству (⌀ в *мм*).

№ на 1 дм.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	1,80	2,00	2,20	2,80	3,10	3,40	3,80	4,20	4,60	5,00
$1^1/_4$	1,60	1,80	2,20	2,20	2,80	3,10	3,40	3,80	4,20	4,60
$1^1/_2$	1,40	1,6/1,8	2,00	2,20	2,20	2,80	3,10	3,40	3,80	4,20
2	1,20	1,60	1,80	2,00	2,20	2,20	2,80	3,10	3,40	3,80
$2^1/_2$	1,10	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,20	2,80	3,10	3,40
3	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,20	2,80	3,10
4	0,80	0,90	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,20
5	0,70	0,80	1,00	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
6	0,60	0,70	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
7	0,50	0,65	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80
8	0,45	0,55	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40	1,60
9	0,40	0,55	0,65	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40
10	0,40	0,45	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20
11	0,37	0,45	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10
12	0,34	0,40	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	1,00
13	0,34	0,37	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90
14	0,31	0,34	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80
15	0,31	0,34	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80
16	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
18	0,28	0,31	0,34	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
20	0,26	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
22	0,24	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
24	0,22	0,26	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
26	0,22	0,24	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,55
28	0,20	0,22	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50
30	0,20	0,22	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50
32	0,20	0,22	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50
34	0,18	0,20	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,38	0,40
35	0,18	0,20	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,38	0,40
36	0,18	0,20	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,38	0,40
38	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,38
40	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	—	—
42	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	—	—
45	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	—	—
50	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	—	—	—
52	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	—	—	—
55	0,16	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	—	—	—
60	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,22	0,24	—	—	—
65	0,14	0,15	0,16	—	—	—	—	—	—	—
70	0,14	0,15	0,16	—	—	—	—	—	—	—
75	0,13	0,14	0,15	—	—	—	—	—	—	—
80	0,13	0,14	0,15	—	—	—	—	—	—	—
85	0,12	0,13	0,14	—	—	—	—	—	—	—
90	0,11	0,12	0,13	—	—	—	—	—	—	—
95	0,10	0,11	0,12	—	—	—	—	—	—	—
100	0,09	0,10	0,11	—	—	—	—	—	—	—
110	0,07	—	0,10	—	—	—	—	—	—	—
120	0,06	—	0,09	—	—	—	—	—	—	—
130	0,06	—	0,08	—	—	—	—	—	—	—
140	0,06	—	0,075	—	—	—	—	—	—	—

тирующих зерно, для зерносушилок и пр. С. из стальной квадратной проволоки служат для обтяжки кожухов шелушильных машин и называются энгранером.

В Германии з-дом Егер, изготовляющим механоткацкие станки для проволочных С., составлены таблицы 10 плотностей С. по качеству, охватывающие все виды металлич. С., железных, луженых и бронзовых, для всех пром-стей (табл. 2 и 3). В мукомольной пром-сти приме-

Табл. 3.—Плотность сит по качеству.*

№ на 1 дм.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	1,60	2,00	3,00	3,75	5,00	6,00	7,30	8,10	11,00	13,00
1 1/4	1,60	2,00	3,25	4,00	4,75	5,30	6,60	8,00	9,00	11,00
1 1/2	1,50	2,20	3,00	3,75	4,50	5,50	6,20	9,00	10,00	11,00
2	1,40	2,50	3,20	4,00	4,80	6,00	8,00	9,30	11,0	13,00
2 1/2	1,50	2,35	3,30	3,85	5,05	6,50	8,00	9,60	12,00	14,00
3	1,60	2,15	2,80	3,60	4,60	6,00	7,50	9,00	11,00	13,00
4	1,40	1,60	2,40	2,80	3,70	4,90	6,10	8,20	10,00	12,00
5	1,20	1,70	2,40	2,80	3,45	4,60	6,10	7,60	10,50	13,00
6	1,00	1,50	2,40	2,90	3,45	4,20	5,90	7,90	9,00	12,00
7	0,90	1,50	2,30	2,75	3,40	4,00	5,10	6,50	8,50	11,00
8	0,80	1,25	2,00	2,60	3,20	4,00	4,50	5,60	7,90	10,00
9	0,75	1,20	1,90	2,15	2,85	3,65	4,50	5,60	7,00	8,20
10	0,85	1,10	1,80	2,10	2,40	3,25	4,10	5,00	6,00	7,00
11	0,80	1,20	1,20	2,00	2,30	2,70	3,55	4,50	5,60	6,50
12	0,75	1,10	1,50	1,85	2,20	2,60	3,00	3,90	5,00	6,00
13	0,80	1,00	1,25	1,50	2,05	2,50	2,80	3,20	4,20	5,30
14	0,70	0,90	1,20	1,40	1,85	2,10	2,50	3,00	3,40	4,50
15	0,75	0,95	1,30	1,50	2,00	2,25	2,75	3,20	3,60	4,80
16	0,80	1,00	1,20	1,40	1,65	2,10	2,40	3,00	3,50	3,90
18	0,65	0,90	1,35	1,50	1,90	2,30	2,70	3,40	3,90	4,30
20	0,70	0,95	1,20	1,40	1,80	2,10	2,40	3,00	3,50	3,80
22	0,65	0,90	1,00	1,30	1,50	1,80	2,30	2,70	3,50	4,00
24	0,60	0,80	1,10	1,45	1,65	2,00	2,40	2,90	3,80	4,50
25	0,65	0,80	1,10	1,35	1,40	1,90	2,50	3,00	3,30	4,00
26	0,65	0,80	1,10	1,25	1,40	1,80	2,10	2,80	3,50	4,20
28	0,60	0,70	1,00	1,15	1,40	1,60	1,90	2,50	2,80	3,80
30	0,65	0,80	1,10	1,20	1,50	1,80	2,05	2,80	3,00	4,00
32	0,70	0,90	1,15	1,30	1,30	2,00	2,20	2,50	3,25	4,20
34	0,60	0,70	1,00	1,20	1,35	1,70	2,05	2,60	2,70	2,90
35	0,70	0,75	1,05	1,25	1,40	1,75	2,10	2,35	2,70	3,00
36	0,70	0,80	1,10	1,25	1,45	1,80	2,20	2,40	2,90	3,20
38	0,75	0,85	0,95	1,15	1,30	1,55	1,75	2,50	2,70	2,90
40	0,75	0,90	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,20	—	—
42	0,77	0,95	1,05	1,25	1,45	1,70	1,90	2,30	—	—
45	0,75	0,90	0,95	1,10	1,30	1,50	2,05	—	—	—
50	0,86	0,95	1,05	1,20	1,45	1,70	2,00	—	—	—
52	0,85	1,00	1,10	1,25	1,50	1,80	2,10	—	—	—
55	0,75	0,90	1,00	1,15	1,35	1,60	2,00	—	—	—
60	0,70	0,80	0,95	1,05	1,25	1,65	2,05	—	—	—
65	0,70	0,80	0,95	—	—	—	—	—	—	—
70	0,75	0,85	1,00	—	—	—	—	—	—	—
75	0,70	0,80	0,95	—	—	—	—	—	—	—
80	0,75	0,90	1,00	—	—	—	—	—	—	—
85	0,70	0,80	1,00	—	—	—	—	—	—	—
90	0,70	0,75	0,90	—	—	—	—	—	—	—
95	0,60	0,65	0,80	—	—	—	—	—	—	—
100	0,60	0,60	0,70	—	—	—	—	—	—	—
110	0,45	—	0,65	—	—	—	—	—	—	—
120	0,30	—	0,55	—	—	—	—	—	—	—
130	0,35	—	0,55	—	—	—	—	—	—	—

* Вес 1 $м^2$ железных сит в *кг*. Латунные—на 10% тяжелее железных, медные—на 15%, фосфористо-бронзовые—на 20%.

няют железные особо плотные С. по табл. 4, соответствующие С. VII качества табл. 2. Вторая колонка этой табл. дает №№ сит в англ. дм. (номером называется число ниток или клеточек на единицу длины): 4-я колонка—$\varnothing$ проволоки и 5-я колонка—чистый размер клеток (фиг. 6). Живое сечение С. в % равно $\frac{b^2}{(b+a)^2} \cdot 100$.

Первая колонка дает приблизительный пересчет на нумерацию в количестве клеток на 1 *см* и 3-я колонка—пересчет на вершковую нумерацию. Табл. 5 дает аналогичные данные плотных железных С., соответствующих V качеству табл. 2, составленной в дюймовой нумерации. Веса С. 4-й, 5-й, 6-й и 7-й таблиц можно найти в табл. 3. Табл. 6 для луженых С. составлена соответственно II качеству табл. 2 и дает С. умеренной плотности для применения в мукомольной и других промышленностях. При данном подборе толщины проволоки С. получаются достаточно жесткие, в к-рых нити не могут сбиваться и изменить размеры клеточек от трения движущихся по С. масс продукта. Левее первой колонки обозначены №№ мучных С. по цюрихской нумерации, имеющие одинаковое с луженными С. число ниток на 1 *см*. Правее 5-й колонки №№ цюрихской нумерации

Табл. 4.—Железные сита особо плотные, равные VII качеству по немецкой номенклатуре (в англ. дм.).

№ на 1 *см*	№ на 1 дм. (26 *мм*)	№ на 1 вершок	Диам. провол. в *мм*	Чистый размер клеток в *мм*
1,35	3,5	6,1	2,0	5,428
1,54	4	6,8	1,8	4,700
1,73	4,5	7,7	1,8	3,977
1,92	5	8,5	1,6	3,600
2,3	6	10,2	1,4	2,933
2,7	7	12	1,2	2,514
3,1	8	13,8	1,1	2,150
3,46	9	15,4	1,0	1,880
3,85	10	17,1	0,9	1,700
4,23	11	18,8	0,8	1,564
4,6	12	20,5	0,7	1,466
5	13	22,2	0,65	1,350
5,4	14	24	0,60	1,257
5,77	15	25,6	0,60	1,133
6,15	16	27,3	0,55	1,075
6,9	18	30,7	0,55	0,894
7,7	20	34,2	0,50	0,800
8,46	22	37,6	0,45	0,732
9,2	24	41	0,45	0,633
10	26	44,4	0,40	0,600
10,8	28	48	0,40	0,528
11,5	30	51	0,37	0,496
12,3	32	54,6	0,37	0,442
13,1	34	58,2	0,34	0,425
13,86	36	61,4	0,34	0,382

проставлены против соответственных №№ луженых С. уже согласно чистому размеру тех и других в μ. Табл. 7 для фосфористо-бронзовых С.—в метрич. мерах. Главной колонкой является 1-я с нумерацией на *см*. Во 2-й колонке №№ перечислены на 1″ (26 *мм*) и рядом справа в скобках (28), (32) и т. д. взяты целые ближайшие числа ниток на 1″. Соответственно этим №№ взяты диам. проволоки по I качеству из табл. 2. Чистый размер клеток взят по отношению числа клеток на 1 *см*.

Табл. 5.—Сита железные плотные, равные V качеству по немецкой номенклатуре (в англ. дм.).

№ на 1 *см*	№ на 1 дм. (26 *мм*)	№ на 1 вершок	Диам.* провол. в *мм*	Чистый размер клеток в *мм*
1,35	3,5	6,1	1,6	5,828
1,54	4	6,8	1,4	5,100
1,73	4,5	7,7	1,4	4,377
1,92	5	8,5	1,2	4,000
2,3	6	10,2	1,1	3,233
2,7	7	12	1,0	2,714
3,1	8	13,8	0,9	2,350
3,46	9	15,4	0,8	2,088
3,85	10	17,1	0,7	1,900
4,23	11	18,8	0,65	1,714
4,6	12	20,5	0,6	1,566
5	13	22,2	0,55	1,450
5,4	14	24	0,5	1,357
5,77	15	25,6	0,5	1,233
6,15	16	27,3	0,45	1,175
6,9	18	30,7	0,45	0,994
7,7	20	34,2	0,40	0,900
8,46	22	37,6	0,37	0,812
9,2	24	41	0,37	0,713
10	26	44,4	0,34	0,660
10,8	28	48	0,34	0,588
11,5	30	51	0,31	0,556
12,3	32	54,6	0,31	0,502
13,1	34	58,2	0,28	0,485
13,86	36	61,4	0,28	0,442
14,6	38	64,9	0,26	0,424
15,4	40	68,4	0,26	0,390

Как видно из табл. 7, верхние №№ до 24-го (на 1 *см*) имеют более толстые нити против шелковых С., а после 34-го более тонкие нити, а потому бо́льшие клеточки против шелковых С. с тем же количеством клеток на 1 *см*. Так. обр., применяя бронзовые С. вместо шелковых, их надо брать по числу клеток на один номер гуще против шелковых согласно показателям, проставленным в правом столбце таблицы. Брать на один номер гуще даже недостаточно, ибо металлич. нити глаже шелковых, а потому через металлич. бронзовое С. при равных клеточках будет просеваться более, чем через шелковое.

Табл. 6.—Сита луженые (в англ. дм.).

Мучные по числу ниток на 1 см	№ на 1 см	№ на 1 дм. (26 мм)	№ на 1 вершок	Диам. провол. в мм	Чистый размер отверст. в мм	Мучные №№ по чистому размеру отверст.
	2,3	6	10,3	0,7	3,633	
	2,7	7	12	0,65	3,064	
	3,1	8	13,7	0,6	2,650	
	3,5	9	15,4	0,55	2,339	
	3,8	10	17,1	0,5	2,100	
	4,2	11	18,8	0,45	1,914	
	4,6	12	20,5	0,45	1,717	
	5,—	13	22,2	0,40	1,600	
	5,4	14	23,9	0,37	1,487	
	5,8	15	25,6	0,34	1,393	
	6,2	16	27,3	0,34	1,285	
	6,5	17	29,—	0,31	1,220	
0000	6,9	18	30,7	0,31	1,134	0000
	7,7	20	34,2	0,31	0,990	
	8,5	22	37,6	0,28	0,902	000
000	9,2	24	41,—	0,28	0,803	
	10	26	44,4	0,26	0,740	
	10,8	28	47,8	0,26	0,669	00
00	11,5	30	51,3	0,24	0,626	
	12,3	32	54,6	0,24	0,572	
	13,1	34	58,—	0,22	0,515	0
	13,8	36	61,4	0,22	0,502	
	14,6	38	65	0,22	0,464	
0	15,4	40	68,4	0,2	0,450	1
	16,2	42	71,8	0,2	0,419	
	17,3	45	76,8	0,18	0,398	2
1	19,2	50	85,4	0,18	0,340	
	20	52	88,8	0,17	0,330	3
2	21,2	55	94	0,17	0,303	
3	23,1	60	102,6	0,16	0,273	4
4	25,—	65	111,1	0,16	0,240	5
5	26,9	70	119,7	0,15	0,221	6
	28,8	75	128,2	0,15	0,197	7
6	30,7	80	136,8	0,14	0,185	
7	32,7	85	145,3	0,14	0,166	8

Шелковые С.—преимущественно из белого или желтого шелка-сырца. При условии хорошего качества шелка, соответственной обработки и умеренной доброкачественной аппретуры шелковые С. весьма прочны и

Табл. 7.—Сита фосфористо-бронзовые.

№	№ на 1 см	№ на 1 дм. (26 мм)	№ на 1 вершок	Диам. проволоки в мм	Чистый размер клетки в мм	№
00	11	28,6 (28)	48,8 (50)	0,2	0,709	00
	12	31,2 (32)	53,4 | 55	0,2	0,633	
	13	33,8 (34)	57,8 /	0,18	0,589	
	14	36,4 (36)	62,3 | 65	0,18	534	0
0	15	39 (38)	66,7 /	0,18	0,487	
	16	41,6 (42)	71,2 (70)	0,18	0,445	1
	17	44,2 (44)	75,8 (75)	0,18	0,408	
	18	46,8 (46)	80,1 (80)	0,17	0,386	2
1	19	49,4 (50)	84,5 (85)	0,17	0,356	
	20	52 (52)	89 (90)	0,17	0,330	
2	21	54,6 (54)	93,4 (95)	0,16	0,316	3
3	22	57,2 (58)	98 (100)	0,16	0,295	
4	24	62,4 (62)	106,8(105)	0,15	0,266	4
5	26	67,6 (65)	115,7(115)	0,14	0,245	5
	28	72,8 (70)	124,6(125)	0,14	0,217	6
6	30	78 (80)	133,5(135)	0,13	0,203	
7	32	83,2 (85)	142,4(140)	0,13	0,183	7
8	34	88,4 (90)	151,3(150)	0,12	0,174	
(38) 9	36	93,6 (95)	160,2(160)	0,11	0,168	8
(43) 10	40	104 (105)	178 (180)	0,10	0,150	9
(46) 11	44	114,4(115)	195,8(195)	0,09	0,137	10
12	48	124,8(125)	213,6(215)	0,08	0,128	
13	52	135,2(135)	231,4(230)	0,07	0,122	11
14	56	145,6(145)	249,2(250)	0,06	0,118	

мало гигроскопичны, а потому предпочитаются во всех случаях лучшим металлич. (бронзовым) С., т. к. успешно просевают влажные или теплые продукты, к-рые увлажняют металлич. сита и заклеивают их. Сто лет тому назад шелковые С. появились в Голландии и вытеснили грубые шерстяные С., тогда применявшиеся. Но вскоре производство шелковых С. перешло в Швейцарию, где оно достигло такого качества, что одно время другие С., кроме швейцарских, никем не признавались. Впоследствии возникло производство шелковых С. во Франции, сперва на ручных ткацких станках, как и в Швейцарии, и наконец в последнее время во Франции и Италии поставлено производство шелковых С. на механич. ткацких станках; однако качество С. швейцарских (табл. 8)

Табл. 8.—Швейцарские сита.

Качество прима №	Качество прима Число ниток на 1 см	Качество XXX экстра тринды №	Качество XXX экстра тринды Число ниток на 1 см	Крученые крупочные №№ соответствуют числу ниток на 1 дм.	Мучные №№ *
0000	7	0000	7	14	
000	9	000	9	16	0000
00	11½	00	11½	18	
0	15	0	15	20	000
				22	
1	19	1	19	24	
2	21½	2	21½	26	00
				28	
3	23	3	23	30	
4	24½	4	24½	32	
5	26	5	26	34	0
6	29	6	28	36	
7	32½	7	29	38	
8	34	8	32½	40	
				42	
9	38½	9	34	44	1
10	43	10	38½	48	
11	46	11	43	50	2
12	48½	12	46	52	
13	51	13	48½	54	3
14	55	14	51	56	
15	57½	15	55	58	4
				60	
16	61½	16	57½	62	5
17	65	17	61½	64	
18	66			66	6
19	67			68	
20	68			70	7
21	70			72	
25	77				

* Соответствуют не числу клеток, а чистым размерам таковых.

не превзойдено: на втором месте стоят французские (табл. 9); на третьем месте — французские и итальян-

Табл. 9.—Французские сита.

Сита прима №	Сита прима Число ниток на 1 см	Сита XXX экстра тринды №	Сита XXX экстра тринды Число ниток на 1 см	Крученые, крупочные
0000	8	0000	8	16
000	10	000	10	18
00	12	00	12	20
0	15	0	15	22
1	19	1	19	24
2	21	2	21	26
3	23	3	23	28
4	24	4	24	30
5	26	5	26	32
6	29	6	28	34
7	32	7	29	36
8	34	8	32	38
				40
9	38	9	34	42
10	43	10	38	44
				46
11	46	11	43	48
12	49	12	46	50
				52
13	51	13	49	54
14	55	14	51	56
15	59	15	55	58
				60
16	62	16	59	62
17	65	17	62	64
18	67			66
19	70			68
				70

ские С. механич. выработки. Шелк, употребляемый для утка, должен иметь крепость не менее 4 *г* на 1 *денье* (см.), а для основы не менее 3,5 *г*. Крутка утка ординарная с числом кручений 400—600 на 1 *м*. Крутка основы двойная, и число кручений двух ниток 800 на 1 *м*. Нити основы и утка бывают разной толщины для разных №№ шелковых С. (табл. 10).

По указанному ассортименту основы и утка в СССР шелковые С. одной марки применительно к швейцарской XX экстра двойные, причем нумерация принята на 1 *см* как для мучных, так и крупочных (до сих пор имеющих счет на 1 дюйм). В табл. 11 и 11а включены С. XX экстра под названием ординарные и крученые крупочные под названием двойные. Крупочные №№

Табл. 10.—Нити основы и утка для шелковых сит.

Основа		Уток	
грежа	крученая	грежа	крученый
7/9	7/9 × 2	8/10	8/10× 3
	7/9 × 3		8/10× 4
8/10	8/10× 2	10/12	10/12× 2
	8/10× 3		10/12× 3
	8/10× 4		10/12× 4
		13/15	13/15× 4
10/12	10/12× 2		13/15× 7
	10/12× 3	16/18	16/18× 4
	10/12× 4		
13/15	13/15× 2		16/18× 5
	13/15× 4		16/18× 7
16/18	16/18× 3		16/18× 8
	16/18× 4		16/18× 9
	16/18× 5		
	16/18× 6		16/18×11
	16/18× 7		16/18×12
	16/18× 8		16/18×15
	16/18×10		16/18×18

имеются только: 18, 20, 24, 26, 28, 32, 34, 36, 38, 40, 44, 46, 48, 52, 54, 56, 60, 62, 64, 66, 68, 72 на 1″, переведенные на *см* (т. к. берды все сантиметровые). Параллельно имеются мучные 0000 (18); 000 (24); 00 (28); 0 (38); 1 (48); 2 (54); 3 (60); 4 (64) и 5 (68), соответственно в *см*: 7, 9, 11, 15, 21, 23, 25 и 27 и далее №№ 6—18 и 21. В таблицах указаны размеры одной нити, основы, но их надо считать по две; напр. С. 0000 (18 на 1″). № 7 на 1 *см* имеет основу из двух нитей: каждая скручена из 8 греж 16/18 (денье), а уток состоит из одной нити, скрученной из 15 греж 16/18 (денье). Шелковые С., имея 2 нити основы, бывают газового или ажурного плетения (см. *Ажурные ткани*, фиг. 1), что в таблицах обозначается буквой С. Это относится ко всем крупочным и мучным, включая № 9. Далее мучные бывают смешанного плетения, газового вперемежку с гладким, что в таблицах обозначается буквой П. В заключение отметим нек-рые показатели качества шелковых С. Крепость полоски ординарного С. шириною 5 *см* при зажимной длине 20 *см* и скорости движения тисок динамометра Шоппера 9 *см/мин* устанавливается для основы 27 *кг* при удлинении 12% (для двойных С. 30 *кг* и 27 *кг*—при тех же % удлинения) и для утка крепость 24 *кг* при удлинении 14%. Стойкость С. на истирание определяется ф-лой $N \times 230$, где N выражено в *см*; примерно С. 0000 должно выдержать $7 \times 230 = 1\,610$ оборотов на истирание на машине Шоппера. Вес 1 *м²* ординарного С. в среднем 43 *г*, двойного—52 *г*. Применение пробивных и тканых металлич. С. чрезвычайно разнообразно, шелковые же С. имеют преимущественное распространение в мукомольной пром-сти, но применяются также в аптекарском деле, на пороховых з-дах, для биологич. исследований, и стандарт их—общий для всех потребителей.

Табл. 11а.—Шелковые сита, изготовляемые в СССР.

Нумерация сит		Ординарные				
		Основа		Уток		Вес 1 *м²* сита
старая	новая	Денье	Вес в 1 *м²*	Денье	Вес в 1 *м²*	
8	35—С	13/15×2	23,9	10/12×4	17,8	41,7
9	38—С	13/15×2	26,—	10/12×4	19,3	45,3
—	40—С	7/9×3	23,4	10/12×4	20,3	43,7
10	43—П	7/9×3	12,7	10/12×4	—	—
		10/12×4	10,5		21,4	44,6
11	46—П	7/9×3	13,7	10/12×4	—	—
		10/12×3	9,2	8/10×4	18,7	41,6
		10/12×4	9,2			
12	49—П	10/12×2	13,4	10/12×3	18,3	40,7
		10/12×3	9,—			
13	52—П	10/12×2	14,2	10/12×3	19,5	43,0
		10/12×3	9,3			
14	55—П	10/12×2	15,1	10/12×3	20,5	45,8
		10/12×3	10,1			
15	58—П	8/10×2	13,—	10/12×3	21,7	45,3
		10/12×3	10,6			
16	61—П	8/10×2	13,8	8/10×3	18,6	41,6
		8/10×3	9,2			
17	64—П	8/10×2	14,3	8/10×3	19,5	43,3
		8/10×3	9,5			
18	67—П	8/10×2	15,1	8/10×3	20,4	45,5
		8/10×3	10,—			
—	70—П	7/9×2	16,3	10/12×2	17,5	42,3
		10/12×3	8,5			
21	73—П	7/9×2	16,9	10/12×2	18,2	44,0
		12/10×2	8,9			
	76—П	7/9×2	17,5	10/12×2	18,9	45,7
		10/12×2	9,3			

Табл. 11.—Шелковые сита, изготовляемые в СССР.

Нумерация сит		Ординарные					Двойные				
		Основа		Уток		Вес 1 *м²* сита	Основа				Вес 1 *м²* сита
старая	новая	Денье	Вес в 1 *м²*	Денье	Вес в 1 *м²*		Денье	Вес в 1 *м²*	Денье	Вес в 1 *м²*	
0000—18	7—С	16/18×8	22,—	16/18×15	20,2	42,2	16/18×10	27,4	16/18×18	24,2	51,6
20	8—С	—	—	—	—	—	16/18× 8	25,2	16/18×15	23,1	48,3
000—24	9—С	16/18×6	21,2	16/18×12	20,5	41,71	16/18× 8	26,2	16/18×15	26,—	54,2
26	10—С	—	—	—	—	—	16/18× 7	27,4	16/18×12	23,1	50,5
00—28	11—С	16/18×5	21,8	16/18×9	19,—	40,8	16/18× 6	26,2	16/18×11	23,3	49,5
32	12—С	—	—	—	—	—	16/18× 6	28,6	16/18×11	25,4	54,—
34	13—С	—	—	—	—	—	16/18× 5	25,8	16/18× 9	22,5	48,3
36	14—С	—	—	—	—	—	16/18× 5	27,8	16/18× 9	24,2	52,—
0—38	15—С	16/18×4	24,—	16/18×7	20,2	44,2	16/18× 5	30,1	16/18× 8	23,1	53,2
40	16—С	—	—	—	—	—	16/18× 4	25,7	16/18× 8	24,6	50,3
44	17—С	—	—	—	—	—	16/18× 4	27,—	16/18× 7	22,8	49,8
46	18—С	—	—	—	—	—	16/18× 4	28,9	16/18× 7	24,2	53,1
1—48	19—С	16/18×3	23,—	16/18×5	18,3	41,3	13/15× 4	25,3	16/18× 7	25,6	50,9
52	20—С	—	—	—	—	—	13/15× 4	26,8	13/15× 7	22,2	48,8
2—54	21—С	16/18×3	25,4	16/18×5	20,—	—	13/15× 4	28,—	13/15× 7	23,3	51,3
56	22—С	—	—	—	—	—	13/15× 4	29,3	13/15× 7	24,4	53,7
3—60	23—С	10/12×4	24,—	16/18×4	17,7	41,7	16/18× 3	27,9	16/18× 5	22,1	50,—
62	24—С	—	—	—	—	—	16/18× 3	29,4	16/18× 5	23,—	52,4
4—64	25—С	10/12×4	26,4	16/18×4	19,2	45,6	16/18× 3	30,7	16/18× 5	24,—	54,7
66	26—С	—	—	—	—	—	10/12× 4	25,9	16/18× 5	25,—	50,9
5—68	27—С	8/10×4	23,4	13/15×4	17,1	40,5	10/12× 4	28,6	16/18× 4	20,8	49,3
72	28—С	—	—	—	—	—	10/12× 4	29,5	16/18× 4	21,6	51,1
6	29—С	10/12×3	23,2	13/15×4	18,—	41,6	10/12× 4	30,7	16/18× 4	22,4	53,1
7	32—С	10/12×3	25,5	13/15×4	20,2	45,7	10/12× 4	—	18/18× 4	—	—

Лит.: Зворыкин К., Курс по мукомольному производству, Харьков, 1894; Козьмин П., Мукомольно-крупяное производство, 4 изд., М., 1926; Шелковое швейцарское сито, «Мельник», М., 1913; Балакшин С., Исследование сит, применяемых в мукомольном деле, «Советское мукомолье и хлебопечение», М., 1928, *11*; Козьмин П., Качество советских и заграничных шелковых сит, там же, 1929, *5*; Тюрин А., Исследование советских и заграничных шелковых сит, там же, 1929, *10*; его же, Замена шелковых сит металлическими, там же, 1930, *3*.

Л. Розенштейн.