Спб. апп. общ.
4.3. Г-77

ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

РУССКОГО БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ГРАНАТ.

Т 555/3

СЕДЬМОЕ ИЗДАНИЕ

ТОМ ПЯТЬДЕСЯТ ТРЕТИЙ.

Электротехника — Энверий.

Lexicographis secundus post Herculem labor.
(*Скалигер*).

Всекопромсовет - Мособлпечатьсоюз
Ред.-изд. кооп. т-во „Русский Библиографический Институт Гранат"
Москва, Тверской бульвар, 25.



37—2549 0-5432


2007044816

Главлит № В—51662.
Печ. знак. в листе 70.000, авторских 40 л.
Сдано в производство 21/X 1936 г. Зак. № 2384.
Тираж 8600—28 л.
Форм. бум. 60×92
Подп. к печ. 31/III 1937 г.

Типо-литография им. т. Чудова, Ленинград, Лештуков, 13.

Важнейшие статьи в томе.

Стб.

Электротехника (продолжение цикла статей).

XI. Электрическое освещение — проф. *П. И. Мартынова* 1
XII. Электрическая сигнализация — проф. *А. С. Касаткина* . . . 39
XIII — XX. Электропривод — проф. *М. Г. Евреинова* 50
XIV. Электропривод в металлообрабатывающей промышленности . 81
XV. Электропривод в горном деле 94
XVI. Электропривод деревообрабатывающих машин 107
XVII. Электропривод в текстильной промышленности 119
XVIII. Электропривод в писчебумажной промышленности 131
XIX. Электропривод в металлургической промышленности 154
XX. Электропривод в нефтяной промышленности 178
XXI. Электрические нагревательные приборы и установки — *В. И. Смирнова* 183
Электротехника в сельском хозяйстве — проф. *М. Г. Евреинова* 225
Механизация сельского хозяйства — проф. *Б. А. Криля* 265
Электрофизиология — проф. *А. Ф. Самойлова* 330
Электрохимия — акад. *И. А. Каблукова* 330
Электродвижущая сила и электродные потенциалы гальванических элементов — *П. С. Титова* 361
Электрохимия прикладная — *П. С. Титова* 385
Элементы химические — проф. *А. В. Раковского* 413
Эллинизм — проф. *Д. П. Кончаловского* 481
Эмали — акад. *Е. И. Орлова* и проф. *Н. Г. Тарасова* 531
Эмбриология — проф. *И. И. Ежикова* 559
Эмеритура и социальное обеспечение — *Б. Н. Гутермана* 583
Финансовая система социального страхования в капиталистических странах и СССР — *Ф. Д. Маркузона* 623
Эмоции — проф. *В. К. Осипова* 675

ТОМ ПЯТЬДЕСЯТ ТРЕТИЙ

Электротехника — Энверий

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА.

(*Продолжение*)

XI. *Электрическое освещение.* 1. Значение и историческое развитие Э. о. По сравнению со всеми другими видами освещения Э. о. имеет безусловно все преимущества. Научные исследования показали, что к работе глаза при искусственном освещении нужно относиться весьма внимательно, иначе могут происходить всевозможн. осложнения. При плохом искусственном освещении и при все развивающихся ночных работах может сильно распространиться инвалидность по зрению, увеличиться число несчастных случаев, уменьшиться производительность труда, ухудшиться качество вырабатываемых продуктов. Научные исследования показывают, что самое хорошее освещение по своей стоимости может окупиться и еще может получиться дополнительная прибыль по сравнению со всеми расходами, необходимыми для покрытия всех потерь, могущих произойти от плохого освещения. На производствах и в больших учреждениях должно быть рационально поставленное *световое хозяйство.* Статистика показывает, что 15-20% всей вырабатываемой электрической энергии используется для нужд освещения. В настоящее время не редкость электрические осветительные установки мощностью 200, 500 и 2.500 квт.

Э. о. начало развиваться примерно лет пятьдесят тому назад, хотя попытки получить свет при помощи электричества были значительно раньше. В 1801 г. Тенар и Деви производили опыты накаливания проводников электрическим током. В 1802 г. В. В. Петров открыл явление вольтовой дуги (*см.* XI, 192 сл.). В 1854 г. Гебель сконструировал впервые электрическую лампу накаливания с угольной нитью. В 1873 г. Ладыгин применил угольные электрические лампы для освещения Адмиралтейства в Петербурге. В 1877 г. Яблочков при помощи своей „свечи" (вольтова дуга с вертикально поставленными и горящими вверх углями) осветил Avenue de l'Opera в Париже. В 1879 г. Эдиссон сконструировал электрическую лампу накаливания, технически пригодную для эксплоатации и получившую широкое распространение как в Америке, так и в Европе. В 1903-1904 г. были изготовлены электрические лампы с нитью накала из металла (цирконий, тантал, позднее вольфрам). В 1906 г. лампы с вольфрамовой нитью накала получили широкое распространение. В 1913 г. Всеобщ. комп. электр. выпустила газополные лампы. В последнее время имеются попытки искания более экономичных источников света. Для изготовления ламп накаливания более экономичных, чем существующие, нужно иметь в распоряжении материал для тела накала, обладающий высокой температурой плавления, незначительной способностью испарения и селективным излучением. В настоящее время производятся опыты изготовления нити накала для электрических ламп из вновь открытого металла рения, имеющего температуру плавления около 3200° С (несколько ниже вольфрама—3370° С), но менее подверженного испарению. Изготовляются также нити накала из карби-

дов различных металлов, обладающих высокой температурой плавления (карбид тантала и гафния 3940° С).

2. *Световые величины и их определение. Световой поток* есть лучистая мощность, оцениваемая глазом по производимому ею световому ощущению. *Светимость* (поверхностная плотность светового потока) есть отношение величины светового потока, испускаемого поверхностью, к ее величине. *Освещенность* в какой-либо точке поверхности есть плотность светового потока в этой точке, или отношение величины светов. потока, падающ. на поверхность, к величине поверхности. *Световая энергия* есть произведение величины светового потока на время его действия. *Количество освещения* (поверхностная плотность световой энергии) есть произведение величины освещенности на время ее действия. *Сила света* точечного источника есть отношение светового потока к телесному углу, в котором он заключается и вершина которого опирается на точечный источник. Для источников конечных размеров силой света считается отношение светового потока к телесному углу при условии, что измерение силы света производится на достаточно большом расстоянии. *Яркость* светящейся поверхности в данном направлении есть отношение силы света поверхности в этом направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к рассматриваемому направлению.

Таблица 1. Основные светотехнические величины.

Наименование величин	Обозначение и определяющие уравнения.	
Световой поток	F	—
Светимость (поверхностная плотность светового потока)	$R = \frac{F}{S}$	$R = \frac{dF}{dS}$
Освещенность	$E = \frac{F}{S}$	$E = \frac{dF}{dS}$
Световая энергия	$L = FT$	$L = \int F dT^*$
Количество освещения (поверхностная плотность световой энергии)	$H = ET^*$	$H = \int E dT^*$
Сила света	$I = \frac{F}{\omega}$	$I = \frac{dF}{d\omega}$
Яркость	$B = \frac{I}{S \cos\alpha}$	$B = \frac{dI}{dS \cos\alpha}$

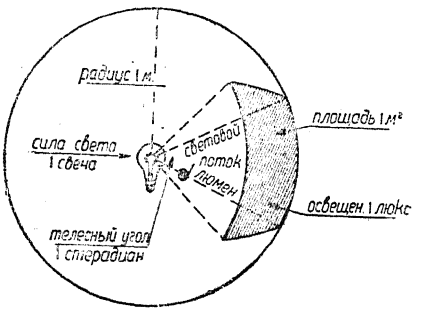
Обозначения: T — время, S — площадь, ω — телесный угол, α — угол между данным направлением и нормалью к рассматриваемой поверхности.

* Обозначения и определяющие уравнения приняты международной Осветительной комиссией, кроме отмеченных звездочкой.

3. *Световые единицы, их определение и обозначение.* Всесоюзным комитетом по стандартизации при СТО с 1 июля 1932 г. утвержден, как обязательный, стандарт на световые единицы (ОСТ 4891):

Наименование единиц.	Сокращенное обозначение (шрифт)		Определения
	иностр.	русск.	
Единицы яркости:			
Стильб	sb	сб	Яркость равномерно светящейся плоской поверхности в перпендикулярном к ней направлении, испускающей в том же направлении свет силой в одну свечу с одного кв. сантиметра.
Миллистильб	msb	мсб	0,001 sb.

Точное значение вышеприведенных световых единиц для научных и практических целей определяется по основным эталонным лампам, выверяемым и хранимым Всесоюзным научно-иссл. инст. метрологии и стандартизации Всесоюзного комитета по стандартизации при СТО. Рекомендуется пользоваться латинскими буквенными обозначениями и употреблять рус-



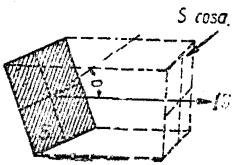


Рис. 1.

ские обозначения лишь в тех случаях, когда применение латинских обозначений встречает затруднения. На рис. 1 в наглядной форме графически представлена зависимость между световыми единицами.

4. *Воспроизведение световых единиц.* Для всех световых измерений служит единица силы света—*международная свеча*, установленная соглашением между государственными метрологическими лабораториями Англии, Франции и Америки. Международная свеча воспроизведена специально приготовленными электрическими лампами накаливания, хранящимися в виде эталонов в метрологических лабораториях вышеуказанных государств. В СССР в 1925 г. декретом СНК постановлено считать за единицу силы света международную свечу. Большинство стран производит световые измерения по международной свече. В Германии до сих пор единица силы света воспроизводится лампой Хефнера (*ср.* XLIV, 383), в которой горит амилацетат при строго определенном размере фитиля и высоте пламени 40 *мм*. Соотношение международной свечи и свечи Хефнера в зависимости от температуры источников света приведено в табл. 3.

Табл. 3. Соотношение международной свечи и свечи Хефнера.

Источники света при нормальном режиме горения.	Переводный коэффициент международной свечи в свечу Хефнера.
Угольная лампа	1,11
Вольфрамовая вакуумная лампа	1,145
Газополная лампа	1,17

деления силы света, а на рис. 3 — продольная кривая распределения силы света вольфрамовой вакуумной лампы.

Сила света в одном каком-нибудь направлении измеряется обычно на линейном фотометре, схема которого представлена на рис. 4, где $I_э$ — известный по силе света источник (эталон), I_x — источник света, который должен быть измерен, Ф — фотометрическая

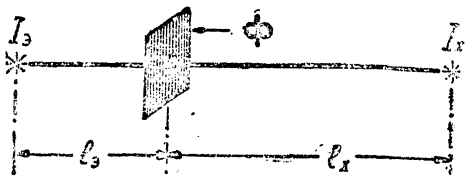


Рис. 4.

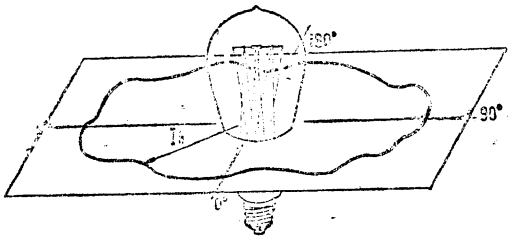


Рис. 2.

головка, которая устанавливается так, чтобы оба поля сравнения экрана головки имели одинаковую яркость; тогда справедливо равенство:

$$\frac{I_э}{I_x} = \frac{l_э^2}{l_x^2},$$

где $l_э$ и l_x — соответствующие расстояния от источников света до центра фотометрической головки.

Для получения кривых распределения силы света в продольной и поперечной плоскостях (рис. 2 и 3) приме-

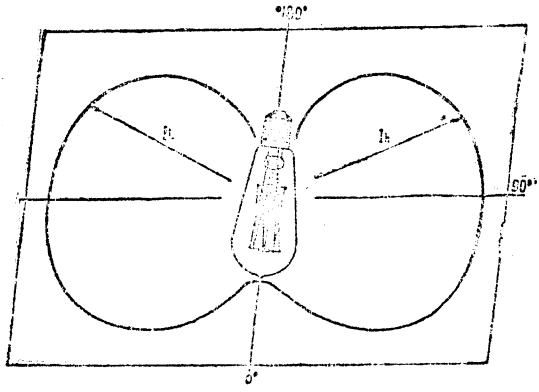


Рис. 3.

няется распределительный фотометр, схема которого представлена на рис. 5, где *З*—зеркало, могущее вращаться вокруг испытуемого источника света; *Э* — экран, защищающий фотометрическую головку от прямого попадания лучей от источника света; *Ф*— фотометрическая головка; *М* — испытуемый источник света или эталон; *К*— промежуточная лампа; $l_0 = a + b$ — расстояние от испытуемого источника или эталона до фотометрической головки.

При производстве измерений испытуемый источник света в прямом на-

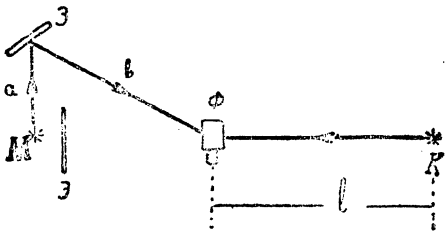


Рис. 5.

правлении фотометрической головки закрыт экраном, и на головку попадет свет только от зеркала. Зеркало может вращаться вокруг источника света на 360°. Центр вращения зеркала должен совпадать со световым центром измеряемого источника света. Головка фотометра все время остается на месте. Для достижения фотометрического равновесия меняется расстояние l промежуточной лампы до фотометрической головки. Чтобы исключить коэффициент отражения зеркала и расстояние l_0, в *К* помещается не самый эталон, а промежуточная лампа, сила света *I* которой опреде-

ксах. При больших освещенностях применяются фильтры (11), включаемые перед экраном (9) рычагом (12). При применении фильтров показания люксметра нужно множить на указанные при люксметре коэффициенты.

В настоящее время широко начинает применяться объективная фотометрия. Световые потоки и освещенности измеряются объективным методом при помощи фотоэлементов без участия глаза. Как известно, работа глаза не постоянна и зависит от многих факторов, влияющих на точность измерений. При фотометрических измерениях фотоэлементы иначе реагируют на световой поток, чем глаз, поэтому приходится дополнительно вводить светофильтры, что значительно затрудняет применение фотоэлементов. При фотометрических измерениях применяются вакуумные фотоэлементы или с газовым наполнением; светочувствительный слой таких фотоэлементов состоит из металлов калия, натрия, бария, рубидия, цезия; суммарная чувствительность таких фотоэлементов к свету колеблется в пределах 20:30 микроампер на люмен. Кроме указанных фотоэлементов, применяются для световых измерений купроксные и селеновые фотоэлементы; суммарная чувствительность первых около 100 миллиампер на люмен, чувствительность вторых 200 — 300 миллиампер на люмен.

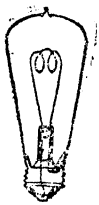


Рис. 8.

Приемы измерения освещенности в помещении сводятся к нахождению средней ($E_{\text{сред.}}$), минимальной ($E_{\text{мин.}}$) и максимальной ($E_{\text{макс}}$) освещенностей, а также и коэффициента неравномерности $E_{\text{мин.}} : E_{\text{макс.}}$ При производстве измерений все помещение разбивается на равные части (обычно *кв. м*), в каждом квадрате измеряется освещенность 2—3 раза, берется из этих измерений среднее значение освещенности и записывается на предварительно приготовленном, в определенном масштабе, плане помещения. Полученные таким измерением наибольшее и наименьшее значения освещенности принимаются за $E_{\text{макс.}}$ и $E_{\text{мин.}}$ средняя освещенность $E_{\text{сред.}}$ находится обычно, как среднее значение из всех освещенностей, найденных для каждого квадрата.

6. *Электрические источники света* можно подразделить на два класса: на источники с температурным излучением и на источники с излучением по способу люминесценции; к первым относятся лампы накаливания и отчасти вольтовы дуги с чистыми углями, ко вторым — вольтовы дуги с эффектными углями, ртутные дуговые лампы и светящиеся трубки с разреженными газами.

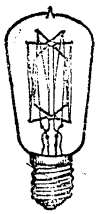


Рис. 9.

Электрические лампы накаливания в настоящее время являются очень распространенными источниками света для целей освещения. Лампы изготовляются на мощность от 3 вт до 50 квт, на нормальное напряжение 110 — 120 *V* и 220 *V*, а также и на разные другие более низкие напряжения от 2 до 80 *V*. Нормальные лампы накаливания, изготовляемые в СССР, должны удовлетворять по своим световым, электрическим и другим качествам утвержденному стандарту ОСТ 5154.

Световые измерения электрических ламп накаливания производятся или по световому потоку в *люменах*, или на среднюю сферическую силу света в *международных свечах*. Электрические лампы разделяются на вакуумные с угольной нитью (рис. 8), почти вышедшие из употребления, на вакуумные с вольфрамовой нитью (рис. 9) и на газополные тоже с вольфрамовой нитью, свернутой в спираль (рис. 10); последний сорт ламп неправильно называется „полуваттными". В последнее время как в СССР, так и за границей пустотные лампы мощностью 15, 25, 40 вт изготовляются со спиральной нитью и по внешнему виду очень похожи на газополные лампы. Спирально-вакуумные лампы экономичнее вакуумных ламп с прямой нитью. В пустотных лампах воздух почти совершенно удален из

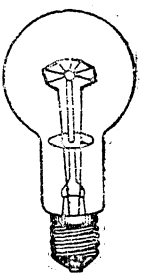


Рис. 10.

колбы лампы. В газополных крупных лампах колбы заполняются азотом, а в малых лампах — аргоном или смесью аргона с азотом. Давление газа в колбах ламп в холодном состоянии приблизительно $^2/_3$ атмосферы. Присутствие в колбе инертного газа замедляет процесс испарения металла с поверхности вольфрамовой нити. Кроме указанных типовых широко распространенных ламп, имеется много специальных ламп или ламп с некоторыми конструктивными изменениями.

Для уменьшения слепящего действия для ламп мощностью до 100 вт колбы изготовляются из молочного стекла,

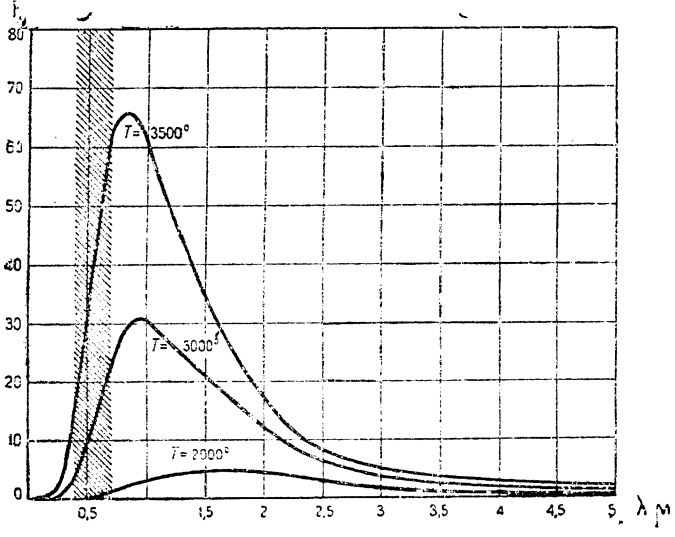


Рис. 11.

или матируются. Прежде матирование производилось снаружи колбы, в настоящее время матируется внутренняя часть колбы, что дает потери света 1—3% вместо 5% для ламп, матирован. снаружи. Иногда газополные лампы имеют колбу из синего стекла, задерживающего красные лучи, такие лампы носят название ламп „дневного света". Для гигиенических целей иногда колбы газополных ламп с повышенной световой отдачей делаются из стекла, пропускающего ультра-фиолетовые излучения (Vitalux lampe). Для фотографических целей изготовляются специальные газополные внутри матированные лампы с повышенной световой отдачей (Nitraphot-lampe). В продаже имеются лампы и для других разных специальных назначений, как, например: свечеобразные, софитные, иллюминационные, автомобильные, рудничные, котельные и другие.

В настоящее время нити накала для электрических ламп изготовляются из вольфрама с примесью долей процента тория для того, чтобы нить во время горения кристаллизовалась в мелкие кристаллы, что дает ей большую прочность. Иногда прибавляют также доли процента кремния, который дает непровисающую нить. Вольфрам после специальной, довольно сложной обработки приобретает способность тянуться в очень тонкие и прочные нити.

За пятидесятилетний период существования ламп накаливания сделано много усовершенствований. Современные электрические лампы накаливания в 7 ÷ 10 раз экономичнее первых. Но все же лампы — весьма невыгодный трансформатор, преобразующий энергию топлива в световую энергию, так как в последнюю переходит меньше 1% первой. Законы температурного излучения для абсолютно черного тела, открытые Стефан-Больцманом, Вином и Планком, хорошо изучены и подтверждены на опыте. По закону Стефана-Больцмана, полное количество излучаемой энергии для абсолютно черного тела пропорционально 4-й степени температуры:

$$W = \int_0^\infty P_\lambda \, d\lambda = \sigma T^4,$$

где $\sigma = 5{,}7 \cdot 10^{-12}$ватт на $см^{-2}$ · градус$^{-4}$
T — абс. температура, откуда следует, что с увеличением температуры в два раза общее излучение увеличивается в

отдаче лампы являются самыми выгодными источниками света, но, к сожалению, излучают световой поток, значительно разнящийся от дневного света. Характеристики этих источников представлены в табл. 6.

7. *Системы Э. о.* Освещение называется *общим*, когда вся поверхность помещения освещается одним или несколькими светильниками. Если освещается только небольшое рабочее пространство одним, а иногда двумя светильниками, то такое освещение называется *местным*. Там, где требуется

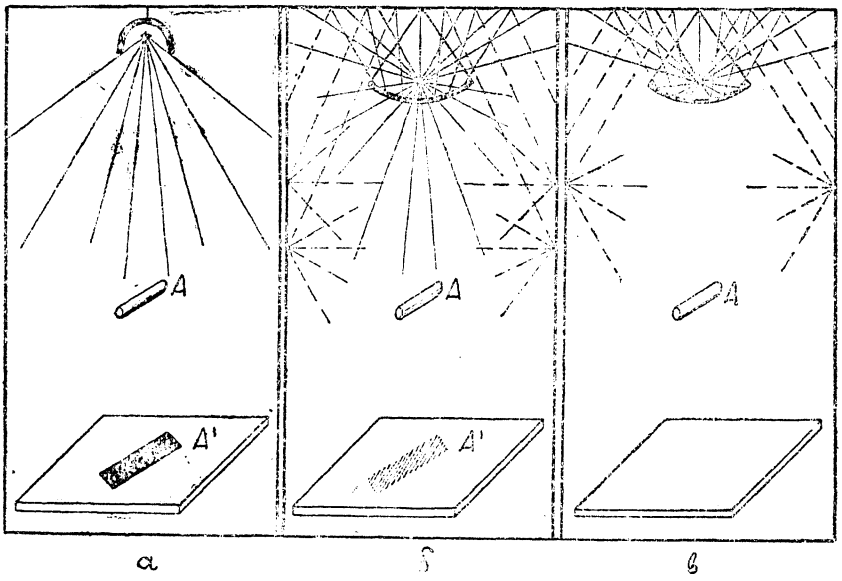


Рис. 13.

по роду работ высокая освещенность, порядка 200 — 1.000 люкс, необходимо применять местное освещение. Согласно правилам Н. К. Т., не разрешается применять в промышленных предприятиях одно только местное освещение. Очень часто применяются оба указанные способа одновременно, тогда такое освещение называется *смешанным*. Если общее освещение ниже 100 люкс, оно должно составлять 25% от совместного действия общего и местного освещения.

Освещение разделяется на *прямое*, *полуотраженное* и *отраженное*. Прямое освещение получается, когда световой поток от светильника непосредственно направляется на освещенную поверхность. Такое освещение создает резкие тени (рис. 13 а). Полуотраженное освещение получается, когда от светильника лишь часть светового потока падает непосредственно на освещаемую поверхность, другая же—большая—часть отбрасывается светильником на потолок и стены и уже при вторичном отражении попадает на освещаемую поверхность. Такое освещение дает мягкие тени (рис. 13 б). Отраженное освещение получается, когда от светильника весь световой поток отбрасывается на потолок и стены и уже при вторичном отражении от этих поверхностей попадает на освещаемые поверхности. При таком освещении тени почти отсутствуют (рис. 13 в). Полуотраженное и отраженное освещение должно устраиваться в помещениях со светлыми стенами и потолком. Стоимость эксплоатации отраженного освещения самая большая по сравнению с полуотраженным и прямым освещением.

При устройстве как местного, так и общего освещения надо избегать слепящего действия и нельзя помещать

лампы с арматурой к световому потоку голой лампы); распределением светового потока (или силы света) в верхней и нижней полусфере в продольной плоскости; направлением и величиной максимального светового потока (или силы света). Колпаки, кроме того, характеризуются защитным углом (угол, образованный горизонтальной линией, проходящей через световой центр источника света, и линией, проходящей через тот же световой центр источника света и край колпака). В пределах защитного угла глаз не подвергается слепящему действию от источника света. В таблице 7 представлены характеристика изготовляемых в СССР светильников для освещения промышленных предприятий, общественных учреждений и улиц. На рис. 14 в качестве примера дана кривая распределения силы света для светильника типа „Люцетта" и голой лампы.

Стекло, металлические стеклодержатели и опорные ободa для осветительных арматур, для целей экономии, ограничены в СССР небольшим количеством необходимых сортов и стандартизованы (ОСТ 2450) по своим основным размерам.

Электроарматурное стекло должно выдерживать нагревание до 80° С, не должно иметь трещин, наплывов, резко заметных свилей и пузырей.

9. *Расчет Э. о. и нормы освещенностей.* Освещение должно быть достаточно, не действовать вредно ослепляющe на глаза, что очень часто наблюдается при неправильном устройстве освещения и при применении источников света с большой яркостью (см. табл. 5). Осветительная установка должна быть экономична, удобна в эксплоатации и красива по внешнему виду. Для установления достаточной величины освещения имеются „Временные правила искусственного освещения фабрик, заводов, мастерских и других служебных помещений и мест работы", изданные как обязательные НКТ от 17 сентября 1928 г. В соответствии с этими правилами можно считать достаточными нижеприведенные в табл. 8. минимальные освещенности для различных рабочих поверхностей и вспомогательных помещений.

Табл. 7. Характеристики светильников, изготовляемых в СССР.

Наименование светильников	Назначение светильников	Мощность ламп в ваттах.
1. „Универсаль".	Применяется для прямого общего и местного освещения при темных потолках или занятых различными установками. В пыльных помещениях или при небольших высотах подвеса применяются обязательно с затенителями.	от 200 до 500
2. „Люцетта", преимущественно направленного света.	Применяется для общего освещения при светлых окрасках потолков и стен.	от 100 до 500
3. „Люцетта", преимущественно отраженного света (рис. 14).	Применяется там, где не должно быть резких теней, для полуотраженного освещения при светлых окрасках потолков и стен.	
4. Глубокоизлучатель.	Применяется для прямого освещения внутренних помещений и наружных пространств при больших высотах подвеса или где требуется получить большую освещенность на местах работы.	от 300 до 1.000
5. „Альфа".	Применяется для местного освещения.	до 75
6. „Преимущественно прямого света".	Применяется для освещения внутренних помещений со светлой окраской потолков и стен, для улиц, на которых должна быть несколько освещена верхняя часть фасадов; дает мягкие тени.	от 200 до 1.000
7. „Плафон" однопламповый.	Применяется для помещений с низкими потолками, для лестниц, вестибюлей и проч.	до 85
8. „Наружного освещения".	Применяется с прозрачными и матовыми стеклами для освещения открытых пространств.	от 200 до 1.000

Табл. 8. Освещенности на рабочих поверхностях и во вспомогательных помещениях.

Разряд	Название работ и помещений.	Минимальная освещенность. Люксы.
I а	Мелкие и тонкие работы с темными рабочими поверхностями (отношение наименьшего размера рассматриваемого предмета к расстоянию его до глаза не более 1 : 1000). Точные тонкие работы по металлу, контроль, браковка, испытания, чертежные работы, пробирка резцов, темное крашение, тонкая шлифовка, лабораторные работы.	100

Таб л. 9. Нормы освещенностей школьных помещений.

	Название помещений.	Минимальная освещенность. Люксы.
1	На столах учащихся	75
2	На классных досках	75
3	В лабораториях на рабочих местах	50
4	В библиотеках на столах	50
5	На чертежных досках	100
6	В спортивном зале на полу	20
7	В помещениях для отдыха	20
8	В коридорах и раздевальных } горизонтальная освещенность на полу	15
9	В уборных } горизонтальная освещенность на полу	50

Для освещения лечебных заведений принятые нормы представлены в табл. 10.

Таб л. 10. Нормы освещенностей лечебных заведений.

	Название помещений.	Минимальная освещенность. Люксы.	
		Общее освещение	Местное освещение
1	Операционные	100	2.000
2	Приемные покои, перевязочные	100	600
3	Лечебные кабинеты, лаборатория, аптеки	100	300
4	Кухни	60	—
5	Палаты	20	—
6	Прачечные	30	—
7	Склады	20	—
8	Уборные, умывальники, ванны } горизонтальная освещенность на полу	50	—
9	Коридоры, лестницы, проходы } горизонтальная освещенность на полу	20	—

Для жилых городских помещений можно рекомендовать следующие, приводимые ниже в табл. 11, нормы освещенностей.

Таб л. 11. Нормы освещенностей домашних помещений.

	Название помещений.	Минимальная освещенность. Люксы.
1	Столовые	35
2	Детские	50
3	Кабинеты	50
4	Библиот.	50
5	Спальни	30
6	Гостинные	40
7	Кухни	40
8	Уборные } на полу	15
9	Ванны } на полу	15
10	Коридоры	8
11	Лестницы	8
12	Входы и выходы	8

Для установления величин освещенности наружных пространств все улицы, площади, проезды и дороги в зависимости от характера движения разбиваются на 5 разрядов.

Таб л. 12. Нормы освещенностей улиц, площадей, проездов и дорог.

Разряды	Наименование освещенных мест.	Наименьшая освещенность. Люксы.		
		В крупных городах	В больших городах	В небольших городах, фабричных и др. поселках
I	Вокзальные площади; улицы и проезды особо большим автомобильным и трамвайным движением; базары, рынки, ярмарки; подъезды, спуски и лестницы на улицах	4	2	1
II	Улицы, проезды и дороги с большим автомобильным и трамвайным движением; площади и места около общественных зданий, фабрик, заводов, театров, клубов, домов культуры, кинематографов и т. д.	2	2	1
III	Улицы и проезды со средним автомобильным и трамвайным движением	1	1	1
IV	Улицы и проезды с небольшим автомобильным и трамвайным движением	0,3	0,3	0,3
V	Улицы, проезды и дороги с редким движением (при отсутствии трамвая)	0,1	0,1	0,1

Задача расчета Э. о. сводится к размещению и выбору соответствующих по мощности светильников в зависимости от характера производимых работ и от размеров и окраски помещения. Светильники прямого света подвешиваются от потолка на расстоянии 30÷50 *см*; для полуотраженного и отраженного света на расстоянии 50÷100 *см*, в зависимости от высоты помещения и необходимости достижения равномерного освещения потолка. Расстояние между светильниками должно приблизительно равняться 1,5 высоты подвески светильников, при чем высота подвески

точечного метода можно построить кривые освещенности для различных направлений освещаемой поверхности. Уличное освещение преимущественно рассчитывается точечным методом.

Для расчета освещения от источников света больших размеров, как, например, больших светящихся поверхностей, нельзя пользоваться приведенными формулами расчета. В таких случаях освещенность в какой-нибудь точке поверхности может быть определена по формуле:

$$E = B\omega \cos\alpha,$$

где B—яркость светящейся поверхности, ω—телесный угол, образуемый светящейся поверхностью с вершиной в освещаемой точке, α—угол наклона перпендикуляра из середины светящейся поверхности к нормали плоскости в освещаемой точке. В приведенной формуле представляет большое затруднение определить проекцию телесного угла.

Для диффузно рассеивающей свет прямоугольной плоской светящейся поверхности для точки, лежащей на перпендикуляре, опущенном из угла светящейся плоскости на освещаемую

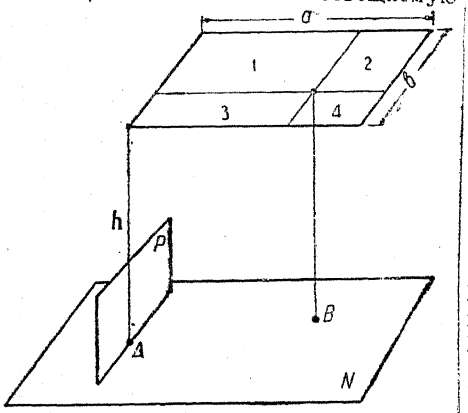


Рис. 16.

поверхность N (рис. 16), горизонтальная освещенность E_h в точке A будет определяться формулой:

$$E_h = \frac{10^4 B}{2}\left[\frac{a}{\sqrt{h^2+a^2}}\operatorname{arctg}\frac{b}{\sqrt{h^2+a^2}} + \frac{b}{\sqrt{h^2+b^2}}\operatorname{arctg}\frac{a}{\sqrt{h^2+b^2}}\right],$$

где B—яркость в стильбах, h—высота светящейся поверхности над освещаемой точкой, a—длина, b—ширина светящейся поверхности. Чтобы подсчитать по этой формуле освещенность в какой-нибудь другой точке B, нужно восстановить перпендикуляр из этой точки к светящейся поверхности, через точку перпендикуляра провести линии параллельно сторонам a и b (рис. 16);

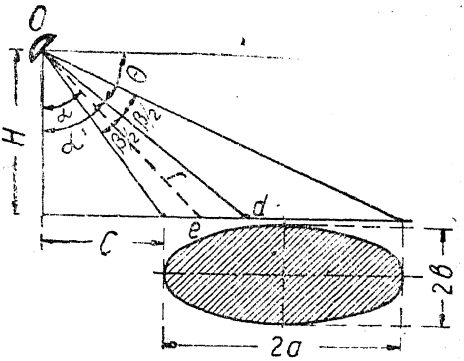


Рис. 17.

эти линии разделят светящуюся поверхность на четыре части: 1, 2, 3, 4. Освещенность в точке B подсчитывается отдельно от каждой поверхности и суммируется.

Для подсчета вертикальной освещенности применима формула:

$$E_v = \frac{10^4 B}{2}\left[\operatorname{arctg}\frac{b}{h} - \frac{h}{\sqrt{h^2+a^2}}\operatorname{arctg}\frac{b}{\sqrt{h^2+a^2}}\right].$$

В приводимых формулах линейные размеры выражены в метрах, освещенность в люксах, яркость в стильбах, углы в радианах. Углы, выраженные в градусах, надо умножить на $\left(\frac{\pi}{180}\right)$, чтобы получить углы в радианах.

10. *Прожекторное освещение.* В настоящее время часто стали освещать прожекторами памятники, фасады общественных зданий, места строительных работ, железнодорожные пути и пр. В СССР изготовляются прожектора нескольких типов с различными световыми и электрическими характеристиками.

Пучек лучей прожектора на горизонтальной поверхности дает световое поле эллиптической формы. Величину эллиптической площади легко определить из рис. 17, где H—высота прожектора над освещаемой поверхностью; C—мертвое пространство; Θ—угол наклона оси прожектора к горизонтальному направлению; α'—угол наклона оси прожектора к вертикальному направлению; α—угол наклона луча, падающего в освещаемую точку по отношению к вертикальному направлению; r—расстояние от прожектора до освещаемой точки; β—полезный угол рассеяния; Od—ось прожектора.

Необходимый световой поток для какой-нибудь площади при заданной средней освещенности определяется по формуле:

$$F_1 = E_{\text{сред.}} Smc,$$

где F_1—необходимый световой поток в люменах; S—площадь в *кв. м*, которую необходимо осветить; m—коэффициент потери света по сторонам $= 1,2 \div 1,5$; c—коэффициент ухудшения прожектора во время его действия.

Потребное количество прожекторов на данную площадь определяется следующей формулой:

$$z = \frac{F_1}{F \cdot \eta},$$

где F—световой поток голой лампы, η—коэффициент полезного действия прожектора.

Горизонтальная освещенность от прожектора в какой-нибудь точке, лежащей на большой оси эллипса, определяется формулой:

$$E_h = \frac{I_\alpha \cos\alpha}{cr^2},$$

где I_α—сила света прожектора, измеренная под углом α в продольной плоскости; c—коэффициент ухудшения прожектора во время его действия; r—расстояние освещаемой точки от прожектора.

Для нахождения горизонтальной освещенности в точке, лежащей на малой оси, значение сил света берется по кривой, снятой в поперечной плоскости. Вертикальная освещенность точек, лежащих на большой или малой оси эллипса, находится по формуле:

$$E_v = E_h \operatorname{tg}\alpha.$$

Для определения освещенностей в любой точке площади эллипса имеются более сложные методы подсчета.

Табл. 18. Временные правила искусственного освещения открытых пространств и фасадов зданий.

Наименование освещаемых мест	Наименьшая освещенность	
	На горизонтальной плоскости	На вертикальной плоскости
I. Открытые пространства, на которых имеется движение людей и механизмов и не требуется различать мелких предметов.		
1. Строительные, ремонтные работы, открытые трансформаторные подстанции, берги и проч.	8	15
2. Земляные работы, каменоломни, складские и погрузочные дворы	3	5
3. Железнодорожные парки, маневровые пути, большие складские территории	0,2	0,5
II. Места спорта и развлечений.		
1. Народные гулянья, пруды для катанья на коньках	1	—
2. Массовые игры, купальные бассейны	2	—
3. Велодромы, ипподромы	3	10
4. Волейбол, теннис, футбол и т. д.	20	40

III. Фасады зданий и памятники.	Средняя освещенность в люксах при фоне: светлом	средне м	темном
1. Светлая поверхность (светлые изразцы, светлый железобетон, светло-серый камень)	60	40	30
2. Среднего света поверхность (серый камень, терракот, серая окраска)	100	80	50
3. Темного цвета поверхность (красный, темно-серый камень, темная окраска)	160	120	80
IV. Вывески и рекламы			
4. Светлая поверхность	200	—	100
5. Темная поверхность	300	—	200

Литература: „Труды I, II и III Всесоюзн. светотехнической конференции“ (1926, 1931, 1933); „Труды Ленинградск. Института гигиены труда — Освещение промышленных предприятий“ (1930); журнал „Светотехника“ (1932 и 1934); *Майзель, С. О.*, „Об основных понятиях светотехники“ (1931); *Гершун, А. А.*, „Фотометрические единицы и величины“; *Мартынов, П. И.*, и *Соколов, М. Л.*, „Светотехническая терминология“ (1931); *Гурс-*

вич, М. М., „Световые измерения (конспект лекций)“ (1934); *Фабри, Ш.*, „Общее введение в фотометрию“ (1934); *Федоров, Е. В.*, „Осветительные лампы“ (1934); *Ульмишек, Л. Г.*, „Производство электрических ламп“ (1933); *Иванов, А. П.*, „Электрические лампы и их изготовление“ (1923); *Белькинд, Л. Д.*, „Электрич. осветительные приборы ближнего действия“ (1934); *Мешков, В. В.*, и *Смелянский, З. Б.*, „Гигиена освещения“ (1934); „Основные сведения об электрических лампах“ (изд. ВЭО); *Мешков, В. В.*, и *Соколов, И. И.*, „Курс осветительной техники“ (1934); *Сиротинский, Л. И.*, и *Федоров, Б. Ф.*, „Основы техники электрического освещения“ (1930); *Френкель, С. В. и Надежин, П. Ф.*, „Методы светотехнических расчетов“ (1933); *Лоренцсон, И. Г.*, „Декоративное освещение“ (1933); „Расчет прожекторного освещения“ (Сборн. ст., Энергоиздат, 1932); *Фролов, Р. Н.*, „Электрические прожекторы“ (1933); *Соколов, И. И.*, „Применение прожекторов для целей освещения“ (1932); *Озолинг, И. Х.*, и *Белов, К. П.*, „Проектирование прожекторного освещения сортировочных станций“ (1932); *Зеленков, В. А.*, „Основные вопросы энергетики и экономики искусственного освещения промышл. предприятий в связи с планом развития промышленности“; *Walsh, J.*, „Photometry“ (1926); *Liebenthal, E.*, „Praktische Photometrie“ (1907); *Uppenborn Monasch*, „Lehrbuch der Photometrie“ (1912); *Bloch, L.*, „Lichttechnik“ (1921); *Lukiesh, M.*, „Licht und Arbeit“ (1926); „Handbuch der Physik“ (B. XIX); *Jolly, Waldram, Wilson.* „The Theory and Design of Illuminating Engineering Equipment“ (1930); *Cady* and *Dates*, „Illuminating Engineering“ (1925); *Barrows*, „Light Photometry and Illuminating Engineering“ (1926); *Harrison, Haas, Reid*, „Street lighting practice“; *журналы*: Transactions of the Illuminating Engineering Society, Das Licht, Licht und Lampe.

П. Мартынов.

XII. *Электрическая сигнализация* — использование электрического тока для передачи того или иного сигнала. Простота устройства, надежность работы, возможность передачи сигнала на дальнее расстояние, малая затрата энергии послужили причинами широкого распространения Э. с.

Простейшей Э. с. является электрический звонок, в котором замыкание цепи тока в одном месте (D_1, D_2, D_3) вызывает звучание колокольчика (W), установленного в другом месте (рис. 1). Приспособлением для замыкания тока звонка служит нажимная кнопка; в простейшей своей форме она состоит из деревянного основания S (рис. 2), на котором винтами укреплены две пружины f; провода присоединяются к этим винтам, а на основание навинчивается деревянный футляр, в середине которого сделано отверстие для костяной кнопки K. При нажатии

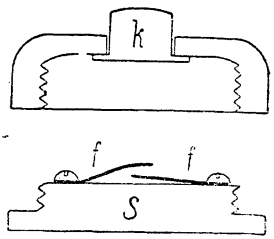


Рис. 2.

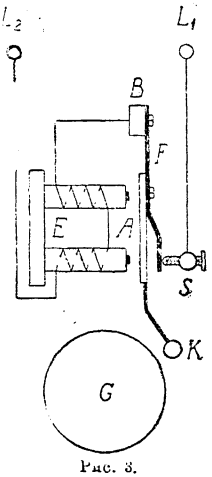


Рис. 3.

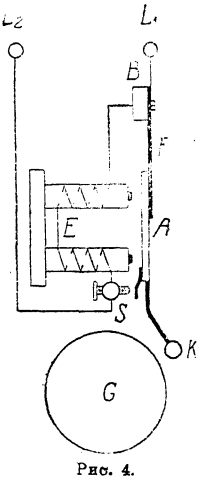


Рис. 4.

кнопки K свободные концы пружин f соприкасаются и замыкают цепь тока звонка. Этот последний, в большинстве случаев, изготовляется в форме дребезжащего звонка (рис. 3); он состоит из электромагнита E, обмотка которого замыкается через пружинящий контакт у винта S; напротив электромагнита, на пружине F, укреплен кусок мягкого железа—якорь A, соединенный с молоточком K. Когда кнопкой замыкают цепь тока звонка, тогда электромагнит, намагничиваясь, притягивает якорь A, и молоточек K ударяет по колокольчику G, но при этом цепь тока разрывается в кон-

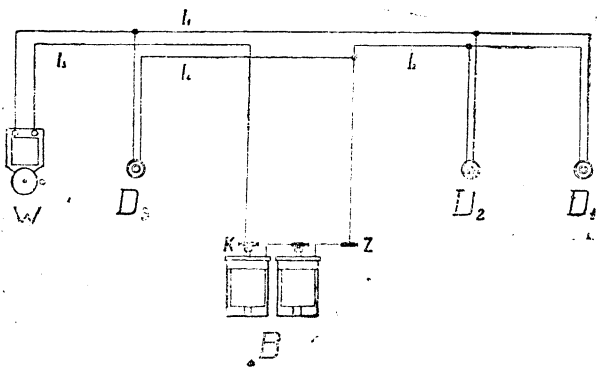


Рис. 1.

магнитов; от каждой нажимной кнопки к нумератору идет отдельный провод, присоединенный к одному концу обмотки соответствующего электромагнита; вторые концы этих обмоток соединены вместе, и цепь их тока замыкается через общий звонок и элементы (рис. 6). При нажатии одной из кнопок ток проходит по обмотке соответствующего электромагнита, к нему притягивается железный якорь и освобождает сигнальный клапан (флажек); последний, под действием своей тяжести, опускается, и в окошке нумератора показывается номер, или надпись, обозначающая помещение, откуда подан сигнал. С помощью нажимного рычага клапаны можно поднять в первоначальное положение. Иногда нужно, чтобы звонок работал до тех пор, пока не будет подан встречный сигнал о том, что звонок услышан; в

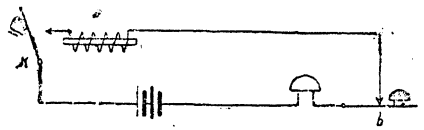


Рис. 7.

таких случаях применяется схема соединений, показанная на рис. 7. При нажатии кнопки K начинает работать колокольчик, но при этом электромагнит a притягивает железную пластину, соединенную с кнопкой K, благодаря чему цепь тока остается замкнутой и колокольчик продолжает звучать до тех пор, пока вызываемый не нажмет кнопку b, расположенную близ колокольчика, и тем самым, прервав ток, освободит кнопку K.

Если нужно передать сигнал на относительно далекое расстояние, то затруднительно приводить в действие колокольчик непосредственно от элемента, питающего сигнализационную линию; для этого нужно относительно большое напряжение батареи элементов, что, в свою очередь, требует улучшения изоляции всей проводки. Для того чтобы избежать такого удорожания установки, применяются сигнальные реле,—аппараты, в которых действие слабого тока вызывает замыкание цепи более сильного тока. Подобное реле (рис. 8) состоит из электромагнита, обмотка которого включается в цепь сигнализационного тока (рис. 9). При замыкании этого тока электромагнит притягивает якорь, а этот последний замыкает цепь тока, приводящего в действие сигнализирующее устройство: колокольчик или сигнальную лампу, сигнальную сирену и т. п. На рис. 10 изображена схема более сложной сигнальной установки с реле: при нажатии кнопки I звонит колокольчик, и одновременно реле R притягивает якорь K и зажи-

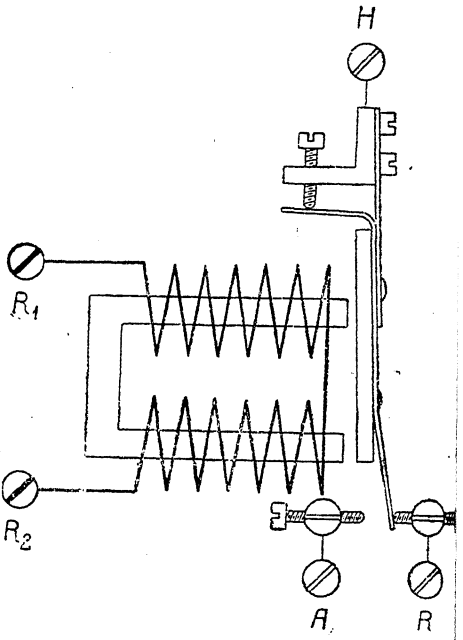


Рис. 8.

гает таким образом лампу L. Как только прекращается нажатие кнопки I, колокольчик выключается, но лампа продолжает гореть до тех пор, пока не будет нажата кнопка A, которая прерывает цепь тока реле и заставляет последнее выключить лампу. Такая схема применяется в гостиницах, где колокольчик звонит в комнате обслуживающего персонала, а лампа загорается над дверью комнаты, из которой подан сигнал.

В вышеописанных устройствах сигнал подается только при замыкании

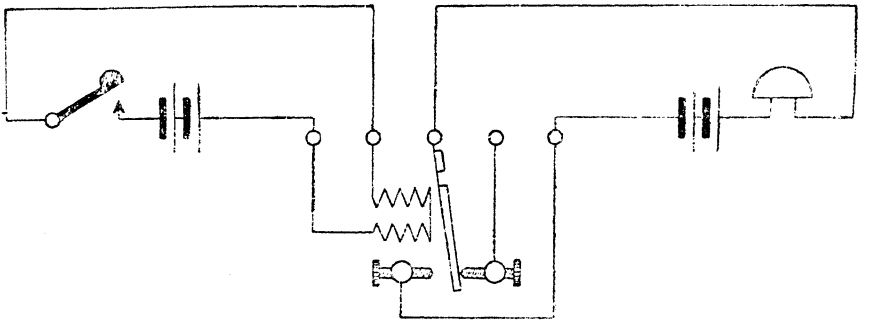


Рис. 9.

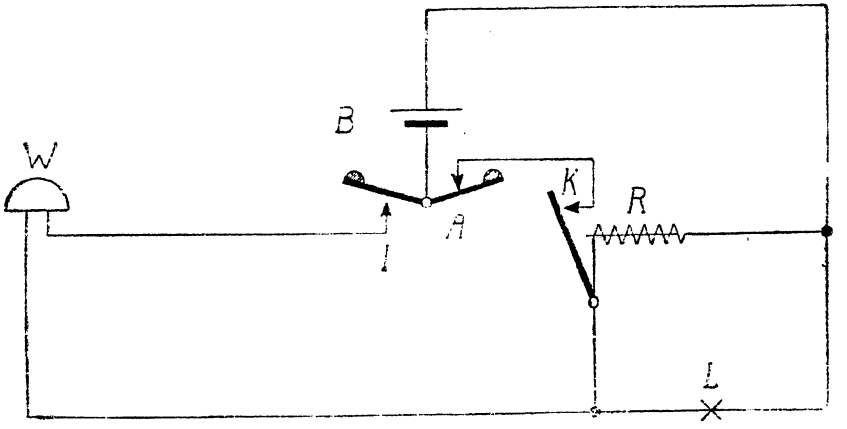


Рис. 10.

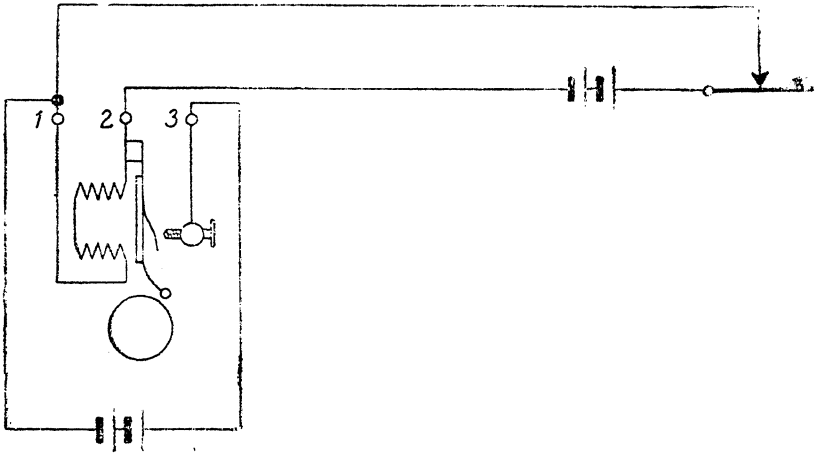


Рис. 11

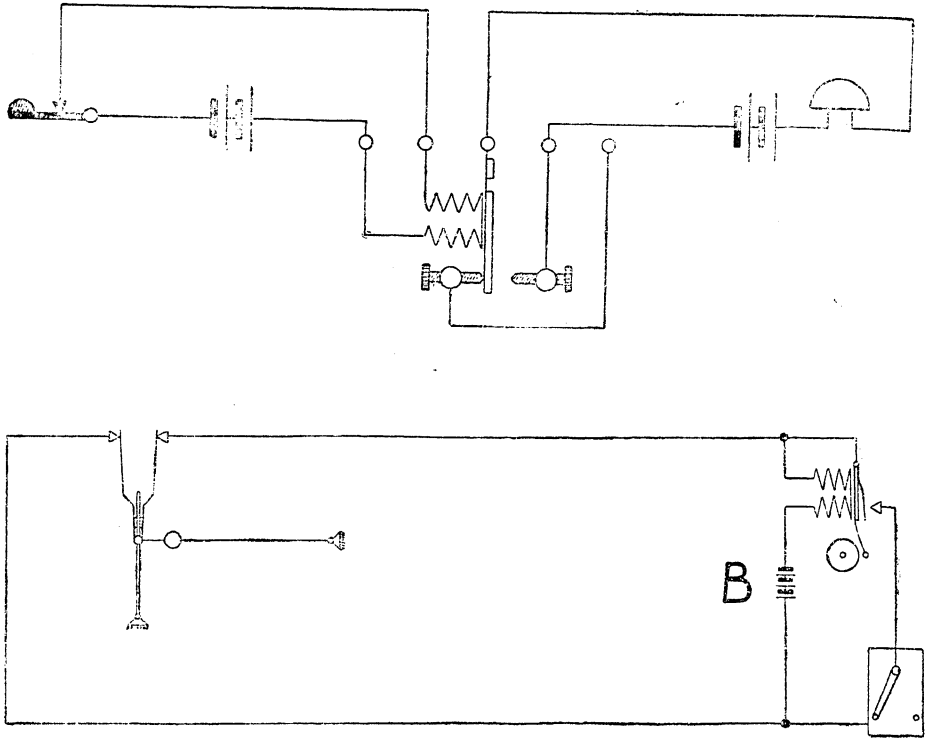


Рис. 13.

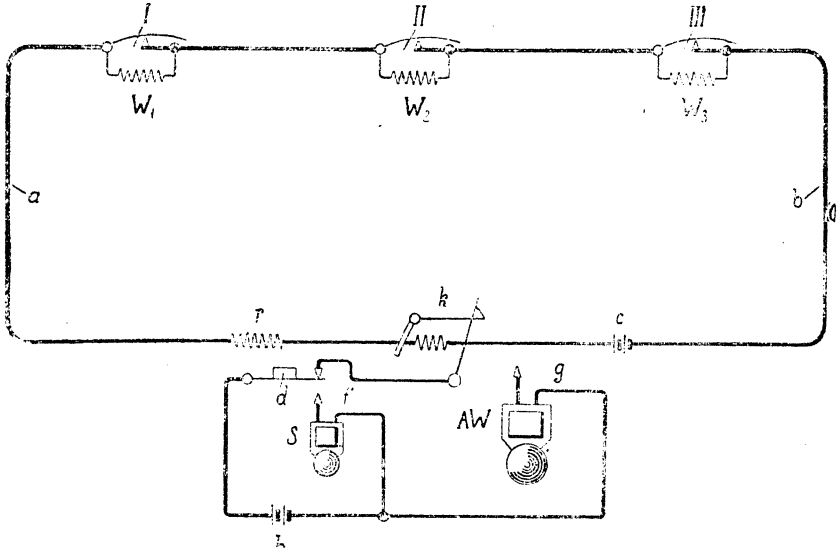


Рис. 14.

цепи тока. Недостатком такого устройства сигнализации является то обстоятельство, что неисправности установки, например обрыв проводов, порча источника тока и т. п., обнаруживаются часто только при подаче сигнала; поэтому в тех случаях, когда требуется большая надежность работы сигнализационного устройства, как то: в пожарной сигнализации, в сигнализации общественной безопасности и т. п., применяется работа на непрерывном токе, т.-е. электрический ток непрерывно обтекает сигнализационную цепь, а сигнал работает при размыкании этой цепи. Схемы подобных устройств показаны на рис. 11—простой звонок, и на рис. 12—звонок, включающийся через реле. В обоих случаях при размыкании тока нажимной кнопкой (или вообще при прекращении тока в сигнализационной цепи) замыкается вторая цепь тока, приводящего в действие колокольчик. На непрерывном токе работают все сигнализационные установки для защиты личной или общественной безопасности. Схема подобной установки дана на рис. 13. Здесь сигнал действует при размыкании контакта или при повреждении проводов. Соответствующие контакты, размыкающие цепь, могут быть помещены в окнах, дверях, в полу помещения; всякая попытка проникнуть в это защищаемое сигнализацией помещение разрывает цепь непрерывного тока и тем самым замыкает цепь сигнализирующего устройства. *Пожарная* сигнализация также работает на непрерывном токе. Принципиальная схема автоматической пожарной сигнализации дана на рис. 14. Пластины I, II и III устанавливаются в наиболее опасных в пожарном отношении пунктах (например, на чердаках), эти пластины составлены из двух металлов с различным температурным коэффициентом расширения. Нагреваясь, такая пластина изгибается и прерывает контакт. При этом ток в цепи не прерывается, а только сильно уменьшается, так как цепь остается замкнутой через соответствующее сопротивление W, включенное параллельно разомкнувшемуся контакту. Ослабление тока вызывает отпадение якоря K, который при этом включает звонок AW, извещающий о пожаре; но якорь d, удерживаемый реле r, не отпадает, так как ослабленый ток все же достаточен для того, чтобы удерживать этот якорь притянутым. При обрыве провода в сигнализационной цепи отпадают оба якоря K и d, при чем последний выключает пожарный звонок и включает звонок S, извещающий о повреждении линии.

В последнее время в области специальной сигнализации получает широкое распространение применение *фотоэлементов*. Пока на фотоэлемент падает луч света, в элементе возникает некоторая постоянная эдс. В сигнализационных устройствах фотоэлемент освещается пучком света от специальной лампы (последняя может быть прикрыта фильтром, пропускающим только невидимые для глаза инфракрасные лучи); эдс фотоэлемента „запирает" электронную лампу, т.-е. воздействует на сетку электронной лампы, не пропуская через лампу ток анодной цепи. При затемнении фотоэлемента, хотя бы на мгновение, исчезновение его эдс „отпирает" электронную лампу, и ток в анодной цепи последней приводит в действие любое сигнализационное или исполнительное устройство (напр., звонок или затвор огнестрельного оружия).

Литература: *Богомолов*, „Практическое руководство по установке электрических звонков и простейшей сигнализации" (Госнаучтехиздат, М., 1931); *Голубев*, „Сигнализация в плане рекомендуемых связи" (Госэнергоиздат, М., 1932); *Михайлов*, „Телефония и сигнализация" (Госэнергоиздат, М., 1932); *Сивостюк*, „Электрическая пожарная сигнализация" (Госэнергоиздат, М., 1932); *Bechtold*, „Telephon und Signalanlagen" (Berl., 1923); „Handwörterbuch des elektrischen Fernmeldewesens" (3 Bd., 1929); *Bolton*, „Electric bells and all about them" (London).

А. Касаткин.

XIII. *Электропривод.* Первые годы мотор рассматривался главным образом как источник механической энергии наравне с другими видами двигателей: внутреннего сгорания и паровых машин. В то время основной задачей конструкторов-электриков было лишь улучшение кпд и $\cos\varphi$ моторов, так как механические передачи всякого рода, особенно канатные и ременные, имели сравнительно высокий кпд и борьба с ними могла быть успеш-

ной лишь при условии одинаковой рентабельности в эксплоатации. С своей стороны механики не меньше усилий приложили для улучшения кпд механических передач. За первый период развития электротехники усилия инженеров были устремлены главным образом на то, чтобы повысить кпд районных электрических станций до 25%, что удалось достигнуть в современных и лучших станциях. Обычно же кпд не превышает 18-20%.

Следующей областью потерь, обратившей на себя внимание, оказалась передача энергии с помощью трансмиссии. Механическая передача от энергетического центра к рабочим машинам с длинными трансмиссиями и бесконечным рядом последовательно включенных канатных, зубчатых и других передач поглощала на себя в пути больше половины энергии. В подавляющем большинстве случаев механический (с помощью трансмиссии) способ распределения энергии даже на сравнительно малых площадях завода экономически нерационален. И только в отдельных случаях для коротких трансмиссий возникающие сомнения следует решать сравнительным подсчетом выгодности двух вариантов—группового трансмиссионного и одиночного привода путем сравнения капитальных вложений и эксплоатационных расходов (ср. *трансмиссии*, XLI, ч. 9, 122). Рис. 1 — 14 показывают несколько типовых для сельского хозяйства одиночных приводов, где мотор в большинстве случаев соединен с машиной ременной передачей от рабочего шкива мотора на рабочий шкив машины. Передвижной транспортер для нагрузки и разгрузки грубых кормов, мешков с зерном и т. д. в одном случае приводится от мотора, установленного на раме разгружателя (рис. 1), в другом — от нового типа мотора, представляющего собой цилиндрическое тело (рис. 2). Такой мотор в качестве

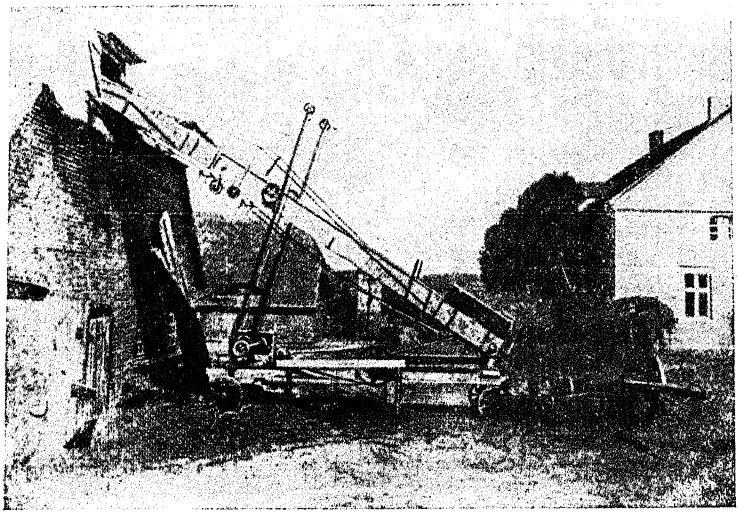


Рис. 1. Подвижной разгружатель с одиночным приводом.

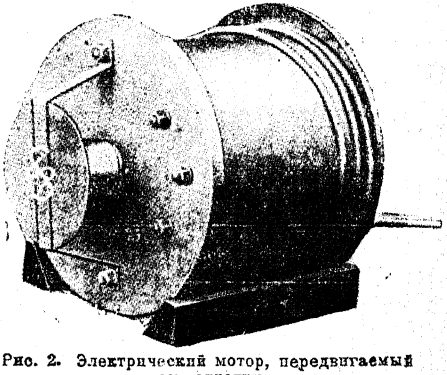


Рис. 2. Электрический мотор, передвигаемый путем откатки.

универсального мотора передвигается с места на место путем откатки. В третьем варианте привод осуществляется от мотора, помещенного на тележке. В тех случаях, где машина работает с небольшим числом часов использования в году, для лучшего использования мотора на других работах и уменьшения размера капиталовложений и аммортизационного процента целесообразно применение универсальных переносных (рис. 3) или передвижных (рис. 4) моторов. Питание мотора производится или гибким кабелем от штепселя, или с помощью особых токосъемов на шестах, приключающихся к голым проводам воздушной магистрали.

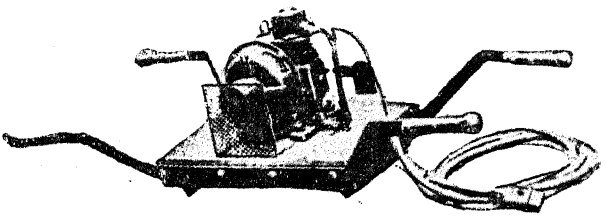


Рис. 3. Переносный мотор

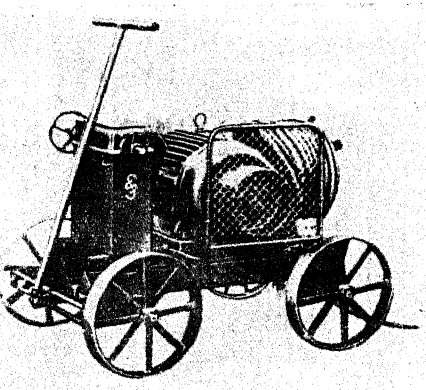


Рис. 4. Передвижной мотор.

Различные способы соединения мотора с центробежным насосом для понижения уровня грунтовых вод или для осушки болот представляют рисунки 5—7. От ременного привода (рис. 5) переходят к непосредственному соединению с помощью жесткой муфты (рис. 6), и, наконец, на рис. 7 мотор представляет одно целое с телом насоса, и весь аггрегат становится не только легко монтируемым, но и легко приспособляемым к переменному уровню откачиваемых вод с помощью цепи.

С переходом от группового к одиночному приводу еще остается ряд слабых мест, являющихся источником потерь. Распределение энергии внутри рабочей машины или станка не менее сложно и влечет за собой не менее потерь, чем способ распределения энергии с помощью трансмиссии. Один энергетический центр во многих случаях необычайно усложняет механизацию, нагромождая нередко ряд передач (рис. 8), эксцентриков и зубчаток для удовлетворения производственных требований, предъявляемых машиной, и в первую очередь—требования регулирования скорости иногда по сложной заранее заданной кривой. Эти два обстоятельства (сложность передачи при одном энергетическом центре и необходимость регулировать скорость) предопределили два следующих этапа в эволюции мотора: передачу мотору, кроме функций механического двигателя, целого ряда производственных функций машины и переход от одного мотора, как энергетического центра, к ряду более мелких моторов, расположенных вблизи от рабочих частей машины—потребителей энергии. В связи с этим мотор в ряде случаев сделался частью машины. Как повлияло это на потери в станке? Испытания малого строгального станка обычной конструкции с контрприводом показали, что при малой нагрузке кпд такого станка составляет всего лишь 6%. С переходом к электрическому приводу, где мотор явился органической частью станка и уничтожил промежуточные трансмиссии, кпд увеличился до 20%. Как это отразится на расходе топ-

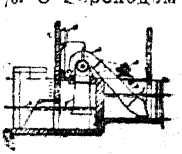


Рис. 5. Мотор, соединенный с насосомременной передачей.

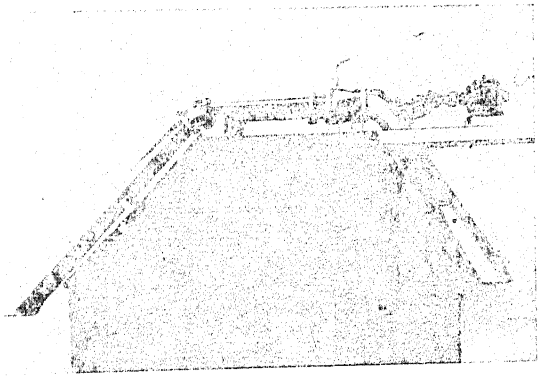


Рис. 6. Мотор, соединенный с насосом жесткой муфтой.

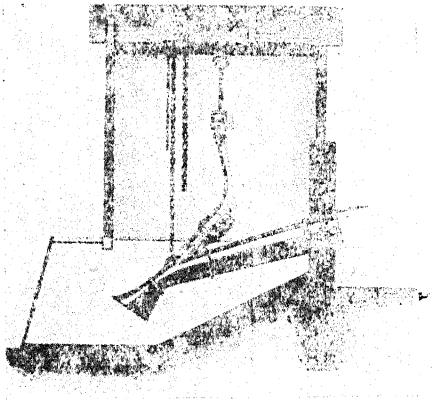


Рис. 7. Непосредственное соединение мотора с насосом в одной чугунной отливке.

лива на пути от топки котла до резца станка? Первый случай — электрический групповой привод. Принимая:

КПД станции	20%
КПД сетей и трансформаторов	85%
КПД мотора	89%
КПД трансмиссии	70%
КПД станка	6%

получаем в первом случае общий кпд = 0,20 · 0,85 · 0,89 · ·0,7 · 0,06 = 0,0063, или, прибл. 0,6%. Это значит, что на каждый полезно использованный *кг* угля при строгании нужно сжечь в топке котла около 167 *кг* угля. Во втором случае, при одиночном приводе, примем:

КПД станции (как и выше)	80%
КПД сетей трансформаторов	85%
КПД мотора	80%
КПД станка	20%

Общий кпд составит 2,72%; это означает, что на каждый полезно использованный *кг* угля придется около 37 *кг* угля, сожженного в топке. По сравнению с первым случаем мы сэкономили 167 — 37 = 130 *кг* угля, или 78%.

Во многих рабочих машинах и станках имеется не один рабочий орган, который нужно привести в движение, а несколько. В этом случае, если даже мотор и представляет одно органическое целое с машиной, все распределение энергии внутри рабочей машины производится путем всякого рода шестерен, ремней и других меха-

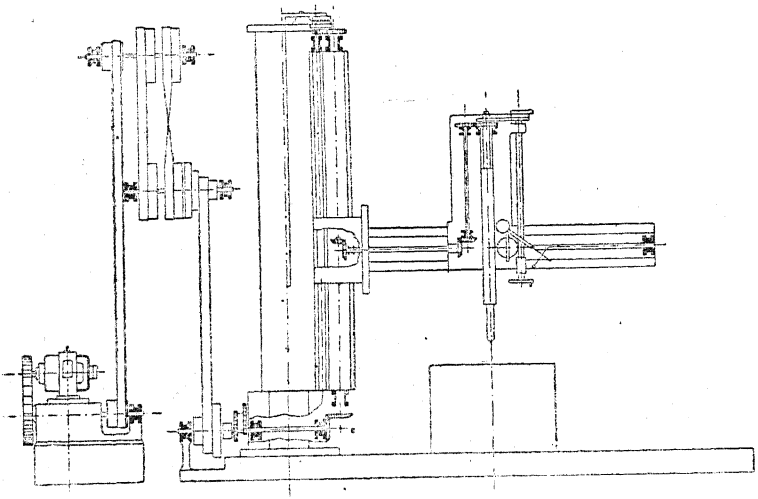


Рис. 8. Установочный привод сверлильного станка от мотора через промежуточную трансмиссию.

нических передач. В этом случае неизбежны последовательная передача энергии от одного рабочего органа к другому и то понижение, то повышение числа оборотов с громадными механическими потерями внутри самой машины. В данном случае концентрация приема энергии в одном месте совершенно аналогична групповому приводу со многими трансмиссиями с приводом от одного мотора. Поскольку в подавляющем большинстве случаев одиночный привод выгоднее группового, постольку и концентрация приема энергии в одном месте невыгодна при наличии сложной машины и должна быть заменена подводом энергии электрическим путем непосредственно к основным рабочим органам этой машины. Короче говоря, необходим переход от одного мотора к нескольким моторам, непосредственно органически связанным с основными рабочими органами этой машины, т.-е. переход от одиночного привода машины к многомоторному приводу, в нужных случаях—с функциональными моторами.

Следующий важный как для промышленности, так и для сельского хозяйства этап — это кнопочное включение мотора. Существующие системы позволяют простым нажатием кнопки пускать или останавливать моторы как постоянного, так и переменного тока, однофазные и трехфазные, с реостатным пуском или без него. Кнопочная система интересна еще потому, что позволяет управлять мотором путем системы легких, дешевых проводов на любых расстояниях в пределах завода, совхоза или колхоза, а в некоторых случаях (например, для целей дождевания, орошения или водоснабжения) и вне усадеб. В этом случае мы имеем дело, как будто на первый взгляд преждевременно, с частичной автоматизацией, но эта автоматизация сможет сберечь до 90% рабсилы, необходимой для включения и выключения мотора. Кроме того, кнопочная система способствует автоматизации целого ряда процессов, где электрический мотор и вообще электричество в недалеком будущем будет играть решающую роль *).

*) Наш харьковский электромашинный завод „ХЭМЗ“ уже выпускает такое оборудование.

Для сельского хозяйства, где разбросанность на больших площадях требует времени на переходы и на переезды от мотора к мотору, а также в виду недостаточно подготовленных кадров, этот вопрос не менее важен, чем для промышленности.

Правильный выбор мотора поведет к экономии в сотни миллионов рублей в в народном хозяйстве. Подсчеты Германии в 1927 г. показали, что с переходом к рациональному электрическому приводу и правильно выбранной мощности мотора только в одной металлической промышленности может быть достигнута экономия на стоимости электрической энергии свыше чем на 100 млн. золотых марок. С другой стороны, бесперебойность в работе, уменьшение ремонта, удлинение срока службы зависят от правильного понимания физической стороны явлений, связанных с электроприводом и знакомством с основами электропривода.

Определение мощности электрического мотора в различных условиях нагрузки. Основная задача мотора—развить заданную скорость и нужный крутящий момент в каждый заранее заданный промежуток времени, иногда по сложным кривым (пример кольцевого ватера или шахтного подъемника), без вредных перегревов частей мотора и без удорожания стоимости мотора и добавочных потерь в нем при излишнем увеличении размеров мотора. Следовательно, в этом случае задача сводится, после выбора способа регулировки скорости, к установлению правильной мощности мотора. Метод определения этой мощности для одиночного привода отличается от метода расчета мотора для группового привода. После определения мощности мотора задача сводится к выявлению возможности уменьшения найденной мощности (для постоянной нагрузки) в зависимости от режима работы, что имеет место при кратковременной или повторно кратковременной нагрузке.

Основным для всякого режима работы моторов является определение величины тех сопротивлений всякого рода, которые возникают в рабочей машине и преодолеть которые составляет задачу мотора. Для этой цели служит

уравнение, связывающее силы S и сопротивления W, действующие в системе мотор-машина:

$$S - W = m\frac{dv}{dt}.$$

1) Система получит ускорение, если сила, развиваемая мотором, больше сопротивления, оказываемого машиной или станком; 2) система останется в прежнем состоянии, если приложенная сила и преодолеваемое сопротивление равны; 3) если сила меньше преодолеваемого сопротивления, движущая система испытывает замедление тем большее, чем меньше применяемая сила.

W является статическим сопротивлением и состоит из одного или двух сопротивлений: трения и тяжести.

а) *Трение* (ср. *трение*, XLI, ч. 9,170 сл.). При наличии двух соприкасающихся, движущихся поверхностей при нормальном давлении $W_{тр} = \mu N$ *кг*, где μ—коэффициент трения при скольжении—есть функция материалов, из которых сделаны трущиеся поверхности, степени обработки поверхностей, смазывающихся веществ, давления на единицу поверхности, скорости и температуры. $\mu = 0{,}16$ при трении железа по бронзе.

Если имеем дело с цилиндром или колесом, катящимся по плоскости без скольжения, для поддержания движения колеса необходим вращающий момент $M = \mu' N$, где μ'—коэффициент трения при катящемся движении, $\mu' = 0{,}01 - 0{,}04$ для электрокар.

Эти коэффициенты трения играют большую роль в электрических ж. д., определяя особо сопротивление пути в зависимости от скорости движения. К группе сопротивлений трению нужно отнести вообще всякое сопротивление, связанное с деформацией материала, что имеет место при всех обрабатывающих машинах в таких процессах, как штампование и резка металла, короче говоря — при всякого рода принужденных изменениях в положении молекул между собой; так, напр., сопротивление резанию $W_{рез.} = g.k_z.a$, где g — сечение стружки, k_z — сопротивление разрыву и a — коэффициент, характеризующий резец.

б) *Сопротивление тяжести* $W_{тяж.} = Q$ возникает при подъеме грузов, воды, молотов, прессов. Оно не зависит, конечно, от скорости. Мы различаем два случая такого сопротивления: при вертикальном подъеме и при подъеме по наклонной плоскости. В первом случае при высоте груза h работа будет равна $A = Qh$ *кг* и накопляется телом в форме потенциальной энергии, которую мы можем выиграть обратно, опустив груз, за вычетом, конечно, потерь от трения.

Во втором случае разлагаем тяжесть груза на 2 слагающих: вдоль пути и перпендикулярно пути, тогда сопротивление тяжести $W_m = Q \sin \alpha$ *кг*.

При вычислении подъемников или шахтных установок работу, производимую силой, необходимой для преодоления сопротивления трения, исчисляют как добавочный груз к полезному грузу. В электрических железных дорогах в горных местностях при спусках заставляют работать моторы электровоза как генераторы на сеть и таким образом превращают потенциальную энергию поезда в электрическую (ср. *электротехника—железные дороги*, LII, 632 сл.).

в) *Сопротивление инерции (динамическое)*. Динамическое сопротивление дает себя знать только при изменениях скоростей, в частности — при разбеге и останове двигателя. В первом случае необходима сила для преодоления возникающего динамического сопротивления. Изменение в скорости наступает всякий раз при избытке или недостатке в силе для преодоления статического сопротивления. При прямолинейном движении масс: $W_{дин.} = m\frac{dv}{dt}$; для вращающихся масс: $M = rW_{дин.} = mr^2\frac{d\omega}{dt} = \Theta\frac{d\omega}{dt}$, где M— момент, необходимый для преодоления инерции вращающегося тела. Необходимая работа для преодоления динамического сопротивления на пути ds:

$$A = \int_0^v \frac{mdv}{dt}\,ds = \frac{1}{2}\,mv^2,$$

т.-е. равна выражению живой силы

Эта кинетическая энергия, запасенная движущейся системой, может быть использована в случае, когда нужно уменьшить скорость движущихся масс или остановить их совершенно. Для прямолинейного движения вращающихся масс будем иметь:

$$A_1 = \frac{mv^2}{2} + \Theta\,\frac{\omega^2}{2}.$$

Кроме перечисленных сопротивлений, всякое движущееся или вращающееся тело встречает:

г) *сопротивление воздуха*. Пусть поверхность F движется со скоростью v в направлении своей нормали. Тогда объем воздуха, находящийся перед этой поверхностью, получает ускорение от 0 до v. Объем ускоряемого воздуха в секунду равен vF, а его вес $g = \gamma v \cdot F$, где γ—вес одного куб. метра воздуха (1,29 *кг* при температуре 15°C). Это количество воздуха имеет массу

$$m = \frac{\gamma v \cdot F}{g}.$$

Эта масса должна получить ускорение в секунду до v метров.

Сопротивление этой массы воздуха ускорению выразится:

$$W_{\text{дин.}} = \frac{1}{2}\,F\gamma v^2.$$

Мы видим, что сопротивление воздуха растет с квадратом скорости. Это становится заметным при больших скоростях, напр. при движении электрических поездов дальнего следования. При вычислении сопротивления воздуха при больших скоростях вводится коэффициент в зависимости от формы движущегося тела. Этот вид сопротивления должен быть отнесен главным образом к сопротивлению инерции и лишь в незначительной степени к сопротивлению трения.

Сопротивления мы делим на полезную работу и на потери, подразумевая под полезной работой ту часть работы, которая идет исключительно на рабочий процесс,—напр., поднятие груза, снятие стружки, прокатку железной болванки в фасонное железо,— т.-е. полезная работа равна всей переданной машине работе минус потери всякого рода.

Чтобы покрыть все сопротивления, связанные как с полезной работой, так и с потерями, и сообщить ускорения подвижным массам системы в случаях, когда эти массы двигаются с переменными скоростями, необходимы двигательные силы. Таковые могут быть созданы всякого рода двигателями, начиная от нефтяных и кончая электрическими моторами.

Определение мощности, потребляемой системой мотор-машина. Чтобы привести в движение станок или машину, мотор должен развить определенный вращающий момент, при чем величина этого момента зависит от указанных выше сопротивлений *рабочей машины*. Таким образом, рабочая машина определяет первый фактор мощности — размер вращающего момента мотора, а, следовательно, и силу, развиваемую на валу мотора. Второй фактор мощности—скорость привода, определяется уже свойствами мотора. В зависимости от рода мотора, будет ли он обладать характеристикой шунтовой или сериесной, определится соотношение между числом оборотов и вращающим моментом при данном числе оборотов.

Следовательно, задача определения мощности мотора сводится в первую очередь к определению сопротивлений, оказываемых рабочей машиной при приводе ее в движение; только определив эти сопротивления, можно подобрать мотор, способный развить на валу нужную силу для преодоления этих сопротивлений. На основании рабочего процесса машины можно выбрать тот или другой тип мотора. Зная S—силу и из характеристик данного мотора скорость v, соответствующую определенной нагрузке, можно найти величины S и v, как функции времени. Произведение обеих величин даст искомую кривую изменения мощности мотора во времени. После этого проверяется: превышает ли максимальный крутящий момент выбранного мотора максимальный нагрузочный момент машины или станка, в частности в отношении пускового момента, развьет ли мотор нужную скорость в промежуток времени, допускаемый производством, а также не явится ли найденная мощность чересчур большой, а следовательно неэкономичной как по расходу

энергии, так и в смысле первоначальных затрат, процентов на капитал и амортизацию. Окончательным контролем правильности выбранной мощности мотора является определение степени нагревания мотора во время работы в данных условиях нагрузки.

Для значительной части машин число оборотов является величиной постоянной и, следовательно, $\frac{dv}{dt}$ равно нулю. Тогда уравнение $S - W = m\frac{dv}{dt}$ переходит в $S = W$, и динамическое сопротивление сказывается только при пуске в ход или останове мотора. Следовательно, мощность мотора будет выбрана в соответствии с статическими сопротивлениями, динамические сопротивления при пуске будут учтены при определении времени разбега мотора; таким образом задача для этой группы машин значительно упрощается: тип мотора выбирается с жесткой характеристикой.

При учете пускового периода или вообще всякого изменения скорости системы мотора-машины, решение уравнения $S - W = \frac{mdv}{dt}$ аналитическим путем представляет в большинстве случаев значительные затруднения. Значительно проще оно решается графическим путем по способу пропорций (рис. 9).

Весь расчет идет следующим порядком. Определяются статические сопротивления, и выбирается предварительно мотор с определенной характеристикой, мощность которого достаточна для преодоления найденных сопротивлений. Механическая характеристика этого мотора известна, следовательно, из вышеуказанных пропорций и можно построить изменение скорости, как функцию времени. Для этого во 2-й четверти системы прямоугольных координат наносим W, S и $S - W$ как функцию v, откладывая по оси абсцисс указанные величины, а по оси ординат скорость v. Откладываем по оси абсцисс влево от начала координат значение „m". Кривые S и $S - W$ переводим в ступенчатый вид при условии сохранения величины площадей, ими ограничиваемых. Высоты прямоугольников $(S - W)$ откладываем по оси

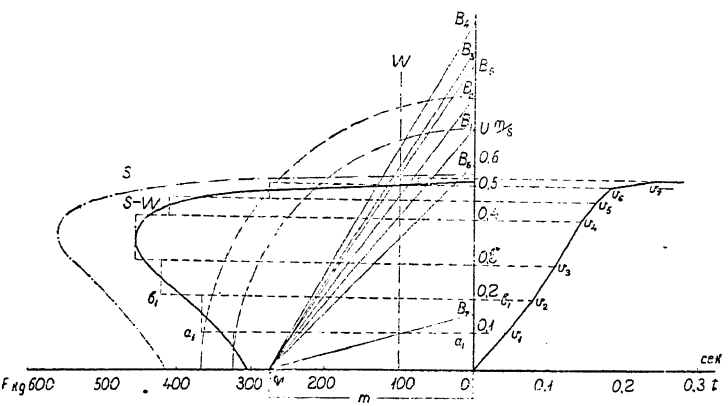


Рис. 9.

ординат и соединяем концы ординат с точкой M. Из начала координат проводим линию OV_1 параллельную лучу, выходящему из M к B_1, через точки пересечения лучей с соответствующей линией a′ a′ проводим линию V_1V_2 параллельную лучу MB_2 до пересечения с линией b′ b′ и т. д.

Определив v как функцию времени t, строим: диаграммы скорости, сопротивлений (статических и динамических), как сумму их—диаграмму усилий (тоже как функции времени) и, наконец, из диаграммы скорости v и усилий S определяем диаграмму мощности мотора как функцию времени, из которой определяем действительную мощность мотора как *средне-квадратичную или эквивалентную мощность*.

Понятие о средне-квадратичных токе, моменте и мощности и методы их определения. Электрическая энергия, подводимая к мотору, в своей большой части полезно используется в качестве механической энергии на валу мотора, в остальной части идет на покрытие потерь в самом моторе, вызывая нагрев мотора.

Потери в моторе разделяются на постоянные (в большей или меньшей степени), к которым относится трение в подшипниках, потери от токов Фуко и гистерезиса и т. д., и переменные—пропорциональные нагрузке на валу мотора. Величина потерь Q в ваттах-сек. определится как $Q = \frac{P}{\eta} - P$. Различным нагрузкам $P_1, P_2, P_3, \ldots P_n$ будут соответствовать потери в моторе $Q_1, Q_2, Q_3 \ldots Q_n$.

$$\frac{\Sigma Qt}{\Sigma t} = Q_{\text{ср.}} = \frac{Q_1t_1 + Q_2t_2 + Q_3t_3 + \ldots + Q_n t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + t_n};$$

вынося постоянные потери за знак суммы в правой и левой части и сокращая их в приведенном уравнении, мы сможем вместо $Q_{\text{пер.}}$ подставить его выражение $Q_{\text{пер.}} = I^2r$, где r — сопротивление цепи якоря:

$$I^2r = \frac{I_1^2rt_1 + I_2^2rt_2 + I_3^2rt_3 + \ldots + I_n^2 rt_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + t_n};$$

сокращая r в обеих частях равенства, имеем:

$$I = \sqrt{\frac{I_1^2t_1 + I_2^2t_2 + I_3^2t_3 + \ldots + I_n^2t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + t_n}}.$$

Полученное значение I называется средне-квадратичным, или эквивалентным, током и обозначается $I_{\text{ср. кв.}}$ или $I_{\text{экв.}}$

Средне-квадратичное значение должно быть распространено и на моменты и мощность при меняющейся нагрузке. Однако, надо различить два случая; первый—для моторов с шунтовой характеристикой (шунтовые постоянного тока и асинхронные): вращающий момент $M = C \cdot I \cdot \Phi = C' \cdot I$, т. к. Φ — магнитный поток в магнито-проводе есть величина постоянная, если пренебречь реакцией якоря. Тогда умножив значение для средне-квадратичной тока на c', найдем:

$$I_{\text{ср. кв.}}\, c' = \sqrt{\frac{I_1^2c'^2t_1 + I_2^2c'^2t_2 + I_3^2c'^2t_3 + \ldots + I_n^2c'^2t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + t_n}}.$$

$$M_{\text{ср. кв.}} = \sqrt{\frac{M_1^2t_1 + M_2^2t_2 + M_3^2t_3 + \ldots + M_n^2t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + t_n}}.$$

Поскольку для сериесного мотора момент $M = c \cdot I \cdot \Phi$ есть функция двух переменных—силы тока и величины магнитного потока, $M_{\text{ср.кв.}}$ указанным путем получен быть не может и при определении мощности мотора надо исходить из средне-квадратичной тока или из выражений средне-квадратичной мощности, т. к. $P = c \cdot I \cdot V$; следовательно выражение для $I_{\text{ср. кв.}}$ умножаем на V и получаем

$$P_{\text{ср. кв.}} = C \cdot I_{\text{ср. кв.}}\, V = \sqrt{\frac{P_1^2t_1 + P_2^2t_2 + P_3^2t_3 + \ldots + P_n^2t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + t_n}}.$$

Для асинхронных моторов $\cos\varphi$ меняется с нагрузкой, и выражение $P_{\text{ср. кв.}}$ в случае, если сумма Σt при малых нагрузках процентуально велика, получит значение, меньшее действительного. Это может быть компенсировано, если значения P_1, P_2, $P_3 \ldots$ брать не в киловаттах, а в киловольт-амперах. $\Sigma t = T$ может охватывать не только рабочее время, но и время останова мотора: $\Sigma t = \Sigma t_{\text{раб.}} + \Sigma t_{\text{пауз}} = T$. В этом случае надо иметь в виду, что условия охлаждения для вентилируемых моторов при останове ухудшаются. Это может быть учтено введением коэффициентов для времени работы двигателя с уменьшенной скоростью во время разбега и выбега: 0,5—время останова мотора, 0,75—время разбега мотора.

Вместо этого дифференцированного учета можно рекомендовать введение коэффициента 0,3 от времени паузы. В этом случае формула средне-квадратичной мощности выразится:

$$P_{\text{ср. кв.}} = \sqrt{\frac{P_1^2t_1 + P_2^2t_2 + P_3^2t_3 + \ldots + P_n^2t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots + 0{,}3\Sigma t_{\text{пауз}}}}.$$

Из диаграмм мощности, моментов или токов определяется средне-квадратичная аналитическим путем, если закон изменения кривой известен, или графически, путем преобразования кривой в ступенчатую диаграмму (тогда расчет сводится к определению средне-квадратичных для прямоугольников,

трапеций и треугольников). Среднеквадратичная для прямоугольника:

$$P_{\text{эк. пр.}} = P_{\text{пр.}}$$

Средне-квадратичная для трапеции ограниченной ординатами P_2 и P_3:

$$P_{\text{эк. тр.}} = \sqrt{\frac{1}{t_2}\int_0^{t_2} P^2 dt} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{3}(P_2^2 + P_2 P_3 + P_3^2)}.$$

Средне-квадратичная треугольника:

$$P_{\text{эк. тр.}} = \sqrt{\frac{P_3^2}{3}} = \frac{P_3}{\sqrt{3}}.$$

Влияние режима работы машины на выбранную мощность мотора. При выборе мотора по мощности необходимо учесть условия его работы — неполное использование во времени и недогрузку мотора. Мощность, определенная по сопротивлениям, может быть уменьшена в зависимости от того, работает ли мотор непрерывно или с остановами; с полной нагрузкой, из чего исходили при определении сопротивлений рабочей машины и подсчете мощности мотора, или нагрузка колеблется в больших или меньших пределах между полной нагрузкой и каким-то минимумом. Классифицируя характер нагрузки и режим работы, можно установить три основных группы с рядом подразделений в каждой группе.

I-ая группа — продолжительная работа при более или менее постоянной нагрузке; к этой группе относится работа большинства станков металлообрабатывающих цехов, ткацких и прядильных фабрик, ремонтных мастерских, вентиляторов, молотилок, зерноочистительных машин, жмыходробилок, силосорезок и т. д.

II-ая группа — кратковременная работа продолжительностью обычно несколько минут, после чего мотор находится в покое длительное время. Сюда относятся моторы для поднятия шандорных щитов на плотинах, для развертывания синхронных моторов, для включения реостата мотора при кнопочном управлении или управлении на расстоянии и т. п.

III-ья группа — повторно-кратковременная нагрузка, которую можно разбить на три основные подгруппы.

1) Повторно-кратковременная периодическая нагрузка, изменяющаяся по более или менее закономерно повторяющейся кривой (рис. 10). В более или менее чистом виде можно наблюдать такую нагрузку на прокатных станах или в прядильном деле на сельфакторах. Обычно диаграмма мощности носит смешанный характер, где на периодически повторяющуюся кривую накладываются колебания нагрузки в отдельных промежутках. Примером может служить диаграмма мощности мотора электропахотных аггрегатов: прохождение борозды в одном направлении длится 4 минуты, останов мотора—5 минут, т.-е. время, необходимое для опрокидывания балансирного плуга и прохождения гона в обратном направлении тягой 2-го мотора. Нагрузка увеличивается по мере приближения плуга к лебедке вследствие увеличения диаметра намотки на барабан.

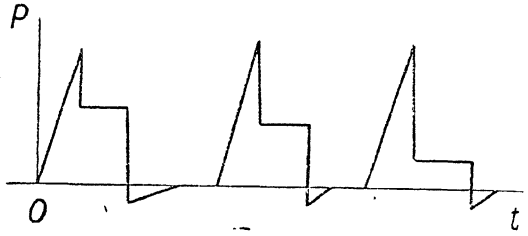


Рис. 10. Повторно-кратковременная периодич. нагрузка.

2) Повторно-кратковременная непериодическая нагрузка, где включение и выключение мотора следует через неравномерные промежутки времени при (почти) постоянной мощности. Наиболее яркий пример дает работа автоматической насосной станции.

3) Повторно-кратковременная непериодическая нагрузка, переменная по величине (рис. 11). К этой группе относятся моторы, приводящие в движение лебедки, электрические кошки, всякого рода крановые моторы.

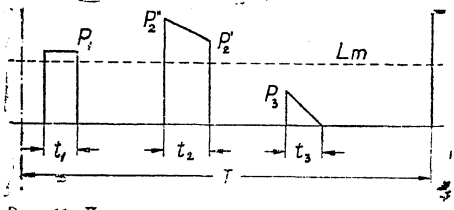


Рис. 11. Повторно-кратковременная непериодическая нагрузка.

Зная влияние перечисленных основных видов режима работы мотора на величину его мощности, во всех смешанных случаях будет не трудно скомбинировать соответствующий способ расчета.

I-ая группа — постоянная нагрузка при постоянной скорости. В этом случае моторные силы определяются статическими сопротивлениями или сопротивлением жидкой или газовой среды. Мощность мотора, определенная вышеперечисленными способами, $P = \frac{S \cdot v}{102\,\eta}$ квт, не требует поправок со стороны режима работы, т. к. он остается почти постоянным во все время работы мотора. В этом случае, на основе определенной мощности и числа оборотов, заданного рабочей машиной, дальнейшая задача сводится к подбору по каталогам подходящего мотора и проверки на пусковой момент.

II группа — кратковременная нагрузка. В большинстве случаев достаточно проверить определенную из сопротивлений системы мощность только на максимальный крутящий момент. Все остальные проверки отпадают, и мотор выбирается из специальных моторов, строящихся для временной мощности.

Правила и нормы IX-го Всесоюзного электротехнического съезда предусматривают стандартные промежутки времени работы моторов для кратковременного режима в 5, 10, 15, 30, 60, 90 и 120 минут. На табличном щитке мотора указывается мощность и продолжительность периода—это значит, что мотор должен отдать номинальную мощность в течение указанного периода без перегрева свыше норм. Следовательно, если кратковременная нагрузка длится 5 или свыше 5 минут, выбор мотора в соответствии с величиной вращающего момента может быть сделан из типовых моторов.

III группа — *1-ая подгруппа*. Мотор для одиночного привода работает в условиях нагрузки, периодически повторяющейся по определенной кривой. Определение мощности производится вышеуказанным способом как средне-квадратичной.

2-ая подгруппа — продолжительность включения мотора непериодична, но нагрузка постоянна по величине.

В этом случае, как и в предыдущем, мощность мотора, определенная выше, должна быть уменьшена. Ее величина определяется по той же формуле, как средне-квадратичная:

$$P_{\text{ср. кв.}} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \ldots + P_n^2 t_n}{T}};$$

но так как $P_1 = P_2 = P_3 = P_n = P_{\text{ст.}}$, то

$$P_{\text{ср. кв.}} = P_{\text{ст.}} \sqrt{\frac{\Sigma t_{\text{раб.}}}{T}} = P_{\text{ст.}} \sqrt{ED} = P_{\text{ст.}} \sqrt{\varepsilon},$$

т.-е. найденная выше мощность может быть уменьшена на величину квадратного корня из ε или ED, т.-е. из отношения рабочего времени ко всему периоду работы мотора. Эта формула исходит из предположения, что процесс нагревания и охлаждения идентичен, что имеет место для открытых и закрытых моторов без вентиляции; для моторов закрытых с вентиляцией процесс охлаждения во время пауз идет медленнее, чем нагрев в рабочие промежутки, и полученная повторная кратковременная мощность будет несколько меньше действительной.

3-я подгруппа. Нагрузка непериодическая, переменная по величине и недостаточно определенная; во многих случаях работы мотора в условиях такой „перемежающейся" нагрузки включение мотора происходит нерегулярно, как, например, работа крановых моторов для подъема тяжестей, особенно в литейных и в ремонтных мастерских, или работа лебедок для уборки кормов, следовательно—построение рабочих диаграмм невозможно. Снятые с натуры диаграммы в течение ряда промежутков времени различны между собой и не могут быть положены в основу для определения средней квадратичной мощности. В этих случаях метод точного расчета мощности мотора должен быть заменен методом установления известных предельных величин, на основании которых и выбирается мотор. Этими величинами являются ED (относительная продолжительность включения) и коэффициент относительной нагрузки $K_{\text{отн. нагр.}}$ Они получаются путем статистики или хроно-

метража на аналогичных производствах или определяются путем расчета:

$$\varepsilon\,\% = ED\% = \frac{\Sigma t_{раб.}\ 100}{\Sigma t_{раб.} + \Sigma t_{пар.}} = \frac{\Sigma t_{раб.}\ 100}{T}.$$

Заводы строят моторы так называемого кранового типа на три режима работы: $ED\% = 15\%$, $ED\% = 25\%$ и $ED\% = 40\%$. Это значит, что мощность мотора, обозначенная на его щитке, в течение каждых десяти минут может быть использована соответственно 1,5; 2,5 и 4 минуты или при шести циклах в час—9, 15 и 24 минуты. Если число включений в час значительно более шести, это должно быть учтено. Частое включение мотора при значительном начальном моменте дает добавочно нагрузку мотора, вызываемую ускорением масс системы до полной скорости, и требует увеличения выбранной мощности мотора. В некоторых случаях к мощности ускорения должна быть добавлена мощность торможения, если повторяющиеся остановки мотора должны происходить в заранее заданное время, меньшее времени его естественной остановки.

Частота включений в час определяется для данного случая из производственных заданий или из средних статистических данных для наиболее характерных условий работы, а именно:

$h_{час} = 100 - 120$ для кранов мастерских
$= 150 - 200$ „ „ литейных
$= 300 - 400$ „ „ в металлург. произв.
$= 600 - 1.000$ для моторов в прокатном деле.

Зная число включений в час, отношение начального момента к рабочему и характеристику мотора, вычислив $ED\%$, можно определить полную мощность мотора, включая увеличение ее на ускорение по следующей формуле:

$$P_{ср.кв.уск.} = P_{ср.кв.}\sqrt{\frac{t_{уск.}\, h_{час.}\,(p^2-1)}{36.\ ED} + 1},$$

где $h_{час.}$ число включений в час, $t_{уск.}$ — время разбега системы мотор-машина с момента запуска до полного числа оборотов, p — отношение пускового момента к номинальному.

Кроме неполного использования времени работы мотора, учитываемого ED, есть другое обстоятельство, которое позволяет еще уменьшить мощность мотора—это неполная нагрузка мотора, учитываемая особым коэффициентом, характеризующим степень колебания нагрузки: $K_{от.\ нагр.} = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{M_{min}}{M_{max}}\right)$, где $M_{min.}$ и $M_{max.}$ — вращающие моменты соответственно-минимальной и максимальной нагрузки. Значения для $K_{от.нагр.}$ колеблется от 0,5 до 1. Электромашиностроительные заводы дают в каталогах специальную таблицу, позволяющую найти более удлиненное ED при более малой нагрузке и соответственно уменьшить мощность мотора для фактической ED по формулам:

$$P_x = P_{15}\sqrt{\frac{15}{ED_x}},\ \text{или}\ P_x = P_{25}\sqrt{\frac{25}{ED_x}},$$

$$\text{или}\ P_x = P_{40}\sqrt{\frac{40}{ED_x}}.$$

Определение мощности мотора группового привода. Групповой привод может применяться лишь на сравнительно коротких трансмиссиях при следующих условиях: 1) коэффициент использования машин, работающих от трансмиссии, достаточно высок, т.-е. простой машин не велик; 2) рабочие машины однотипны; 3) мощности машин не велики (ориентировочно в пределах 3-4 квт); 4) отсутствие необходимости регулировки числа оборотов отдельных машин; 5) наличие больших пусковых моментов машин, значительно превышающих пусковой момент мотора, что, напр., имеет место в центрофугах. В последнем случае мощность отдельных машин может быть выше 3—4 квт.

Степень использования мотора зависит от естественного простоя станков, обусловленного ходом производства, и случайного простоя. При большом количестве станков этот простой остается в известных стабильных границах по закону больших чисел и учитывается так называемым „коэффициентом использования": $K_{испл.} = \frac{\text{рабочее время}}{\text{раб. время} + \text{простой}}$. $K_{испл.}$ может быть вычислен теоретически; например, Сименс дает следующий способ вычисления степени использования ткацкого станка: теоретическое число ударов батана в минуту 68, или в неделю — $10 \cdot 6 \cdot 60 \cdot 68 = 244.800$; фактическое число ударов за неделю колеблется (в зависимости

от индивидуальных свойств ткача) от 140.000 до 160.000, тогда:

$$K_{\text{исп.}} = \frac{140.000 - 160.000}{244.800} = 0.57 - 0.62,$$

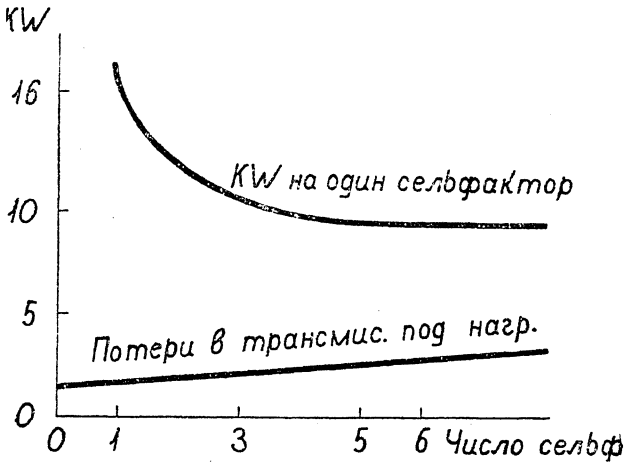


Рис. 12. Изменение удельной мощности сельфактора в сельфакторов на одной трансмиссии.

т.-е. ткацкий станок фактически используется полностью только в течение ок. 5 час. за 8-ми часовой рабочий день. $K_{\text{исп.}}$ аналогично понятию $ED\%$.

Продолжая аналогию со вторым случаем определения мощности мотора, мы видим, как колебания в нагрузке, играющие огромную роль для одиночного привода, выравниваются с переходом к групповому приводу. Это особенно четко видно из кривой потребления мощности на один сельфактор (черт. 12). Достаточно 6-ти сельфакторов на привод, чтобы мощность на один сельфактор превратилась в величину постоянную, но почти в 2 раза меньшую против мощности мотора одиночного привода. Из этого примера следует, что мощность каждого станка, определяемая средней квадратичной, имеет тенденцию к увеличению в соответствии с максимальным крутящим моментом. При наличии резких пиков в рабочей диаграмме от отдельной машины величина этих пиков сглаживается с переходом от одиночного к групповому приводу; отсюда также видно, что простое суммирование мощности отдельных станков приведет к преувеличенной мощности мотора группового привода. Теоретические изменения в результирующей диаграмме нагрузок отдельных станков выразятся в отношении суммы нагрузок за рабочий период, умноженных на соответствующий промежуток времени, к сумме мощностей отдельных станков, умноженных на время всего рабочего периода:

$$K_{\text{нач.}} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + \ldots + P_n t_n}{T \sum P_{\text{уст.}}},$$

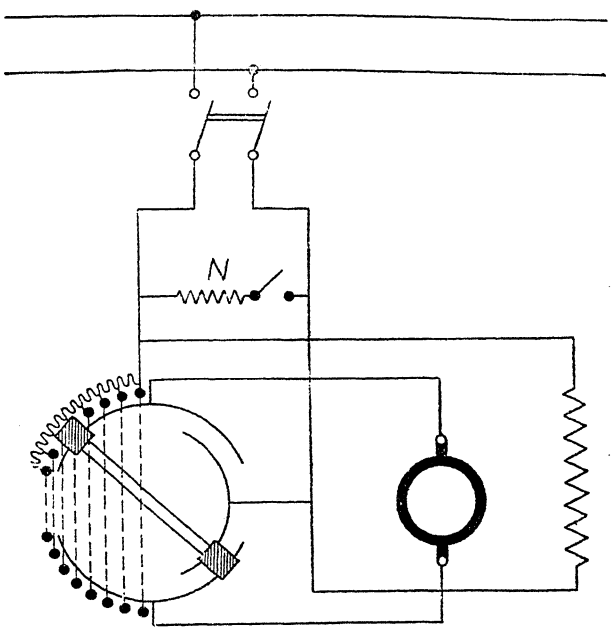


Рис. 13. Развернутая схема включения шунтового мотора с добавочным сопротивлением.

где

$$T = \frac{t_1 + t_2 + \ldots + t_n}{n},$$

и n — число станков.

Мощность мотора, работающего на привод, выразится:

$$P_{\text{мот.}} = \frac{1}{\eta_{\text{прив.}}} K_{\text{исп.}} \cdot K_{\text{нагр.}} \Sigma P_{\text{стан.}}$$

Правильное включение и выключение моторов обеспечивает обмотки моторов и других находящихся в цепи аппаратов от пробоя изоляции и выхода из работы. В основе лежат нестационарные процессы, связанные с включением и выключением электрической цепи, практическим выводом из которых являются следующие правила: обмотки возбуждения шунтового мотора в реверсивной схеме могут оставаться разомкнутыми (см. рис. 13); тогда при отключении мотора от сети возникают перенапряжения $E_{\text{пер.}}$ в катушках возбуждения, опасные для изоляции. Во избежание этого включается параллельно с обмоткой возбуждения добавочное сопротивление, приблизительно в 5—6 раз большее, чем сопротивление обмоток возбуждения. Аналогичное сопротивление включается параллельно обмоткам возбуждения для сериесного мотора с тем лишь видоизменением, что это сопротивление намотано на железный сердечник.

Выключение асинхронных моторов не должно происходить при открытом роторе; последний должен быть замкнут на некоторое сопротивление, определяемое из формулы $\frac{E_{\text{пер.}}}{E_{\text{ном.}}} = \sqrt{1 + \frac{R^2}{\omega^2 L^2}}$, где R — требуемое сопротивление, $E_{\text{ном.}}$ — напряжение сети, L — коэф. самоиндукции ротора и ω — угловая скорость. Включение асинхронного мотора желательно делать тоже при замкнутом роторе, т. к. максимальное значение тока включения в этом случае в более короткий срок понижается до нормального. Это обстоятельство важно для уменьшения нагрева мотора и питающего трансформатора.

Время разбега мотора определяется из уравнения, связывающего моменты, действующие в системе мотор-машина: $M_{\text{мот.}} - M_{\text{прив.}} = \Theta \frac{d\omega}{dt}$, где $M_{\text{мот.}}$ — вращающий момент мотора пусковой или максимальный, $M_{\text{прив.}}$ — приведен. стат. момент машины, как результат сопротивления машины, Θ — момент инерции всей системы. Система придет в движение при включении мотора, если $M_{\text{мот.}} > M_{\text{прив.}}$, т.-е. если имеется избыточный момент $M_{\text{изб.}}$. Тогда уравнение примет вид:

$$M_{\text{изб.}} = \Theta \frac{d\omega}{dt}; \quad t_{\text{разб.}} = \int \frac{\Theta d\omega}{M_{\text{изб.}}}.$$

Удерживая $M_{\text{изб.}}$ постоянным путем регулировки пускового тока реостатом, выносим $M_{\text{изб.}}$ за знак интеграла и получаем $t_{\text{разб.}} = \frac{\Theta\omega}{M_{\text{изб.}}}$. Подставив вместо Θ его выражение через маховой момент $\frac{GD^2}{4g}$ и для $\omega = \frac{2\pi n}{60}$, получим $t_{\text{разб.}} = \frac{GD^2 n_{\text{сек.}}}{375\ M_{\text{изб.}}}$, где n — число оборотов мотора, D — диаметр инерции вращающейся системы, G — вес всех вращающихся масс в *кг*, g — земное ускорение, равное 9,81 *м*/сек. GD^2 измеряется в *кгм*^{2}. Если в системе имеются массы, вращающиеся с другим числом оборотов, и прямолинейно движущиеся массы (напр. мотор с числом оборотов n мин. через зубчатку с числом оборотов n_1 поднимает груз Q *кг* со скоростью v *м*/сек.), то все должно быть приведено к числу оборотов мотора и одному из видов движения, напр. вращающемуся; тогда:

$$t_{\text{разб.}} = \frac{n_{\text{мот.}}}{375\ M_{\text{изб.}}} \left[GD^2_{\text{мот.}} + G_1 D_1^2 \frac{n_1^2}{n^2_{\text{мот.}}} + \dots \right] + \frac{0.975 \cdot Qv^2}{M_{\text{изб.}}\ n_{\text{мот.}}} \text{ сек.}$$

Для короткозамкнутых моторов, где разбег происходит под влиянием постоянно убывающего момента, время $t_{\text{разб.}}$ нужно увеличить вдвое. $M_{\text{нагр.}}$ заменяют номинальным моментом мотора, т. к. при правильно выбранном моторе они должны быть равны.

Зная время разбега и принимая движение равномерно ускоренным, можно проверить мощность мотора, выбранную на основе статических сопротивлений, с учетом динамических сопротивлений, по формуле:

$$P_{\text{общ.}} = P_{\text{ст.}} + P_{\text{дин.}}, \text{ где } P_{\text{дин.}} = \frac{v^2_{\text{мин.}}}{3.600\, t_{\text{раз.}}} \left(\frac{GD^2 n^2_{\text{мот.}}}{102 \cdot v^2_{\text{мин.}}} + Q_{\text{тн.}} \right) \text{ кв.},$$

где $v_{\text{мин.}}$ — скорость подымаемого груза выражается в минутах, а сам груз $Q_{\text{тн.}}$ — в тоннах.

Правильность выбранного мотора окончательно проверяется по степени

нагрева последнего. Потери энергии в моторе (Q) за определенный промежуток времени повышают температуру мотора до тех пор, пока не будет покрыта теплоемкость C мотора и не установится равновесие между генерируемым теплом Q и теплоотдачей мотора. $F\alpha(t-t_0)=A\tau$. Тепловой баланс выразится уравнением: $Qdt=Cd\tau+A\tau dt$; решая это уравнение, находим закон, по которому нарастает сверхтемпература мотора: $\tau=\tau_{max}\left(1-e^{-\frac{t}{T}}\right)$, где максимальная температура мотора (сверх окружающей среды) соответственно с нагрузкой P равна $\tau_{max.}=\frac{Q}{A}$, т.-е. зависит только от теплоотдачи и величины нагрузки мотора, т. к. $Q=f(P)$, T называется *„постоянной времени нагрева"* мотора; $T=\frac{C}{A}$ сек., через время работы $t=3T$ мотор достигает 95% от максимальной сверхтемпературы τ_{max}, т.-е. $\tau=0{,}95\ \tau_{max}$. Взяв первую производную от выражения для τ, получим при $t=0$ $tg\alpha=\frac{\tau_{max}}{T}=\frac{Q}{C}$, т.-е. вид кривых на рис. 14 зависит от нагрузки и от теплоемкости: чем больше теплоемкость, тем положе пробегает кривая для данного Q. Зная A и T по заводским данным, можно определить температуру для любой нагрузки (рис. 14). Если мотор работает в условиях повторно-кратковременной периодической нагрузки, при каком-то $ED=\varepsilon$, то максимальная температура выразится:

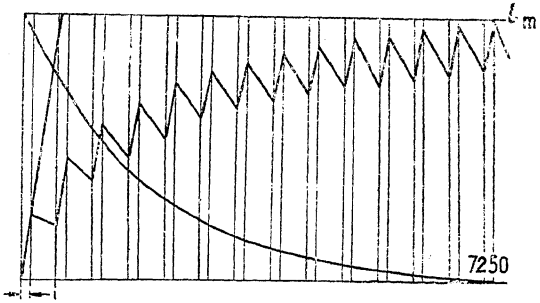


Рис. 15. Кривые нагрева мотора и повторно-кратковременной нагрузке.

$$\tau'_{max}=\tau_{max}\frac{e^{\frac{a}{T}}-1}{e^{\frac{a}{T}}-e^{-\frac{b}{T}}},$$

где a — сумма рабочего времени, b — паузы, а T — постоянная времени нагрева в сек., минутах или часах (рис. 15).

Выбор реостата определяется также условиями работы и тяжестью пуска. Если мотор включается вхолостую или с малой начальной нагрузкой тока типа вентиляторной, реостат может быть выбран на половинную нагрузку, во всех остальных случаях реостат выбирается на полную нагрузку. Для регулировки числа оборотов строятся специальные мощные, т. называемые регулировочные, реостаты. Стандартные реостаты рассчитаны на небольшое число пусков в час (z) и на малое количество последующих один за другим запусков (f_n — частота включения); для пуска реостатов с воздушным охлаждением $f_n=4-2$; с масл. охлаждением $f_n=10-3$. В условиях повторно-кратковременной работы условия работы реостата утяжеляются, т. к. число и частота запусков растут. Если число включений переходит 10—15 в час, от типа реостатов с плоскими скользящими контактами переходят к контроллерам барабанного типа. При числе включений свыше 120 в час употребляются

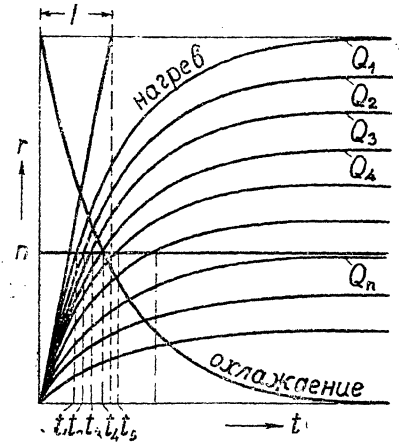


Рис. 14. Кривые нагрева мотора при различных нагрузках.

вальковые контролеры, или контакторы, включаемые не от руки, а с помощью специальных электромагнитов.

Знание T — постоянной времени нагрева и закона изменения температуры мотора позволяет определять перегрузочную способность мотора в различных условиях нагрузки. Способность к перегрузке при продолжительной работе устанавливается нормами ВЭС, а именно: мотор должен выдерживать увеличение силы тока на 50% в течение 2 минут после того, как мотор достиг стационарного теплового состояния. В условиях кратковременной нагрузки перегрузочная способность мотора $p_{\text{тер.}} = \frac{1}{1 - e^{-\frac{a}{T}}}$, где a — продолжительность работы мотора при данной перегрузке без вредного перегрева. Если перегрузочная способность известна, то $a = T \ln \frac{p_{\text{тер.}}}{p_{\text{тер.}} - 1}$. Построив кривую зависимости $p_{\text{тер.}}$ от $\frac{a}{T}$, получим логарифмику, которая дает возможность, зная T, для любого мотора определить способность к перегрузке за любой промежуток времени. При повторно кратковременной периодической нагрузке

$$p_{\text{тер.}} = \frac{\tau_{\max.}}{\tau'_{\max.}} = \frac{e^{\frac{a}{T}} - e^{-\frac{b}{T}}}{e^{\frac{a}{T}} - 1} = \frac{1 - e^{-\frac{a}{T}\left(\frac{a+b}{a}\right)}}{1 - e^{-\frac{a}{T}}} = \frac{1 - e^{-\frac{a}{T} \cdot \frac{1}{ED}}}{1 - e^{-\frac{a}{T}}},$$

давая параметру $\frac{a}{T}$ различные значения от 0 до ∞; получим (Oelschläger) пучок т. наз. кривых Эльшлегера, позволяющий, так же как логарифмика, определить перегрузку для любого ED (относительная продолжительность включения мотора). Если постоянные времени нагрева T и охлаждения T_0 различны, то вместо ED берется $ED' = \frac{a + b\frac{T}{T_0}}{a}$; продолжительность работы мотора при различных нагрузках может быть определена из чер. 14 — прямая (асимптота), проведенная на высоте $\tau_{\max}$ параллельно оси абсцисс, отсечет на пучке кривых отрезки t_1, t_2, t_3..., соответствующие промежуткам времени работы мотора при перегрузках Q_1, Q_2, Q_3...; способность к тепловой перегрузке $p_{\text{тер.}}$ можно легко связать с $p_{\text{мех.}}$ — механической способностью к перегрузке, если пренебречь постоянными потерями:

$$p_{\text{тер.}} = \frac{\tau_{\text{мак. пер.}}}{\tau_{\text{мак. ном.}}} = \frac{Q_{\text{пер.}}}{Q_{\text{ном.}}} = \frac{I^2_{\text{пер.}} r}{I^2_{\text{ном.}} r} = \frac{I^2_{\text{пер.}}}{I^2_{\text{ном.}}};$$

полагая $\frac{I_{\text{пер.}}}{I_{\text{ном.}}} = p_{\text{мех.}}$,

получим $p_{\text{тер.}} = p^2_{\text{мех.}}$, или $p_{\text{мех.}} = \sqrt{p_{\text{тер.}}}$.

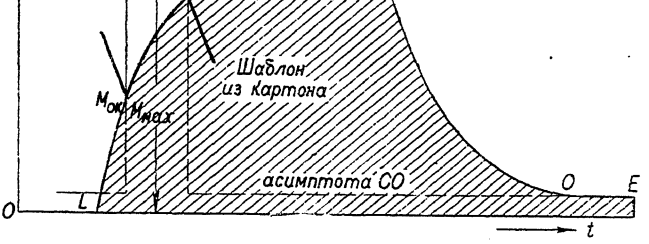


Рис. 16

Для проверки мотора на нагрев для любой диаграммы нагрузок пользуются графическим методом с помощью шаблона (рис. 16). Зная T, строят шаблон для $t = 4T$. Преобразовав диаграмму в ступенчатую, для каждой нагрузки строят асимптоту. Шаблон прикладывается к аксимптоте по линии LB и передвигается, пока его кривая не пересечет начальную для данной ступени сверхтемпературу, т.-е. конец координаты τ, а для начала кривой — начало координат.

Литература: *A. Schwaiger*, „Electromotorische Betriebe" (1922); *C. Schiebeler*, „Elektromotoren für aussetzenden Betrieb" (1926, есть перев. на русск. яз.); *Gordon Fox*, „Prineiples of Electric motors and control" (1923); *Liwschitz, M.*, „Berechnung der Aussetzleistungen" (E. T. Z., 1926, стр. 1345 сл.); СЭТ, т. VI,

отд. 22-24 (1929); *R. Rüdenberg*, „Electrische Schaltvorgänge" (1923, перев.на русск. яз.); ак. *К. И. Шенфер*, „Коллекторные двигатели перем. тока"; проф. *В. К. Попов*, „Применение электродвигателей в промышленности" (ч. I—1932 и ч. II—1935); A. E. G. „Электричество как источник силы и света" („Винт", 1923); *Гордон Фокс*, „Практика электрического привода" (1934); проф. *М. Г. Еврейнов*, „Электропривод" (т. I: „Электрификация сельского хозяйства", 1933); инж. *И. И. Дорофеев* и *С. П. Зефиров*, „Электрификация исполнительных механизмов" (1935); проф. *В. С. Кулебакин*, „Пусковые и регулирующие реостаты" (1924). *М. Еврейнов.*

XIV. *Электрический привод в металлообрабатывающей промышленности* должен базироваться на одиночном приводе. Если в целом ряде отраслей вопрос о рациональности применения группового или одиночного привода решается сравнительным подсчетом, то в данной области одиночный привод дает ряд бесспорных преимуществ и по линии экономии, и с точки зрения технологии процесса (ср. *станки*. XLI, ч. 4, 336 сл.). Запуск, останов, торможение и реверсирование станка, а также изменение скорости резания бесконечно упрощаются при переходе от трансмиссионного привода к одиночному функциональному электромотору с приспособлениями для кнопочного включения и выключения. Уменьшение маховых масс в системе мотор-станок позволяет, напр., осуществить переход от одной скорости к другой при наличии функционального мотора в течение 1—2 сек., тогда как при наличии ступенчатых шкивов на это требуется свыше 24 сек. Аналогичных сокращений можно достигнуть при останове станка путем торможения от электромагнита или рекуперацией энергии при разбеге системы и т. д. В результате система кнопочного включения одиночного мотора, а для больших станков—ряда одиночных двигателей (многомоторный привод) с приспособлениями для электрического торможения позволяет уплотнить рабочее время до 100% и более по отношению к чистому рабочему времени при групповом приводе. Стремление приблизить мотор к рабочему органу достигает в самоточках и сверлильных станках полного осуществления, поскольку шпиндель станка является валом якоря мотора. Кпд станка в этих случаях приближается по величине к кпд электромотора вместо тех необычайно низких значений, которые свойственны станкам с приводом от трансмиссий, контр-приводом и многочисленными шестернями для изменения скорости резания.

К функциональным свойствам электродвигателя относится в первую очередь регулировка скорости резания, т.-е. изменение числа оборотов.

Для большинства станков необходима регулировка в границах, которые определяются рабочей программой данного станка. Низшее число оборотов — $n_{\text{мин.}}$ определится наибольшим диаметром обрабатываемого предмета из металла, требующего наименьшей скорости, напр. чугуна. Высшее число оборотов — $n_{\text{макс.}}$ определится минимальным диаметром обрабатываемого предмета и сортом металла, требующим максимальной скорости резания; напр., скорость резания меди в 6 раз и более выше скорости резания чугуна. Предел регулировки получится из отношения $\frac{n_{\text{макс.}}}{n_{\text{мин.}}}$. Число ступеней регулировки обозначим через Z. Число оборотов, или соответствующая скорость резания для отдельных ступеней обычно выбирается в геометрической прогресии, т.-е. $n_2=n_1\varphi$; $n_3=n_2\varphi_1=n_1\varphi^2$, $n_z=n_1\varphi^{z-1}$,

откуда $\varphi=\sqrt[z-1]{\frac{n_z}{n_1}}$ и $Z=\frac{log\frac{n_z}{n_1}}{log\varphi}+1$.

Вычислим на примере: $n_z=500$ об/м. и $n_1=10$ об/мин. — пределы числа оборотов электромотора при различном количестве зубчатых передач. Предел регулировки $n_z:n_1=500:10$ равен 50. Число ступеней $Z=\frac{log\ 50}{log\ 1{,}26}+1\cong 18$, если примем $\varphi=1{,}26$, поскольку практически φ выбирается в пределах 1,25—2. Следовательно, при нерегулируемом моторе необходимо иметь 18 пар зубчатых передач. Сокращая число передач последовательно на 9—6—3, получим пределы регулировки мотора соответственно 1 : 1,26—1 : 1,56—1 : 3,18.

В ремонтных мастерских или цехах, где пределы регулировки велики, наиболее выгодным будет применение шунтового мотора постоянного тока, допускающего более или менее свободную регулировку в пределах 1:3. [illegible]

этом случае мотор естественно переходит внутрь станка, соединяясь непосредственно со шпинделем—т. н. шпиндельный мотор. В случаях более узкой регулировки, как это имеет место в массовом производстве с небольшим ассортиментом изделий, возможно применение трехфазного короткозамкнутого асинхронного мотора с переключением числа полюсов. В этом случае тип мотора делается фланцевым. Мотор должен быть защищен от попадания стружек и возможных в силу этого коротких замыканий.

Точное определение мощности мотора для металлообрабатывающих станков представляет трудности в силу меняющегося в широких пределах в зависимости от типа станка и величины загрузки кпд станка. Однако, ориентировочный подсчет с достаточной для выбора мотора точностью базируется на определении максимального сопротивления резанию.

Для токарных, строгальных и аналогичных им станков сопротивление резанию $W = q \cdot k_z \cdot a$, где q—сечение снимаемой стружки, равное произведению из глубины стружки на величину подачи резца; k_z — сопротивление на разрыв данного материала; и a—коэффициент, характеризующий состояние резца, по Fischer'у равный для стали 2,5—3,2 и для чугуна 4—5 и даже до 6. Мощность мотора определится из обычной формулы:

$$P = \frac{W \cdot v}{102 \cdot \eta} \text{ квт},$$

где v — скорость резания в *м*/сек. Вращающий момент для самоточки $M = W \frac{D}{2}$ *кг мм*, где D — диаметр обрабатываемого предмета в *мм*.

Пример: обточить железный вал — $k_z = 40$ *кг*/*мм*². Глубина стружки 5 *мм*, величина подачи 2 *мм*; $W = q \cdot k_z \cdot a = 5 \cdot 2 \cdot 40 \cdot 3 = 1.200$ *кг*. Для шпиндельного мотора $\eta \geqq 70\%$, скорость резания примем равной 20 *м*/сек.; тогда

$$P = \frac{1200 \cdot 20}{102 \cdot 70} = 3{,}4 \text{ квт}.$$

Мощность мотора сверлильного станка получим, определив вращающий момент M, необходимый сверлу диаметром d для снятия стружки толщиной δ: $M = \frac{d_z}{8} \delta k_z$ *кг. мм*; $P = 9{,}81 \cdot 2\pi \cdot \frac{n}{60} M_D$ ватт, где M_D — вращающий момент M, приведенный к числу оборотов мотора.

Мощность фрезерного станка определится из сопротивления резанию, равному $W = q \cdot k_z \frac{c}{v}$, где v — окружная скорость фреза в *мм*/сек., c — скорость подачи стола в *мм*/сек.

Мощность дыропробивного станка может быть вычислена путем определ. сопротивления сдвигу $W = \pi \cdot d \cdot s \cdot a \cdot k_z$, где a — коэффициент, равный 1,7, k_z — коэфф. сопротивления на сдвиг в *кг*/*мм*², d—диаметр пробиваемой дыры и s—толщина пробиваемого листа в *мм*.

Для большинства металлообрабатывающих станков $ED > 60\%$, поэтому мотор подбирается по мощности, вычисленной из вышеприведенных формул. Небольшие вспомогательные моторы, как, напр., для установки суппорта, работающие кратковременно, выбираются или с учетом $ED = 15\%$ или из моторов с 5-минутной мощностью.

Однако, дыропробивные, строгальные и долбежные станки имеют значительные колебания в нагрузке, которая может быть отнесена к типу повторно-кратковременной периодической нагрузки. Тогда мощность мотора определится как среднеквадратичная из диаграммы нагрузки. Для *дыропробивного* станка упрощенную диаграмму легко построить, если не учитывать изменение скорости пуансона, так как изменение усилия при прохождении пуансона через толщу листа S есть линейная функция толщины S. Минимальное значение для мощности получится при $S = 0$, тогда потребляемая мощность идет на покрытие холостых потерь станка (см. рис. 1). Время t_1 определится из допустимой скорости резания (для железа примерно $v = 15—20$ *мм*/сек.), а время t_2—как время прохождения пуансона, считая, что его нижний край должен подняться на высоту не менее толщины листа. Для ориентировочного подсчета может быть принята скорость равномерной; на самом деле для эксцентрикового станка она будет изменяться по синусоиде. Средне-квадратичная мощ-

ность $P_{ср.кв.}$ для данной диаграммы будет равна:

$$P_{ср.\,кв.}=\sqrt{\frac{(P^2_{макс.}+P_{макс.}P_{хол.}+P^2_{хол.})\frac{t_1}{3}+P^2_{хол.}t_2}{t_1+t_2}}.$$

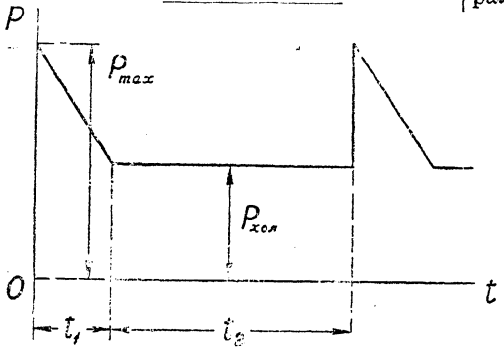


Рис. 1.

Подобранный по каталогам мотор должен развивать максимальную мощность, превышающую $P_{макс.}$, т-е. максимальный, или опрокидывающий, момент мотора должен покрывать момент, соответствующий пику мощности в диаграмме.

Рабочая диаграмма моментов или мощностей *строгального станка* в значительной мере сохраняет свой характер, изменяя лишь масштаб в зависимости от величины стружки и мощности станка. Взятая из справочника диаграмма может быть использована для определения среднеквадратичной мощности, при чем масштаб дается мощностью, определяемой из сопротивления резанию.

Обратный ход резца холостой, поэтому обратную скорость можно удвоить; электрический привод позволяет осуществить это автоматически, равно как и изменение хода на обратный. Последнее достигается или с помощью реверсивного мотора, или реверсивной электро магнитной муфтой. Подавая ток с помощью переключателя в обмотку правой или левой части муфты, включаем шестерни на передний или обратный ход. Два сопротивления служат для регулировки силы притяжения магнитов, для выравнивания перенапряжений, возникающих при включении и выключении обмоток, имеются добавочные сопротивления, включенные параллельно каждой обмотке.

К функциональным задачам мотора относится также поддержание постоянства скорости по мере уменьшения диаметра обтачиваемой детали (см. рис. 2). На чертеже видно, как движение резца по направлению к оси шпинделя передается через особый эксцентрик на рукоятку шунтового регулятора.

В некоторых случаях, как, напр., при шлифовальных работах, важно сохранить более или менее спотоянным давление шлифовального круга на шлифуемую поверхность, т.-е. сохранить постоянную мощность при данном числе оборотов. Это достигается с помощью дифференциального реле (см. рис. 3).

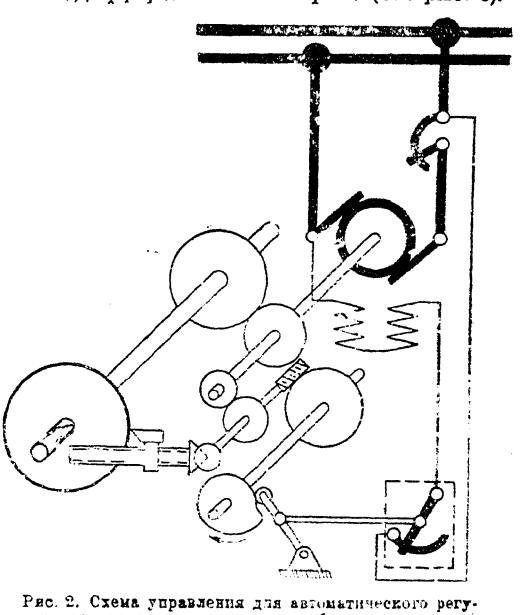


Рис. 2. Схема управления для автоматического регулирования скорости резания у обрезных станков.

Кнопочное включение моторов осуществляется по схемам как постоянного, так и переменного тока. Для пуска

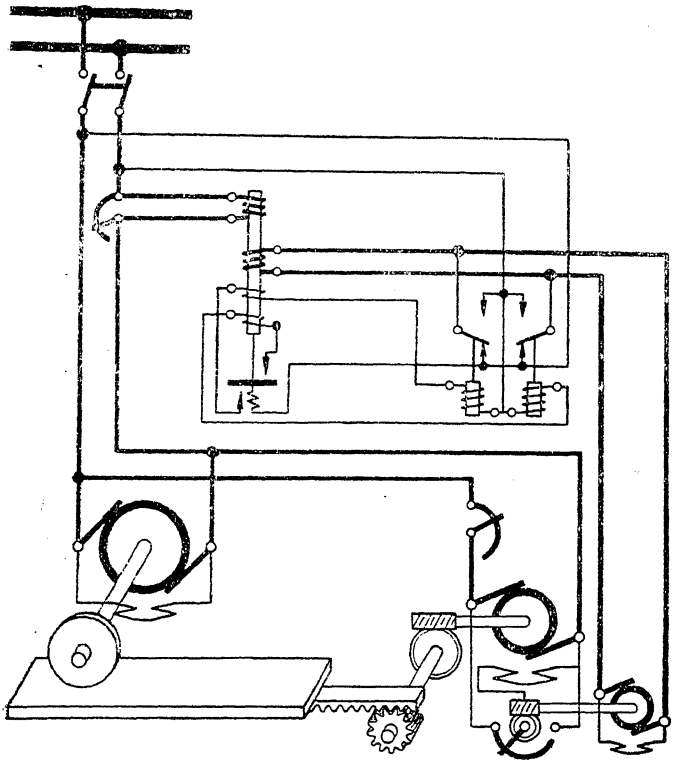


Рис. 3. Схема для автоматического поддерживания равномерной нагрузки.

коятку реостата, хотя не исключена возможность включения и выключения сопротивлений в цепи якоря с помощью системы реле, автоматически выключающихся одно за другим, как только после нажима кнопки сработало первое реле.

Простейшая схема включения и выключения мотора показана на рис. 4. После включения рубильника, замыкается кнопкой *D* цепь соленоида *L*; путем втягивания сердечника соленоида замыкается цепь якоря постоянного мотора с шунтовым возбуждением и тем самым пускается мотор. Во избежание опасных перенапряжений параллельно с обмоткой возбуждения включено сопротивление *R*.

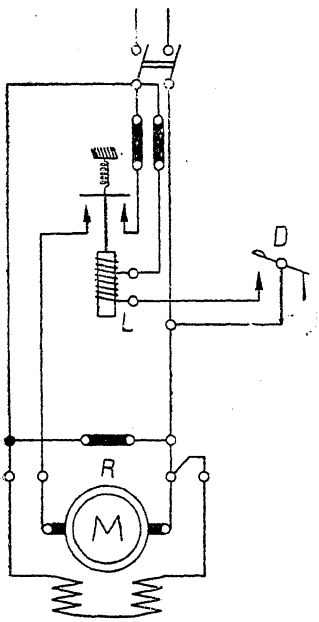


Рис. 4. Простейшая схема кнопочного включения мотора.

малых моторов (до 3 л. с.) постоянного тока и короткозамкнутых моторов трехфазного тока употребляются электромагниты, с помощью которых включаются или выключаются моторы. Моторы с реостатным пуском обычно имеют сервомоторы, приводящие в движение ру-

Следующая схема (рис. 5) с двойным соленоидом позволяет мотору работать при выключенной после нажатия кнопке *E*. Остановка мотора производится другой кнопкой *A*. Ток для питания соленоида вместо разомкнутой кнопки *E* цепи при снятии пальца с кнопки течет через контакт *б*, включаемый одновременно с замыканием цепи якоря мотора контактом *а*. Сопротивление *R* включается параллельно шунтовой обмотке, контакты *в* закорачивают добавочное сопротивление в обмотке возбуждения, включаемое в первый момент пуска. При нажатии кнопки *A* цепь обмотки соленоида разрывается, реле становится в исходное положение, при чем контакты *K* замыкают якорь мотора накоротко, осуществляя тем самым торможение и сокращая время остановки мотора. Кнопка *A* по снятии пальца автоматически замыкает цепь, разорванную

Таблица 1.

Револьверные станки.

Наибольший диаметр обрабатываем. предмета (*мм*)	10	15	20	25	30	40
Мощность (квт)	0,74	1,1	1,5	1,9	2,2	3,0

Круглые холодные пилы.

Диаметр круглой пилы (*мм*)	500	600	900	1.200	1.500
Мощность (квт)	3,7	4,4	6,6	8,8	11,7

Горячие и маятниковые пилы.

Диаметр круглой пилы (*мм*)	600	1.000	1.500
Мощность (квт)	11 ÷ 19	29 ÷ 33	44 ÷ 52

Кругло-шлифовальные станки.

Диаметр наждачного круга (*мм*)	250	500	500	750
Мощность, смотря по ширине круга (квт)	3,7 ÷ 5,9	4,4 ÷ 7,4	7,4 ÷ 11	11 ÷ 14,7

Обыкновенные строгальные станки.

Ширина строгания и высота (*мм*)	600	800	1.000	1.250	1.500	2.000	2.500	3.000	4.000
Длина строгания (*мм*)	1.500	2.000	2.500	3.000	4.000	5.000	6.000	8.000	10.000
Мощность (квт)	2,2	3,7	4,8	5,9	7,4	11	14,7	18,4	22 ÷ 25,8

Горизонтальные долбежные станки (шепинги).

Ход (*мм*)	200	300	400	500	600	800	1.000
Мощность (квт)	1,1	1,5	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6

Воздушные молота.

Вес бабы (*кг*)	50	100	200	300	500	750	1.000
Число ударов в минуту	250	200	175	165	150	130	100
Мощность (квт)	1,5 ÷ 4	3 ÷ 7	4 ÷ 11	6 ÷ 18	9 ÷ 22	12 ÷ 26	15 ÷ 33

Дисковые ножницы

Толщина листа (*мм*)	2	4	7
Вылет	300	500	700
Мощность (квт)	2,2	3,7	5,9

Эксцентриковые и кривошипные прессы.

Давление	25	50	100	200	400
Мощность (квт)	0,8	1,5	3,0	4,5	9,0

Изгибательные станки для листов.

Толщина листа (*мм*)	12	15	20	25	30
Мощность при ширине листа 3.000 *мм* (квт)	7,4	8,8	12,8	19,7	29,4
Мощность при ширине листа 6.000 *мм* (квт)	—	22,1	29,4	40,4	55

Клепальные машины

Диаметр заклепок (*мм*)	20	25	30
Мощность (квт)	1	2	4

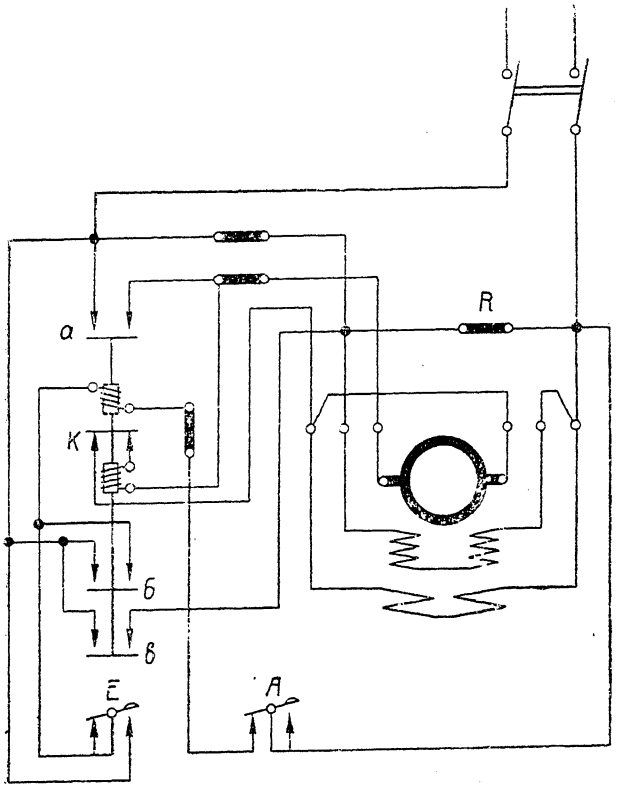


Рис. 5. Схема кнопочного включения мотора постоянного тока.

немедленно пришел бы в действие после включения контактора L_1. Этого не происходит только потому, что значительно больший пусковой ток создает в R_2 значительное падение напряжения, так что концы соленоида L_2 находятся не под полным напряжением сети E, а под меньшим напряжением, равным $E—I_{пуск.} \cdot R_2$. По мере разбега мотора пусковой ток уменьшается, величина $E—I_{пуск.} \cdot R_2$ растет, пока второй соленоид не включится, замкнув контакты $б$. В этом положении последовательно с обмоткой якоря мотора включены два параллельных сопротивления R_1 и R_2. Контактор L_2 при замыкании контактов $б$ одновременно замыкает контакты $д$, подготовляя возможность включения третьего контактора L_3, также автоматически кнопкой E. Запуск мотора вновь осуществляется нажатием кнопки E и т. д. Обе рассмотренные схемы не позволяют изменять направление вращения мотора.

Схема рис. 6 позволяет осуществить кнопочное включение мотора с реостатным запуском. Нажатием кнопки E включается контактор L_1, замыкая контакты $а$, $г$ и $е$: контакты $а$ включают якорь мотора, в цепь которого включено сопротивление R_2; контакты $е$ включают катушку L_1 в цепь вместо кнопки E, которая при отнятии пальца занимает начальное положение; контакты $г$ приключают один из концов второго контактора L_2 перед сопротивлением R_2. Если бы этот конец помещался после сопротивления R_2, т.-е. был бы включен после замыкания контактора непосредственно на „сеть“, то контактор

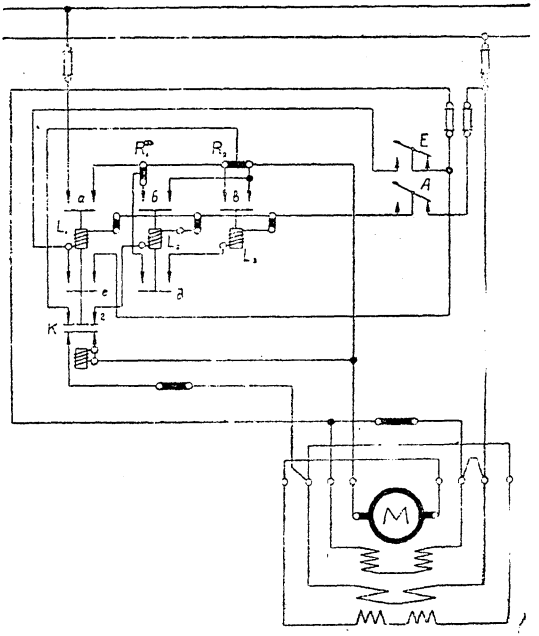


Рис. 6. Схема кнопочного включения с реостатным пуском.

замыкающего сопротивления R_1 и R_2 накоротко. Величина промежутков времени между включением первого и второго контакторов и включением второго и третьего контакторов может регулироваться уменьшением R_1 и R_2 соответственно в выражениях $E - I_{пуск.} \cdot R_2$ и $E - I_{пуск.} \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$. При выключении якорек катушки L, замыкает тормозные контакты K.

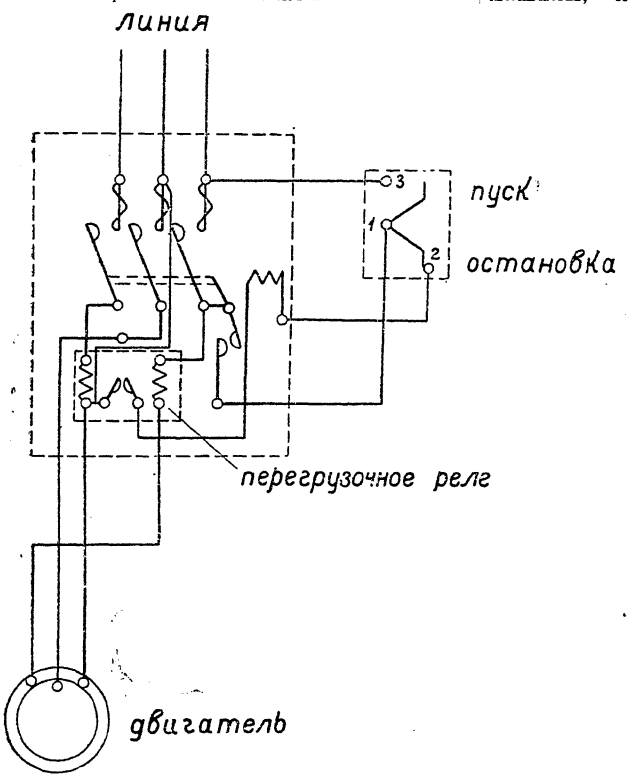


Рис. 7. Схема кнопочного включения трехфазного короткозамкнутого мотора.

Для пуска трехфазных короткозамкнутых двигателей в принципе схема сохраняется; так, для двигателей до 30 квт применяют схему рис. 7, состоящую из трехполюсного контактора и двух тепловых реле для защиты мотора от перегрузок. Нажатием кнопки 3 включается соленоид L, в свою очередь замыкающий линейный трехфазный контактор. Остановка мотора производится кнопкой 2.

Литература: *Fr. Hülle*, „Die Werkzeugmaschienen" (русск. пер. 1922); *К. Меллер*, „Одиночный электрический привод станков" (1933); *D. Pollok*, „Elektrische Antriebe in mechanischen Werkstätten", TZ (1923); *D. Pollok*, „Neuzeitliche Steuerung für Werkzeugeratriebe" [illegible] u. M. 1928); *Ф. Хоппе*, „Электрический привод станков и машин" (1-зд. „Книга"); проф. С. [illegible] *Пресс*, „Электрический привод металлообрабатывающих станков" (1932).

М. Евреинов.

XV. *Электрический привод в горном деле* вытеснил все остальные виды механических двигателей. Все машины, как обслуживающие рудник *), так и непосредственно назначенные для добычи угля**), снабжаются в современных рудниках электрическим мотором. Тяжелые условия работы (вода, примесь взрывчатых газов в рудничном воздухе) требуют применения специальных типов моторов и всей электрической аппаратуры, что позволяет свести опасность взрыва почти до нуля (рис. 1). Возможность взрыва смеси воздуха с метаном (CH_4) или светильным газом связана с образованием искры или вольтовой дуги или с накалом нити или провода. Усиленная вентиляция полностью не гарантирует от возникновения взрывчатой смеси. Меры предохранения идут по двум путям: 1) путем электрической сигнализации о скоплении метана на отдельных участках и автоматического выключения тока на этих участках и 2) путем заключения моторов и электроаппаратуры в оболочку, защищающую от взрыва наружу—вне защитной оболочки. Проникновение метана внутрь оболочки предотвратить нельзя, поэтому оболочка рассчитывается на внутреннее давление в 8 атм., т. к. макси-

*) Подъемные машины, насосы водоотливных установок, вентиляторы для обмена воздуха и проветривания отдельных штреков, машина для откатки угля.

**) Врубовые машины, электрические сверла, электробуры и перфораторы и электрические лебедки.

мальное давление взрыва при наиболее опасной смеси метана с воздухом (9%) не превосходит 6 атм. На случай взрыва внутри защитной оболочки в конструкции должно предусмотреть, чтобы пламя или искру не выбросило наружу через зазоры и стыки. Пользуясь тем, что горящий газ, выходя под давлением из узкого отверстия, расширяется и температура его резко падает, можно соответствующим подбором ширины стыков, величины поверхностей, лабиринтными уплотнениями и т. п. добиться такой температуры выбрасываемых газов, при которой они безопасны для наружной взрывчатой смеси. На этом принципе сделан переход от совершенно закрытых моторов, с целью уменьшения веса, к полузакрытым кожухам, где открытые места защищены металлическими пластинами, расстояние между которыми не превышает 0,5 *мм* при ширине не менее 50 *мм*. Безопасные от взрыва электромоторы имеют больший вес, большие габариты — поэтому в помещениях хорошо вентилируемых имеется тенденция применять нормальные моторы с повышенной надежностью. Последняя заключается гл. обр. в увеличении между-железного пространства не менее, чем на 40%, и понижении допускаемого нормами нагрева изолированных обмоток на 10°С. В настоящее время имеются типы моторов советского производства БАО (бронированный асинхронный, обдуваемый) и УТ с контактными кольцами, вынесенными наружу подшипникового щитка. Для выключателей и контроллеров достаточной защитой считается погружение

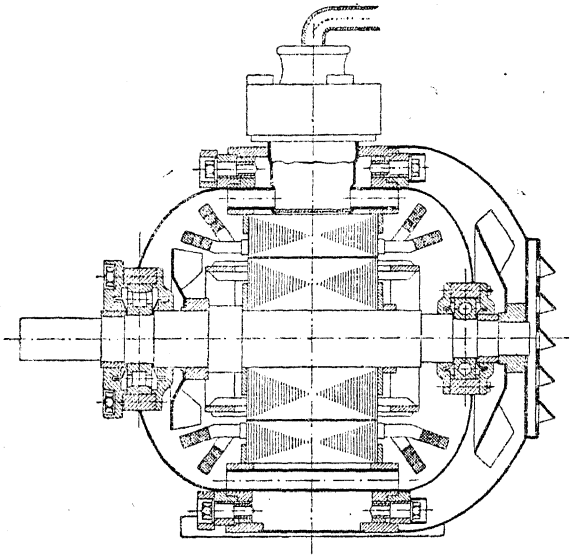


Рис. 1. Советский тип взрыво-безопасного двигателя (УТ).

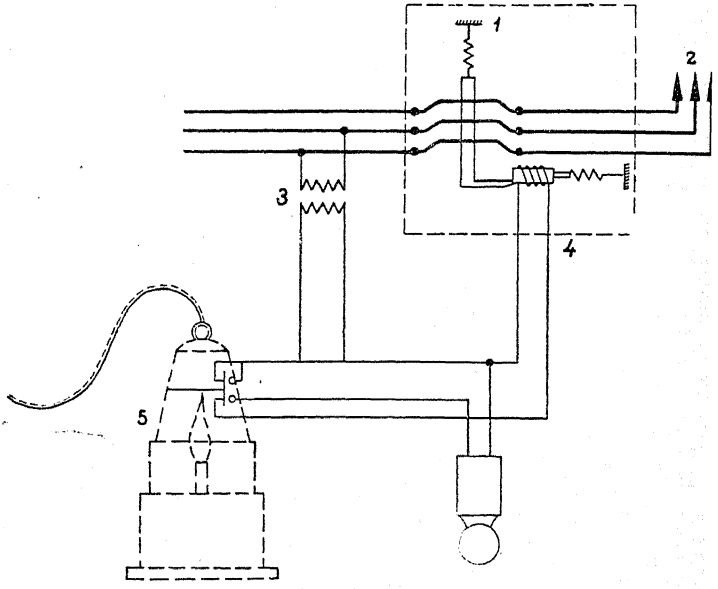


Рис. 2. Схема метан-реле: 1—автоматический выключатель; 2—к мотору; 3—понизительный трансформатор; 4—миним. реле; 5—метан-реле.

разрывных контактов в масло. Простейший тип метан-реле, системы А. Ф. Вайсмана и И. С. Померанцева, позволяет отключать моторы и дртокоприемники, когда содержание метана в воздухе становится опасным. В основе его лежит свойство обычной бензиновой лампы удлинять пламя по мере повышения содержания метана в воздухе. В момент перехода допустимой границы пламя, удлиняясь, касается тонкой серебряной проволоки, которая, расширяясь под действием тепла, замыкает реле и сигнальные лампы, звонки или сирены. Действием реле масляный выключатель (см. рис. 2) обесточивает магистраль. Серебряная проволока может быть заменена биметаллической пластинкой.

Электрический привод рудничных подъемников для подъема „на гора" угля в клетях или в ящиках-скипах требует регулирования скорости. Это вызывается желанием уменьшить пик на диаграмме мощности, что можно достигнуть переходом от равномерного ускорения системы к равномерно замедленному ускорению. В последнем случае изменение мощности происходит по параболе, и пик сглаживается (см. рис. 3). Поскольку регулировка должна происходить автоматически и

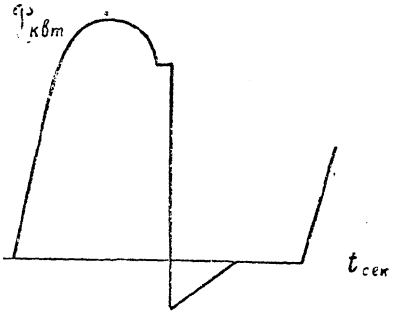


Рис. 3. Диаграмма мощности подъемника.

с большой точностью, асинхронные моторы неудовлетворяют этому условию,—в значительной мере от того, что скольжение мотора—величина переменная в зависимости от нагрузки, поэтому их употребляют в редких случаях в глубоких шахтах для скипового подъемника с малой скоростью. При неглубоких шахтах с малой интенсивностью подъема возможно применение шунтового мотора, хотя он имеет ряд неудобств (резкие колебания в мощности при пуске и остановке, большие потери энергии и т. д) и в силу этого тоже находит сравнительно редкое применение. Наиболее удобной является система Леонарда. Т. к. изменение скорости должно происходить по заданной кривой, то является необходимым ослабить влияние трех величин—реакции якоря, падения напряжения IR_a в динамомашине и остаточного магнетизма, действие которых начинает сказываться особенно сильно при малом числе оборотов, т.-е. когда магнитное поле в динамо-машине ослаблено. Для борьбы с этим имеется ряд схем, в большинстве случаев основанных на применении добавочных обмоток возбуждения, из которых одна обмотка действует тем сильнее на поле остаточного магнетизма, чем слабее становится магнитный поток, создаваемый основной обмоткой возбуждения в то время, как вторая добавочная обмотка с компаундирующими витками поддерживает постоянство напряжения в цепи якорей. Принципиальная схема Леонарда дана в разделе бумажная промышленность, *см.* ст. 146. Для подъемников более обычен несколько другой вариант, где возбуждение главной динамомашины питается от вспомогательной динамо-машины, в систему возбуждения которой включена добавочная обмотка. Питание этой второй обмотки связано с цепью якоря главного подъемного мотора так, чтобы автоматически устранять колебания в напряжении в связи с изменением тока в главной цепи.

Вместо схемы Леонарда возможна и схема встречного включения; однако, она менее экономна и обладает рядом технических недостатков по сравнению со схемой Леонарда в данном случае, когда требуется не только изменение числа оборотов, но и реверсование на полное число оборотов.

Для защиты электрической сети, к которой приключен подъемный аггрегат, от толчков, связанных с пиковым характером нагрузки, питающий аггрегат в схеме Леонарда, состоящий из трехфазного мотора, главной динамо-

машины и динамо-машины для возбуждения на одном валу снабжают маховиком (так наз. система Леонарда-Ильгнера). При уменьшении числа оборотов в моменты больших нагрузок маховик начинает отдавать запасенную им кинетическую энергию пропорционально разности квадратов чисел оборотов. При уменьшении нагрузки маховик запасает энергию по тому же закону, но в данном случае не уменьшает, а увеличивает число оборотов. Степень выравнивания нагрузки зависит от величины махового момента GD^2, где G—вес маховика, а D—диаметр инерции. Для того чтобы усилить действие маховика, нужно уменьшить число оборотов трехфазного мотора в момент нагрузки и увеличить его во время сбрасывания нагрузки. Это достигается изменением скольжения ротора асинхронного мотора путем включения или выключения сопротивления в цепь ротора мотора, так наз. регулятор скольжения, действующий автоматически. Величина скольжения в среднем не должна превышать 15%, при этом энергии, запасенной маховиком, хватает минимум на один подъем в случае перерыва в подаче тока. Подъем, опускание и останов подъемника производятся рукояткой управления, установленной на посту управления. Рукоятка связана с указателем глубины клети в шахте и шайбами безопасности, задача которых не допускать превышения установленной скорости движения клети. Маневровый тормоз служит для останова клети. В схеме Леонарда это достигается электрическим путем: введением сопротивления в цепь возбуждения главного генератора. Установка снабжается еще вторым тормозом безопасности, работающим автоматически при всякого рода повреждениях в системе. Обычно оба тормоза действуют на одни и те же колодки с помощью сжатого воздуха. Безопасность подъема обеспечивается рядом реле и специальных приспособлений, действующих в первую очередь на цепь тормозного магнита.

Определение мощности мотора шахтного подъемника идет путем построения диаграммы скорости, моментов и мощности. Характер нагрузки мотора относится к 3-ей группе, т.-е. периодической повторно - кратковременной. Следовательно, мощность мотора определяется из диаграммы мощности как средне-квадратичная. Основные данные для построения указанных трех диаграмм получаются на основе проектных или фактических величин, характеризующих данное подъемное устройство. По заданному количеству груза, необходимого к подъему в течение часа, и полезного груза за один подъем определяется число подъемов и время, необходимое для одной поездки. За вычетом времени пауз между двумя подъемами получим чистое рабочее время t. Для определения скорости необходимо выбрать ускорение p и замедление z. При всех системах, кроме Кёпе, ускорение берется 1—1,5 $м$/сек. Для машин Кёпе оно остается в пределах 1 $м$/сек. Для уменьшения пика в диаграмме мощности ускорение выбирают равномерно-убывающим. Тогда время для определения полной скорости, изменение которой происходит по параболе, равно $t = \frac{2v}{pa}$ сек. Промежуточные значения для ускорения определятся из формулы

$$p_x = p_a \left(1 - \frac{t_x}{t_a}\right) \text{ м/сек}^2,$$

а все промежуточные скорости из формулы

$$v_x = p_a \left(t_x - \frac{t^2_x}{2t_a}\right) \text{ м/сек}.$$

На основании этих данных строим диаграмму скорости подъемника за время подъема. Для построения диаграммы моментов вычисляются статический и динамический моменты. Для подъемников системы Кёпе при равных весах нижнего и верхнего каната статический момент остается постоянным во все время поездки и равным $M_{ст} = G \frac{d}{2\eta}$ $кг\,м$, где d — диаметр ведущего шкива, G — вес поднимаемого груза, η — кпд системы (принимают равным ок. 0,85). При неуравновешенной системе в начале поездки $M_{ст1} = \frac{d}{2\eta}(G + S_0 - S_н)$ и в конце поездки $M_{ст2} = \frac{d}{2\eta}(G + S_н - S_0)$.

Для систем с цилиндрическим барабаном без уравновешивающего каната $M_{ст1} = \frac{d}{2\eta}(G + S)$, а $M_{ст2} = \frac{d}{2\eta}(G - S)$ *кг м*. При точных подсчетах потери в данной системе могут быть легко определены из коэф. трения и других констант и параметров. Момент динамический, ускоряющий массы всей системы, зависит от размеров выбранного ускорения и от величины масс системы.

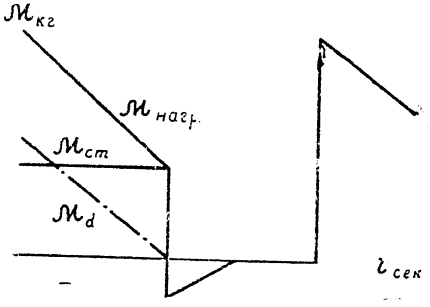


Рис. 4. Диаграмма моментов подъемника.

Обозначая массы системы через $\frac{G}{g} = m$, получим $M_{дин} = mp_x\frac{d}{2}$ *кг м*. Тогда нагрузочный момент подъемной машины (рис. 4) будет равен $M_{нагр} = M_{ст} + M_{дин}$. Момент, необходимый для останова клети, будет равен $M_{торм} = M_{ст} - mz\frac{d}{2} = G\frac{d}{2}\left(\frac{1}{\eta} - \frac{z}{y}\right)$ *кг м*. Диаграмма мощности определяется из диаграмм

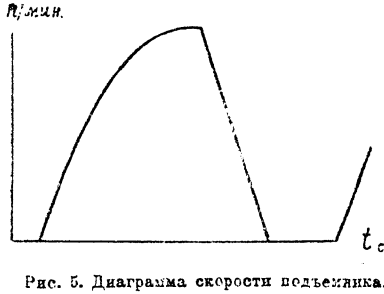


Рис. 5. Диаграмма скорости подъемника.

скорости (рис. 5) и моментов (рис. 4), т. к. $P = \frac{M_{нагр}\,2\pi n}{102 \cdot 60} = 0{,}00103\ M_{нагр}\ n$ kw, и мощность на валу мотора определяется как средне-квадратичная из диаграммы мощности или путем определения средне-квадратичного момента из диаграммы моментов.

При определении мощности отдельных аггрегатов, в случае применения системы Леонарда, Ильгнера или Кремера, исходят из мощности, вычисленной на валу мотора, с учетом кпд отдельных единиц, включая потери на возбуждение, на торможение и трению маховика в системе Ильгнера.

Вторая ответственная группа, водоотливочных машин, предъявляет высокие требования к электрическим моторам и аппаратуре, т. к. перерывы в работе этих установок могут повлечь за собой крупнейшие аварии в рудниках. Обычно находят применение и поршневые и центробежные насосы, однако центробежные насосы имеют больше удобств и потому больше распространены. С точки зрения электрического привода центробежные насосы позволяют легко осуществить непосредственное соединение с мотором, при чем возможно использование быстроходных моторов. Начальный момент центробежного насоса не велик и при закрытом напорном вентиле требует от электродвигателя не более 50% от номинального момента. Электродвигатели применяются асинхронные трехфазные с контактными кольцами. Мощность их колеблется в зависимости от производительности и манометрического напора от 200 до 1600 квт. До 400 квт. применяются моторы и с коротко замкнутым ротором, но запуск их производится от специальных пусковых автотрансформаторов. В большинстве случаев пусковая аппаратура и аппаратура для приключения к сети расположены в насосной камере в виде распределительных ящиков, состоящих из разъединителей, масляного выключателя, максимального и нулевого реле. Обмотку двигателей полезно просушивать время от времени, используя останов мотора. Это достигается или горячим воздухом, или пропусканием тока от специального трансформатора, напряжение которого не должно превышать 50%—60% номинального напряжения мотора*). Стандартные напряжения моторов—380, 560, 3.000 и 6.000 вольт.

*) Целесообразно не давать повышаться температуре мотора.

Число оборотов мотора обычно 1.500 об/мин., для меньших вспомогательных насосов оно повышается до 3.000 об/мин. Углубочные насосы соединяются с мотором с вертикальной осью, ротор которого коротко замкнут и запускается сверху от пускового трансформатора. Мощность мотора насоса при непосредственном соединении определяется по формуле $P=\frac{QH}{102}\frac{1000}{\eta}$ квт, где Q — количество подаваемой воды в $м^3$/сек.' η — кпд насоса, H — монометрическая высота подъема. Мощность моторов доходит до 500 квт, высота подачи — до 400 $м$ и расход воды — до 3 $м^3$/мин., охлаждение моторов — из первой ступени насоса.

Третья группа — шахтные вентиляторы, имеет не менее ответственную задачу, т. к. переход через определенный порог процентного содержания метана создает опасность взрыва. Для шахтных установок применяются исключительно центробежные вентиляторы. Быстроходные вентиляторы типа Шлотера допускают непосредственное соединение с моторами с числом оборотов 750—1.000 в мин. Тихоходные, напр. типа Гибаля, диаметром ок. 10 $м$ и выше, с числом оборотов ок. 60 в мин. соединяются с мотором через зубчатую передачу. Условия шахтной вентиляции периодически требуют изменения количества подаваемого воздуха. Регулировка с помощью дроссельных задвижек не экономична в эксплоатации. В этом отношении регулировка числа оборотов несравненно выгоднее, хотя первоначальные затраты больше. Для регулировки применима любая из многочисленных схем Леонарда, Кремера, Шербиуса и т. д., однако схема Кремера работает с постоянной мощностью, поэтому для вентиляторов, где мощность растет в кубе числа оборотов, схема Шербиуса более выгодна. Окончательный выбор способа регулировки решается техно-экономическим подсчетом различных вариантов на основе режима работы вентилятора и его характеристики.

При схеме Шербиуса (рис. 6) электрическая энергия скольжения приводится к частоте и напряжению сети, к которой приключен асинхронный мотор (соединенный с вентилятором), и отдается в ту же сеть в виде электрической энергии. Это приведение осуществляется с помощью аггрегата, состоящего из асинхронного генератора (D), приводимого в движение коллекторным мотором (K), и регулировочного трансформатора (T). Регулировка происходит вниз от синхронного числа оборотов мотора. Cos φ такой установки при полной нагрузке приближается к единице, при 50% нагрузки Cos φ понижается примерно на 10%. В схеме рис. 6 коллекторный мотор с трансформатором может быть заменен одноякорным преобразователем и мотором постоянного тока. Общий вид установки в разрезе с обычным асинхронным мотором показан на рис. 7. Регулировка числа оборотов достигается

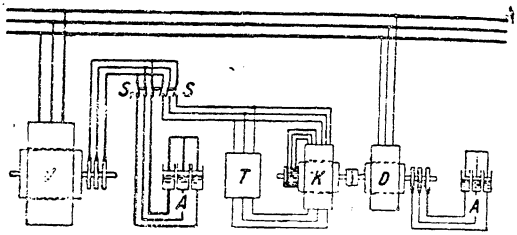
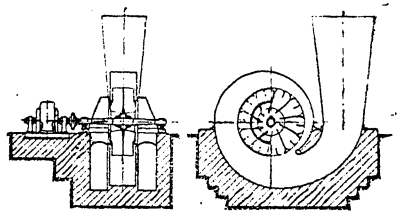


Рис. 6.


Рис. 7. Шахтный вентилятор с асинхронным мотором.

с помощью реостата, который для больших мощностей делается жидкостным. На рис. 8 показан такой жидкостный реостат для мотора 800 л. с. с регулировкой в пределах ок. 25% от нормального числа оборотов. Мощность вентилятора определяется по формуле $P=\frac{Qh}{102\eta}$, где Q — максимальное количество нагнетаемого воздуха в $м^3$/сек., h — разрежение в $мм$ водяного столба (для рудников колеблется в пределах

50 — 500 *мм* в. ст.); ориентировочно h может быть вычислено из формулы $h=\frac{0{,}144Q^2}{a}$, где a — эквивалентное отверстие рудника в $м^2$.

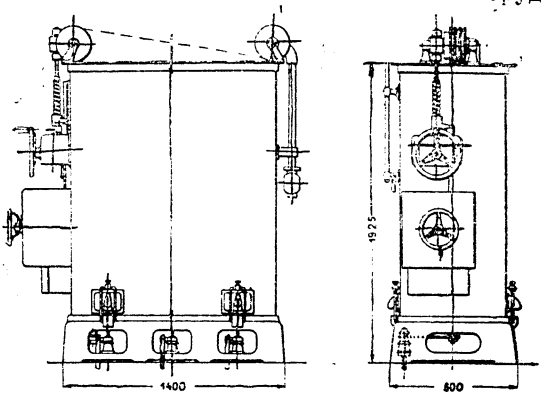


Рис. 8.

Из группы машин, непосредственно участвующих в добыче угля, одной из важнейших является врубовая машина, за последние годы почти вытеснившая на ряде шахт ручную зарубку. В этой машине электрическая часть (мотор и аппаратура) конструктивно представляет одно целое с механической частью. В качестве двигателя применяется трехфазный асинхронный мотор с ротором Бушеро или с глубоким пазом Рюденберга. Эти типы моторов обладают значительно большим пусковым моментом, чем моторы с простым коротко замкнутым якорем, что очень важно в условиях работы врубовой машины. Обычно запуск мотора происходит вхолостую или при выключенной подаче. Однако, при зажатии режущего бора углем приходится освобождать бор с помощью резких толчков подачи путем повторного включения и выключения мотора. Величина пускового момента несколько меньше двухкратного номинального момента. Применение якоря с контактными кольцами опасно с точки зрения взрыва рудничного газа и требует увеличения габаритов машины, что крайне нежелательно, в виду трудности вписать мотор сравнительно большой мощности (20—30 квт) в очень компактное пространство, занимаемое врубовой машиной, высота которой остается в пределах 30—40 *см*. Задача охлаждения мотора становится при этом очень трудной. В целях улучшения теплоотдачи, станина мотора имеет ребристое выполнение. По условиям производства двигатель должен быть реверсивным. Пуск двигателя происходит или непосредственным включением на сеть, или переключателем с звезды на треугольник. Советская тяжелая врубовая машина имеет канатную подачу вместо цепной, управление машиной находится на передней части. Машина имеет асинхронный трехфазный мотор 22 квт при 1.450 об./мин. с короткозамкнутым якорем. При запуске машины, если по условиям работы возможно, надо запустить мотор вхолостую, проверив положение фрикционной рукоятки, которая должна занимать нейтральное положение. В целях перенесения контроллера из корпуса врубовой машины на штрек применяется

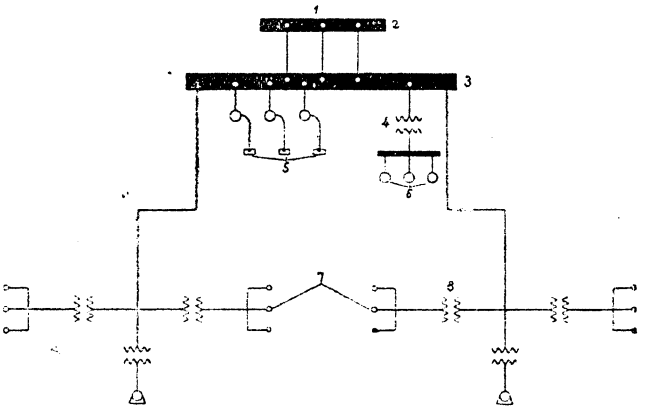


Рис. 9. Схема распределения энергии в руднике: 1 — 6.000 вольт; 2—поверхности. подстанция; 3 — 6.000 вольт; 4 — $\frac{6.000}{380-220}$; 5 — насосы; 6 — приемники в рудничном дворе; 7—приемник в забое; 8—трансформатор $\frac{6.000}{380-220}$.

дистанционный выключатель с кнопочным управлением. Электрическое бурение шпуров для закладки взрывчатого вещества, для размельчения угля производится электросверлами с двигателями закрытого типа с часовой мощностью 0,5 квт при 2.880 об./мин. при производительности в чистом угле 1 *м*/мин. при диаметре шпура 40—50 *мм*.

Для бурения более твердых пород необходимо применять более мощные колонковые бурильные машины с мотором 1,5 квт при 2.880 об./мин. с зубчатой передачей на бур. Для еще более твердых пород применяется электрический перфоратор, работающий на принципе пружинного молотка, приводимого в движение через кривошип от короткозамкнутого асинхронного мотора мощностью ок. 0,7 квт при производительности 1—2 *м*/час в известняках и 0,7—1,5 *м*/час в гранитах и гнейсах.

Схема подачи энергии от электрической подстанции на поверхности в рудник показана на рис. 9.

Литература: *W. Philippi*, „Elektrizität in d. Bergbau“ (1924); *W. Philippi*, „Electrische Fördermaschienen“ (1927); проф. *К. И. Несмачный*, СЭТ, т. IV. § 1—68; проф. *Ф. Н. Шклярский*, „Электрификация водоотлива“ (1933); *П. П. Пироцкий*, „Сборник по горной электротехнике“ (1933); *Милинский*, „Правила безопасности в горных установках“; инж. *Озерной*, „Подземное электрооборудование каменноугольных шахт“ (1934).

М. Евреинов.

XVI. *Электрический привод деревообрабатывающих машин*, которые в большинстве являются быстроходными (кроме лесопильных рам, плоских пил, машин для валки деревьев, долбежных и некоторых других), разрешает ряд трудностей, возникающих при всяком другом способе привода. Всякая другая передача, кроме непосредственной, для такого большого числа оборотов, как 3.000 - 9.000 об. в мин., становится недостаточно надежной и с точки зрения эксплоатации, и с точки зрения техники безопасности. Отсюда вытекает стремление современных конструкторов срастить мотор со станком в одно органическое целое. В этом случае для деревообделочных производств возникает необходимость в добавлении к обычному трехфазному току от районных станций с числом периодов 50 в сек. установить преобразователи частоты в виде асинхронных генераторов, способных повысить число периодов до 100 пер. в сек. и выше. При 100 пер. в сек. 2-полюсный асинхронный мотор вместо предельных 3.000 об./мин. разовьет 6.000 об./мин. согласно формуле $n = \frac{60f}{p}$, где f — число периодов/сек. и p — число пар полюсов. В этом случае скорости резания дерева строгальными и фрезерными машинами порядка 40—45 *м*/сек. легко осуществимы. На рис. 1 показана деталь строгального станка, где на

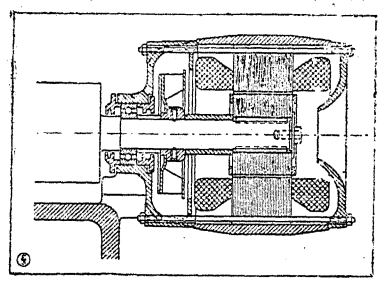


Рис. 1. Рациональный привод фрезерной машины.

валу станка насажен непосредственно ротор коротко замкнутого мотора. Второй подшипник при этом отпадает, отпадают радиальные усилия в виде одностороннего натяжения ремня на вал, делающий 6.000 об./мин., вся система мотор-машины приобретает компактный вид. С точки зрения экономики асинхронные быстроходные моторы с коротко замкнутым якорем являются наиболее дешевыми.

Для возможности получения трех ступеней числа оборотов 3.000, 4.500 и 6.000 об./мин. устанавливается аггрегат с двумя преобразователями частоты на 75 и 100 пер./сек. (см. рис. 2). Переход для больших машин к дву- и многомоторному приводу позволяет осуществить значительные упрощения как в самой машине, так и в распределении механической энергии внутри машины. Рис. 3 дает представление о современной строгальной машине с двумя моторами, из которых один служит для подачи обрабатываемого предмета и путем переключения полюсов дает две скорости.

Мощность фрезерных и строгальных машин можно найти, определив

по формуле сопротивление резанию: $W = kbh\frac{u}{v}$, где h — толщина стружки, b — ширина строгания в *м.м*, v — скорость строгания в *м*/сек, u — скорость подачи в *м*/сек., k=1—1,5, при чем больший предел относится к твердой породе дерева. Мощность определится из обычной формулы $P = \frac{Wv}{\eta 102}$ kw, где для деревообделочных станков η равно в среднем 0,5 — 0,8.

К станкам, которые можно встретить на любом производстве по обработке дерева, относятся циркулярные пилы (*ср.* XXVII, 495). Новейшие конструкции циркулярных пил имеют непосред-

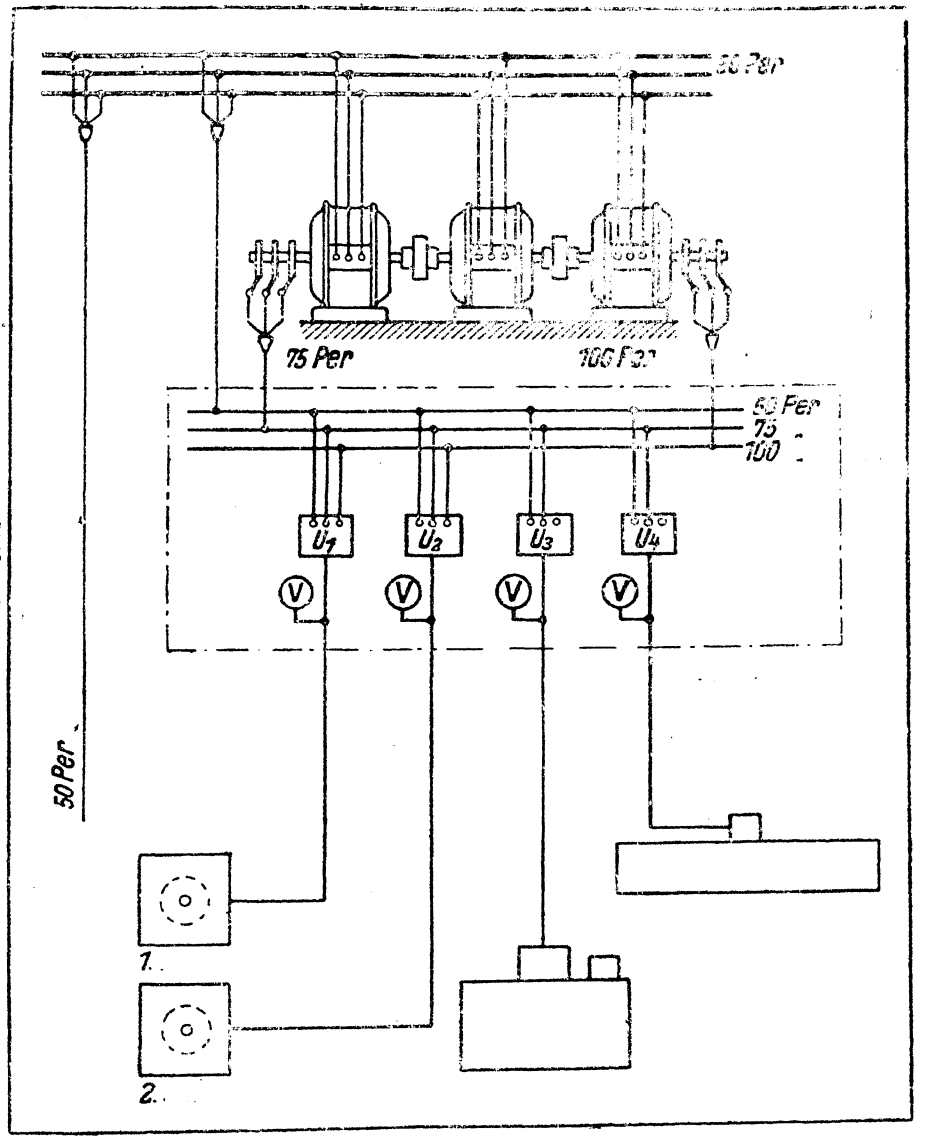


Рис. 2. Схема установки с 50, 75 и 100 пер. в сек.

ственное соединение с электромотором (см. рис. 4). Станок с циркулярной пилой применяется для пилки бревен

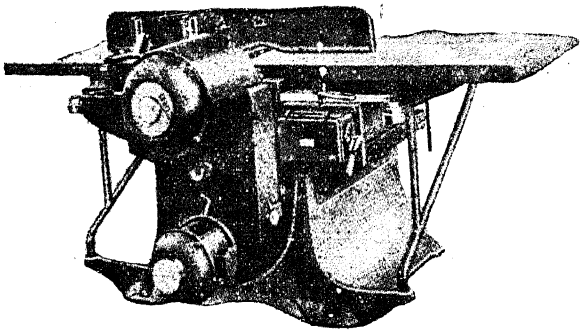


Рис. 3.

на доски, для заготовки реек на оконные и парниковые рамы, для пилки дров и т. д. При распиловке длинных и толстых бревен на доски применяют специально рамные доскорезные станки с ленточными пилами, которые по своей конструкции являются более сложными, дорогими и пригодны гл.

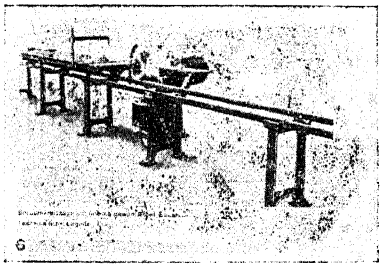


Рис. 4. Непосредственное соединение циркулярной пилы с мотором.

обр. при массовой стандартной заготовке пиломатериала. Т. к. вал таких станков делает 270 — 300 об./м., то непосредственное соединение заменяется ременным или цепным.

Мощность рамного станка определяется по разным формулам; она колеблется в значительных пределах (от 25 до 100 л. с.) и зависит от числа пил, их толщины, хода и т. д. По формуле Хартига мощность мотора для рамного доскорезного станка определяется по данным:

$$N = N_0 + N_1,$$

где N_0 — расход мощности на холостую работу станка, N_1 — полезная работа станка, равная

$$N_1 = \frac{46 + 0{,}224\ b \cdot \frac{H}{\Delta} F}{1.000}\ \text{л. с.},$$

где b — ширина пропила в *мм* H — ход пилы в *мм*, Δ — подача на ход пилы в *мм*, F — поверхность разреза в $м^2$ в час.

Полезную работу станка можно определить и по формуле Германа:

$$N_1 = X\left[1 + \frac{b+s}{t}\left(4 + \frac{H}{100\Delta}\right)\right]F,$$

где коэффициент X принимают для сосны—1:20, для ели—1:15, для листв. леса — 11:150; b — ширина пропила в *мм*, s — толщина пилы в *мм* t — шаг зуба в *мм*, H — ход пилы в *мм* Δ — подача на ход пилы в *мм*, F — площадь пропилов в *кв. м* в час.

Расход мощности по мере затупления пил увеличивается пропорционально коэффициентам следующей таблицы:

время резки в часах:	1	2	3	4	5	6
коэффициент a . .	1,14	1,27	1,39	1,5	1,6	1 69

Из этой таблицы видно, что пилы необходимо точить примерно через 3 — 4 часа, во избежание излишних больших потерь мощности при работе тупыми пилами.

Выбор мощности электромотора для лесопильной рамы зависит от многих величин для одного и того же станка при одном и том же числе оборотов коленчатого вала, напр.: от толщины лесоматериала, числа пил, толщины их, подачи пиломатериала, степени остроты зубьев пил, шага и т. д. Поэтому мощность мотора может быть выбрана по максимальным величинам, средним и минимальным. По данным Шапиро потребная мощность для лесопильной рамы с просветом 600 *мм* при числе оборотов вала 275 об/м. и при ходе пилы 400 *мм* для холостой работы — 9 — 12 л. с., при резании — 18 — 26 л. с., при резании мерзлого леса — 30 — 35 л. с.

В таблице 1 приведена сводка опытов по определению мощности, потребляемой лесопильными рамами на Симоновском лесопильном заводе (Москва, 1929 г.).

Таблица 1.

№№ по порядку	Описание рам	Описание мотора	Холостой ход мотора: Потребная мощность в л. с.	Холостой ход мотора: Отношен. холостой мощности к табличн.	Холостой ход трансмиссии: Потребная мощность в л. с.	Холостой ход трансмиссии: Отношен. трансмис. к табл. мощн. мот.	Работа под нагрузкой: Коэффиц. полезн. действ.	Работа под нагрузкой: Потребн. мощность в л. с.	Работа под нагрузкой: Отношен. рабоч. мощности к табличн.	Характер нагрузки
1.	Ричард Поле Просв. . . . . мм. 785 Ход . . . . . 500 Подача толчков . . n=235	Асинхрон. 3-фазн. завода Динамо. мощн. . . . . 45 л. с. n . . . . . 720 об. мин.	4,1	0,091	—	—	86,5	41	0,912	Суммарн. высота пропилов — 1150 мм (по среднему обрубу) Подача — 20 мм.
2.	Флекк Просв. . . . . 650 Ход . . . . . 450 n 235	Асинхрон. 3-фазн. мощн. . . . . 40 л. с. n 955	2	0,051	2	0,051	87,0	24	0,600	Суммарн. высота пропилов — 1800 мм. (по среднему обрубу) Подача — 9 мм.
3.	Грамерфорс Просв. . . . . 450 Ход . . . . . 330 n 270	Асинхрон. 3-фазн. мощн. . . . . 30 л. с. n 945	2,7	0,090	1,6	0,052	83,5	18	0,615	Суммарная высота пропилов около 1500 мм (по среднему обрубу) Подача — около 5 мм.
4.	Красн. пролет. Просвет . . . . . 750 Ход . . . . . 500 n 290	Асинхрон. 3-фазн. мощн. . . . . 71 л. с. n 975	2,4	0,063	9,5	0,132	83,0	49	0,688	Суммарная высота пропилов по среднему обрубу—1250 мм Подача — 15 5 мм.
5.	Флекк Просвет . . . . . 400 Ход . . . . . 330 n . . . . . 270 Подача толчк.	Асинхрон. 3-фазн. мощн. . . . . 24 л. с.	2	0,082	1,8	0,077	86,5	25	1,035	Суммарная высота пропилов по среднему обрубу — 1400 мм. Подача — 8 мм.

Принимая во внимание, что лесопильные рамы рассчитаны на определенное число оборотов и не допускают больших колебаний (не свыше 2 — 3%), лучше всего применять в качестве двигателя к лесопильным рамам асинхронные электромоторы 3-фазн. тока, где это возможно.

Доскорезный станок с циркулярной пилой. Этот тип станка при самой разнообразной его конструкции очень часто встречается в совхозах и колхозах и приводится в действие в большинстве случаев от трактора при помощи ременной передачи. Станок можно приводить в действие и при помощи электромотора, последний рационально соединять непосредственно с валом пилы гибкой муфтой.

На рис. 5 показан схематически доскорезный станок с круглой пилой, вал которой соединен непосредственно с электромотором. На этом станке можно пилить кряжи на доски длиной до 3 *м* при толщине 300—350 *мм*. Станок этот по своей конструкции можно отнести к типу электрофицированных доскорезных станков. Выполнен он из дерева полукустарным образом, по своей конструкции прост и легко выполним в условиях даже небольших мастерских. Этот станок устроен с полуавтоматической подачей лесоматериала на ход пилы, при помощи лебедочного приспособления, которое на рис. 5 обозначено буквами *B* и *P*. Наматывая на барабан *B* канат *E*, соединенный с подвижной кареткой *Б*, заставляем перемещаться каретку *Б* с пиломатериалом *A* по горизонтальной плоскости на ход пилы *E*. Такое простое приспособление оказывает хорошее влияние на равномерную подачу лесоматериала, и тем

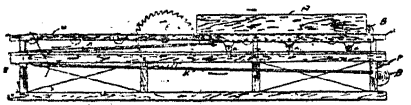


Рис. 5. Доскорезный станок простого типа с круглой пилой.

самым поддерживается более или менее равномерная нагрузка для электромотора. Необходимо отметить, что мощность для циркулярной пилы колеблется в значительных пределах и зависит от многих данных, напр. от числа оборотов, диаметра пилы, ширины пропила, породы дерева и т. д.

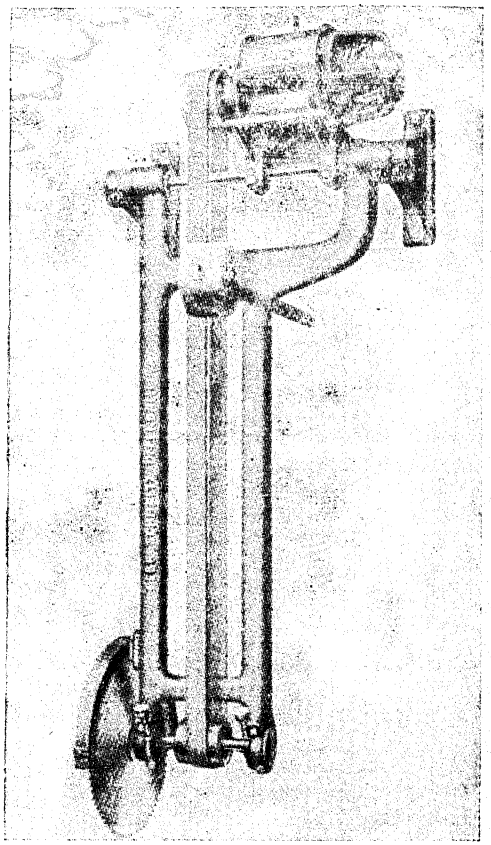


Рис. 6. Маятниковая круглая пила.

По эмпирической формуле Хартига мощность мотора для круглых пил определяется следующим образом:

$$N = N_0 + N_1,$$

где N_0 — необходимая мощность для холостой работы станка, N_1 — полезная мощность, которая определяется следующими данными и равна

$$N_1 = \frac{n \cdot D}{800} + \frac{b \cdot F}{14 \text{ до } 28} \text{ л. с.},$$

где n — число оборотов пилы в минуту, D — диаметр пилы в *м*, b — ширина пропила в *мм*, F — поверхность разреза в час в *кв. м*, 14 и 28 — цифровые зна-

чения, характеризующие твердость (14) и мягкость (28) пород дерева.

Рассматривая вышеприведенную формулу, необходимо отметить, что основной, влияющей на мощность, величиной является диаметр пилы, который зависит от распиливаемого материала. Обычно диаметр пилы должен в 3—2, 5 раза превышать толщину распиливаемого материала, при чем верхний предел относится к малым диаметрам пилы.

На рис. 6 показан станок с качающейся пилой, которая приводится в действие от ременной передачи.

В табл. 2 приведены наиболее характерные станки с потребляемой мощностью.

Таблица 2.

Наименование	Рабочие характеристики	Мощность, kw
Долбежные цепные	Глубина долбления до 150 *мм*. Наиб. размер. отверстия 6×40 *мм*²	1,5—3.7
Сверлильные	Диаметр отверстия от 10 до 75 *мм*	0 4—1,5
Шипорезные	а) Для ящиков	3,0—5.9
	с) Для прямых шипов	2,2—4,4
	в) Для закрытых и сквозных ласточкиных хвостов.	2,2—3,7

Наименование	Ширина строгания, *мм*	Подача, *м*/мин.	Скорость резан., *м*/сек.	Мощность, kw
Фуговочные	200—1.000	ручная	25	1,5—4.5
Проп/скные строгальн.	200- 1.600	3—9	20—30	1,5—11
Четырехсторонние строгальные и карнизные .	80 - 300	3.2—12	25—30	7,5 -15
Фрезерные	—	—	30 - 45	0,7—4.5

Наименование	Рабочие характеристики	Мощность, kw
Шпунтовая машина	Паз и шпунт 10×10 *мм* . .	7,5
Большой 4-сторонн. строг. станок для половых досок. Верхний вал ножей выключен.	Сечение доски 150×5; подача 6—8 *м*/мин. . .	8

При работе моторов, приводящих в действие деревообделочные станки, необходимо обратить внимание на то, что одна из важных причин, выводящих из строя как станки, так и моторы,—это плохой уход: несвоевременная смазка, вызывающая быстрое срабатывание вращающихся деталей, а иногда и заедание; несвоевременный мелкий ремонт и т. д. Поэтому, предъявляя к станкам требования получения хорошей и большой производительности, необходимо особенно внимательно следить за состоянием подшипников быстроходных моторов и их смазкой, а также за продуванием моторов мехами от пыли и опилок.

На кривой рис. 7 даются мощности моторов поперечных плоских пил, обладающих поступательно возвратным

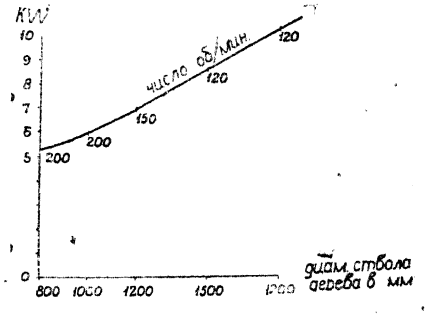


Рис. 7. Мощность, потребная для поперечных пил для валки деревьев.

движением, получившим широкое применение для валки деревьев в лесу. Рис. 8 дает представление о современ-

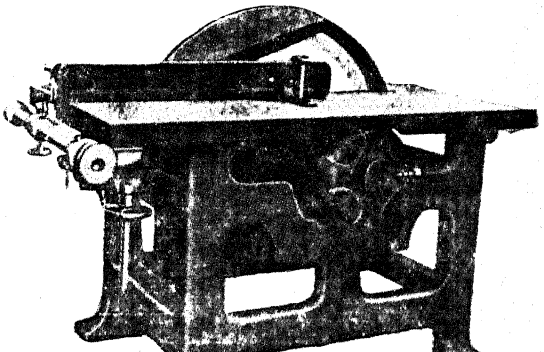


Рис. 8.

ной конструкции круглой пилы, где мотор укреплен на станке внизу.

М. Евреинов.

XVII. *Электрический привод в текстильной промышленности.* В своем роде это единственная промышленность по однородности требования, предъявляемого во всех фазах производства, а именно: равномерности процессов. Рассмотрим основную часть текстильной промышленности — хлопчато-бумажное производство (*ср.* XLV, ч. 2, 551 сл. и прил., 576 сл.).

Начиная с первого полуфабриката, выпускаемого опенером в виде холста из хлопьев разрыхленного и очищенного хлопка и включая готовую ткань, все имеет строгое соотношение между весом и определенными размерами полуфабриката или конечного продукта. Это соотношение веса и размера определяет номер продукта: номер ленты, номер ровницы, номер пряжи.

Номер требует от полуфабриката определенного веса, однородности строения, одинаковой плотности, одинакового сопротивления разрыву. Всякое уклонение от этого в первых стадиях производства влияет на качество полуфабриката в его дальнейшей обработке. Эта равномерность процесса требует от трепальных, чесальных, ленточных машин и банкаброшей строгой равномерности хода, строго определенной скорости. Эта же равномерность процесса, необходимость равномерного натяжения нити при намотке коническими слоями вызывает требования строгого и точного изменения скорости на кольцевых ватерах.

Весь процесс производства хлопчатобумажных тканей можно разбить на три основные части: 1) пряденье, включая сюда и так называемое предпряденье: трепанье и чесанье; 2) ткачество; 3) отделочная часть. Более подробно необходимо остановиться на первых двух частях, так как здесь механические процессы с мотором в качестве двигателя играют большую роль, чем в отделочных и отбельных, где преобладают химические процессы (подготовительные и часть отделочных машин см. табл. 1). Текстильное производство есть производство массовое по преимуществу во всех его операциях, с более или менее равномерным и непрерывным ходом машин. В справочниках мы находим требование степени неравномерности, предъявляемое к паровым машинам: δ — коэфф. неравн. $= \frac{1}{40}$ для ткацких станков, $\frac{1}{60}$ для прядильных груб., $\frac{1}{100}$ для прядильных высок. номеров, где $\delta = \frac{n' + n''}{n}$, n — нормальное число оборотов, а n' и n'' уклонение числа оборотов вверх и вниз от нормального. Порядок отклонения числа оборотов в процессах с постоянной скоростью не требует большей точности, чем до 1%. Электрический привод трансмиссии дает большую равномерность хода, чем привод трансмиссии от паровой машины или дизеля. Электрический одиночный привод позволяет достигнуть еще большей равномерности, а следовательно повышения продукции и улучшения качества ее.

Таблица 1.

Шлихтовальная машина без вентилятора	1,1 ÷ 2,2 квт
Шлихтовальная машина с вентилятором	2,2 ÷ 3,75 „
Основная мотальная машина на 120—250 веретен	0,75 ÷ 3,5 „
Уточная мотальная машина на 40 веретен	0,75
Сновальная машина на 40 веретен	0,4 ÷ 2,5 „
Ворсовальная машина для сукна на 36 валиков	4,5 „
Строгальные машины (зав. „Красный Путиловец", выпущен. в 1929 г., имеют 4 ножа, число обор. цилиндра — 1.500; сорт—сукно; длина ножа—184 *см*, ширина ножа—100 *см*)	3,6 „

Естественный простой машин в рабочем процессе здесь не велик (14—17%). В соответствии с этим коэффициенты нагрузки высоки: для прядильных фабрик около 90%, для ткацких — 80%, для красильно аппретурных — не выше 70%; число часов использования установленного квт-а в году: прядильные — 2.000 часов, ткацкие — 1.200 часов, красильно-аппретурные — 800 часов при одной смене; с учетом стахановского движения оно должно быть значительно увеличено.

Перейдем к электрическому приводу машин по отдельным группам.

Мощность трепальных машин:

Кипоразрыхлитель	1,5—4 квт
Разносящая решетка (ок. 40 *м* длины)	3 „
Питатель	0,5 „
Эксгауст. опенер	7,5—11 „

Трепальная машина (скорость трепала 800—1.500 об/мин)	3	»
Холстовая (настильная решетка для пяти холстов, ножев. и сетчатых барабан. и вентилятора, произв. 140 *кг*/час)	2,7	»
Двойной крейтон, или двойная взрыхлительная машина	7,5	»
Опенер (производительность 275 *кг*/час с двумя ножевыми барабанами, 966 об/мин. диаметр=450 *мм*)	4	»
Машинка для выборки крутых концов	0,9	»
Одиночные трепальные машины требуют мощность ок.	1,2—1,4	»

при производительности 1.0 *кг*/час.

Т. к. ножевой барабан имеет число оборотов 500—900 в мин., а трепальное било 800—1.600 об/мин., то за последнее время начали ставить отдельные моторы на барабан и на било, непосредственно соединенные с последними. Обычный тип мотора для этих машин асинхронный с контактными кольцами. Поскольку машины для разрыхления и трепания тесно связаны друг с другом непрерывным потоком хлопка, является целесообразным автоматизация управления и контроля за правильным функционированием путем сигнализации и выключающих автоматов. Это достигается аппаратами кнопочного управления.

Чесальные машины (*карды*) требуют около 0,8 квт при групповом приводе и до 1,2 квт. при одиночном приводе на машину. Обладая тяжелыми вращающимися массами, непрерывностью работы без изменения числа оборотов, они обыкновенно приводятся в действие от группового привода для 10 — 12 машин и выше на группу. Число оборотов этих машин ок. 160—190. Более редкий случай — одиночный привод; тогда приходится или увеличивать мощность мотора, или (как это делается заграницей) вместо увеличения мощности мотора употреблять маховое колесо, т. к. карды требуют пускового момента в 5 раз и более нормального. Так как помещение пыльно и огнеопасно, применяются закрытые моторы, а для больших мощностей — закрытые с вентиляцией или обдуваемые моторы. Нормальный тип мотора—трехфазный асинхронный. Простой машин невелик (5—8%). Коэффициент эксплоатации — ок. 95%. Известны успешные попытки так сростить машину с электромотором, чтобы части машины образовали трехфазный коротко замкнутый двига тель, кроме того—улучшить самый процесс чесания с помощью электромагнитной гребенки.

Вытяжные ролики и ленточные машины для получения пряжи до № 16 (до 2-х вытягиваний), до № 70 (до 3 х вытягиваний), свыше № 70 (до 4-х вытягиваний). Современная машина имеет три головки до 9 выпусков с тазом 250 *мм*; каждая головка разделена на три секции, секция требует мощность ок. 0,35 вкт., передача от мотора к машине обычно ременная. Простой от 8 до 12%. Нагрузка постоянная; применим как одиночный, так и групповой привод. Равномерность хода достигается применением леникса. Машина снабжается трансформатором, если нет источника постоянного тока, для питания электромагнита, в цепь которого введены цилиндр и валик машины. При обрыве ленты валик и цилиндр, касаясь друг друга, замыкают цепь электромагнита, который выключает мотор, и машина автоматически останавливается.

Мощность банкаброшей.

3,0 квт. на 100 веретен	и 1.000 об/мин.	—Толстый банкаброш делает 600 об/мин.
1,5 " " "	"	—Перегонный банкаброш делает 900 об/мин.
1,1 " " "	"	—Тонкий банкаброш делает 1.200 об/мин.
0,7 " " "	"	—Самый тонкий банкаброш делает 1.500 об/мин.

После останова банкаброшей, в зависимости от его продолжительности, необходимая мощность меняется, т.-к. масло загустевает в многочисленных подшипниках.

Банкароши требуют мягкого плавного пуска в ход во избежание обрыва слабо перекручебной ровницы. Кроме того, они требуют сравнительно большого начального момента в виду сложной передачи и многочисленных подшипников. Наконец, конусный вал, при помощи которого регулируется изменение числа оборотов, необходимое для намотки ровницы с одинаковым натяжением при разных диаметрах шпули, тоже требует ровного без толчка пуска в ход после остановок.

Привод возможен групповой от асинхронных закрытых моторов. Однако, применение специальных моторов с постепенно возрастающим моментом дает некоторое преимущество одиночному приводу. При группором

приводе плавность пуска достигается медленным передвижением ремня с холостого шкива на рабочий. Эту задачу можно решить при одиночном приводе добавлением к нормальному трехфазному мотору с коротко замкнутым якорем леникса —натяжного ролика, при чем леникс одновременно служит и вилкой для перевода ремня с холостого на рабочий шкив. В момент перевода ремня возросший по сравнению с нормальным момент увеличивает натяжение ремня, ролик леникса отклоняется, натяжение ремня ослабевает, и пуск в ход банкаброша происходит плавно и без толчков. В этих же целях применяется специальный мотор, особенность которого заключается в том, что коротко-замкнутый якорь имеет магнитную шунтировку в виде железного кольца, автоматически замыкающего глубокие пазы в якоре, в которых заложена обмотка; вращающий момент, пропорциональный магнитному потоку, изменяется по мере удаления или приближения кольца к якорю, так как магнитное рассеяние при этом меняется. Этим достигается плавный пуск. По остановке мотора кольцо от руки ставится в исходное положение. Плавность пуска достигается также включением сопротивления в одну из фаз статора.

При обрыве ровницы работнице необходимо повернуть рогульку иногда на очень малый угол (до $^1/_{16}$ окружности). Для этого приходится включать мотор на очень короткий промежуток времени. Существует специальная конструкция переключателя, соединенного штангой, идущей вдоль банкаброша так, что работница в состоянии с любого места включить или выключить мотор.

Сельфакторы, или мюли. Работа сельфактора имеет 4 периода: 1) отход каретки от бруса, при чем происходит крутка и вытягивание пряжи; 2) остановка каретки, число оборотов шпинделя увеличивается—происходит докрутка нити; 3) каретка стоит, идет подготовка к навивке нити—шпиндель делает несколько оборотов в обратную сторону для отмотки витков на носике веретена; 4) каретка возвращается к брусу в исходное положение, веретена крутятся, происходит наработка початка. Как видно из диаграммы (см. рис. 1) мощности сельфактора за весь рабочий период, длящийся 14—16 сек., в первом периоде мощность достигает максимума, т. к. каретка обладает большой массой и требует значительной мощности для ускорения этой массы, уменьшаясь в третьем периоде в 10—20 раз в зависимости от размеров станка и его холостых потерь. Это заставляет предпочитать групповой привод одиночному; обычно объединяют по 4 сельфактора в одну группу, сдвигая рабочие периоды каждого предыдущего сельфактора на один к каждому последующему. Этим удается значи-

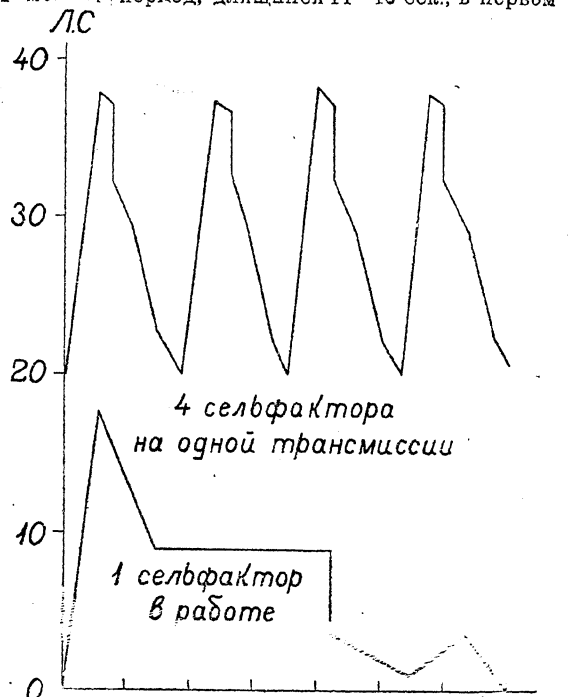


Рис. 1. Диаграмма нагрузки сельфакторов.

тельно уменьшить мощность мотора работающего на групповой привод, по сравнению с суммарной мощностью сельфакторов при одиночном приводе Последние испытания, проведенные в СССР, показывают, что даже в таком казалось бы выгодном для группового привода случае одиночный привод экономичнее и технически более совершенен. Потребление мощности на 1 веретено при 1.000 об./мин. требует от 0,0007 квт. до 0,0018 квт.

Кольцевой ватер является основной машиной прядильной фабрики, потребляя ок. половины всей энергии, необходимой для прядения.

Чтобы получить ровно намотанную катушку, а также избежать обрывов нити, необходимо регулировать скорость вращения веретен по мере изменения диаметра катушки, которая нарабатывается конусными слоями, т. к. иначе с изменением скорости будет меняться и натяжение нити. Обрыв нити чаще всего бывает при образовании начинка, вследствие наименьших диаметров и наибольших натяжений.

Вместо непрерывной регулировки ограничиваются уменьшением скорости при нарабатывании начинка и головки. Этого можно достигнуть наиболее экономично путем переключения числа полюсов с 6 на 8 и обратно при трехфазном токе (рис. 2).

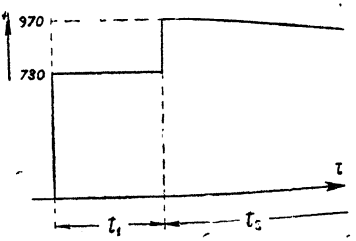


Рис. 2. Кривая оборотов мотора ватера с регулировкой путем переключения полюсов.

Теоретически, конечно, возможно и дальнейшее регулирование путем введения сопротивления в ротор мотора (рис. 3), но это сопряжено с потерями энергии и требует применения мотора с контактными кольцами, тогда как наиболее выгодным является для низких и средних номеров пряжи применение асинхронного мотора с короткозамкнутым якорем, обладающим более высоким кпд. При наличии постоянного тока регулировка числа оборотов

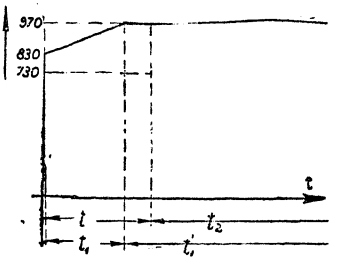


Рис. 3. Кривая оборотов мотора ватера с регулировкой путем введения сопротивления в ротор.

производится шунтовым регулятором шунтового мотора, соединенного с механизмом ватера (рис. 4). Однако, большинство современных центральных электрических станций генерируют

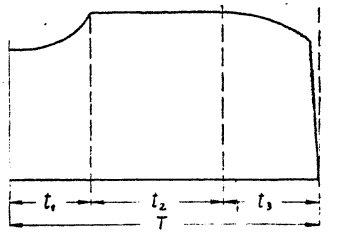


Рис. 4. Кривая оборотов шунтового мотора кольцевого ватера с регулировкой возбуждения.

трехфазный ток, поэтому шунтовой мотор постепенно выходит из употребления. Но с успехами в постройке крупных ртутных выпрямителей, кпд которых последнее время дошел до 99%, вопрос о шунтовых моторах постоянного тока опять стал на очереди. Наиболее удачные результаты получаются при работе с трехфазными коллекторными моторами с автоматическим регулированием скорости по заранее заданной кривой путем автоматического сдвига щеток на коллекторе. При этом получается почти ровное натяжение нити, а в силу этого более ровная и плотная катушка и значительное уменьшение обрывов. Регулировка производится без потерь энергии, при чем пусковой или шунтовой реостаты отпадают. Стоимость коллекторных моторов значительно выше асинхронных, а габаритные размеры вдвое больше, поэтому коллекторные моторы, напр.

типа Шраге, применяются только для высоких номеров пряжи; необходимость установки вентиляционного трубопровода для охлаждения мотора ведет к дальнейшему увеличению стоимости оборудования. Двигатель Шраге обладает постоянным моментом при различных числах оборотов. Это позволяет использовать лучше мотор Шраге, чем шунтовые моторы постоянного тока, работающие с постоянной мощностью, тогда как мощность ватера увеличивается с увеличением числа оборотов. Мощность такого шунтового коллекторного двигателя (типа Шраге): 5,2—7,4—8,9 квт, $\cos \varphi = 0{,}81$, число обор. в мин. 700—1.200.

В течение рабочего периода кольцевой ватер имеет сравнительно равномерную нагрузку, но после длительных остановок, когда смазочное масло загустевает, нагрузка мотора возрастает, как и у сельфакторов. Мощность на веретено и 1.000 об/мин.—0,001—0,0018 кв.

Второй этап обработки хлопка, следующий за прядением—это *ткацкая* фабрика с ее основным станком—ткацким. От привода для ткацкого станка требуется ровный ход, т. к. каждое колебание отражается на качестве материи, вызывая неоднородность ее. Это обстоятельство особенно важно для шелковых тканей. Неравномерность привода имеет и другие следствия: увеличение расхода энергии и понижение производительности станка.

Уменьшение неравномерности влечет увеличение среднего числа оборотов в минуту, пропорционально чему растет производительность станков; следовательно, с переходом на электрический одиночный привод и повышением числа оборотов в среднем имеем повышение продукции на 5%.

Длинные трансмиссии легко приходят в состояние упругого колебания, повторяя неравномерность хода первичного двигателя, особенно поршневых машин. Сюда присоединяется еще упругая игра ремня в случаях ременной передачи.

Большая равномерность в натяжении нити челноком и в силу этого меньшее число обрывов в свою очередь повышают качество продукции.

Ткацкие станки имеют простой до 20%, обусловливаемый заправкой станка, обрывами, выбрасыванием челнока и тому подобными причинами, во время которого при групповом приводе продолжается потребление энергии на покрытие холостых потерь трансмиссии. При одиночном приводе эти потери отпадают, т. к. мотор выключается в большей части специальным педальным выключателем. Возможно, однако, дальнейшее уменьшение потребления энергии ткацким станком путем выбора рациональной передачи от мотора к станку при одиночном приводе.

Зубчатая передача вызывает меньший расход энергии, чем ременная, до 9%. Зубчатая передача дает также бо́льшую равномерность числа оборотов, чем ременная, вследствие отсутствия упругой игры и скольжения, а также потому, что в среднем лучший кпд легче достигнуть в условиях передачи к ткацкому станку зубчатой передачей, чем ременной. Во избежание поломки зубьев шестерен, особенно при запуске станка, укрепление большой шестерни на особом шкиве или диске, укрепленном на валу, производится с помощью стягивания втулки пружиной, действующей на стальную ленту. При усилиях, превышающих заранее установленное сопротивление пружины, лента сдает, и начинается холостое скольжение шестерни. Имеется также много других способов для предупреждения поломки зубьев и уменьшения толчка, вредного и с производственной точки зрения.

В случаях ременного привода, который стоит дешевле зубчатого при оборудовании и достаточно широко распространен, во избежание вредных толчков употребляют обыкновенно качающуюся подставку для мотора, допускающую регулирование натяжения ремня, или леникс. Для одиночного привода ткацкого станка употребляют от трехфазного тока асинхронные моторы с коротко-замкнутым якорем, с числом оборотов в пределах от 1.000 до 1.500 в минуту, на шариковых подшипниках. Так как число моторов на ткацкой фабрике обыкновенно исчисляется тысячами, то кпд мотора играет большую роль в общем расходе электрической энергии. Это обстоятельство

побудило заводы разработать специальный тип асинхронного мотора для ткацкого станка. Обычный асинхронный мотор мощности 0,3 — 1,5 л. с. имеет кпд, равный соответственно 0,72—0,82, пусковой момент — менее 2 кратного от номинального. Увеличивая вес мотора и уменьшая потери в железе и меди, повышают кпд специальных ткацких моторов до 0,8 — 0,87 и пусковой момент от 2 до 2,5.

Последний основной этап в текстильном производстве составляет отделка тканей. В зависимости от сорта ткани меняются параметры технологического процесса, как, напр., продолжительность сушки или пребывания товара в ваннах с красителями. В соответствии с этим большинство машин требует регулировки числа оборотов.

Палильные машины требуют регулировки в пределах 1 : 2,5 и мощности ок. 4 квт. *Галандры* регулируются в пределах 1 — 1,3, но в момент заправки товара скорость понижается до $^1/_{10}$ от рабочей скорости. Наиболее практичным является применение трехфазного асинхронного мотора с регулировкой введением сопротивления в цепь ротора. Для привода во время заправки служит вспомогательный двигатель. Мощность основного мотора 4—15 квт. Сушильные машины требуют регулировки до 1 : 4 при мощности 3—5 квт. Вытяжные и мерсеризирующие машины требуют регулировки до 1 : 4 при мощности 4 — 15 квт. Печатные или набивные машины выполняют наиболее ответственную часть отделки. Регулировка доходит до 1 : 8, при заправке товара до 1 : 10. Наиболее рациональным является многомоторный привод таких машин шунтовыми моторами от пятипроводной сети (см. рис 5), напряжения которой относятся как 1 : 3 : 3 : 2. Переключение производится от специального контроллера. Возможно

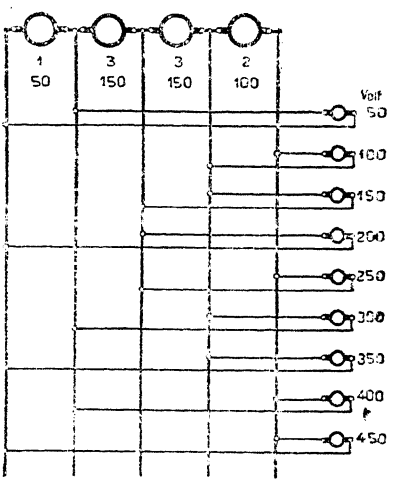


Рис. 5. Схема пятипроводной системы многомоторного привода ситце-набивных машин.

применение коллекторных моторов Шраге, а при небольших пределах регулировки — асинхронных трехфазных моторов с контактными кольцами. Потребная мощность ситцепечатных машин для 2-хвальной — 10-11 квт, 6-тивальной — 11-15 квт и 12-тивальной — 24 - 28 квт. При выборе типа двигателя необходимо учитывать тяжесть условий работы в атмосфере таких газов, как хлор и сероводород. Рационально там, где имеется только трехфазная сеть, применять ртутные выпрямители для получения постоянного тока. Шестифазные трансформаторы на 6.000 вольт понижают напряжение так, чтобы получить 460 вольт постоянного тока со стороны выпрямителей, кпд которых для данных мощностей доходит до 91%. Мощность машин для красильного производства трикотажных изделий дана в табл. 2.

Таблица 2.

Название машины	Характеристика машины	Потребная мощность
Красильные барки	Число оборотов головного барабана 30—80/мин.	0,5—1,5 квт.
Центрофуги	Диаметр корзины 1.200 *мм*	7,5 квт. при непосредственном соединении, 3,5 квт при ременной передаче.
Сушила	а) привод вентиляторов для подачи горячего (80—90°С) воздуха	5,5—10 квт.
	б) для привода прочих механизмов	1.5 квт.
Отделочные машины	а) горячие каландры	4,5 квт.
	б) ворсовальные машины	4,5—5,5 квт.

В виду того, что cos φ опускается до 0,6 на отделочных фабриках и до 0,7 на ткацких при числе часов использования 6.000—7.250 в год, желательно применение синхронных и фазовых компенсаторов и особенно статических конденсаторов.

При проектировании и определении мощности центральных электрических станций необходима проверка по удельному расходу энергии или на машину, или на единицу продукции, а также соотношения мощностей по отделам или цехам.

Для бумаго-прядильных фабрик опытные данные дают на 1.000 веретен — 18,6—20 квт. Для ткацких фабрик на 1 станок—0,4—0,425 квт., включая вентиляцию и освещение. Современные требования советской охраны труда по вентиляции и другие меры по охране и улучшению условий труда увеличивают эти удельные расходы энергии на 10% и более.

На ситце-набивных фабриках удельный расход исчисляется на кусок товара весом 3,3 *кг* от 1,21 до 2,5 квт и выше. Соотношение мощностей в прядильноткацких фабриках: трепальная — ок. 6%, чесальная — ок. 16%, прядильная — ок. 50%, ткацкая — ок. 23%, остальное — ок. 5%.

Литература: *С. И. Кричевский*, „Основные черты электрического оборудования текстильных фабрик“ (Москва, 1926); *В. Штиль*, „Электромоторный привод в текстильной промышленности“ (пер. с нем., 1924); A. E. G. „Elektr zität in der Textilindustrie“ (Brl., 1922); Siemens Zeitschrift, Textilheft (№ 12, 1925); „Электродвигательный привод в промышленности. Текстильная промышленность“ (сборн. статей, М., 1934).

М. Евреинов.

XVIII. *Электрический привод в писчебумажной промышленности.* Развитие бумажной промышленности идет в значительной мере параллельно с увеличением степени ее электрификации. Если 25 лет тому назад скорость бумагоделательной машины не превышала 40 *м*/мин. при ширине бумаги 2 *м*, то для настоящего времени скорости в 250 *м* мин. являются обычными при ширине бумаги до 5—7 *м*. Скорость в 450 *м*/мин. уже не является предельной. Естественно, что при таких скоростях не только непригодны старые системы ременных передач, но и одиночный электрический привод должен быть заменен многомоторным приводом с особыми синхронизирующими приспособлениями, не допускающими колебаний скорости как в целом, так и в отдельных частях машины, без чего возникла бы опасность разрыва бумажной ленты. С этой целью применяются специальные быстродействующие регуляторы, которые позволяют удерживать постоянство числа оборотов в пределах до ½%. Наличие таких крупных единиц, как дефибреры с мощностями до нескольких тысяч л. с., с одной стороны, и необходимость регулировки других машин, как, напр., вышеупомянутые бумагоделательные машины, требующие в зависимости от сорта бумаги возможность регулировки в пределах 1:20, обеспечили широкое развитие электрического одиночного одномоторного или многомоторного привода в этой отрасли промышленности. Кроме того, для некоторых машин требуется тихий ход, напр. для очистки сит или при заправке машины. В этих случаях электрические методы лучше других удовлетворяют требованиям.

Влажная атмосфера, наличие кислотных газов, а в некоторых помещениях наличие сухой пыли приводят к необходимости применять закрытые электрические моторы и закрытые с вентиляцией. Новый тип „обдуваемых“ двигателей, напр. УТ, должен найти в бумажном производстве широкое применение. В соответствии с этим и вся электрическая аппаратура, особенно моторные щитки, должна быть также защищена от влаги, газов или пыли. Наличие влажных помещений диктует применение системы электрических сетей трехфазного тока с незаземленной нейтралью. Напряжение 380/215 вольт при незаземленной нейтрали приходится рассматривать как высокое напряжение со всеми вытекающими отсюда конструкциями и мерами технической безопасности. Поскольку бумагоделательные фабрики работают непрерывно круглые сутки в течение целого года, за исключением нескольких дней для осмотра и текущего ремонта, от электрических установок требуется особая надежность, строго продуманная система замены

потерпевших аварию моторов и аппаратуры и наличие запасных моторов трехфазного тока, якорей для моторов постоянного тока и запасной аппаратуры.

Большинство моторов для бумажного производства не требует регулировки скорости, и асинхронный мотор трехфазного тока является наиболее подходящим двигателем. Моторы с сериесной характеристикой применяются, как обычно, для подъемных и транспортных сооружений.

Первым основным этапом производства является изготовление массы в трех видах: 1) древесной массы, получающейся на дефибрерах; 2) целлюлозы, получающейся химическим путем, и 3) тряпичной массы, подготовляемой на волчках, цель которых измельчить тряпки. Более подробно остановимся на работах тех машин, привод которых наиболее характерен.

Дефибреры (шлейферы, или древотерки; см. XXXII, 228). Мощность, потребная для них, весьма различна и даже в пределах одного типа сильно колеблется, в зависимости от поверхностей камней, давления, с которым дерево прижимается к камню, числа оборотов камня и свойств и состояния дерева. По средним немецким данным требуется около 5—7 л. с. на 100 *кг* воздушно-сухой древесной массы при работе дефибрера в 24 часа и 1, 2 л. с. на очистку коры, сортировку, рафинировку, мешалки и обезвоживание. Для самой тонко измельченной древесной массы — 10-12 л. с. на 100 *кг* при 24-хчас. работе. Следовательно, потребление энергии в среднем колеблется в пределах от ~ 1 до 1,5 квт/часов на 100 *кг* сухой массы. Мощность, потребная дефибреру, приблизительно может быть определена из формулы $P = SDnk$ киловатт; здесь S — сумма поверхностей балансов, трущихся о камни, в $м^2$, D — диаметр камней в *м*, n — число оборотов камней, k — коэффициент, в зависимости от количества древесной массы равный 0,50 — 0,70 для тонких сортов массы, 0,65 - 0,80 для средних, 0,90 — 1,10 для грубых.

Мощность моторов дефибреров иногда бывает очень велика - до 2.000 квт, нормально 300 — 600 квт при числе оборотов 250 в мин. Хотя пуск в ход происходит без прижима балансов к камням, однако самый вес заложенного дерева может вызвать значительный прижим балансов, и пуск в ход, можно считать, происходит при полной нагрузке. При изменении давления пресса мотор получает сильные толчки от изменения нагрузки до 60% и даже выше. Число часов использования доходит до 8.500 час. в год. Условиям работы дефибреров удовлетворяет асинхронный трехфазный мотор, при чем нередко один трехфазный мотор употребляется для двух дефибреров, т. к. регулировки скорости не требуется. Однако, стремление улучшить $\cos\varphi$ установок толкает к переходу к другим схемам привода.

Наиболее распространенной в СССР является установка с асинхронным мотором и компенсатором фаз. Харьковский электромеханический завод (ХЭМЗ) дал специальную схему такого рода с автоматическим включением мотора на фазокомпенсатор (рис. 1). При включении главного мотора автоматически с помощью контактора III включается мотор (6) компенсатора фаз. В тот момент, когда подвижные электроды жидкостного реостата достигли наиболее низкого положения и оба мотора развили полное число оборотов, происходит замыкание контактов *H* и включение обоих контакторов I и II.

Хорошие результаты с точки зрения экономичности достигаются применением синхронных моторов с перевозбуждением для улучшения $\cos\varphi$, а т. к. синхронные моторы имеют неудобство пуска в ход без нагрузки, то в последнее время применяются синхронные моторы с асинхронным пуском в ход. Эта схема в настоящее время признается наилучшей.

Условия работы моторов для дефибреров очень тяжелы месяцы почти непрерывной работы под полной нагрузкой, с большими толчками, в атмосфере влажного воздуха. Последнее обстоятельство заставляет применять специальную противосыростную изоляцию, особенно необходимую для высоковольтных моторов (3.000 6.000 вольт).

При пуске мотора требуется каждый раз предварительное просушивание изоляции. С увеличением диаметра

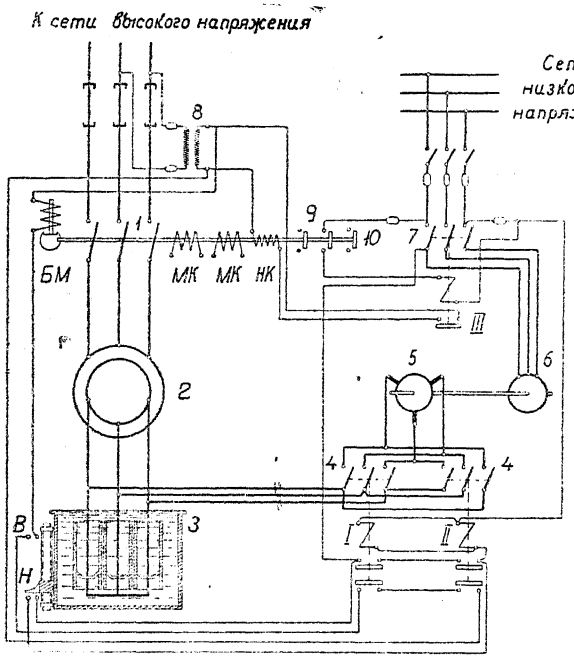


Рис. 1. Пуск двигателя и автоматическое переключение на фазокомпенсатор с помощью жидкостного реостата (по схеме ХЭМЗ).

скорость камней растет пропорционально количеству производимой древесной массы, но удельное потребление энергии быстро уменьшается (рис. 2). Сплошная линия показывает число лош. сил на 100 *кг* массы за 24 часа работы, пунктирная — количество древесной массы в ц т. за 24 часа в зависимости от скорости камней.

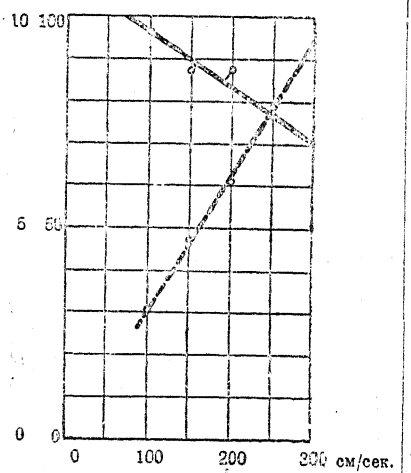


Рис. 2. Диаграмма удельн. мощности и производительности в зависимости от скорости камней.

Обычное число оборотов камня 220—250 об/мин., что соответствует окружной скорости ок. 16—18 *м*/сек.

Равномерность подачи баланса в дефибрерах оказывает большое влияние на качество массы. Отсюда возникает необходимость регулировки подачи баланса, при чем регулирующая система должна обладать малой инерцией и, кроме того, немедленно прекращать подачу при останове главного мотора дефибрера. Последнее условие легко осуществить, если подача производится от специального мотора, путем установки контактов в цепи этого мотора на масляном выключателе главного мотора. Контакты разрываются при выключении масляного выключателя, и подача прекращается. Из многочисленных систем отметим жидкостную подачу (масло или вода), где подача производится турбиной, а регулировка поступления жидкости в турбину осуществляется через вентиль, управляемый электрическим регулятором. Однако, для освобождения от сложной гидравлической системы масляная турбина со всей сетью труб и фильтров заменяется электромотором или постоянного тока со включением по системе Леонарда (см. ниже привод бумагоделательных машин), или от асинхронного двигателя с использованием быстродействующего регулятора Тома (Thoma), который вводит и выводит сопротивление в цепь ротора мотора подачи. Схема всей системы регулировки изображена на рис. 3. Регулятор Тома (3) поворачивает вал реостата (4)

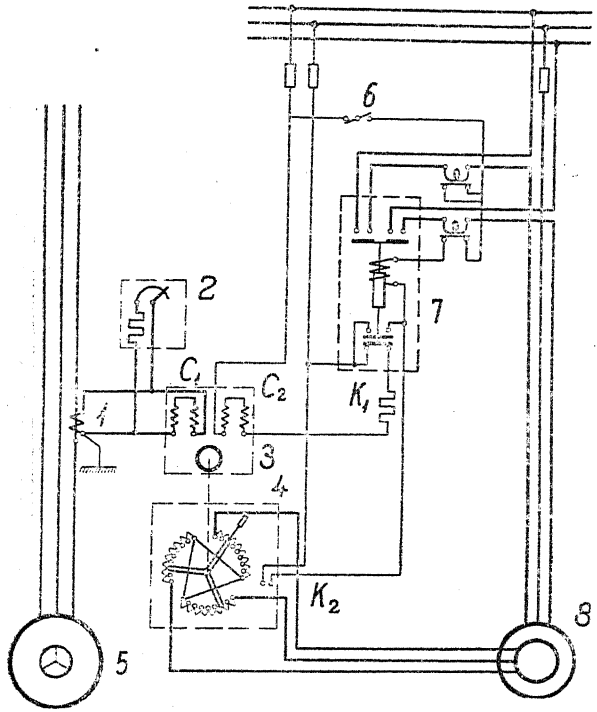


Рис. 3. Схема электрической регулировки подачи баланса от асинхронного двигателя с регулятором Тома.

мотора подачи (8). Питание основной катушки регулятора Тома производится от трансформатора тока (1), включенного первичной обмоткой в цепь двигателя дефибрера (5). Реостат (2) устанавливает пределы зависимости работы регулятора от нагрузки главного двигателя дефибрера. Двигатель подачи защищен максимальным автоматом (7), после выключения которого замыкаются контакты K_1 и тем самым включается добавочная катушка (C_2) регулятора. Действие этой катушки приводит к установлению реостата (4) в начальное положение и, следовательно, к полной разгрузке дефибрера, при этом контакты (K_2) замыкаются, включают соленоид автоматического выключателя, выключая катушку C_2, и вся система вновь входит в работу. Принцип действия регулятора Тома показан на рис. 4. Здесь катушка C_1 обозначена цифрой (2) и вспомогательная катушка (C_2) цифрой (14). При изменениях в силе тока в катушке C_1 (2), питаемой от трансформатора тока (1) на общей схеме, якорек (3), подымаясь или опускаясь, передвигает золотниковый (5) поршенек и освобождает выход маслу из полости (A) или (B) масляного серводвигателя (10), питание которого производится масляным насосом (8) с асинхронным двигателем (M). Разница в давлении в полостях A и B заставляет подвижную перегородку, разделяющую полости, перемещаться вокруг вала серводвигателя (11), соединенного с валом реостата (4) мотора подачи (см. общую схему). Точность регулировки колеблется $\pm 2\%$.

Мощности, потребляемые другими машинами для получения древесной массы, подготовленной для подачи на бумагоделательную машину, приведены в таблице 1.

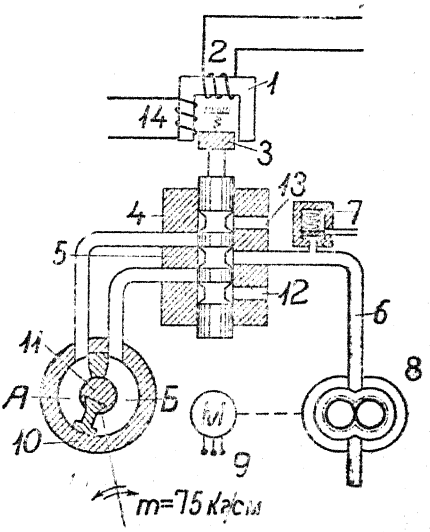


Рис. 4. Устройство быстродействующего регулятора Тома.

Таблица 1.

Название механизма	Конструкция	Производительность	Скорость вращения (или движения)	Производственные параметры		Необходимая мощность, квт
Корообдирки .	Дисковые . . .	6 скл. $м^3$/час. 10 „ „ 12 „ „	1.200 об/мин.	I велич. II „ III „	Диаметр диска 450—500 *мм*	4.4 — 7.4 7.4 — 12 9 — 13,5
Корообдирки .	Барабанные .	35—45 $м^3$/час 45—60 „ 60—76 „	7,5 об/мин.	Диаметр: 3050 *мм* 3050 „ 3660 „	Длина: 9150 *мм* 12200 „ 15725 „	50 75 92
Щеполовки . .	С автоматич. выгрузом щепы	Для 1 непрерывн. дефибрера 900 kw	1 оборот в 6—7 мин.	2750 *мм* 2050 „ 2050 „	2410 *мм* 3880 „ 5000 „	7.4 15 26
Сортировки . .	Центробежные системы Берда	40—60 *т*/24 часа	375 об/мин.	Сетчатый барабан диам. — 635 *мм*	длина — 730 *мм*	50
Рафинеры . .	С горизонт. валом	0,5—0,7 *т*/24 час. 1,0—1,5 „ 2,0—2,5 „ 3,0—4,0 „	350—450 об/мин. 280—350 „ 240—275 „ 200—230 „	Диаметр: 700 *мм* 1000 „ 1250 „ 1500 „	I велич. II „ III „ IV „	9—11 18—26 30—44 44—75
Папп-машины.	С сетчатым цилиндром	1,3—3,5 *т*/24 час. 2,2—5,2 „ 3,1—6,6 „	4—5 обор. цилиндра в мин.	Диаметр: 860 *мм* 1000 „ 1250 „	Длина: *мм* 1100—2200 1450—2650 1600—2600	3—3,7 3,7—4 4 4,4—5,2
Шнек-прессы .	Спиральные	I вел. 10 *т*/24 ч. II „ 20 „ III величина	28 об/мин. 20 „ Обычно не употребляется	— —	— —	7,4 14,8
				для древесной массы		

Машины для изготовления целлюлозы приводятся обычными трехфазными асинхронными моторами без регулировки числа оборотов, за исключением пресс-потов и роллов, где электричество берет на себя производственные функции.

Роллы, или *голландеры* (*см.* XXXII, 229′). Наиболее простой передачей от мотора к роллу является ременная. Установка барабана производится от руки, хотя возможно применение вспомогательного мотора для этой цели. Сам ролл не требует изменения числа оборотов, имеет значительные колебания в нагрузке, следовательно применение группового привода более целесообразно, чем одиночный привод. Однако, с точки зрения интересов производства одиночный привод дает значительные преимущества: раз установленный режим размола фиксируется измерительными электрическими приборами, и последующий размол массы получается в строгом соответствии с поставленными требованиями, причем потребная мощность регулируется давлением барабана на планку. Установка барабана может быть автоматизирована при помощи реле, включенного в цепь главного мотора и регулирующего работу вспомогательного мотора, изменяющего положение барабана.

При давлении барабана на планку, или слой волокна, ок. 10—12 *кг*/*см*^{2} получается „жирная“ масса, при давлении ок. 12—18 *кг*/*см*^{2} получается „садкая“ или „тощая“ масса, при увеличении давления волокна будут раздавливаться, дробиться на волоконца с тупыми кон-

цами. При укорачивании волокна до крайнего предела получается негодная для бумаги „мертвая" масса, при расщеплении волоконца до крайнего предела получается также негодная „слизистая" масса. Отсюда видно, какую роль играет правильно выбранное давление барабана на планку и стремление автоматизировать процесс. Одна из схем такой автоматизации приведена на рис. 5. Эксцентрик (9), обладающий сложной, специально для данного режима работы построенной кривой, регулирует работу мотора барабана путем изменения сопротивления (6).

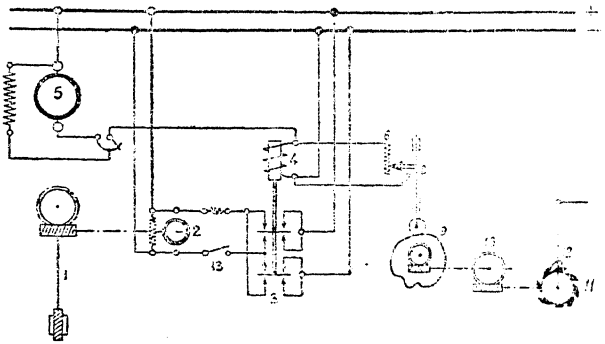


Рис. 5. Схема автоматической регулировки размола целлюлозы.

Мощность мотора для роллов теоретически трудно поддается расчету. Предпочитают готовые типы роллов подвергать испытанию при различных условиях работы, устанавливая мощность опытным путем. Потребная мощность моторов к ним колеблется в пределах от 10—75 квт. Применяется чаще всего асинхронный мотор с ременной передачей, устанавливаемый внизу под роллом для сбережения места. Противосыростная изоляция обязательна.

Мощности, потребляемые машинами для производства целлюлозы, сведены в табл. № 2. В табл. № 3 указаны

Таблица 2.

Название механизма	Конструкция	Производительность	Скорость вращения, об/мин.	Производственные параметры, мм		Необходимая мощность, квт
Древорубки . .	С 3 ножевыми дисками	До 25 м³/час	150—300	Диам. диска 2100	Наиб. диам. баланса 360	30
		„ 35 „	150—250	2500	450	44
		„ 50 „	125—225	2800	550	92—150
Сортировка щепы	Барабанные	3—4 м³/час	11—12	Бараб. (диам.) 950—1400	Длина: 5200	0,74
		10—12 „	14	1500—1850	8500	1,5—2,2
Дезинтеграторы	С подвижными биллами типа Ломбарда	15 м³/час	970—1150	Диам. — 680; ширина 630	I велич.	6—7,5
		25 „	970—1150	„ 1000	II „	7,5—11
		35 „	970—1150	„ 1250	III „	11—15
Сепараторы	С одним валом	15—20 т/24 ч.	90	Длина вал.: 6500	II велич.	15—38
	С двумя валами	20—35 „ и выше	—	6500	II „	22—48
Сучколовитель	Барабанные	10—15 т/24 ч.	25—30	Диаметр: 500—860	Длина: 1500—990	0,75—1,5
Сгустители . .	—	7—16 т/24 ч.	9—14	Диам. цил.: 1250	Длина: 1200—3000	0,75—2,5
Шнек-прессы .	Спиральные	10—12 т/24 ч.	25—30	I велич.		6—7,5
		24—30 „		II „		13,5
Отбельные роллы . . .	Двухходовые	Загрузк. при 8% зарядке (кг)		Емкость (м³)	Диаметр пропелл.:	
		1600	160	20		5
		4000		50	600—700	15
		8800		110		32
Отбельные роллы . . .	Трехходовые	9600	130	120	950—1100	33
		14400		180		45
		32000		400		95—103

Таблица 3.

Название механизма	Конструкция	Производительность	Скорость, об/мин.	Производственные параметры	Необходимая мощность, квт
Волк-машины	Многобарабанные	300— 500 *кг*/час 500— 800 „ 800 -1000 „	100—130 об/мин.	Колич. барабанов 2 I велич. 3 II „ 4 III „	3,7—6 6—8 6,5—11
Отпыловочные барабаны	Деревянные	300—400 *кг*/час	12 об/мин.	Диаметр Длина 3,5—4 *м* 1,8 *м*	3
Тряпорубка	Барабанные Гильотинные	450—750 *кг*/час 250—600 „	— 60—80 разрез. в мин.	Длина ножа: 270—370 *мм* 3—5 ножей, длиной 200—300 *мм*	2,2—4,4 2,0—6,6
Отпылители	Железнодорож.	700—1300 *кг*/час	200—215 об/м.	4—8 валов шириной 600—1000 *мм*	1.5—3,7
Тряпоковарочные котлы	Шаровые	Загрузка 800—2500 *кг* тряпья	1,0—0,5 об/мин.	Диаметр: Емкость: 2200—3000 5400—13700 л.	1,1—2,2
Полумассные роллы	Нормальные открытые	Загрузка при 5% зарядке 150 *кг* 225 „ 300 „ 400 „	 148 об/мин. 120 „ 108 „ 98 „	Диаметр Ширина— Емкость: барабана: 1100 *мм* 1000 *мм* 3000 л. 1350 „ 1250 „ 4500 „ 1500 „ 1400 „ 6000 „ 1650 „ 1500 „ 8000 „	11—18,5 18,5—26 26—37 29—44
Отбельные роллы	Пропеллерные ординарные	Загрузка при 8% зарядке 1600 *кг* 2800 „	 160 об/мин. 160 „	Емкость: Диаметр пропел.: 20 *м*³ 600—700 *мм* 35 „ 600—750 „	6 10,3

Переработка бумажного брака.

Бегуны	Базальт-гранит Цилиндрич. бегунки	2500 *кг*/24 часа 5500 „ 10000 „	57—75 об/мин.	Загруз. возд.-сух. массы 150—200 *кг* 450—500 „ 1000 „	11—15 26—29 37—52
Бракомолка (измельчитель)	Непрерывного действия	250 *кг*/24 часа 600 „	170—250 об/мин. 120—160 „	Диаметр бил: 330 *мм* 380 „	9—18,5 18,5—44

Размол и подготовка бумажной массы.

Массные роллы	Обычная современная	Загрузка при 7% зарядке 210 *кг* 315 „ 420 „ 700 „	 142 об/мин. 127 „ 116 „ 106 „	Вместимость: Велич. B 3000 л. „ C 4500 „ „ D 6000 „ „ E 10000 „	11—26 18.5—37 26—60 29—75
Мельница для рефайнирования	Коническая	За 24 часа 3— 8 т. 10— 30 „ 20— 70 „ 80—165 „	300 об/мин. 300 „ 250 „ 250 „	Размеры конуса: Вел. Диам. Длина: 0 250/ 600 *мм* 900 *мм* I 350/ 680 „ 1245 „ II 550/ 970 „ 1600 „ III 600/1300 „ 2050 „	7,4—18.5 22—94 60—125 110—220

мощности моторов машин для производства тряпичной полумассы.

Следующим основным этапом является производство самой бумаги. Электрический привод бумагоделательных машин делается полностью функциональным, что вызывает необходимость в сложных схемах при очень большом разнообразии их.

Привод бумагоделательных машин (*ср.* XXXII, 231′ сл.). Малейшее изменение в скорости влечет изменение в толщине бумаги, обстоятельство, вызывающее ряд электрических схем для достижения постоянства скорости. Тонкая регулировка скоростей — основное требование бумагоделательных машин, в зависимости от сорта бумаги и неравномерности вытягивания ее в секциях. Обыкновенно на машине изготовляются два-три сорта бумаги; тогда регулировка остается в пределах 1 : 3; но как только машине ставится задача выделки бумаги от тонких сортов до картона, пределы регулировки расширяются до 1 : 25 с предельным колебанием числа оборотов ± 1%. Если принять во внимание требование тихого хода при чистке сит, то получаем три основные требования, предъявляемые бумагоделательными машинами к электрическому приводу: 1) широкая регулировка (до 1 : 25), 2) постоянство числа оборотов (не свыше ± 1%, а для высших сортов даже ±0,5%), 3) возможность медленного хода для осмотра и чистки сит.

Наиболее употребительными являются двигатели постоянного тока с включением по системе Леонарда и вольтодобавочным схемам.

Приблизительная величина моторов для переменной части при наибольшей скорости получается из следующей формулы: $P = k\left(b + 0{,}55\right) v \left(1 + \frac{q}{630}\right)$ квт, где P — мощность мотора в киловаттах; k — фактор, зависящий от рода выполнения машины, особенно от числа прессов, сушильных цилиндров, вальцов для придания глянцевитости и т. д. ($k = 0{,}18$—$0{,}26$ для легких сортов бумаги до 40 *гр/м²* при скоростях до 120 *м*/мин., $k = 0{,}26 - 0{,}33$ для бумаги свыше 40 *гр/м²* при скоростях до 250 *м*/минут); v — скорость бумаги в *м*/минуту, b — рабочая ширина бумаги в *м*, q — вес бумаги *гр/м²*.

Для выбора системы привода и определения мощности мотора необходимо знать: 1) систему бумагоделательной машины с плоскими или цилиндрическими ситами (сетками); 2) сорта и вес бумаги q в *гр/м²* и соответствующие им скорости бумаги; 3) максимальные и минимальные скорости бумаги; 4) рабочую ширину бумаги; 5) минимальную скорость для осмотра и чистки сеток; 6) данные о размерах рабочих шкивов и оборотах их в минуту; 7) заводские данные о машине; 8) должно ли быть предусмотрено кнопочное выключение мотора.

Схемы электрических приводов бумагоделательных машин, как было указано, очень разнообразны. Остановимся на более типовых.

Регулирование числа оборотов мотора в широких пределах, включая реверсирование, осуществляется в принципе просто при включении по схеме Вард-Леонарда (рис. 6). Мотор постоянного тока M, приводящий в движение

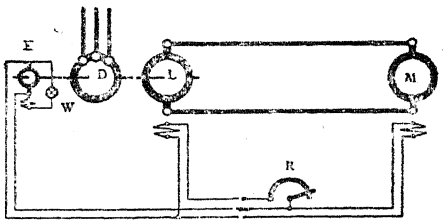


Рис. 6. Привод бумагоделательной машины — схема Леонарда.

машину, питается от динамо-машины L, находящейся на одном валу с асинхронным мотором D. Питание обмоток возбуждения и мотора и динамо происходит от постороннего источника, если таковой существует на заводе, или от возбудителя E, находящегося на оси того же асинхронного мотора. Напряжение, передаваемое от главной динамо-машины мотору, заставляет последний вращаться с числом оборотов, если пренебречь падением напряжения и реакцией якоря:

$$n = \frac{CV}{\Phi} = C'V,$$

т. к. для шунтового мотора магнитный поток Φ является величиной постоянной для данной нагрузки. Следовательно, $n \cong f(V)$, и с изменением напря-

жения мотор будет соответственно менять число оборотов.

Изменяя направление тока в обмотках возбуждения главной динамо, можно заставить мотор вращаться в обратную сторону, т. е. реверсировать его, без применения тяжелой аппаратуры.

Вольтодобавочный аггрегат для прямого или встречного включения (рис. 7) состоит из трех машин на одном валу: двух шунтовых динамомашин постоянного тока и асинхронного мотора, приводящего в движение обе динамо. Динамо включены последовательно с тем, чтобы на клеммах шунтового мотора постоянного тока, работающего на бумагоделательную машину, можно было установить любое напряжение, а, след., и любое число оборотов, путем вычитания и добавления эдс одной динамо к эдс другой динамо. Возбуждение динамо и мотора поддерживается одной из динамо (K). Для поддержания постоянного напряжения у питающей динамо

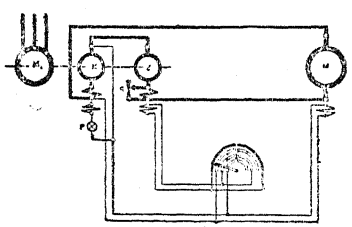


Рис. 7. Схема привода бумагоделательной машины—прямое и встречное включение.

в ее цепь возбуждения включены железные сопротивления, находящиеся в стеклянных колбах в атмосфере водорода. Такие сопротивления обладают свойством поддерживать постоянный ток в своей цепи при широких изменениях вольтажа, т. к. при возрастании вольтажа возрастает нагрев нити и, след., сопротивление самой железной нити (рис. 8). Если напряжения V обеих динамо равны между собой, то область регулирования лежит в пределах от 0 до $2V$. При малых напряжениях вольтодобавочная машина становится чувствительной (при слабых насыщениях магнитов) к реакции якоря и омическим потерям в якоре, т. к. процентуально они быстро растут по мере приближения напряжения к нулю; для компенсации этих влияний динамо (K) снабжается компаундной обмоткой. Обе динамо имеют

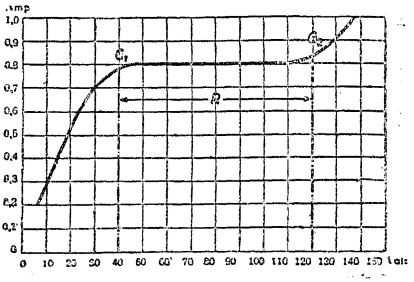


Рис. 8. Характеристика железо-водородного сопротивления.

обыкновенно одинаковую мощность. При наличии сети постоянного тока аггрегат состоит из мотора и вольтодобавочной машины.

Показанная на схеме компаундирующая обмотка (S) вольтодобавочной динамомашины необходима при напряжениях на клеммах мотора, близких к V, т. к. это время по якорю слабо возбужденной вольтодобавочной машины проходит большой ток и реакция якоря может привести к резким колебаниям напряжения и, след., числа оборотов.

Многомоторный привод бумагоделательных машин. Регулирование числа оборотов при помощи конических передач с большим количеством шкивов и ремней не только требовало большого времени, не менее двух трех часов при переходе от одной скорости к другой, но и было связано с излишним расходом энергии. Прогресс конструкций бумагоделательных машин, допускающий скорости до 450 *м*/мин. и выше, выявил несостоятельность системы ременных передач поддерживать одинаковое натяжение в листе бумаги по мере прохождения ее через многочисленные части машины. Упругая игра ремней, хотя бы из самого лучшего материала, приводит к разнице в скоростях бумажной ленты, а, след., и к ее разрыву, при огромной скорости самой бумаги. Разница в скоростях между ведущим и ведомым ремнями из-за эластичности ремня не может быть

доведена менее чем до 1—1,5%. К этому необходимо прибавить скольжение ремня на шкивах, суммирующееся при последовательно соединенныхременных передачах — величина неопределенная в зависимости от расположения ремня, влажности воздуха, натяжения и т. д., однако, не меньшая чем 1,5—2%.

Отсюда возникла необходимость по возможности освободиться от последовательно включенных ременных передач, и от идеи одного электрического мотора пришли к многомоторной системе, при которой отдельные части машины приводятся от собственного мотора. Число оборотов таких моторов должно быть точно синхронно между

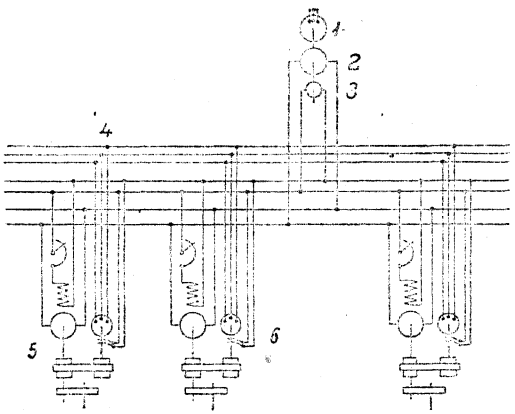


Рис. 9. Схема многомоторного привода бумагоделательной машины—синхронизация добавочными синхронными моторами.

собой. Это достигается целым рядом схем, среди которых одной из основных является схема Леонарда, где регулирующая динамо (2) питает ряд отдельных моторов. Однако, колебания в нагрузке отдельных моторов могут вызвать расхождение скоростей в отдельных частях машины. Это компенсируется различными путями: введением трехфазной (4) синхронизирующей линии (рис. 9), которая питает синхронные вспомогательные моторы, связанные ременной передачей с основными моторами (5). Задача этих вспомогательных моторов, работающих то как генераторы, то как моторы, заключается в выравнивании изменений нагрузок между отдельными моторами и сохранении таким образом постоянства числа оборотов.

Более точным приспособлением для сохранения синхронности в работе отдельных моторов является синхронизирующий вал системы Барбуртона, соединенный с одним из зубчатых колес дифференциальной передачи Харлянда; вторая зубчатка соединена с мотором постоянного тока. При равном числе оборотов рукоятка шунтового регулятора, соединенного с дифференциальной передачей, остается в покое; при наличии разницы тело дифференциала начинает вращаться вместе с ручкой реостата в ту или другую сторону. Преимущество такой системы перед системой синхронных моторов заключается в том, что якорь вспомогательного синхронного мотора имеет игру в пределах ± 90 электрических градусов, не выходя из синхронизма, тогда как механическая дифференциальная передача имеет более узкие пределы угловых колебаний.

В последних схемах роль механического дифференциала выполняет т. наз. реактивный синхронный двигатель, который отличается от асинхронного короткозамкнутого мотора наличием выраженных полюсов, что достигается путем выемок на окружности ротора: такой двигатель легко впадает в синхронизм. Статор этого мотора сделан подвижным, на специальных подшипниках, и соединен с ручкой регулировочного реостата мотора.

Проводя сравнение между преимуществами и недостатками одномоторного и многомоторного приводов, надо отметить: 1) большую точность в поддержании правильного натяжения бумаги и в силу этого возможность больших рабочих скоростей, а, след., и повышение продукции; 2) экономию в потреблении энергии; опыт показывает, что при трансмиссионной передаче в лучшем случае потери неизбежны в размере 20%, при неблагоприятном устройстве в старых приводах потери доходят до 50% и выше. Разбивка одного большого мотора на 8—12 моторов при многомоторном при-

воде понижает общий кпд на 3%; сюда нужно добавить потери на зубчатые передачи отдельных моторов—еще ок. 3%; однако, в результате применения многомоторного привода имеем около 14—19% экономии в расходе энергии (американцы дают значительно большие цифры экономии); 3) экономию в месте, занимаемом всей установкой, большую доступность к отдельным частям машины, возможность включений и регулирования отдельных частей бумагоделательной машины. Применение означенных систем позволило осуществить производство самых тонких сортов бумаги при больших скоростях.

Система быстродействующей регулировки скорости. Для достижения постоянства скорости употребляются различные схемы, большинство которых основано на принципе Тирилль или регулятора напряжения Броун-Бовери. В этих схемах в цепь возбуждения регулирующей динамо схемы Леонарда включено сопротивление, включаемое или выключаемое путем замыкания реле в зависимости от напряжения на клеммах мотора. Действие реле усиливается маленькой динамо, посаженной на один вал с мотором и питающей реле. Задачи этого реле—приближать или удалять пластинку от замыкающих контактов и тем самым увеличивать или сокращать время включения сопротивления в цепи регулирующей динамо. Эта система допускает регулировку скорости в пределах $\pm 0{,}5\%$, хотя для равномерности движения большинства сортов бумаги было бы достаточно $\pm 1\%$.

Каландры. Электрический привод каландра должен давать возможность регулировки скорости для различных сортов бумаги в пределах 1 : 3 (в большинстве случаев). При остановке каландра стальной валик вдавливается в бумажный, и при пуске в ход это требует большого начального момента (до тройного нормального). Но повышение начального усилия влечет также выдавливание масла во время остановки между валом мотора и подшипником, что влечет увеличение коэффициента трения. Для заправки бумаги в каландр требуется скорость не свыше $\left(\frac{1}{15}, \frac{1}{25}\right)$ нормальной скорости, т.-е. 8—12 *м*/мин. Из других особенностей нужно отметить необходимость быстрой остановки каландра, т. к. в случае обрыва бумаги лист может накрутиться на валик и вызвать поломку машины. Этим определяется характер электрического привода. Шунтовой двигатель постоянного тока с питанием от трехпроводной сети с двумя напряжениями обычно удовлетворяет указанным требованиям, равно как и трехфазный коллекторный двигатель типа Шраге, позволяющий регулировку в пределах 1 : 3. В производстве находят применение схемы Леонарда и вольтодобавочные машины. Применяется также система двух асинхронных двигателей, включенных в каскад, при чем малый вспомогательный мотор приключается к ротору главного мотора. Этим небольшим вспомогательным мотором (мощность ок. 10—12%) от основного мотора пользуются для заправки бумаги. Для быстрой установки употребляются специальные приспособления: например, одновременно с выключением якорь мотора постоянного тока замыкается накоротко с введением некоторого сопротивления. При трехфазном токе для торможения применяется тормозной магнит. Мощность мотора каландра ориентировочно определяется по формуле: $P = k \cdot w \cdot v \cdot b$ квт, где $k = 0{,}015$—0.026, w — число валов каландра, v — максим. скорость в *м*/мин., b — рабочая ширина валов в *м*.

Для накатки бумаги на валик необходимо непрерывное автоматическое возрастание числа оборотов пропорционально увеличивающемуся диаметру рулона бумаги по мере процесса накатки. Обыкновенно это достигается механическим путем с помощью фрикционной скользящей муфты. Hartweger применил электрический способ асинхронной машины, имеющей подвижной статор и ротор. Коротко замкнутый ротор непосредственно соединен с коллекторным сериесным мотором с пределом регулировки 1 : 2, характеристика которого подобрана так, чтобы соответствовала заданному изменению числа

оборотов по мере намотки бумаги в рулон, а сдвиг щеток от руки только подрегулировал бы скорость. Когда ротор изменяет свою скорость в пределах от скорости синхронного поля до двойной синхронной скорости, статор меняет число оборотов в пределах от нуля до синхронного (рис. 10).

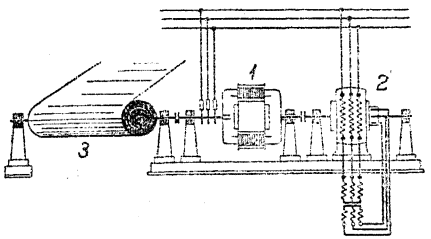


Рис. 10. Схема Hartweger'a для регулировки скорости каландра.

Бумагорезательные машины также требуют регулировки скорости в пределах, которым вполне удовлетворяет шунтовой мотор постоянного тока или мотор типа Шраге. Мощность мотора лежит в пределах 1,5—7 квт.

Для мощных бумагоделательных фабрик вопрос подачи сырья (бревен) из реки на производство может быть решен только механическим способом. Рис. 11 дает представление о самотаске

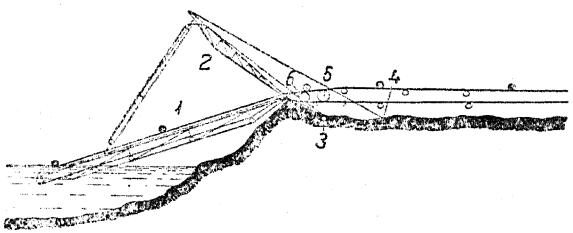


Рис. 11. Эскиз самотаски Блейхерта.

Блейхерта, применяемой Сясьским комбинатом. Мощность мотора для такой самотаски определится из формулы:

$$P = \frac{G \cdot v \cdot k\,(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{60 \cdot 102} \text{ квт},$$

где α—угол наклона лесотаски, G—суммарный вес движущихся частей самотаски и бревен, μ — коэффиц. трения $\cong 0{,}3$, v – скорость цепей в *м*/мин., k – коэфф. запаса, обычно принимаемый равным 2.

Литература: *W. Stiel*, „Electrische Papiermaschinenantrieb"; A. E. G. „Electrizität in der Papier-Industrie" (1933); Siemens-Zeitschrift, „Papier-sonderheft" (№ 5, 1927); *В. В. Попов*, „Электрический привод на бумажных фабриках" (1934).

М. Евреинов.

XIX. *Электропривод в металлургической промышленности.* Электрическое оборудование металлургической промышленности обладает наиболее крупными единицами и наиболее сложными схемами. Распределение энергии производится обычно трехфазным током 3.300 или 6.600 вольт в зависимости от размеров территории завода. Крупные моторы (свыше 250 квт) питаются непосредственно от шин станции. Широкое регулирование числа оборотов, реверсирование хода валков, ряд сложных автоматических приспособлений требуют использования постоянного тока, который получается от синхронных двигатель-генераторов, или ртутных выпрямителей, или от аггрегатов Леонарда-Ильгнера с асинхронными двигателями. Технологический процесс исключает возможность останова без значительных убытков, потому к электрическому приводу предъявляются требования особой надежности, напр. моторы для подъемников домн устанавливаются в двойном количестве (1 запасный), на складах завода хранятся запасные якоря, части машин и аппаратура.

Характер нагрузки наиболее ответственных моторов — повторно - кратковременный, с большим числом включений в час. Повторяемость процесса на данном стане, машине или подъемниках позволяет построить диаграмму на основе технологических данных и определить мощность мотора по методам, указанным в теоретической части главы о электроприводе (см. выше, стб. 58 сл.).

При оборудовании доменных печей непрерывность процесса и связанность во времени и в последовательности операций выплавки чугуна остро выдвигает потребность в автоматизации. При загрузках домны бадьей необходимо избегать качания бадьи, перехода ее через определенные скорости, перехода бадьи через установленное положение и т. д. — отсюда вытекает необ-

ходимость точной регулировки, что достигается применением модифицированных схем Леонарда и рядом блокирующих приспособлений, освобождающих электрический тормоз или ограничитель скорости. Важно, чтобы при подъеме бадьи колошниковый затвор был плотно закрыт. Для этого в каждой стороне колошникового затвора имеются электрические контакты, не позволяющие сразу спустить бадью обратно. Специальный замыкатель на ограничителе хода позволяет сработать мотору на очень коротком отрезке пути—бадья немного поднимается, останавливается, мотор переключается на обратный ход, и бадья вновь опускается на колошник. Таким образом происходит как бы встряска, застрявшие куски угля или флюса проскальзывают вниз, колошниковый затвор плотно закрывается, возобновленные контакты восстанавливают питание мотора. Предупреждение столкновения бадьи с подвозящей руду, уголь и флюс вагонеткой и неправильной посадки бадьи на вагонетку осуществляется также с помощью блокировки и реле, регулирующих движение бадьи, включение которых происходит по мере движения вагонетки, так как контакты для включения реле помещаются на рельсах. Переградуированный на метры вольтметр (обычно два—регулирующий и простой) показывает высоту шихты в зависимости от величины сопротивления, включаемого в цепь с помощью штанг, опускающих в домну до поверхности шихты.

Для осуществления перечисленных операций и автоматизации всего процесса существует много схем. Советская практика показала, что большинство заграничных схем, особенно германских, обладают излишней сложностью и могут быть упрощены. В ближайшие годы практика наших новых заводов должна подтвердить правильность прорабатываемых в настоящее время советских вариантов. Электрическое оборудование рудного двора очень различно в зависимости от производительности домн и системы их загрузки. Мощность двигателей специальных опрокидывателей для разгрузки вагонов — ок. 20 квт, желательны двигатели с сериэсной характеристикой, хотя применяются и асинхронные. Если домны обслуживаются катучим краном, то мощность двигателя зависит от производительности крана; например, кран 600 *м*/час, способный сбслуживать две домны, имеет пять моторов: 150 квт.—для подъема, 70 квт.—для тележки, два по 25 квт.—для моста, 4,5 квт.—для торможения. При скиповом подъемнике подача руды от амбаров к подъемнику производится электрическими вагон-весами. Вагон-весы на 26 *т* снабжены двумя двигателями по 30 квт. при скорости движения 200 *м*/мин. Один из важнейших металлургических процессов, мартеновский, автоматизируется в значительной степени. Типовая для СССР мартеновская печь на 150 *т* чугуна имеет единый пост управления 13 ю моторами.

Название механизма	Колич. шт.	% ED	Мощн. пост. тока квт.	Мощн. перем. тока квт.
Подъем заслонок . .	5	25	4	3,5 (к. з.)
Шибера для газа . .	2	15	6	9 „
„ „ воздуха	2	15	6	9 „
„ в котельн. бо рове	1	15	6	9 „
„ в дымов. . . .	1	15	6	9 „
Вентилятор дутья в печь	1	100	13,3*)	14,7 „
Эксгаустер в котельной	1	100	—	135**)

Моторы для шиберов имеют повторно-кратковременный режим работы 8—10 сек. через 20—30 мин.; вентилятор для дутья в печь имеет жесткое соединение с мотором. Все моторы, кроме вентиляторов, реверсивные.

В современном томасовском цехе с миксером имеется большое электрическое оборудование с 40 — 50 моторами с общей мощностью до 900 квт. без воздуходувок. Однако, оборудование крайне разнообразно, равно как и электрические схемы, и должно служить объектом специального проектирования.

В доменном цехе вопрос измерений и контроля играет очень важную роль. Задачей контрольных измерений служит взвешивание количеств, измерение количеств газовых и жидких

*) Шунтовой с регулировкой.
**) С к. кольц. регулируемый.

средств, измерение давления, температуры, влажности, состава газа всякого рода, измерение времени (длительность процесса, простои и т. д.). Большая часть приборов устанавливается непосредственно у обслуживаемого аггрегата. В этом случае кожуха приборов должны быть непроницаемы для пыли, грязи и влаги, а шкала хорошо освещена. Особо следует отметить электрические регистраторы CO_2, $CO+H$ и N.

Электропривод в прокатном деле позволил совершенно перестроить это производство. Впервые электродвигатель для прокатных станов был использован в Швеции в 1894 г. и в 1905 г. в Америке. В Европе в 1906 г. был пущен в ход первый реверсивный стан с двигателем мощностью в 750 квт. с тройным якорем. Современное прокатное производство требует более мощных моторов и более сложных схем электропривода, чем другие отрасли индустрии, - реверсивные моторы в настоящее время доходят до 35.000 квт. в одном аггрегате.

После выхода железа и стали из литейной они подвергаются обработке молотом, прессом или валками, выпуская частью конечный продукт (рельсы, кровельное железо, броневые плиты) или промежуточный фабрикат, который может быть использован непосредственно (сортовое и фасонное железо в постройках) или подвергнуться дальнейшей обработке на токарных, фрезерных, строгальных и др. станках (*ср.* XX, прил. к стб. 151,52, 46 сл.).

За 200 лет существования обработки металла методом прокатки не разрешен достаточно точно вопрос определения мощности мотора теоретическим путем в силу сложности процесса, сущность которого состоит в том, что металл, силой трения увлекаемый валками, под их давлением на поперечное сечение, вытягивается и при повторной прокатке принимает нужное сечение по размерам и форме, в зависимости от постепенного уменьшения расстояния между валками или уменьшения калибров или размеров ручьев. Процесс деформации сопровождается процессом трения металла в калибре - таким образом потребная мощность мотора должна покрыть деформацию металла и трение, связанное с деформацией, а также все потери в прокатном стане, моторе и приводе.

Такие виды проката, как, напр., проволока, требуют непрерывности производства на так называемых непрерывных станах. В зависимости от стана нереверсивного, реверсивного или непрерывного модифицируется метод расчета мощности мотора, пусковых и регулирующих приспособлений и способы коммутации.

Во всех трех случаях необходимо определить мощность для покрытия статических сопротивлений (деформация, трение). Формула Прейслера позволяет вычислить работу, связанную с деформацией металла:

$$A = pv \ln \frac{H_2}{H_1} \left(\frac{h_{1m}}{h_{2m}} \right)^2 \text{ кг-м},$$

где v — объем деформируемого тела в $см^3$, H_2 и H_1 - максимальные высоты сечения до и после пропуска через валки в *см*, h_{1m} и h_{2m} — средние высоты сечения до и после пропуска в *см*, p — давление истечения для данного сорта и температуры в $кг/мм^2$.

Для определения работы трения в калибре пользуются формулой Н. С. Верещагина:

$$A_{тр.} = F(l_2 - l_1) =$$

$$= (20 \div 30)(1+\beta\zeta)(\lambda-1) l_1 T \sqrt{p},$$

где T — величина поверхности соприкосновения металла с валком, $\zeta = \frac{U-2b}{2b}$, где U — длина полного периметра калибра, b — ширина цилиндрической поверхности соприкосновения с металлом, $\lambda = \frac{H}{h}$; коэф. β для железа < 2; когда боковое давление отсутствует, $\beta = 0$. Добавочные потери на трение падают главным образом на шейки валков и в шестеренной клети:

$$A_{вал} = 2pTfl\frac{d}{D},$$

где l — длина полосы после пропуска, d и D — соответственно диаметры шейки и валка, коэф. $f \cong 0{,}075$ при хорошей смазке. Потери в шестеренной клети принимаются за 5% от полной чистой работы прокатки.

Приведенные формулы дают ориентировочное знание, которое должно проверяться на основе опытных данных удельных расходов энергии при прокатке различных сортов и данных потерь холостого хода. Задаваясь временем одного пропуска, получаем необходимую мощность.

Суммируя опыт прокатки, Тиме дает формулу для определения энергии на валу главной соединительной муфты:

$$A = G(\lambda - 1)\,\Delta \text{ квч},$$

где G — вес прокатки в m, λ — полная вытяжка металла, Δ — коэф. прокатки,

Род готового материала	α	Примечание
Заготовка из крупных слитков (больше 200×200 *мм*)	0,6—1,0	
Заготовка из мелких слитков (200×200 *мм*)	0,6—1,0	ближе к 1,0
Квадратное средне- и крупносортное	0,7—1,0	
Круглое и полосовое крупно- и средне-сортное	0,7—1,4	
Рельсы, тавровое, угловое, шпалы	1,4—1,6	
Двутавровое и швеллерное железо	1,6—1,9	
Мелкосортное круглое и квадратное	1,6—2,4	миним. вес 0,75 *кг/м*
Мелкосортное тавровое и угловое	1,8—4	миним. вес 4 *кг/м*
Мелкосортное двутавровое и швеллерное	2,2—4	
Проволока и круглое железо	1,2—2,6	

$\Delta = \alpha\Delta_0$, значение α приведено в таблице, $\Delta_0 = 0{,}4 - 0{,}00044\,(\lambda - 80)$ при $\lambda > 80$, при $\lambda = 60$ $\Delta_0 = 0{,}5$, при $\lambda = 40$ $\Delta_0 = 0{,}7$, при $\lambda = 20$ $\Delta_0 = 1{,}1$, при $\lambda = 10$ $\Delta_0 = 1{,}7$. Зная время каждого пропуска и промежутки между пропусками, строим диаграмму мощности, откуда и определим средне-квадратичную мощность для нереверсивных станов. Если стан имеет ряд клетей, нужно знать их число, диаметры валков и их шеек, производительность стана за смену и число смен в сутки, материал—вес и размеры болванок, сортамент прокатки и расположение стана. Для смягчения толчков, получаемых двигателем вначале пропуска, особенно болванок, а также для уменьшения толчков в электрической сети, применяют маховик, работающий параллельно с двигателем при понижении числа оборотов двигателя в моменты наибольшей нагрузки.

Запас кинетической энергии в массах, вращающихся с угловой скоростью ω, равен:

$$A = I\frac{\omega}{2}\ кг\text{-}м,$$

где I — приведенный момент инерции. Заменяя момент инерции через маховой момент GD^2 (приведенный к числу оборотов мотора) и ω через $\frac{2\pi n_1}{60}$, где n_1 — число оборотов мотора, получаем выражение $A = 0{,}137.\ GD^2 n_1^2\ 10^{-5}$ квт. сек., где G—вес вращающихся масс или, при ориентировочных подсчетах, вес маховика. D — приведенный диаметр инерции. Понижение оборотов мотора с n_1 на n_2 заставляет маховик отдать энергию, равную:

$$\Delta A = 0{,}137\ GD^2\left(n_1^2 - n_2^2\right)10^{-5}\ \text{квт. сек.}$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2} = 2s - s^2, \text{ где } s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}.$$

На основании этой зависимости можно построить кривую отдачи энергии маховиком в процентах от максимальной энергии. При относительном падении скорости (скольжение) $s = 10\%$, маховик отдает 19% запасенной энергии.

Динамическое равновесие системы мотор-стан выразится уравнением:

$$M_{стат.} = M_{мах.} + M_{мот.}$$

$$M_{стат.} = M_{прок.} + M_0,$$

где $M_{прок.}$ момент, равный моменту сопротивления прокатке, M_0 — момент холостого хода стана. $M_{мах.}$ определится после дифференцирования dA по dt:

$$M_{мах.} = -\frac{GD^2}{375}\frac{dn}{dt} = \frac{GD^2}{375}n_1\frac{ds}{dt},$$

где n_1 — синхронное число оборотов асинхронного двигателя или число оборотов холостого хода шунтового мотора, если бы не было потерь.

Так как для моментов мотора имеем соотношение:

$$\frac{M_{ном.\ мот.}}{s_{ном.}} = \frac{M_{мот.}}{s} = \frac{M_{стат.}}{s_{стат.}},$$

где $s_{стат.}$ соответствует скольжению, которое имел бы мотор, преодолевая момент $M_{стат.}$ без помощи маховика, то, подставляя найденные выражения в

уравнение динамического равновесия, получаем:

$$\frac{M_{\text{ном. мот.}}}{s_{\text{ном.}}} s_{\text{стат.}} = \frac{GD^2}{375} n_1 \frac{ds}{dt} + \frac{M_{\text{ном. мот.}}}{s_{\text{ном.}}} \cdot s$$

$$\frac{ds}{s_{\text{стат.}} - s} = \frac{M_{\text{ном. мот.}}}{s_{\text{ном.}}} \frac{375}{GD^2 n_1} \cdot dt,$$

или после интегрирования:

$$s_{\text{стат.}} - s = Ke^{-\frac{t}{T}},$$

постоянная интегрирования

$$K = s_{\text{стат.}} - s_0,$$

где s_0 — скольжение при холостом ходе; тогда

$$s = s_{\text{стат.}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + s^0 e^{-\frac{t}{T}},$$

откуда получаем выражение для крутящего момента двигателя за время пропуска (прокатки):

$$M_{\text{мот.}} = M_{\text{стат.}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + M_0 e^{-\frac{t}{T}}.$$

Изменение крутящего момента после пропуска во время паузы происходит по формуле

$$M_{\text{мот.}} = (M_a - M_0) e^{-\frac{t}{T}} + M_0,$$

где M_a — динамический момент, идущий на ускорение системы $M_a = \frac{GD^2}{375} a$, при замедлении M_a переходит в M_b и ускорение a замедляется замедлением b. T имеет измерение в секундах аналогично постоянной времени нагрева мотора и носит название постоянной инерции двигатель-маховика, хотя правильнее ее назвать постоянной времени разряда энергии маховика:

$$T = \frac{GD^2 \cdot n}{375\, M_{\text{ном. мот.}}} \cdot s_{\text{ном.}}$$

При построении нагрузочной диаграммы моментов можно пользоваться шаблоном для шунтовых и асинхронных моторов, как то имело место при проверке мотора на нагрев. При работе мотора с маховиком выбирают 10—15% скольжения при 100% перегрузке двигателя. Для уменьшения веса маховика необходимо, чтобы мотор проявлял известную чувствительность к нагрузке. Однако, естественного скольжения бывает недостаточно. Приходится прибегать к компаундированию регуляторами скольжения (при наличии индукционных двигателей контакторными или жидкостными, см. рис. 1). Время действия регулятора 0,5—1 сек. Центральным звеном являет-

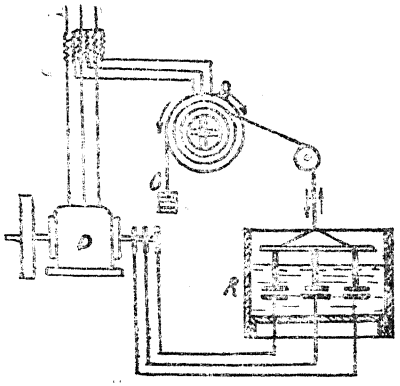


Рис. 1.

ся мотор D_1, включенный в цепь главного мотора через трансформатор. Крутящий момент двигателя D_1 и момент, создаваемый противовесом C при малых нагрузках, не в состоянии поднять электроды реостата, однако при перегрузках главного мотора напряжение на клеммах мотора D_1 растет, момент возрастает в квадрате напряжения и становится достаточным для подъема электродов и увеличения сопротивления слоя жидкости. Схемы компаундирования шунтовых двигателей очень разнообразны, одна из них, наиболее простая—снабжение возбуждения компаундной обмоткой. По мере увеличения нагрузки сила тока в якоре и, следовательно, в компаундной обмотке, растет, обороты мотора падают, и маховик принимает на себя пик нагрузки, так как

$$n = C \frac{V - \Sigma IR}{\Phi}.$$

Если на одном стане приходится прокатывать различные профили, необходима регулировка числа оборотов, при чем в зависимости от сортамента регулировку приходится доводить до 45% изменения скорости. При выборе системы регулирования должно учитывать, с каким моментом и какой мощностью должен работать стан. Если требуется постоянная мощность, то крутящий момент, очевидно, будет падающим с увеличением скорости.

Для регулирования нереверсивных станов практическое значение имеют главным образом компаундные двигатели постоянного тока и асинхронные трехфазные двигатели.

Двигатели постоянного тока шунтовые с компаундной обмоткой с добавочными полюсами и компенсационной обмоткой позволяют осуществить регулировку в пределах 1 : 2,5. Для регулировки скорости в более широких пределах употребляется вольтодобавочный аггрегат. Схема Леонарда применяется только в случаях широкой регулировки. Выбор рода тока производится обычным способом путем сравнения капитальных затрат и эксплоатационных расходов при различных вариантах. Однако, при одинаковых расходах постоянный ток имеет технические преимущества, равно как при переходе области регулирования свыше предела 1:2 или при наличии нескольких регулируемых систем. При трехфазном токе наиболее простая регулировка достигается введением сопротивления в цепь ротора асинхронного мотора с контактными кольцами. Из экономических соображений, так как часть энергии теряется в регулировочном реостате, этот способ применяют для изменения скорости в пределах 12—15% от максимальной.

Регулировка достигается также переключением числа полюсов. Экономически она выгодна, так как не сопровождается потерями в роторе. Тех же результатов можно достигнуть каскадным включением. Однако, число ступеней скоростей очень невелико, а cos φ низок (ок. 0,5). Большое количество комбинаций достигается переключением полюсов и каскадным включением. Здесь имеется очень много схем: Orlikon Wust, и др.

Возможно применение трехфазных коллекторных моторов, но только для легкой прокатки, так как мощность этого типа моторов ограничена (ок. 600 квт.), и только с шунтовой характеристикой типа Шраге. При сериесной характеристике в конце каждого проката мы имели бы резкое повышение числа оборотов, что противоречит в основе диаграмме скорости проката.

Стремление уменьшить потери на тепло при регулировке скорости, добиться более точной регулировки и постоянства скорости на данной ступени привело к широкому распространению на практике схем с дополнительными машинами к главному прокатному мотору, в частности получили распространение схема Кремера с одноякорным преобразователем, с пределом регулировки до 35% ниже синхронной скорости, и схема Шербиуса с коллекторной машиной Шербиуса, с пределами регулирования ± 25% выше и ниже синхронной скорости, или ок. 45% от максимальной. Схема Кремера дает нам систему с постоянной мощностью, система Шербиуса обладает постоянным моментом. Каскадное включение по схеме Кремера превращает электрическую энергию скольжения в механическую энергию второго мотора, соединенного с валом основного мотора через одноякорный преобразователь, к кольцам которого подается энергия скольжения. На схеме рис. 2 одноякорные преобразователи питают моторы постоянного тока для вспомогательных целей. Преобразователь и

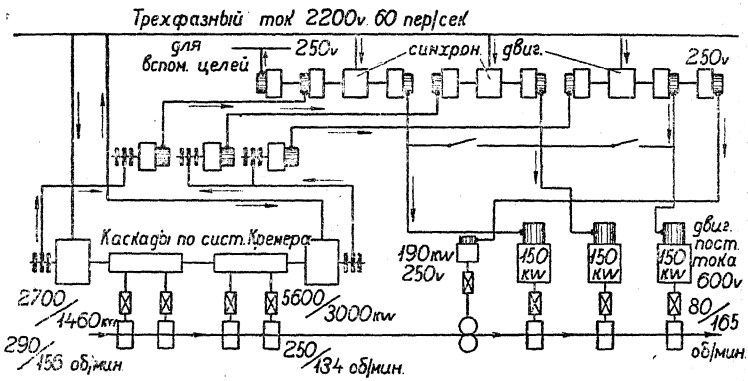


Рис. 2.

моторы имеют возбуждение, питаемое от постороннего источника, обычно добавочного аггрегата. Запуск производится следующим образом: после того как асинхронный мотор достиг нормального числа оборотов при холостом ходе, дается возбуждение преобразователю и включается рубильник, соединяющий ротор главного мотора с к. кольцами преобразователя. Последний начинает медленно вращаться пропорционально числу периодов тока ротора, которое очень мало при холостом ходе главного (прокатного) мотора. Устройство демпферных обмоток в башмаках магнитов преобразователя облегчает вхождение в синхронизм якоря преобразователя уже при 1% скольжения ротора прокатного мотора, что при 50 пер./сек. в сети будет соответствовать скорости вращения преобразователя при $^1/_2$ пер./сек. Давая мотору пост. тока заранее определенную величину возбуждения, начинают питать последний от преобразователя. Если главный мотор асинхронный и мотор постоянного тока на одном валу, то при определенном возбуждении устанавливается определенное число оборотов аггрегата, при чем индуктированное напряжение в моторе постоянного тока находится в равновесии с эдс преобразователя с поправкой на падение напряжения в цепи моторпреобразователь.

Регулировка числа оборотов главного мотора производится изменением возбуждения мотора постоянного тока. Увеличивая возбуждение, увеличиваем индуктированное напряжение в моторе пост. тока, которое перевешивает эдс преобразователя и вызывает в нем ток, обратный генерируемому. Следовательно, крутящий момент, создаваемый током ротора асинхронного мотора, увеличится. Якорь преобразователя получает ускорение, напряжение растет в цепи ротора, в силу чего начинает увеличиваться скольжение главного мотора, т.-е. уменьшается число оборотов. Со своей стороны, мотор постоянного тока с увеличением возбуждения снижает число оборотов. Равновесие возобновляется, когда эдс преобразователя достигает величины индуктированного напряжения мотора пост. тока при новом числе оборотов всего аггрегата. Для увеличения числа оборотов аггрегата уменьшают возбуждение мотора пост. тока; эдс преобразователя получает перевес над индуктированным напряжением в моторе, в результате в мотор посылается добавочный ток. Это увеличение отдаваемой преобразователем энергии может быть покрыто только за счет махового момента преобразователя, вследствие чего число оборотов, число периодов и напряжение преобразователя начинают убывать—главный мотор устанавливает свое число оборотов соответственно меньшему скольжению. Одновременно мотор постоянного тока увеличивает с уменьшением возбуждения число оборотов, и весь аггрегат увеличивает число оборотов. Чем больше скольжение главного мотора, тем больше энергия скольжения. Обозначая мощность, заключенную в воздушном зазоре асинхронного мотора, через P_0, через s — скольжение в %, определяем для механической мощности на валу асинхронного мотора

$$P_{\text{мех.}} = P_0 \frac{100-s}{100}.$$

Получаемая через преобразователь мотором пост. тока электрическая мощность

$$P_{\text{эл.}} = P_0 \frac{s}{100}.$$

Вся мощность, отдаваемая аггрегатом прокатному стану:

$$P_{\text{мех.}} + P_{\text{эл.}} = P_0,$$

откуда следует, что кремеровский аггрегат работает с постоянной мощностью независимо от числа оборотов и что число оборотов убывает обратно пропорционально возрастанию крутящего момента, если мотор пост. тока непосредственно соединен с валом асинхронного мотора. Аггрегат будет работать с постоянным моментом, если преобразователь отдает ток в сеть для питания ряда вспомогательных моторов, как это показано на схеме (рис. 2).

Преобразователь обычно строится на 25 пер./сек. с тем, чтобы при 50 пер./сек. в сети имелась бы возможность регулирования на половинное число синхронных оборотов. Если запускать асинхронный мотор при вклю-

ченном к ротору преобразователе, то последний пойдет в разнос, для предупреждения чего устанавливают центробежный выключатель на валу преобразователя. Аггрегат защищают максимальные и нулевое реле, сигнальные и блокировочные устройства, препятствующие неправильному включению.

Перевозбуждением преобразователя можно добиться улучшения $\cos\varphi$, так как асинхронный мотор начинает компенсироваться конденсаторным током, однако в пределах не свыше 0.9.

В принципиальной схеме Шербиуса энергия скольжения ротора асинхронного мотора передается коллекторной трехфазной машине, тогда необходимость в преобразователе отпадает. Если регулирование должно происходить при постоянной мощности, то коллекторная машина помещается на одном валу с асинхронным мотором; при регулировании с постоянным моментом машина устанавливается отдельно и через генератор переменного тока отдает энергию скольжения в сеть. Изменяя коэффициент трансформации регулировочного трансформатора, включенного между контактными кольцами асинхр. мотора и статором коллект. машины, регулируем по заданию скорость главного мотора. Рис. 3 дает схему Шербиуса с регулировкой ниже синхронной скорости путем компаундирования машины Шербиуса и схему „квадратичной" системы Леонарда, где возбудитель g_1 питает возбудитель двигателя g_2, возбудитель генератора g_3 и машины g_4, задача которой — ускорить процесс возбуждения. В 1917 г. эта схема была усовершенствована американцами так, что получилась возможность не только подсинхронной, но и сверх-синхронной регулировки. В этом случае обмотка возбуждения коллекторной машины получает питание, с одной стороны, от колец асинхронного двигателя через регулировочный трансформатор, а другие концы обмотки соединены с преобразователем частоты, который соединен с валом асинхронного мотора.

Метод Гейланда позволяет достигнуть регулирования скорости асинхронного мотора путем каскадного включения с преобразователем частоты. Ротор двигателя соединяется с коллектором преобразователя, кольца преобразователя частоты соединяются через регулирующий трансформатор с сетью, с помощью трансформатора меняется напряжение на кольцах а следовательно и на коллекторе преобразователя, а следовательно и на кольцах асинхронного мотора. В результате скольжение меняется, и устанавливается требуемая скорость. Выключив трансформатор, уничтожим напряжение на коллекторе и кольцах преобразователя частоты. Асинхронный двигатель получит нормальное своей нагрузке скольжение, т.-е. приблизится к синхронной скорости. Переключая концы обмоток преобразователя на 180° и постепенно увеличивая напряжение путем включения трансформатора, заставим асинхронный двигатель повысить скорость выше синхронной. Преобразователь частоты или соединяется с асинхр. мотором через зубчатую передачу, или приводится в движение от особого быстроходного асинхронного двигателя.

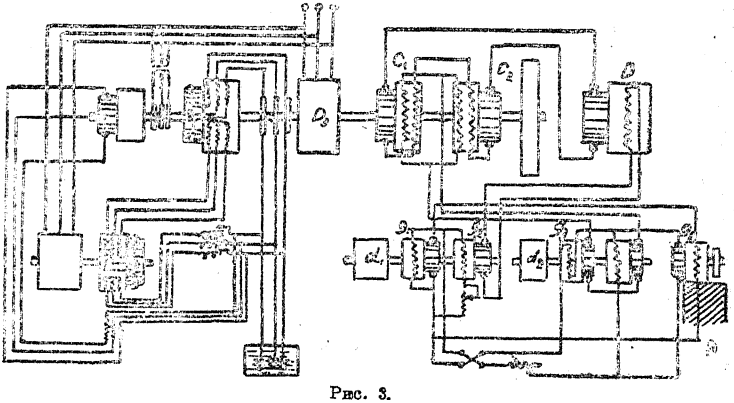


Рис. 3.

Компаундирование, так же, как и в схемах Шербиуса, достигается с по-

мощью сериесного трансформатора, меняющего напряжение на кольцах преобразователя с изменением нагрузки гл. двигателя. Улучшение $\cos\varphi$ достигается передвижением щеток на коллекторе преобразователя частоты.

Для приводов с постоянной мощностью добавляется синхронный двигатель на вал привода, который и превращает энергию скольжения, получаемую через преобразователь, в механическую энергию. Изменяя возбуждение синхронного двигателя, достигают нужной скорости привода; в этих схемах преобразователь частоты пропускает через себя энергию скольжения, поэтому при больших мощностях они не применяются, так как с увеличением мощности преобразователя хорошая коммутация трудно достигается. При наличии на предприятии постоянного тока регулирование скорости путем применения моторов постоянного тока является наиболее рациональным и технически и экономически. При наличии только трехфазного тока для регулирования скорости нереверсивных станов применяют как схемы Шербиуса, так и схемы Кремера. Однако, в СССР получила распространение схема Кремера, окончательно же выбор решается путем подсчета вариантов в зависимости от местных условий. Для привода реверсивных станов применяется почти исключительно система Леонарда—Ильгнера, которая преобразует переменный ток в постоянный, дает возможность регулировать число оборотов от нуля до установленного предела, реверсировать двигатель и, кроме того, принимать на себя толчки нагрузки, выравнивая тем самым диаграммы нагрузки сети в зависимости от величины маховика. Отличие этой схемы от схемы Леонарда заключается в маховике, устанавливаемом на умформере. Одним из основных условий реверсивности является уменьшение махових моментов вращающихся масс, которые должны реверсироваться. В этих целях прокатный мотор делается при больших мощностях с двойным якорем, чтобы уменьшить его диаметр. Для уменьшения веса маховика и машин весь умформер мотор-генератор делается быстроходным. Число реверсов в соответствии с числом пропусков обжимаемого материала (обычно 10—20 в мин.) доходит до 30 в мин. Диаграмма скорости должна быть подобрана таким образом, чтобы захват болванки проходил при $\sim 0{,}4$, а выход болванки при 0,7—0.8 от скорости пропуска, так как слишком большая скорость при захвате болванки дает большой толчок в сети и требует увеличения мощности мотора. Большие скорости выбрасывания болванки после прохода через валки ведут к перенапряженной работе моторов рольгангов.

Диаграммы моментов и мощности, необходимые при выборе мощности главного мотора и всех остальных единиц ильгнеровской системы, даны на рис. 4, где M — результирующий момент при основной скорости, M' — с поправкой на повышенную скорость проката $M' = M\frac{n}{n_d}$, P и P' — мощности двигателя соответственно моментам M и M'. Результирующий момент M является суммой моментов: M_p — момент холостого хода стана, M — момент, создаваемый процессом прокатки, моменты ускорения M_A и замедления M_R. Индексы у M_A и M_R показывают, что эти моменты различны при различных ускорениях и замедлениях. Величины слагающих определяются по способам, указанным в разделе нереверсивных двигателей. Мощность определяется обычным путем, как произведение средне-квадратичного момента на основную скорость, и проверяется на время разбега, перегрузочный момент при различных скоростях и на нагрев. Характеристики реверсивного двигателя 5.200 квт. показаны на рис. 5. Кривые I и 1 соответствуют моменту и мощности при продолжительной работе, кривые II и 2 — наибольшие допустимые момент и мощность, III и 3 — перегрузочные момент и мощность, при которых должно происходить отключение мотора.

Основной или номинальной скоростью называется скорость при полном возбуждении двигателя, номинальной мощностью и моментом называются таковые

при полном возбуждении двигателя и при основной скорости. Для блумингов основная скорость не велика и не

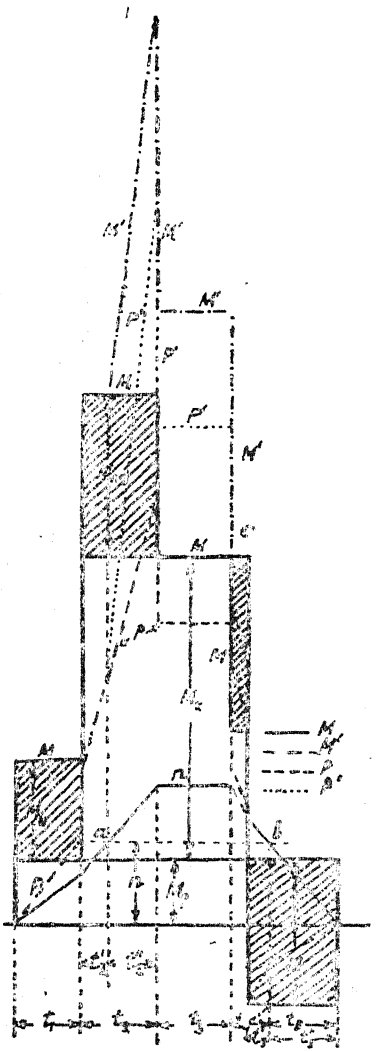


Рис. 4.

превышает 40—60 об./мин. Перегрузочный момент прокатных двигателей должен не менее, чем в 3,5 раза превышать номинальный момент.

Мощность генераторов пост. тока, соединенных с прокатным мотором, должна равняться мощности последнего с учетом его кпд. Мощность асинхронного мотора, приводящего в движение аггрегат Леонарда-Ильгнера:

$$P_{\text{инд. мот.}} = \frac{1{,}1\ P_{\text{прок. мот.}}}{\eta_{\text{прок. мот.}}\ \eta_{\text{пер.}}\ \eta_{\text{генер.}}}.$$

Коэфф. 1,1 учитывает потери в регуляторе скольжения. Различные модификации и усложнения в основной схеме Леонарда связаны в первую очередь с необходимостью компенсировать энергию электромагнитных полей ге-

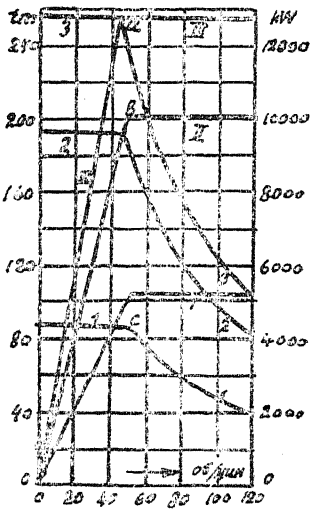


Рис. 5.

нератора, меняющихся с каждым пропуском по величине и направлению, а также изменение полей двигателя. На схеме рис. 6 метод быстрого возбуждения применяется дважды: и в цепи возбуждения возбудителей, и в цепи главных машин путем шунтирования введенных в эти цепи омических сопротивлений. Давая обмоткам возбуждения при реверсировании напряжение больше нормального, уменьшают его введением омического сопротивления. Трансформатор T_1 через последовательное реле действует на контакты управляющего реле, регулируя скольжение. Для регулировки скорости $\pm(10\%)$ выше и ниже синхронной применяется также система Kozisek'a (рис. 6). Эта система проще системы Шербиуса, но пределы регулировок меньше, не переходя $\pm 15\%$ синхрон. скорости. При механическом каскаде компенсирова

ная машина Kozisek'a находится на одном валу с двигателем группы Леонарда-Ильгнера. Подбором фазы эдс

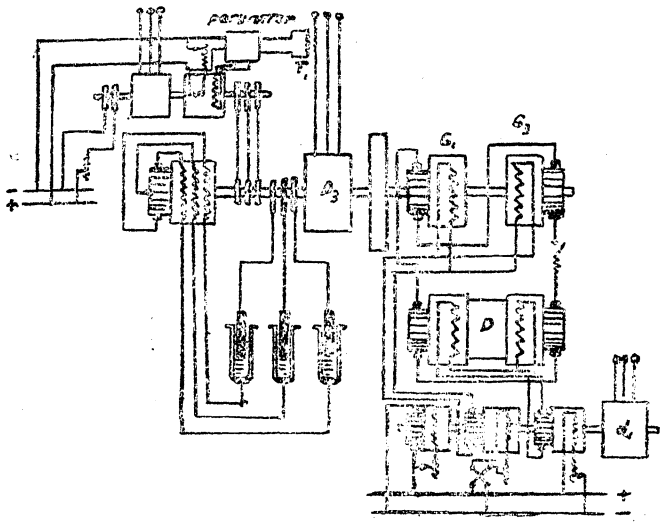


Рис. 6.

заставляют машину работать в режиме мотора или в режиме генератора. Недостаток системы, кроме узких пределов регулирования, — трудности в коммутации, в силу чего напряжение на коллекторе должно оставаться в пределах 100 вольт, что увеличивает размеры коллектора.

Для защиты прокатного двигателя от коротких, но больших перегрузок применяется компаундирование двигателя и противо-компаундирование генераторов группы Ильгнера. Во избежание уменьшения средней скорости проката противо- и компаундирование рассчитывается на значительные перегрузки, почти не оказывая влияния при малых перегрузках. Так как при реверсе компаундная обмотка двигателя должна переключаться, а это при больших токах потребовало бы тяжелой аппаратуры, то компаундируют возбуждение прокатного двигателя от особой динамо, возбуждающейся от рабочего тока реверсивного двигателя. Защита от перегрузок при неумелом управлении станом осуществляется путем электромагнитной блокировки рычага управления. На случай серьезных аварий, коротких замыканий и опасных перегрузок устанавливаются автоматы, обесточивающие возбуждение генераторов и двигателя; для этих же целей устанавливается в цепи прокатного двигателя автоматический выключатель с ограничителем тока размыкания (добавочное сопротивление). Все управление двигателем и аггрегатами производится контакторами с поста управления. В 1931 г. в СССР были построены первые два электропривода для блумингов по схеме Леонарда-Ильгнера.

Становой (прокатный) мотор пост. тока 750 вольт имеет мощность 7.000 л.с., число оборотов регулируется от 0—50 и 120 об./м. Предельная мощность при 46 об./м.—19.000 л. с. Аггрегат Ильгнера состоит из трехфазного двигателя мощностью 5.000 л.с., 375 об./м. и непосредственно соединенных с ним двух генераторов постоянного тока мощностью по 3.000 л. с. и стального маховика диам. 4,4 *м.* весом 62 *т*, который и принимает на себя все перегрузки.

Привод непрерывных станов возможно осуществить, если при прокатке сохраняется определенное соотношение скорости по мере изменения профиля прокатки. В зависимости от сорта прокатки эти соотношения должны меняться. На черновой прокатке это почти не отражается. Промежуточные клети уже требуют регулировки, которая легко удовлетворяется шунтовым мотором. Отделочные клети уже требуют регулировки скорости до 1 : 5; в этих случаях регулировка осуществляется по схеме Леонарда. Поскольку для различных сортов регулировку скорости приходится осуществлять в различных пределах на различных стадиях проката и, кроме того, непрерывность

процесса требует строгого синхронизма в соотношениях скоростей, то в данном случае электрический многомоторный привод является наиболее рациональным. Схема рис. 2 дает пример из американской практики электрического привода непрерывных станов, где особенностью системы постоянно-переменного тока является использование энергии скольжения асинхронных моторов одних клетей для привода других клетей моторами постоянного тока. Мощности двигателей для 9 клетей ок. 11.000 квт. Промежуточные клети имеют регулировку по системе каскадов Кремера, отделочные клети—по системе Леонарда.

Для бандажных и трубопрокатных станов требуются моторы 200—450 квт., для прокатки дисковых колес 400—800 квт., для трубопрокатных станов последнее время стали применять отдельные двигатели постоянного тока на каждом валке, при этом особенно важно постоянство скоростей обоих двигателей. Это достигается дополнительной обмоткой в каждом якоре. Эти обмотки соединены через кольца между собой. Разница в скоростях якорей вызывает уравнительные токи, которые и создают синхронизирующие силы.

Электрический привод рольгангов обычно осуществляется для группы рольгангов. Режим работы моторов рольгангов чрезвычайно перенапряжен: 1.500—2.000 включений в час. Мощность мотора для реверсивных рольгангов определяется по формуле:

$$P = 0{,}3(G + G_1)\,v - 0.6\left(G + \frac{G_2}{2}\right)\frac{v^2}{T} \text{ квт.},$$

где G—вес слитка в m, G_1 – суммарный вес вращающихся частей в m, v—скорость подачи в $м$/сек., G_2—вес роликов в m, T—время ускорения в сек. Практически считают на один ролик от 2,2 до 3,7 квт. Наиболее подходящий тип двигателя—сериесный постоянного тока. За границей выпущены двигатели мощностью до 0,55 квт. для каждого ролика, при чем ротор мотора соединен с роликом, а статор—с неподвижной осью ролика. Мощность двигателя для подъемных столов определяется:

$$P = 2{,}2\,\frac{G}{T} \text{ квт.},$$

где G—вес слитка в m, T—продолжительность подъема в сек.

Мощность двигателей (ориентировочно): а) кантователя—75 квт.; б) для установки валков при $D = 900$—1.000 $мм$—15 – 26 квт.; в) для опрокидывания болванки—до 75 квт.; г) для транспортных проволочных лент длиной 6—8 $м$, шир. 250—300 $мм$—4,5 — 7,5 квт.; д) для мотовил: для проволоки — 3.7 квт., обрезков провол.—11 квт., нагрет. провол.—5 квт., шинного и обручного железа — 10 — 15 квт.; е) для выталкивания болванок — 11 — 30 квт.; ж) для волочения проволоки по эмпирической формуле

$$P = 1.100\ k_2\ GR\ \lg\frac{Q}{q} \text{ квт.},$$

где k_2 — предел упругости до волочения в $кг/мм^2$, Q и q — сечение проволоки до и после волочения, G — теоретическая производительность установки в m/мин., R — коэфф., равный:

Уменьшение сечения в %.	10	18	26	34	42	50
Величина R . .	0,12	0,1125	0,105	0,097	0,092	0,0845

В современном листопрокатном цехе рабочий остался только у пультов управления. Процесс автоматизирован, начиная от печи для нагрева до охладительных стеллажей для готового листа. Эта механизация и автоматизация чрезвычайно повышают производительность, заменяя тяжелый физический труд: нажим кнопки открывает дверцы печи, и транспортирующая установка подает пакет или слиток к рольгангам первой клети. Печь автоматически закрывается. Рольганги подают слиток на передний стол прокатного стана, который автоматически опускается и подает слиток самодвижущимися цепями к валкам. После прокатки валками слиток наталкивается на конечный выключатель, в результате чего столы поднимаются, цепи транспортеров реверсируются, слиток вновь попадает на передний стол и цикл возобновляется. Установка валков в новое положение автоматизирована, равно как и все дальнейшие операции, вплоть до работы ножниц, мотовил, охладителей и т. д. Холостой пробег мотовил сводится к минимуму с помощью фотоэлемента, так как последний включает мотор в момент, когда конец

проволоки затенит электрический глаз, и выключает мотор в момент ухода второго конца проволоки из поля зрения фотоэлемента. К этому добавляется автоматический контроль на всех стадиях производства. Контроль продукции производится при централизованном дистанционном контроле электрическим контактом, первичным элементом и электромагнитным счетчиком (мощность ок. 20 ватт). Механические контакты во многих случаях оказывается возможным заменить оптическими контактами в соединении с фотоэлементами и реле. Контроль размеров легко достигается с помощью источника света фотоэлемента, усилителя с реле и регистрирующего прибора: на бумаге регистратора получается отображение длины проката в определенном масштабе. Советские заводы изготовляют прибор „сельсин", основной частью которого являются два индукционных моторчика, роторы которых стремятся занять симметричное друг другу положение. Это свойство позволяет регистрировать на расстоянии различные движения измерительных приборов, в частности — измерителей длины. Показания взвешивающих механизмов передаются в диспетчерский пункт рядом электрических импульсов. Контроль температуры осуществляется с помощью электрических или оптических пирометров и регистраторов. Измерение усилий на валках фиксируется изменением электрической емкости с помощью пьезо-кварца. Для измерения скорости употребляются тахометрические динамомашины, где использовано свойство шунтовой машины изменять направление на своих зажимах пропорционально изменению числа оборотов. Вольтметр, который показывает напряжение, в этих случаях переградуируется на число оборотов или линейную скорость.

Литература: *Н. И. Карегин*, „Система загрузки доменных печей" (1927); „Hütte" металлургический (1927); *А. Зеневич*, „Электрическое оборудование доменных подъемников" (Изв. ЭТИ, 1924, № 7—9); Сборник ВИО под ред. *Сорокина*, „Контрольно-измерительные и регулирующие установки в металлургической промышленности" (1935); *А. Д. Гольдберг*, „Современные прокатные станы в СССР" (1933); инж. *Е. Г. Марквардт*, „Электрическое оборудование прокатных станов"; СЭТ, т. IV, от 28, *Д. Е. Ефремов, Д. А. Завалишин, В. К. Попов; H. Fiomm*, „Transportanlagen in Siemens-Martin Anlagen" (1922); *B. Sothen*, „Stahl und Eisen" (1924, № 11); *F. Müller*, „Ausgewählte Kapitel aus dem Anwendungsgebiete der Electrotechnik in Hüttenwerken" („Stahl und Eisen", с 1907 г.); *I. Puppe*, „Versuche zur Ermittlung des Kraftbedarfs an Walzwerken" (1909 и 1910).

М. Еврейнов.

XX. *Электрический привод в нефтяной промышленности* применяется в самых широких размерах с использованием главным образом трехфазного асинхронного мотора; выбор двигателя происходит обычным способом с учетом правил взрыва и огнестойкости согласно норм ВЭС и требований горного надзора. Некоторые особенности представляет выбор двигателя для бурения (рис. 1) и откачки нефти.



Рис. 1. Нагрузочная кривая мотора, приводящего фрикционную установку вращательного бурения.

При ударном бурении используется явление резонанса между колебаниями балансира и системы; достижение резонанса на разных глубинах возможно, если мотор допускает плавную регулировку в широких пределах. Характер работы: опускание долота, уменьшение нагрузки, увеличение скорости; подъем долота, увеличение нагрузки, уменьшение скорости; все это требует регулировки скорости. В некоторых случаях необходимо быстрое реверсирование. Мотор должен иметь перегрузочный момент 2,5 — 3 раза от номинального. Огромный советский опыт показал, что наиболее рациональным является асинхронный мотор с числом оборотов 750 в мин. с контактными кольцами. Регулировка осуществляется введением реостата в цепь ротора. Определение мощности мотора см. таб. I. Зная технологический процесс, строят диаграмму мощностей как функцию времени проходки скважины на более глубокой части и отсюда

Таблица I.

Род бурения	Число ударов, или об./мин.	Высота подъема балансира, см	Средн. мощ. во время долбления, kw	Мощность электродвигателя	Замечания к электроприводу
Ударное бурение:					
канадское бурение	25—60	30—60	7,5—15	до 700 м—55 квт. св. 700 м—74—92 квт.	
бакинское ударное	15—30	60—100	7,5—15	от 44 м—88 квт. в зависимости от глубины	
пенсильванское канатное	20—40	20—100	7,5—15	до 1.000 м—55 квт. св. 1.000 м—74 квт.	Требуется очень тонкая регулировка скорости вращения.
Быстроударное бурение:					
а) балансирный станок	50—120	8—20	5—10	до 700 м—55 квт. св. 700 м—74—92 квт.	Регулировка на 50% вниз при помощи 10—11 ступенчатых контроллеров.
б) канатно-ударный станок	30—80	10—20	5—10		
Вращательное бурение					
Бурение американск. способом:					
а) неавтоматическое	40—80			для ср. гл. 55—74 квт.	Регулир. на 50%, вниз от 2-х контролл.; мощн. мотора грязев. насосов 36,8 квт.
б) бурение по сист. Hild'a	40—80			„ больш. гл.—93 квт. двух-мотор. моторы 11 25,8 квт. и выше 75 квт.	Регулир. на 50%; мощн. мотора насоса 11/25,8 квт.
в) бурение по пр. Скворцову	45—90		для глин—15,5 кв. для песч.—20 кв.		Мощность на чистое бурение 15—35 квт., мощн. на холост. ход инстр.—59 квт. при 1.300 м глубины и 60 об./мин.
Комб. бурение:					
комбинир.	40—80			для ср. гл.—74 квт.	
ударно-вращател. бурение	20—40	20—100		„ „ „ —92 квт.	

определяют средне-квадратичную мощность, на основании которой и подбирается мотор. Так как при вращательном (рис. 2) бурении большую роль играет правильная подача долота, то является целесообразной автоматическая его подача. В системе Hild'a одна коническая шестерня дифференциала соединена с буровым мотором, другая—с регулирующим мотором; ось дифференциала составляет одно целое с барабаном лебедки, на который навивается канат. Штанга подвешена на другом конце этого каната. Если оба двигателя работают с равными скоростями, но в разные стороны, барабан остается неподвижным; при равных скоростях в одну сторону вращения барабан работает на подъем; при вращении в одном направлении, но с разными скоростями, ось дифференциала, а следовательно и барабан, вращается со скоростью, равной полусумме скоростей обоих двигателей; при вращении в разные стороны с разными скоростями

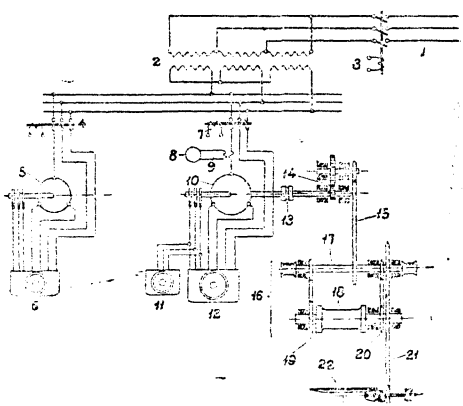


Рис. 2. Схема американской установки электрооборудования для вращательного бурения: 1—линия 2.000—1.000 в.; 2—трансформатор 2.000—1.000 в./220 в.; 3 и 4—масл. выкл.; 5—пассив. мотор 50 HP, 220 в., 750 об./мин.; 6—контроллер; 7—макс.им. реле; 8—амперметр; 9—т-р тока; 10—буровой мотор 57 HP, 220 в., 750 об./мин.; 11—добавочный контроллер; 12—главный контроллер; 13—соединит. муфта; 14—редуктор; 15—цепь Галля; 16—лебедка вращательного станка; 17—трансмиссионный вал; 18—барабан; 19—малая скорость; 20—большая скорость; 21—цепь Галля; 22—ротор.

скорость барабана равна половине разности скоростей обоих моторов. Таким образом достигается любая скорость, необходимая для бурения и вспомогательных работ. Мощность двигателя рассчитывают по сопротивлениям, связанным вспомогательными работами—подъем инструмента и колонны обсадных труб, — и проверяют в условиях реверсирования.

Система Скворцова (рис. 3) принадлежит к автоматам с регулировкой по

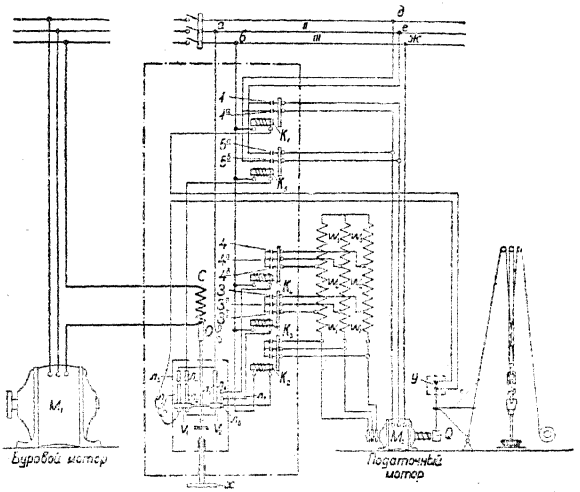


Рис. 3. Упрощенная электрическая схема автомата Скворцова.

крутящему моменту, так как способность мотора к трехкратному моменту при чрезмерном нажиме на долото может привести к аварии (скручивание инструмента и пр.). Автомат состоит из: а) податочного электромотора M_2; б) червячного редуктора, соединенного с мотором через скоростную коробку; в) амперметра-реле и магнитных контакторов сборки. Податочный мотор через редуктор приводит барабан лебедки, подавая инструмент или, после реверса, поднимая его. Между работой податочного и бурового моторов—электромагнитная связь, осуществленная трансформатором тока, первичная цепь которого включена в одну из фаз бурового мотора, а вторичная замкнута через амперметр-реле. В зависимости от величины нагрузки, а следовательно силы тока (c), стрелка амперметра замыкает то одно, то другое реле контактора, заставляя податочный мотор то поднимать (при избыточном давлении), то опускать долото.

Для определения эквивалентной мощности желоночного мотора строят диаграмму, состоящую из трапеции (подъем) и прямоугольника (спуск). Большая сторона трапеции — начало подъема—определится по формуле:

$$P_{\text{макс}} = \frac{(G + G_1 + G_2)\, v}{102} + \Sigma Q \text{ квт.},$$

где G—вес нефти в *кг*, G_1— вес желонки в *кг*, G_2—вес каната в *кг*, v — скорость подъема в *м*/сек., ΣQ—потеря в системе в квт., составляя 10—30% от $P_{\text{макс}}$. Меньшая сторона трапеции—конец подъема — определится по той же формуле, но с соответствующим изменением ΣQ. Величину динамических усилий при трогании с места или определяют обычным способом, или оценивают ориентировочно в 10% $P_{\text{макс}}$. Высота ординаты прямоугольника — потери во время спуска — оценивается в 4—6 квт.

Применяемые типы двигателей для желонки — обычно асинхронные 30—80 квт. При мощностях до 50 квт. с якорем Бушеро или глубоким пазом, напряжение 2—3 кв., защита — максимальные и нулевые реле на масляных выключателях.

При откачке нефти глубокими насосами применяются двух-ступенчатые асинхронные моторы 1.000/500 об./мин., 5,5/12 квт., 220 в. и 9/22 квт., с герметически закрытыми кольцами, вынесенными на конец вала, с контроллером для регулировки и реверса, а также коротко замкнутые моторы 3,5 квт.

За последние годы получены благоприятные результаты опытов с центробежным насосом, непосредственно соединенным с мотором. Такой аггрегат погружается в скважину. При компрессорном способе мощность доходит до 85 квт.

Литература: *Л. И. Слоним*, „Электрификация американской нефтяной промышленности“ (1927); *Л. Штейнер*, „Электротехника в нефтяной про-

мышленности" (1927); *А. И. Ларионов*, „О выборе мощности электродвигателя в установках глубоких насосов на нефтяных промыслах" (1928); *А. М. Станулис*, „Автомат Скворцова" (1935); *Л. И. Слоним*, „Основы нефтепромысловой электротехники" (1932).

М. Еремеев.

XXI. *Электрические нагревательные приборы и установки.* Электронагревательными называются такие приборы и установки, которые служат для нагревания с помощью электрической энергии, т.-е. такие, в которых происходит полезное превращение эл. энергии в тепловую.

Впервые в истории нагрев с помощью эл. тока был применен В. Франклином, который плавил тонкие металлические проволоки. Франклин не имел еще в своем распоряжении источника непрерывного тока и пользовался конденсаторами. Изобретение в 1800 г. Вольтой вольтова столба позволило сначала Петрову и затем Деви получить эл. дугу. Пользуясь батареями гальванических элементов, Депре создал миниатюрный прообраз эл. печи, применив угольное сопротивление. В 1853 г. настоящую эл. печь с вольтовой дугой сконструировал Пишон. В 1859 г. был изобретен (американцем Симпсоном) первый эл. нагревательный элемент в современном понимании этого слова. После того как в 1870-х гг. Сименс построил динамомашину было положено начало промышленному применению эл. тепла. Последовавшее затем развитие производства эл. энергии на эл. станциях и постепенное удешевление тарифов позволили эл. нагревательным приборам и установкам получить широкое распространение.

Основные преимущества электрич. нагревательных приборов и установок перед огнезыми: 1) легкость осуществления нагрева (в соответствии с любыми, выдвигаемыми практикой, условиями времени, температуры, распределения тепловых потоков); 2) возможность широкой и легкой автоматизации работы; 3) постоянная готовность к действию; 4) отсутствие пожарной опасности; 5) экономия на площади специальных помещений; 6) гигиенические условия работы; 7) возможность осуществления приборов и установок, положение которых легко может быть изменяемо (путем переноса или передвижения), не внося расстройства в их функционирование.

Составные части эл. нагревательных устройств. Важнейшими составными частями (кроме строительных деталей, кожухов и пр.) являются: 1) нагревательные приспособления, 2) электрическая изоляция, 3) тепловая изоляция, 4) теплоаккумулирующие тела, 5) контрольная аппаратура, 6) аппаратура автоматического управления. На практике эл. нагревательные устройства необязательно содержат все из перечисленных частей. Нередко также бывает, что одна и та же часть выполняет несколько функций.

Нагревательные приспособления. Основной эффект, на котором основывается в конечном счете всякий из применяемых на практике способов эл. нагрева, состоит в превращении эл. энергии в тепловую при прохождении эл. тока через некоторое сопротивление, которое может быть твердым, жидким или газообразным. В качестве сопротивления служит или сам объект нагрева (непосредственный нагрев), или специальный нагреватель, от которого тепло передается к объекту нагрева (косвенный нагрев). Обычные достоинства устройств непосредственного нагрева: относительная простота конструкции, возможность получения практически неограниченно-больших мощностей. Недостатки: трудность подчинения режима нагрева наперед заданным условиям; непостоянство мощности; ограниченная сфера применения.

Достоинства установок с косвенным нагревом: относительно легкая возможность создания любых режимов нагрева; универсальность; постоянство мощности (большею частью). Недостатки: некоторая сложность устройства, ограничения в выборе мощности (в направлении ее увеличения).

Все существующие, нашедшие практическое применение, типы эл. нагревателей можно отнести к одному из следующих четырех основных способов электрического нагрева: 1) косвенный нагрев твердыми сопротивлениями; 2) электродный нагрев электролитов; 3) нагрев вольтовой дугой; 4) индукционный нагрев.

Нагреватели с твердыми сопротивлениями. Отдельные нагревательные единицы, называемые нагревательными элементами, делаются, как правило, относительно небольшой мощности (от нескольких десятков ватт до нескольких киловатт) и относительно небольших габаритных размеров. Когда же это бывает необходимо, берется ряд отдельных элементов и электрически и механически соединяется в одно целое. Преимущества такого метода построения нагревателей: удобство изготовления, облегчение конструктивных задач, возможность обойтись минимальным количеством запасных частей. При построении элементов стремятся к выполнению следующих требований: долгий срок службы, механическая прочность, компактность, удобство встраивания в прибор и смены, отсутствие выделения вредных газов или запахов, способность выносить некоторую перегрузку, незначительное отклонение пускового тока от номинального, неизменность эл. тепловой характеристики с течением времени работы, возможность серийного и притом механизированного производства.

Основные детали, из которых составляются эл. нагревательные элементы, таковы: сопротивления, эл. изоляция, контакты или контактные приспособления и кожухи.

Сопротивления. Характеристика сопротивления должна удовлетворять следующим общим требованиям: высокая температура плавления, способность длительное время выносить высокую рабочую температуру, при чем не только при непрерывном, но и при прерывном режиме работы; высокое удельное эл. сопротивление; малая величина температурного коэффициента изменения электрического сопротивления; механическая прочность; стойкость против действия химических агентов, с которыми сопротивление нормально приходит в соприкосновение, малая изменяемость свойств с течением времени работы; возможность надежного и легкого соединения с контактными устройствами; распространенность исходных материалов; возможность получения больших партий фабриката, однородного по свойствам и качеству.

Существующие твердые сопротивления разделяются на 2 группы: металлические сопротивления и не металлические.

Металлические сопротивления довольно хорошо удовлетворяют перечисленным общим требованиям и, кроме того, легко допускают придачу желаемой формы. Удельное электрическое сопротивление — ρ — колеблется от 0,017 до 1,45 $\frac{\Omega \cdot мм^2}{м}$. Температурный коэффициент всегда положителен и составляет от $2 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-3}$. Допустимая рабочая температура доходит до 2500°. Физические свойства с течением времени работы меняются мало, не вызывая практических неудобств. Основными процессами, которыми сопровождается работа сопротивлений и которые в конце концов приводят их к разрушению, являются: окисление и перекристаллизация. По способу получения металл. сопр. могут быть классифицированы следующим образом: 1) полученные путем протяжки и прокатки (проволока, фольга, ленты, шины); 2) штампованные из листового металла; 3) полученные путем отливки; 4) полученные в результате металлизации диэлектриков.

Первая группа является основной, охватывая практически все случаи применения металл. сопр. Фабрикаты 2—4 групп имеют ограниченное применение в специальных случаях. Для получения металл. сопр. применяют как чистые металлы, так и сплавы. Характеристические данные различных материалов металлических сопротивлений представлены в табл. I; ниже даем необходимые пояснения к таблице.

Чистые металлы имеют общий недостаток в виде большой величины температурного коэффициента и малой величины уд. эл. сопротивления (при наличии примесей ρ повышается, а α уменьшается). Кроме того, чистые металлы (кроме благородных) в обычных условиях легко подвергаются коррозии. В виду этих недостатков применение чистых металлов ограничивается рядом более или менее специальных случаев.

Таблица I.

Свойства материалов металлических сопротивлений

Металл. сплав	Химический состав (типичный) в %	Удельное электрическое сопротивл. ρ_{20} $\frac{\Omega mm^2}{mt}$	Температ. коэфф. измен. эл. сопротивл. $\alpha_\rho \times 10^4$	Температура (°С) Макс. рабочая	Температура (°С) Плавления
Железо	0,1С; 0,2Si; 0,1Mn	0,14	46	500	1.500
Никель	не менее 99% Ni	0,09	50	500	1.450
Платина		0,0953	36,7	1.500	1.770
Молибден		0,048	63	2.000	2.550
Вольфрам		0,054	60	3.000	3.400
Никелин	Cu—54,6; Ni—24,5; Zn—20,4; Fe—0,6; Mn—0,3	0,448	3,3	350	1.140
Константан	Ni—40; Cu—60	0,49	0,2	500	1.250
Ферроникель	Ni—30	0,87	10	550	1.490
Нихром	Ni—80; Cr—20	1,06	0,7	1.100	1.375
Ферронихром	Ni—65; Cr—15; Fe—20	1,06	2,0	850	1.400
Мегапир	Fe—65; Cr—30; Al—5	1,4	0,2	1.350	1.500
Кантал	Fe—72,1; Cr—21,5; Al—3,7; Co—2	1,45	0,6	1.350	1.660

Медь и *никель* применяются в нагревателях с низкой t, напр. в нагревательных подушках и тканях.

Железо. В виду легкости окисления почти не может применяться в незащищенном виде. Защитные покрытия достигаются путем оцинковки, лужения, алитирования, паркеризации. Оцинкованная проволока допускает температуру до 250° С; паркеризованная—примерно до 500° С. В зависимости от количества примесей ρ = от 0,09 до 0,14 $\frac{\Omega\ мм^2}{м}$, $\alpha \cong 0{,}0046$ при наличии примесей (для электролитической Fe $\alpha = 0{,}005$).

Платина, не подвергаясь при нагреве на воздухе окислению и выдерживая температуру в 1500° С, является хорошим материалом сопротивления для печей с высокой температурой. Но ее применение сильно ограничивается ее дефицитностью.

Молибден, *тантал* и *вольфрам*, имеющие очень высокие температуры плавления, используются в высокотемпературных печах. Но при нагревании на воздухе эти металлы быстро окисляются и поэтому требуют применения защитных средств, каковыми являются: вакуум, инертная атмосфера, вмазывание в специальные цементные массы, покрытие защитными пленками.

Сплавы металлов имеют значительные преимущества перед чистыми металлами в виде большего удельн. эл. сопротивления, меньшего температурного коэффициента и большей стойкости против окисления. Сумма положительных свойств и качеств сопротивлений, изготовляемых из металлосплавов, в равной мере зависит как от надлежащего подбора химического состава сплавов, так и от совершенства технологического процесса. Наиболее употребительны следующие компоненты сплавов: никель, хром, железо, медь, цинк, алюминий, кобальт. Технология изготовления материалов сопротивлений сложна. Существующие сплавы для изготовления сопротивлений по величине удельн. эл. сопр. и одновременно по величине максимальной рабочей температуры естественным образом делятся на 5 основных групп.

Первая группа образуется системами из трех компонентов: меди, никеля и цинка. Типичные сплавы имеют названия: нейзильбер, никелин, реотан. ρ = от 0,30 до 0,5, при чем ρ увеличивается с увеличением относит. содерж. Ni; α = от 0,0002 до 0.0004. Температуру сплавы выдерживают лишь умеренную до 300—350° С и тем меньшую, чем более в сплавах цинка. При более сильном нагреве интенсифицируется избирательное окисление цинка, и материал становится хрупким.

Вторая группа представлена сплавами меди с никелем. Основной сплав—константан; $\alpha = 2 - 5 \times 10^{-5}$; α повышается с увеличением относит. содерж. никеля. Максимальная рабочая температура колеблется от 350 до 500° С.

Константан гибок, легко обрабатывается, допускает пайку мягкими и твердыми припоями. На воздухе не окисляется. Искусственно образованная оболочка эл. изолирующей окиси позволяет наматывать спирали сопротивления виток к витку.

Третья группа образуется ферроникелями, т.-е. сплавами железа с никелем. Содержание никеля обычно составляет 25—30%. Слегка ржавеет в атмосфере паров. В виде тонких проволок применять не рекомендуется.

Четвертую группу составляют сплавы никеля с хромом—нихромы и тройные сплавы железа, никеля и хрома—ферронихромы. Материалы сопротивления, изготовленные из этих сплавов, отличаются весьма высокими качествами и им принадлежит в настоящее время главная роль при построении эл. нагревательных приборов и установок с металлическими сопротивлениями. Только благодаря изобретению нихрома (Маршем в 1906 г.) техника эл. тепла смогла получить современное разностороннее развитие. Для нихрома $\rho = 0{,}85 - 1{,}10\ \frac{\Omega мм^2}{м}$, $\alpha = 6 \times 10^{-5} - 28 \times 10^{-5}$; t^0 раб. $= 850 - 1100$ C°. Для ферронихрома $\rho = 1{,}05 - 1{,}11\ \frac{\Omega\ мм^2}{м}$; $\alpha =$ от 16×10^{-5} до 36×10^{-5}; t^0 раб. — 850—1150° С. Роль хрома и железа в сплавах такова: с увеличением содержания хрома увеличивается ρ, уменьшается α и растет стойкость против окисления. Введение железа увеличивает ρ и придает большую вязкость при высоких температурах. В первое время работы на проволоках и лентах сопротивления из NiCr или из FeNiCr образуется тонкая пленка окисла, обладающая большой прочностью. Эта пленка предохраняет материал сопротивления от дальнейшего окисления. Сплавы типа нихрома хорошо свариваются с другими металлами, но не паяются обычными припоями. Механическая обработка нихромов связана с большими затруднениями. Металл быстро получает наклеп и должен часто нагреваться. Обработка тем затруднительнее, чем более хрома содержится в сплаве. При высоких рабочих температурах нихромовые сопротивления не должны соприкасаться с веществами, содержащими силикаты и щелочи, так как поверхностный слой окиси легко дает с ними шлаковые соединения.

Пятая группа сплавов представляет собой последнее достижение металлургии. Еще 15 лет тому назад были известны двойные сплавы железа с хромом. Но их механическая обработка представляла большие затруднения, и их качество было невысокое. В последние же годы была проведена работа по феррохромам с присадкой алюминия, а также алюминия и кобальта. В результате были получены прекрасные сплавы, главные из которых получили название „мегапир“ и „кантал“. По величине удельного эл. сопротивления, сроку службы и величине максимальной допустимой рабочей температуры новые сплавы превосходят нихромы и частично уже вытесняют последние. Мегапир в холодном состоянии хрупок, может свариваться. Данные кантала: обрабатывается хорошо, позволяя тянуть проволоку диаметром до 0,02 *мм*. В холодном состоянии позволяет свивать спирали из проволоки диам. до 6—6.5 *мм*. Сваривается особыми способами, напр. вольтовой дугой.

Неметаллические сопротивления. В зависимости от состава массы сопротивлений величина ρ изменяется в весьма широких пределах. С течением времени работы ρ, как правило, заметно изменяется. Температурный коэффициент отрицателен. Выдерживают длительно температуру 1500 — 3000°С. Механическая прочность невелика. Возможность выбора формы ограничена. Доставляют затруднения с устройством контактов.

Классификация твердых неметаллических материалов сопротивления: 1) угольные трубки и штабики; 2) трубки и штабики из масс, имеющих в основе углерод; 3) порошки сопротивления; 4) пасты сопротивления.

Угольные сопротивления имеют то достоинство, что способны работать при температуре порядка 3000°С и при этом дешевы. Но их крупными недо-

статками являются: сгорание при накаливании в воздухе и малая механическая прочность, а отсюда — и малый срок службы. *Сопротивления из карбидов* выдерживают меньшую температуру, чем чистый уголь, но зато отличаются значительно большим сроком службы, почему и имеют довольно большое применение в промышленности. Общий, существенный недостаток карбидных штабиков сопротивления состоит в том, что они испытывают с течением срока службы большой прирост уд. эл. сопротивления, доходящий до 30%. Известно применение двух групп карбидных материалов, состоящих в основном из карбида силиция и из карбидов металлов. Представителями первой группы являются силит и глобар. Силитовые штабики выдерживают температуру до 1400°C. Сопротивление разрыву — 100—200 *кг/см²*. Коэффициент лин. расшир. при 800°C ≅ 0,4%, при 1200°C ≅ 0,66%. Сопротивления из карбида металла известны под названием „кварцилит". В зависимости от состава, относительная величина ρ кварцилитовых штабиков может меняться от 1 до нескольких миллионов. С возрастанием напряжения ρ кварцилита уменьшается. Длительно кварцилит выносит температуру до 1200°C и кратковременно до 1700°C. Но при t раб. >1000°C требуется применение добавочного металлического сопротивления, ибо при отсутствии такового происходит непрерывное возрастание тока вплоть до разрушения штабика. Коэффициент лин. расширения весьма мал, так что сопротивления выносят резкие колебания температуры. Слабое место нагревателей с керамическими штабиками — контактные устройства, от выполнения и действия которых в значительной степени зависит срок службы нагревателей. Контактное устройство должно быть эластичным, чтобы допускать свободное тепловое расширение штабика, и оно должно иметь достаточно малое переходное сопротивление. Последнее требование означает, что всегда должно сохраняться плотное соприкосновение конца штабика с контактом. Для этого необходимо, чтобы конец штабика всегда оставался относительно холодным. Поэтому концам стараются придать возможно большую электропроводность. В случае штабиков из карбида силиция это достигается, напр., пропиткой концов силицием, алюминием или никелем.

Порошки сопротивления. Применяются порошки из угля или графита или из смеси проводниковых и непроводниковых материалов, например из графита и окиси металла. Недостатки порошков: необходимость применения низкого напряжения, трудность получения однородной массы, выгорание, значительные колебания электрического сопротивления в зависимости от разных факторов.

Паста сопротивления. Обычные компоненты пасты: силикат металла, графит, жидкое стекло. Возможности применения паст достаточно не изучены. Недостатки материала: невысокая допустимая рабочая температура, трудность устройства хорошего контакта, трудность получения больших партий однородной по качеству и свойствам продукции.

Поддержки и эл. изоляция. Общие требования к материалам поддержек и эл. изоляции: 1) высокая электроизолирующая способность и эл. прочность при повышенных температурах; 2) способность выносить резкие колебания температуры; 3) малая теплоемкость; 4) жароупорность; 5) механическая прочность; 6) химическая инертность по отношению к материалам эл. сопротивлений; 7) отсутствие гигроскопичности; 8) удобство придачи желательной формы.

По характеру выполняемых функций эл. *изоляция* делится на изолирующие поддержки и внешнюю изоляцию. Поддержки могут или должны обладать теплоизолирующими свойствами. Внешняя изоляция, окружающая со всех сторон тело сопротивления, служит передатчиком тепла от сопротивления к нагреваемому телу, поэтому к ней предъявляется добавочное требование хорошей теплопроводности. Природа эл. изолирующих тел такова, что перечисленные требования оказываются, на практике, противоречивыми, и поэтому приходится довольствоваться удовлетворением лишь некот

рых из них, являющихся в рассматриваемом случае наиболее важными. Особенно трудно подобрать такое вещество, которое было бы одновременно хорошим эл. изолятором и хорошим проводником тепла.

Поддержки. Формы поддержек бывают самыми разнообразными. Типичные—таковы: кирпичики с крючкообразными выступами для подвешивания проволок; трубки гладкие и с винтовой нарезкой; ребристые изоляторы, надеваемые на металлические рамки („наездники"); держатели крестообразного сечения; плитки с канавками. Большая часть применяемых держателей представляет собой керамический черепок, т.-е. изделие, полученное путем обжига из керамических материалов. Чаще всего применяются т. наз. пористые черепки: шамотный, стеатитовый и марквардовский. В шамотный черепок входят: сырая огнеупорная глина и глина предварительно прокаленная („шамот"). Кроме того, делаются добавки каолина, корунда, стеатита. В стеатитовый входят: глина и стеатит (тальк). В марквардовский — глина, каолин, корунд, дающие до 80% Al_2O_3 в массе.

Некоторые свойства пористых черепков. Сопротивление сжатию — 500—3.000 *кг/см²*. Средн. коэфф. расширения в пределах 20—650°C — $1{,}25 - 4{,}1 \times 10^{-6}$; удельное эл. сопр. при 500°C — $6 \times 10^5 - 8 \times 10^6$ Ω *см*, при 700°C — $5 \cdot 10^4 - 6 \cdot 10^5$ Ω *см*. Температура размягчения—1400—1700°C. Пористость в % к объему — чаще всего от 10 до 30. Объемный вес — 1,8 — 2,3 *гр/см³*. Представитель „спеченых черепков" — фарфор может применяться лишь при умеренных температурах—до 300°C.

Внешняя изоляция. Применяются следующие группы материалов: слюда, миканит, цементообразные массы, эмали и порошкообразные массы. Свойства основных материалов представлены в табл. II.

Таблица II.

Некоторые свойства материалов электрич. изоляции

Материал	Диэлектрич. свойства			Термическ. свойства					
	объемн. эл. с прот.		Пробив. градиент, кв/*мм*	Теплопроводность			Теплоемкость		Жаростойкость Т макс. прим., °Ц
	t°Ц	R Ω *см*		t° Ц	Плотность, *гр/см³*	λ $\frac{\text{ватт/см}^2}{\text{°Ц/см}}$	t° Ц	С $\frac{\text{джоуль}}{\text{гр °Ц}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Слюда	20	5.1×10^{13}—$4{,}9 \times 10^{15}$	80—200	100	2,6—3,2	0,0045	20	0,86	550—750
Миканит . . .	—	—	—	20	—	0,003—0,004	—	—	450—500
Алунд	1000	$1{,}8 \times 10^6$	—	650—1200	каж. 2,6 истинн. 3—4	0,035	0÷800	0,97	—
Шамот	—	—	—	200÷1000	—	0,0077	—	—	—
Кварцев. песок	—	—	—	20÷160	1,52	0,0035	20÷100	0,8	—
Азбест	—	16×10^4 до 29×10^6	2,5—4 1—2	200	0,47	0,002	—	—	500
Магнезит . . .	1000			300÷700	каж. 3 истинн. 5,6	0,046	0÷800	1,1	>1000
плавленый высокосорти.									

Добавления к таблице II. *Слюда.* Дефицитность и плохая теплопроводность слюды заставляют стремиться к замене ее другими материалами. *Цементообразные массы.* Связывающим веществом масс является высокосортный цемент. Затем берутся компонентами: жароупорная глина, тальк, азбест, прибавляют еще жидкое стекло. Применение азбеста и в особенности азбеста с жидким стеклом, вообще говоря, не рекомендуется, так как получающаяся масса имеет невысокую эл. изолирующую способность, весьма гигроскопична и при повышенных температурах действует разрушающим образом на проволоку сопротивления. *Эмали.* По своему соетаву и виду являются стеклообразными массами. *Алунд.* Исходный материал весьма распространен в природе, но изготовление алунда стоит дорого. *Окись магния.*

Может быть получена в нескольких физических состояниях. Продукт сгорания на воздухе металлического магния — жженая магнезия — плохо проводит тепло и в качестве наполнителя нагревательных элементов применяться не может. Минерал магнезит, на 95% состоящий из $MgCO_3$, хорошо проводит теплоту, но не обладает жаростойкостью. Уже при нагреве до нескольких сот °C $MgCO_3$ разлагается на MgO и CO_2. Окись магния с небольшим количеством примесей, получаемая в результате разложения магнезита, или т. наз. каустический магнезит, будучи спрессована, довольно хорошо проводит тепло и при средних температурах имеет довольно хорошую эл. изолирующую способность. Поэтому может применяться в элементах с умеренной температурой. При относительно высоких температурах (600°C и выше) эл. изолирующая способность, вследствие содержания примесей, резко падает. Недостаток материала — активность по отношению к воде. Ценными свойствами наполнителя обладает порошок *периклаза* — кристаллической разновидности MgO — получаемый следующим образом: минерал магнезит, отобранный так, чтобы он содержал возможно меньше примесей, подвергается сплавлению. Слитки разбиваются. Хорошо сплавившиеся и относительно чистые от примесей куски дробятся и размалываются. Частицы металла от мельниц удаляются магнитным сепаратором. Лучшая разновидность окиси магния получается в результате процесса, предложенного в 1921 г. норвежским инженером Бакером. Сущность процесса такова: чистый металлический магний подвергается обработке водяным паром при высоких давлении и температуре. Получается кристаллическая гидроокись магния, которая при дальнейшей тепловой обработке переходит в кристаллическую же окись магния. Кристаллическая структура и плотность сообщают бакеровой окиси магния хорошую теплопроводность, а химическая чистота — прекрасную эл. изолирующую способность при высоких температурах.

Существующие типы эл. нагревательных элементов. Элементы с металлическими сопротивлениями. А. *Открытые элементы.* Характеризуются тем, что сопротивление остается совершенно открытым. Отличаются относительной простотой изготовления. Имеют тот недостаток, что сопротивление подвергается беспрепятственному действию окружающей среды и тел, случайно приходящих с ним в соприкосновение. Теплопередача от элементов осуществляется большею частью излучением и конвекцией.

1. *Плиточный элемент.* Элемент составляется из керамической плитки с канавками и из проволочной, обычно нихромовой, спирали, закладываемой в канавки. Применяется в кухонных плитках, плитах и в разных печах.

2. *Плиточный элемент на низкое напряжение* (6—12 вольт) получает питание током от понизительного трансформатора, иногда с несколькими выводами для получения разной мощности. Сопротивление применяется в виде толстых шин, штампованного листа или отливки, изготовляемых из нихрома или чугуна. Элемент совершенно безопасен в обращении. Сопротивление, благодаря большому сечению, имеет большой срок службы. Низкая величина напряжения делает достаточным для эл. изоляции сопротивление образующегося поверхностного слоя окиси. Недостаток системы — необходимость дополнительных затрат на трансформатор.

3. *Элемент с сердечником.* Образуется продолговатым, чаще всего керамическим сердечником обычно кольцевого или крестообразного сечения, на который наматывается проволока, лента или проволочная спираль сопротивления. Применяется в печах, в эл. фенах.

4. *Рамочный элемент* (рис. 1). При первом, более универсальном варианте устройства берется металлическая рамка (каркас), снабжается изоляторами типа „наездник" и по изоляторам обматывается проволокой или лентой сопротивления. Подобная конструкция применяется в печах, сушильных установках, инкубаторах. При втором варианте на каркасе укрепляются изоляторы, посредством которых под-

вешиваются проволочные спирали. Конструкция подходит к эл. калориферам.

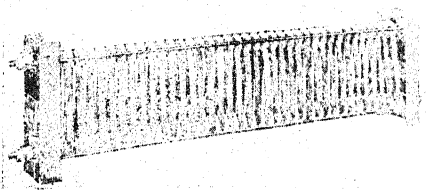


Рис. 1. Рамочный элемент.

У нас изготовляются элементы открытого типа для подогрева воды с погружением в нее. Подобные элементы должны быть признаны чисто кустарными. Они небезопасны в обращении (вода оказывается при работе под напряжением) и недолговечны.

В. *Полузакрытые элементы.* Сопротивление более или менее изолируется от внешней среды, но остается в соприкосновении с воздухом.

1. *Плиточный элемент.* Сопротивление в виде проволочной спирали располагается в канавках плитки, делаемых не с верхней стороны, как в открытом элементе, а с нижней.

2. *Гильзовый.* Проволочная спираль вводится в металлическую гильзу, от которой изолируется керамическими изоляторами.

3. *Трубчатый.* Берется многоканаловая керамическая трубка, и проволочная спираль протаскивается последовательно через все каналы. Концы проволоки закрепляются в контактах с торцов трубки.

С. *Закрытые элементы.* Имеют сопротивление герметически закрытое при помощи эл. изоляции и кожуха. При этом сопротивление защищается от действия разрушительных агентов. Кроме того, если материал изоляции хорошо проводит тепло, то условия теплопередачи улучшаются по сравнению со случаем открытого сопротивления.

1. *Элементы со слюдяной и миканитовой изоляцией* (рис. 2) Принцип устройства: берется слюдяная или миканитовая поддержка, обертывается проволокой или лентой, и сопротивление закрывается той же изоляцией. Затем все запрессовывается в металлический кожух (нагреватели жидкостей) или же плотно прижимается к воспринимающей тепло металлической поверхности (плитка, чайник, утюг). Тщательность запрессовки или прижатия слюдяного элемента оказывает большое влияние на срок его службы. Наличие воздушных прослоек, плохо проводящих тепло, способно сильно повысить температуру сопротивления и вызвать его быстрое перегорание. По сравнению с жароупорным миканитом слюда обладает более высокими электрическими и тепловыми свойствами, но миканит облегчает сборку элемента.

2. *Слюдяной элемент с тонкослойным сопротивлением.* Элемент образуется листиком слюды, на который наносится тонкий слой платины, и вторым листиком, закрывающим сопротивление. Элемент получает хорошие

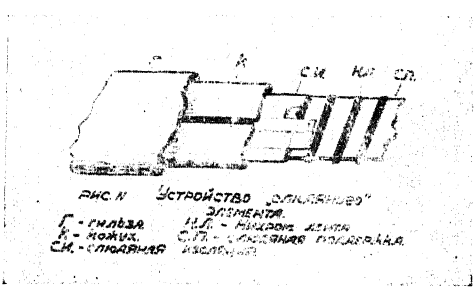


Рис. 2. Элемент со слюдяной изоляцией.

условия теплопередачи и отличается долговечностью, но вследствие дороговизны платины распространения не получил.

3. *Элементы с цементообразным наполнителем.* Делаются пластинчатые, гильзовые и плиточные. В 2-х первых случаях берется соответственно плоский или круглый сердечник, обматывается проволокой, или лентой, и вводится в металлический кожух. Затем пространство между сердечником и кожухом заполняется цемент-массой. Сердечники изготовля-

такте между пружиной F и винтом S, электромагнит размагничивается, и

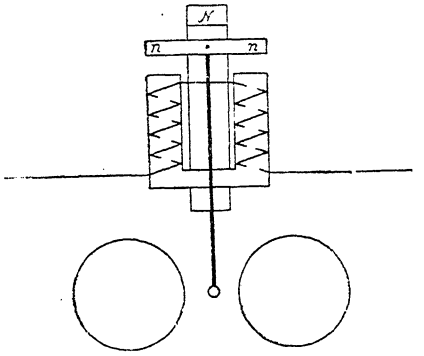


Рис. 5.

пружина F возвращает якорь A в первоначальное положение; но тут вновь замыкается цепь тока у винта S. электромагнит вновь притягивает якорь, и от удара молоточком колокольчик вновь звучит, и т. д. Действие второго типа дребезжащего звонка (рис. 4) основано на том же принципе, только вместо прерывания тока электромагнита здесь притягивание якоря замыкает ток помимо электромагнита и тем самым вызывает размагничивание электромагнита и отпадание якоря. Дребезжащий звонок может питаться как от батареи элементов, так и от сети переменного тока; в последнем случае необходимо применять звонковый трансформатор, понижающий напряжение до 3—8 вольт до напряжения безопасного для человеческой жизни. Для подачи сильных сигналов, а также в телефонных установках применяется поляризованный звонок (рис. 5). В этом звонке сердечники электромагнита привернуты к сильному постоянному магниту, благодаря чему они сами намагничиваются постоянным магнетизмом; катушки двух сердечников электромагнита намотаны в противоположном направлении, поэтому при питании переменным током последний попеременно усиливает постоянный магнетизм то одной, то другой половины электромагнита; в результате, связанный с молоточком якорь попеременно притягивается то к правому, то к левому сердечнику электромагнита, а молоточек стучит по двум колокольчикам.

Т. к. напряжение звонковой установки относительно мало, то провода звонковой установки изолируются только хлопчатобумажной пряжей и прокладываются прямо по стене, без роликов, но в ответственных случаях для проводки применяется освинцованный кабель.

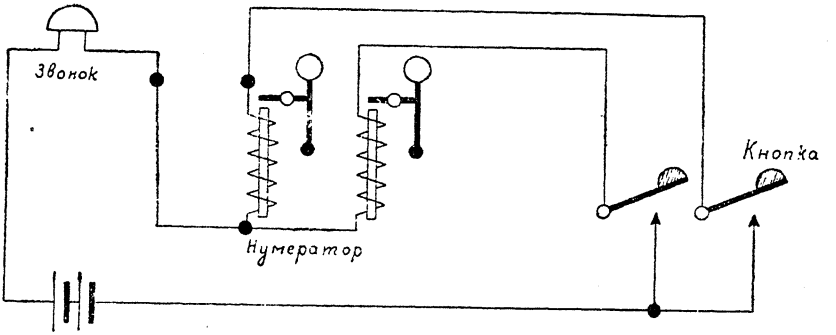


Рис. 6.

Один и тот же звонок может быть приведен в действие из нескольких различных пунктов. В этом случае нажимные кнопки включаются параллельно, как это показано на рис. 1. Однако, в подобных установках с несколькими кнопками важно знать, откуда подан сигнал; для этой цели такие установки часто снабжаются *нумераторами* с отпадающими клапанами. Построен нумератор следующим образом: на доске укреплено несколько электро-

БИБЛИОТЕКА

считается для светильников прямого света от светового центра светильника до рабочей поверхности, а для светильников полуотраженного и отраженного света от потолка до рабочей поверхности. Расстояние светильников от стен должно равняться приблизительно 0,5÷0,75 высоты подвески светильников. В некоторых случаях для получения большей равномерности освещения приходится отступать от вышеуказанных правил размещения и подвески светильников. Необходимый световой поток можно создать небольшим числом мощных источников света или, наоборот, большим числом маломощных источников света. В первом случае достигается меньшая равномерность

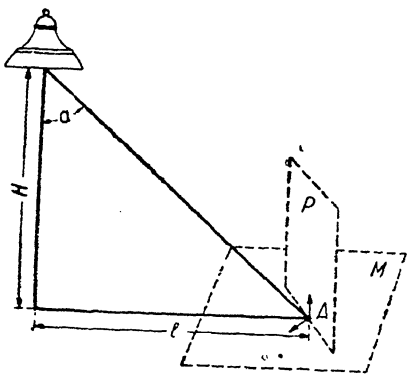


Рис. 15.

в освещении, но и меньшие расходы по эксплоатации, во втором случае получается лучшая равномерность в освещении, но увеличивается стоимость эксплоатации.

Существует несколько методов расчета Э. о. Как более простой и быстрый способ расчета, дающий практически достаточные результаты, можно рекомендовать метод коэффициентов использования. Необходимый световой поток для одной лампы, создающий освещение в помещении в соответствии с вышеприведенными нормами, определяется по следующей формуле:

$$F=\frac{ESc}{\eta z},$$

где F—световой поток в люменах для одной лампы осветительной установки, E—требуемая освещенность по нормам (см. табл. 8, 9, 10, 11), S—площадь пола в кв. метрах освещаемого помещения, z—число ламп; c—коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока со временем; для чистых помещений его величина принимается 1,2—1,3, для средних 1,5 и для пыльных и грязных—2; η—коэффициент использования осветительной установки (отношение величины используемого для создания определенной освещенности на определенной площади светового потока ко всему излучаемому в помещении световому потоку). Коэффициент использования в большой мере зависит от окраски помещений, от рода выбранных светильников и от геометрических размеров помещения (индекс помещения i).

Чтобы рассчитать освещенность в какой-либо точке A, находящейся на горизонтальной поверхности M или на вертикальной поверхности P (рис. 15), можно воспользоваться следующими формулами: для горизонтальной освещенности

$$E_h=\frac{I_\alpha}{H^2}\cos^3\alpha=\frac{I_\alpha\ H}{\sqrt{(H^2+l^2)^3}};$$

для вертикальной освещенности

$$E_v=\frac{I_\alpha}{H^2}\cos^2\alpha\sin\alpha=\frac{I_\alpha\ l}{\sqrt{(H^2+l^2)^3}};\ \text{или}$$

$$E_v=E_h\,\mathrm{tg}\alpha,$$

где E—горизонтальная или вертикальная освещенность в люксах; I_α—сила света источника под углом α; H—высота в $м$ светового центра источника света над освещаемой точкой; l—горизонтальное расстояние в $м$ от светового центра источника света до освещаемой точки.

Для подсчета освещенности точечным методом нужно знать распределение силы света источника в продольной плоскости (см. рис. 14). Точечный метод подсчета освещенности дает возможность сделать более точную поверку освещенности на местах работы. Освещенность в действительности может быть несколько выше, так как при подсчете этим методом не учитывается световой поток, отраженный от окружающих поверхностей. При помощи

Разряд	Название работ и помещений	Минимальная освещенность. Люксы.
б	Те же работы, что в разряде I, но рабочие поверхности преимущественно светловатых и светлосерых цветов. Тонкое ткачество, ватера, шитье на швейных машинах, тонкие слесарные, токарные, столярные и инструментальные работы, крашение и отделка, кручение, счетные и проектные работы, живопись.	75
в	Те же работы, что в разряде I, но с рабочими поверхностями светлых цветов, а рассматриваемые на них предметы светлосерых и темных цветов. Чтение, отсчет на измерительных приборах, кабинеты и конторы, светлое ткачество, прядение, каландры, сборка машин, распиловка дерева, столярно-плотницкие и малярные работы, апретурные работы, машинные залы, кондитерское производство, хлебопечение, обработка кож.	50
II а	Различение несколько более крупных деталей по сравнению с указанными в разряде I а преимущественно на темных поверхностях. Более крупное прядение и ткачество, средние токарные, слесарные и столярные работы, трансформаторные помещения, распределительное устройство, сборка мелких машин.	60
б	Работы, что в разряде I б, но с рабочими поверхностями светловатых и светлосерых цветов. Более грубые слесарные работы, жестяночные, кровельные и штамповальные работы.	45
в	Работы, что в разряде I в, но с рабочими поверхностями светлых цветов. Грубое прядение, прокатка, кузнечные и малярные работы, кардное и лентоточное производство, промывка, сушка, отбелка, перегонка, дубление, красковарочные работы, помол, водокачки, вагранки, склады инструментов и мелких частей.	30
IIIа	Работы, при которых не требуется различать мелкие предметы, их части и какие-либо подробности	
	с темными поверхностями	30
	с светловатыми и светлыми . . .	20
б	Чесальные машины, грубая упаковка, склады.	
IV	Работы, не требующие рассматривания близлежащих поверхностей. Топочные помещения, бункера, зольное помещение и проч.	15
V	Работы, связанные с применением доступных для соприкосновения опасных режущих инструментов, резцов, сверл, фрезов и пр. размером: менее 5 × 5 *см*,	100
	более 5 × 5 *см*.	50
VI	Уборные, умывальники, ванны (горизонтальная освещенность на полу).	35

Разряд	Название работ и помещений	Минимальная освещенность. Люксы.
VII	Раздевальни: 1) горизонтальная освещенность на полу . .	15
	2) вертикальная освещенность на стенах на высоте 1,5 *м* от пола	5
VIII	Проходы в помещениях между станками:	
	1) горизонтальная освещенность на полу . .	10
	2) вертикальная освещенность на стенах и боковых поверхностях станков на протяжении 2 *м* от пола	4
IX	Входы, выходы, лестницы и иные помещения для пребывания и прохода людей:	
	1) горизонтальная освещенность на полу . .	8
	2) вертикальная освещенность на стенах на протяжении 1,5 *м* от пола	3
X	Дворы, проезды (на земле)	2

Примечание. Рабочими поверхностями считаются поверхности предметов, на которые должен смотреть глаз во время работы. Если не указаны рабочие поверхности, то освещение измеряется на высоте 1 *м* от пола. Опыт применения норм показал, что для тонких работ минимальная освещенность в 100 лк недостаточна.

Для более тонких работ, чем указанные в I разряде, НКТ утвердил 14 мая 1933 г. в обязательном порядке 0 разряд, по которому освещенности принимаются для темных рабочих поверхностей 200 лк, средних — 150 лк и светлых — 100 лк.

На II Всесоюзной светотехнической конференции в Москве в 1929 г. были приняты проекты правил освещения учебных и лечебных заведений, а также впервые для нашего Союза были приняты правила искусственного освещения улиц, проездов и дорог.

Особенно нужно тщательно относиться к освещению школьных помещений (см. *школьная гигиена*, I, 208/09). В учебных помещениях школ должно применяться общее освещение. Освещенность не должна быть ниже принятых на конференции норм, приводимых в табл. 9.

ярких источников света в поле зрения глаза. В настоящее время органами охраны труда в СССР совершенно

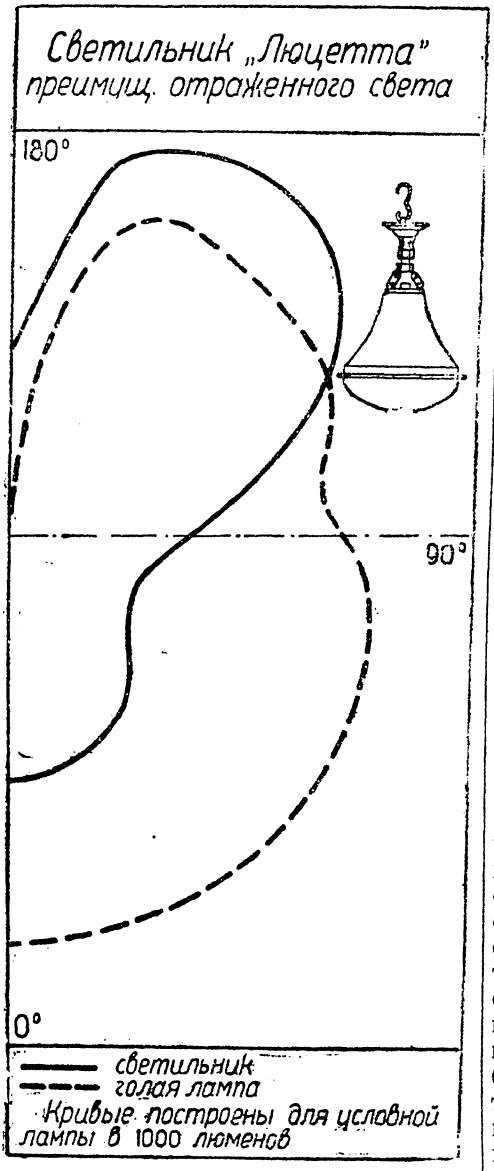


Рис. 14.

запрещается применять для освещения голые электрические лампы или лампы с плоскими абажурами. В пределах угла 30°, образованного горизонтальной линией и линией, соединяющей глаз с источником света, допускается помещать светильники, у которых светящееся тело или вовсе не видно, или заслонено густой светорассеивающей оболочкой. Общее освещение должно создавать достаточно равномерную освещенность всего помещения. Отношение наибольшей освещенности к наименьшей не должно быть больше 3:1. Должны хорошо освещаться как горизонтальные места работ, так и вертикальные. В соседних помещениях не должна быть большая разница в освещении, так как при переходе из слабо освещенного помещения в помещение сильно освещенное и наоборот глаз в начале плохо приспособляется к таким резким переменам. Освещение не должно создавать мешающих при работе теней и не должно создавать слепящего отражения от рабочих поверхностей.

Осветительные установки должны быть легко доступны исправлению и чистке. На уход за осветительными установками, особенно в промышленных предприятиях, должно быть обращено самое серьезное внимание. Своевременная смена ламп и чистка арматуры может повысить освещенность на 40 ÷ 50 %.

8. *Светильники.* При устройстве Э. о. всегда применяется арматура. Осветительной арматурой называется приспособление, служащее для перераспределения светового потока источника света, предохранения глаз от ослепления, защиты источника света от механических повреждений и действия непогоды. Осветительная арматура в совокупности с источником света и некоторыми другими деталями называется *светильником.* За последние годы в СССР были проведены большие исследования по изысканию типов рациональной арматуры для промышленного освещения. В настоящее время в Союзе изготовляется в большом количестве типовая арматура для прямого, полуотраженного и уличного освещения, а по специальным заказам и всякая другая арматура.

Осветительная арматура характеризуется: коэффициентом полезного действия (отношение светового потока

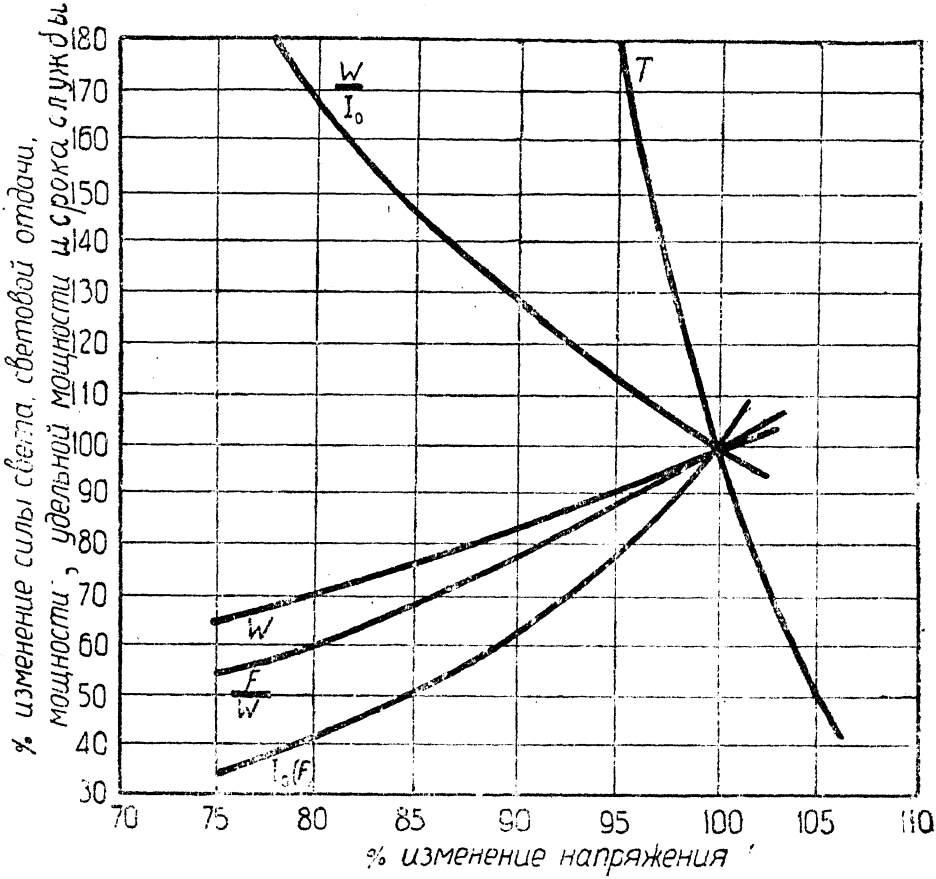


Рис. 12.

Таблица 6. Характеристика люминесцирующих источников света.

Название источников света	Цветность излучения	Род тока	Напряжение	Величина тока	Сила света	Световая отдача	Срок службы
			вольты	ампери	свечи	лм/кт	часы
Вольтова дуга с эффектн. углями	зависит от примеси к углям	пост. и перемен.	30 ÷ 80	8 ÷ 18	900 ÷ 3300	12 ÷ 18	—
Ртутная дуга Ртутная кварцев. дуга	сине-зеленое	пост. и перемен.	110 ÷ 120 220	3,5 2,5 ÷ 4,5	320 ÷ 800 500 ÷ 1000	12,5 23	1000
Свет Мура: Трубки с азотом » с углекислот.	золотисто-желт., близкое к дневн.	переменный	— до 25.000	— —	60 ÷ 70 *) 40 ÷ 50 *)	8,0 4,0	2000
Неоновые трубки Неоново-ртутн. трубки	красн. голуб.	переменный	1.500	0,1 ÷ 0,08	60 ÷ 70 *) 80 ÷ 40 *)	17 ÷ 24 8,0	2000
Лампа с тлеющим разряд.	красновато-желтое	постоян. и перемен.	110 ÷ 220	от 3 до 5 ватт	0,3	1,2	1000
Аргонно-ртутная дуговая лампа	сине-зеленое	переменный	220	~ 5	~ 1500	~ 40	—

*) Сила света на 1 м длины трубки.

16 раз! (ср. *излучение*). На основании закона Вина следует, что с увеличением температуры излучателя максимальная энергия излучения перемещается в область более коротких волн: $\lambda_{max} \cdot T = 2.885$, где λ_{max} — длина волны в микронах, несущая максимальную энергию излучения, а T — абсолютная температура. Планк установил зависимость величины лучистой энергии для определенной длины волны от температуры излучателя:

$$P_{\lambda T} = C_1 \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{C_2}{T\lambda}} \text{ ватт на } 1\ см^2,$$

где $C_1 = 3{,}72 \cdot 10^{-12}$ ватт $\cdot\ см^{-2}$; $C_2 = 1{,}43$ *см* — градус; λ — длина волны в сантиметрах; e — основание неперовых логарифмов; T — абс. температура.

На основании последней формулы на рис. 11 построены кривые излучения для разных температур площади, ограниченные кривыми пропорционально полному излучению; заштрихованная часть для каждой площади представляет собою лучистую энергию, воспринимаемую глазом (она очень мала!); вся остальная часть лучистой энергии не воспринимается глазом. Другие накаленные тела, как, например, платина, вольфрам тоже следуют законам температурного излучения абс. черного тела, но их энергия излучения еще меньше.

Приведенные краткие соображения о процессах излучения дают ясное представление, в каком направлении надо итти, чтобы получить более экономичный источник света. История развития и усовершенствования ламп накаливания показывает, что каждые последующие, вновь выпускаемые типы ламп имели более высокую температуру, бо́льшую световую отдачу и бо́льшую яркость, как это видно из табл. 5.

Продолжительность горения ламп и световая отдача зависят от напряжения сети, при котором горят лампы, так как при повышении напряжения возрастает температура нити лампы и световая отдача, но сокращается продолжительность горения. Для приближенных подсчетов служат следующие формулы:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left[\frac{(Lm/W_2)}{(Lm/W_1)}\right]^b,$$

Таблица 5. Характеристика электрич. ламп накаливания.

Наименование ламп	Температура накала нити	Световая отдача	Яркость
	Град. Цельзия	лм/вт	стильбы
Угольная лампа . . .	1850	3	55
Вакуумн. лампа с вольфрамовой нитью 50 ватт	2200	10,0	150—200
Газополные лампы:			
„ 50 ватт	2400	10,9	460
„ 100 „	2480	12,9	570
„ 500 „	2660	18,1	1000
„ 1.000 „	2700	20,1	1200
Кино-проекционная лампа 30v, 1000 вт. .	2900	27,0	2350

где T_1 и T_2 — время продолжительности горения ламп при световых отдачах (Lm/W_1) и (Lm/W_2), b — показатель степени, который может быть принят равным 7;

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{13},$$

где T_1 и T_2 — также продолжительность горения, а V_1 и V_2 — соответствующие напряжения. На рис. 12 представлена зависимость процентного изменения силы света (Io), световой отдачи (F/W), мощности (W), удельной мощности $\left(\frac{W}{I_0}\right)$ и продолжительности срока службы (T) от напряжения.

К люминесцирующим источникам света относятся: вольтовы дуги с эффектными углями; ртутные дуги из кварца и стекла; светящиеся трубки с разреженными газами (углекислотой — свет Мура, с неоном — рекламное и сигнальное освещение). В настоящее время в практику вводится аргоно-ртутная лампа высокого давления с трубкою из стекла с оксидным катодом и содержанием аргона при давлении в несколько *мм* ртут. столба. Такая лампа может быть включена в обычную сеть с напряжением 220 *V*. Световая отдача лампы ~ 40 лм/вт, яркость средины трубки ~ 200 стильбов. Лампы изготовляются на 250, 500 и 1.000 вт. Изготовляются лампы такого же типа с парами натрия и кадмия. По световой

ляется при помощи действительного эталона, помещаемого в M на место испытуемого источника света. Окончательная формула, определяющая силу света I_x источника в зависимости от угла измерения:

$$I_x = \frac{I_э l_э^2}{l_x^2},$$

где $I_э$ — сила света эталона, $l_э$ — расстояние от K до фотометрической головки при измерении с эталоном, а l_x — расстояние тоже до головки при

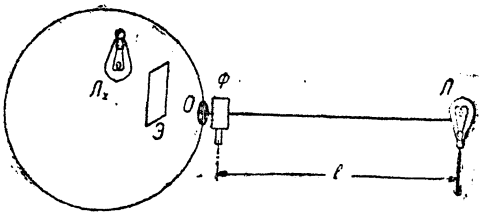


Рис. 6.

измерении испытуемого источника под углом α. По полученным на распределительном фотометре кривым распределения силы света можно вычислить световой поток (F) и среднюю сферическую силу света (I_0), на которые почти всегда и ведутся всякие светотехнические расчеты.

Из табл. 1 следует: $F = \omega I$, а для полного телесного угла $\omega = 4\pi$ имеем $F = 4\pi I_0$; чтобы вычислить световой поток какого-нибудь источника, следует брать по продольной кривой средние значения силы света через равные линейные углы (не больше 5° или 10°) и это значение множить соответственно на величину телесных углов для каждой зоны, все произведения сложить, что даст полный световой поток источника света. Разделив световой поток F на 4π, получим среднюю сферическую силу света источника (I_0).

Световой поток и среднюю сферическую силу света можно получить непосредственным измерением при наличии соответствующих эталонов в шаровом фотометре (рис. 6). Шаровые фотометры изготовляются диаметром 1—3 *м*, внутренняя поверхность матово-белая, через отверстие O направляется на фотометрическую головку Φ световой поток $F_э$ эталона, или световой поток F_x испытуемого источника света. Отверстие O должно быть защищено экраном $Э$ от прямых лучей. Фотометрическое равновесие устанавливается для эталона и испытуемого источника света при помощи промежуточной лампы $Л$, горящей при строго одинаковом режиме; тогда справедливо следующее равенство:

$$F_x = \frac{F_э l_э^2}{l_x^2},$$

где $l_э$ и l_x — отсчеты на фотометре при фотометрическом равновесии для эталона и испытуемого источника света.

Для измерения освещенности применяются очень простые и удобные для переноски люксметры. Имеется большое количество различных конструкций люксметров. В настоящее время у нас, в СССР, получил большое распространение люксметр, изготовляемый в Ленинградском государственном оптическом институте (ГОИ).

Схема люксметра представлена на рис. 7. Внутри деревянной коробки помещается матовый экран (1), изменяющий свой наклон при помощи эксцентрика (2); экран (1) освещается эталонной лампой (3). При включении лампы (3) при помощи кнопки (5) на экране

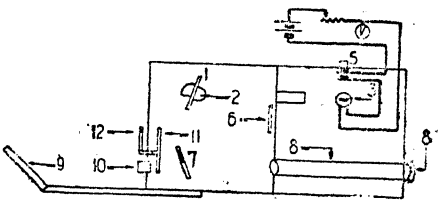


Рис. 7.

(1) создается некоторая освещенность. Световой поток экрана (1) благодаря зеркалам (6 и 7) попадает в окуляр (8). Экран (9) помещают на место, где должна быть замерена освещенность. Световой поток экрана (9) также попадает через отверстие (10) в окуляр (8). Глаз наблюдает два поля освещенных экранов (1 и 9). Экран (1) вращается до тех пор, пока оба поля не будут иметь одинаковую яркость; тогда стрелка, соединенная с головкой эксцентрика, покажет величину освещенности в лю-

Источники света почти всегда излучают неодинаковый световой поток и имеют неодинаковую силу света в различных направлениях. Необходимо иметь представление о том, какой именно световой поток или сила света принимается во внимание. *Направленная сила света* $I_\rightarrow$ *или* I_α есть сила света источника, измеренная в каком-либо одном направлении, и соответствует лишь только одному этому направлению. *Средняя поперечная сила света* I_h **)* есть среднее арифметическое из значений силы света источника по всем направлениям в плоскости, поперечной оси симметрии источника света и проходящей через его световой центр. *Средняя сферическая сила света* $I_\circ$ есть средняя сила света источника, одинаковая по всем направлениям; она равна величине полного светового потока источника света, деленного на 4π. Соотношение между полным световым потоком и средней сферической силой света:

$$F = 4\pi I_\circ.$$

Нижняя (верхняя) полусферическая сила света $I_\smile (I_\frown)$ есть средняя сила света источника, одинаковая по всем направлениям в нижней (верхней) полусфере; она равна величине светового потока, излучаемого в эту полусферу, деленного на 2π. Точно так же установлено понятие о полном световом потоке $F_\circ$ источника света и о потоке $F_\smile$ в нижнюю и о потоке $F_\frown$ в верхнюю полусферу. Если при световых измерениях применяется международная свеча, а расстояние измеряется в метрах, то практическая единица освещенности называется просто „люкс". Если же за единицу силы света принимается свеча Хефнера, тогда единица освещенности называется „Хефнер-люкс". В Англии и Америке расстояние измеряется в футах, единица освещенности называется „фут-свеча".

*) Прежде называлась „средняя горизонтальная сила света".

Табл. 4. Соотношения между различными единицами освещенности.

Наименование	Переводный коэффициент		
	Люкс	Хефнер-люкс	Фут-свеча
	лм/м²	HLm m²	лм/кв. фут
Люкс (метр-свеча)	1	1,17	0,0929
Хефнер-люкс .	0,855	1	0,0794
Фут-свеча . .	10,76	12,60	1

5. *Светотехнические измерения и вычисления.* Для измерения светового потока или силы света различных ламп и светильников служат разной системы фотометры. Сила света и световой поток вычисляются по найденной яркости экрана фотометра (*см.* XLIV, 382/84). Измерение освещенности чаще всего производится специальными приборами — люксметрами разных систем, дающими показания непосредственно в единицах освещенности — люксах. Прежде, когда источники света применялись весьма малых мощностей (10—100 вт), они обычно измерялись только на среднюю поперечную силу света I_h. В настоящее время, с применением источников света больших мощностей (до 10 квт. и больше), измерение силы света или светового потока в одном каком-нибудь направлении не может характеризовать источника света как с точки зрения распределения силы света, так и со стороны общего излучения, а поэтому источники света чаще всего характеризуются кривой распределения силы света, т.-е. силой света под различными углами, гл. обр. в продольной плоскости относительно оси симметрии источника света, так как в поперечной плоскости, за некоторым исключением, они излучают приблизительно симметрично. Для получения кривой распределения света ведется измерение через определенное число градусов (5° — 10°), значения силы света откладываются в полярных координатах под соответствующими углами, и конечные точки векторов силы света соединяются кривой. На рис. 2 изображена поперечная кривая распре-

Таблица 2. Стандартные определения и обозначения световых единиц.

Наименование единиц	Сокращенное обозначение (шрифт)		Определения
	иностр.	русск.	
Единицы светового потока:			
Люмен	lm	лм	Единица светового потока, точное значение которой для СССР определяется по эталонным электрическим лампам накаливания, выверяемым Всес. научно-исслед. инст. метрологии и стандартизации Всесоюзного комитета по стандартизации при СТО.
Килолюмен	klm	клм	1000 lm
Единицы поверхностной плотности светового потока:			
Фот	ph	ф	Поверхностная плотность светового потока в один люмен, равномерно распределенного на площади в один кв. сантиметр.
Миллифот	mph	мф	Одна тысячная фота (0,001 ph). *Примечания.* I. Для единицы светимости допускается также применение наименования „радфот", сокращенное обозначение rph — рф. II. При измерении *освещенности* допускается применение единицы „*люкс*", равной 0,0001 ph. Сокращенное обозначение lx — лк.
Единицы световой энергии:			
Люмен-секунда	lm-s	лм-с	Световая энергия, которая при световом потоке в один люмен расходуется в течение одной секунды.
Люмен-час	lm-h	лм-ч	3.600 lm-s.
Килолюмен-час	klm-h	клм-ч	3.600.000 lm-s.
Единицы поверхностной плотности светов. энергии, испускаемой или получаемой (количество освещения):			
Фот-секунда	ph-s	ф-с	Поверхностная плотность световой энергии, получаемой или отдаваемой поверхностью при ее освещенности в один фот в течение одной секунды.
Фот-час	ph-h	ф-ч	3.600 ph-s. *Примечания.* I. Для единицы поверхностной плотности испускаемой световой энергии допускается также применение наименования радфот-секунда (сокр. обозн. rph-s, рф-с). II. При измерении поверхностной плотности получаемой световой энергии допускается применение единицы люкс-час (сокр. обозн. lx-h, лк-ч), равной 0,36 ph-s.
Единицы силы света:			
Свеча (международная) . .	c	св	Сила света точечного источника в направлениях равномерного испускания одного люмена внутри телесного угла в один стерадиан. Эта единица установлена международными соглашениями.

ются или из той же массы, или из естественного материала. В случае нагревательных плиток нижняя часть металлического диска снабжается спиральной или зигзагообразной канавкой, куда и закладываются последовательно слой цемент-массы, спираль сопротивления и снова слой массы. Качество подобного элемента определяется, в основном, качеством массы—наполнителя.

4. *Эмалевый элемент.* Для образования элемента тепловоспринимающая металлическая поверхность заливается тугоплавкой эмалью. На эмаль накладывается соответственно отформованная проволока сопротивления, которая заливается эмалью же, но менее тугоплавкой, чем первая.

5. *Элементы с порошкообразным наполнителем.*

а) *С механическим наполнением.*

I. *Плиточный элемент.* Устройство аналогично устройству элемента с цементной массой. Для удержания порошка канавка замазывается сверху слоем специального цемента. Сборка заканчивается наложением (с помощью болта) прижимного диска. Лучший наполнитель—порошок плавленого магнезита.

II. *Пластинчатый элемент.* Состоит из проволочной спирали сопротивления, заключаемой в плоский кожух и изолируемой порошком наполнителя. Спираль располагается в несколько рядов по длине элемента. По окончании сборки элемент сильно спрессовывается. Основное применение элемент находит при подогреве воздуха.

III. *Трубчатый элемент „калрод"* (рис. 3 и 4). Принцип устройства

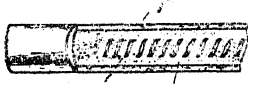


Рис. 3. Устройство трубчатого элемента „калрод".

заключается в том, что внутрь металлической трубки вводится располагаемая коаксиально с трубкой проволочная спираль сопротивления, а остающееся свободным пространство равномерно и плотно заполняется наполнителем. В качестве последнего лучше всего брать специально приготовленный порошок плавленого магнезита. Наполнение трубки с введенной в нее спиралью наполнителем производится с помощью станочков, действующих на принципе удара или вибрации. После наполнения элемент подвергается операции уплотнения порошка, для чего он пропускается через волочильный стан или (что лучше) через ротационную ковочную машину. Элемент принадлежит к числу самых лучших из существующих. Он имеет следующие достоинства: простота конструкции; хорошие условия работы сопротивления; механическая прочность; компактность; способность принимать любую форму, изгибаясь подобно сплошному металлическому стержню; долговечность. Элементы могут служить для нагрева воздуха и жидкостей, могут заливаться в металл.

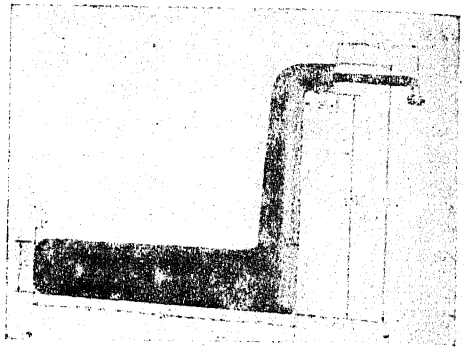


Рис. 4. Нагреватель с элементом „калрод", залитым в чугун.

IV. *Гильзовый элемент „калрод".* Построение аналогично трубчатому элементу „калрод", но трубка берется большего диаметра, и спираль наматывается на керамический сердечник. Изгибу элемент подвергаться не может.

D. *Элементы Бакера.* Изготовляются в форме трубок и плиток. По конструкции аналогичны описанным элементам (I, III). По качеству являются лучшими из существующих, так как изготовля-

ются с лучшим из наполнителей—с окисью магния, получаемой по способу Бакера. Превращение металлического магния в плотную кристаллическую окись магния производится в самих элементах, которые загружаются для этого в автоклав. При снаряжении элементов металлический магний берется в форме трубок и стержней.

Эл. лампа накаливания, как нагревательный элемент, может применяться в некоторых случаях, когда ее форма и испускаемый ею свет не представляют неудобств для пользования.

Нагреватели с неметаллическими сопротивлениями. В случае угольных, силитовых и др. штабиков и трубок элементы образуются сопротивлениями и контактными устройствами, которые обычно служат и поддержками. Порошки сопротивления использовались до сих пор главным образом в т. наз. криптоловых печах. Принцип устройства этих печей заключается в том, что берутся 2 металлических пластинчатых контакта, опускаемых в кожух из эл. изолирующего материала, и пространство между ними заполняется порошком сопротивления. Паста сопротивления наносится прямо на тепловоспринимающую поверхность нагревательного прибора. При эл. изолирующем материале паста наносится непосредственно на поверхность материала, при эл. проводящем же—применяется промежуточный слой изолирующей эмали. Для образования контактов делаются, путем шоопирования, металлизированные полоски.

Электродный нагрев электролитов. Способ нагрева заключается в том, что эл. ток пропускается непосредственно через электролит, который и служит эл. сопротивлением. Основное применение способ нашел в эл. паровых котлах, которые используются главным образом для отопления помещений и для получения технологического пара. Достоинства электродных котлов: 1) легкая возможность обеспечения постоянного давления пара; 2) возможность получения быстрого действия; 3) малый объем на единицу мощности; 4) высокий коэффициент полезного действия (до 96—98%). Основной недостаток электродного котла—непостоянство мощности. Этот недостаток, как и прочие, коренится в свойствах воды, как эл. сопротивления. В зависимости от количества растворенных солей уд. эл. сопротивление воды—ρ—колеблется в пределах 300—10.000 Ω *см*. С увеличением температуры ρ значительно уменьшается, при чем тем более, чем менее в воде содержится растворенных солей. При нагреве воды некоторые соли выпадают. С другой стороны, при питании котла свежей водой происходит постепенно концентрация невыпадающих солей. При образовании пара часть воды вытесняется вверх, что увеличивает сопротивление рабочей цепи котла. Осаждение накипи на электродах увеличивает переходное сопротивление и тем самым общее сопротивление рабочей цепи.

По условиям питания водой различаются 2 способа работы электродного парового котла. 1-й способ. Котел питается свежей водой. При этом требуется систематическая очистка или продувка котла для удаления воды, слишком сильно насыщенной солями. Для поддержания мощности на постоянном уровне требуется специальное регулирующее устройство.

2-й способ. Котел питается конденсатом (ρ = 80.000—10.000 Ω*см*) с добавкой (если требуется) раствора соды. При этом мощность котла с необходимостью изменяется лишь в период установления нормального парообразования. Присоединяя к котлу бачек, куда может вытесняться вода из котла при увеличении в нем давления пара, получают простое средство регулировки мощности котла в зависимости от условий теплоотдачи пара.

Электродные паровые котлы строятся как на низкое, так и на высокое напряжение, как на малую мощность, так и на большую, доходящую до нескольких десятков тысяч киловатт. Кроме нагрева воды, электродный нагрев применяется с успехом при пастеризации молока.

Нагрев вольтовой дугой. Как способ превращения эл. энергии в тепловую, вольтова дуга получила широкое применение при построении эл. печей с развитием высоких температур.

Основные процессы, при которых применяются эл. дуговые печи, таковы: выплавка чугуна, плавка различных металлов, плавка кварца, получение карборунда и карбида кальция, получение азотистых соединений из воздуха. Существуют 3 группы дуговых печей: с косвенным нагревом, с прямым нагревом и с комбинацией нагрева дугой и нагрева по методу сопротивления (см. рис. 5). В печах косвенного нагрева (или иначе отражательных) дуга образуется между электродами над поверхностью расплавляемого материала. Чтобы достигнуть при этом равномерности нагрева, печи делаются с вращающимися барабанами или с качающимися ваннами. Основное применение находят в металлургии не железной группы металлов. В печах прямого нагрева дуга образуется между электродами и поверхностью расплавляемого материала. Основное применение печи получили при плавке металлов группы железа. В комбинированных печах, помимо нагрева дугой, производится нагрев посредством пропускания тока через набойку пода печи, составляемую проводником второго класса. Основной материал электродов дуговых печей — уголь. Для образования жаростойкой обмуровки применяются обожженый магнезит, шамотовый камень, доломит, динас. Так как при работе электроды постепенно сгорают, то печи снабжаются механизмами для их подачи, действующими или автоматически, или от ручного привода. Питание печей эл. током производится от специальных трансформаторов.

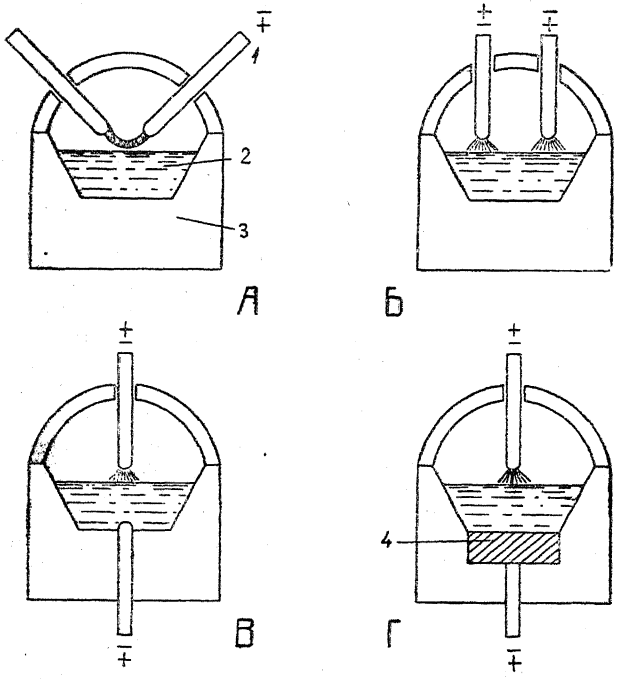


Рис. 5. Схемы устройства электрических дуговых печей: 1—электрод; 2—металл; 3—кладка. А—косвенный нагрев; Б—прямой нагрев — 1-й вариант и В—2-й вариант; Г—комбинированный нагрев.

Индукционный нагрев. Индукционный нагреватель по существу представляет собою трансформатор, вторичная цепь которого составляется телом, непосредственно получающим нагрев. В случае электропроводного объекта нагрева индукционные токи и с ними тепло возбуждаются в нем самом (прямой нагрев), в случае же не проводящего—в специальных металлических телах (обычно в форме сосудов или трубок), от которых тепло передается объекту нагрева (косвенный нагрев.) На практике пользуются нагреванием как чистыми вторичными токами, так и токами Фуко. Индукционный нагрев применяется главным образом в металлургических печах и при нагреве жидкостей. Основные преимущества способа: возможность получения равномерного нагрева при прямом нагреве и возможность получения малых перепадов температур между нагревательным телом и объектом обработки при косвенном нагреве.

Металлургические индукционные печи строятся на питание токами низкой (нормальной) или высокой частоты. Низкочастотные печи имеют замкнутый железный магнитопровод. Высоко-

частотные же делаются обычно без железного магнитопровода (рис. 6). В низкочастотных печах получают на ряду с равномерным нагревом хорошее перемешивание металла за счет возникающих в нем эл. динамич. усилий. Но эти печи пригодны лишь для термической обработки металла, поступающего в уже расплавленном состоянии. Затем они имеют низкий cos φ, заставляющий, при бо́льшой емкости, применять специальный умформер для питания током пониженной против нормальной частоты. Преимущества печей высокой частоты: могут загружаться как жидким, так и твердым металлом; развивают большую мощность и соотв. большую скорость плавки; позволяют получить cos $\varphi = 1$ при использовании явления резонанса; отличаются компактностью. Помимо эл. печей, индукционный нагрев получил применение при нагреве жидкостей, напр. в водогрейных и парообразовательных установках и в пастеризаторах молока. Делаются попытки применения в бытовых приборах (печки для отопления, утюги).

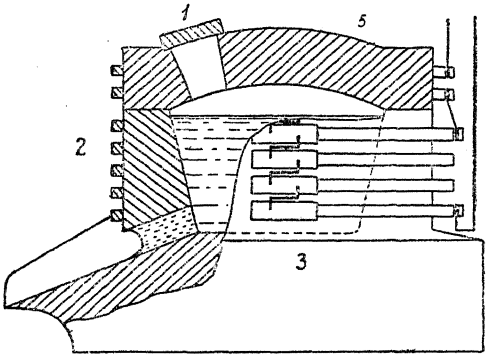


Рис. 6. Схема устройства индукционной печи высокой частоты 1—завалочное отверстие; 2—возбуждающая обмотка; 3—соед. шин; 4—под; 5—свод.

Тепловая изоляция. Требования к материалам теплоизоляции: 1) малая величина теплопроводности; 2) малая теплоемкость; 3) малый объемный вес; 4) жароупорность; 5) достаточное сопротивление сжатию.

Вообще говоря, допустимая рабочая температура теплоизоляции уменьшается с увеличением теплоизолирующей способности. Поэтому в случаях относительно высоких температур приходится прибегать к многослойной изоляции. Для внутренних слоев берутся материалы с большой теплостойкостью, но с умеренной теплоизолирующей способностью—материалы, которые можно назвать теплозащитными. Для внешних же слоев берутся материалы с тем более высокой теплоизолирующей способностью, чем ниже получаются их рабочие температуры. При невысоких температурах хороший эффект дает теплоизолирование с помощью тонких прослоек воздуха. При этом почти не происходит переноса тепла конвекцией и слабо еще проявляется действие излучения. В результате тепло передается путем почти одной лишь теплопроводности, которая для воздуха весьма мала. Так, для покоющегося воздуха при 100°C $\lambda = 0{,}023$ $\left[\frac{\text{к кал}}{\text{м час°C}}\right]$. При высоких температурах, когда интенсивно действует

Таблица III.

Свойства некоторых материалов теплоизоляции

Материал	Коэффициент теплопроводн.		Теплоемкость C $\frac{\text{к кал}}{°C\ \text{кг}}$	Объемн. вес кг/м³	Т макс примен. °C	Сопротивл. сжатию кг/см²
	t°Ц	λ $\frac{\text{к кал}}{\text{м°C час}}$				
Пробковая мелочь . .	0	0,035	0,5	150	100—150	—
Торфяная мелочь . . .	0	0,07	0,4	250	150	—
Азбест. „ . .	0	0,11	0,2	500	700	—
Шлаковая вата	0	0,06	0,18	300	—	—
Кизельгур	0	0,05	0,2	350	—	—
Кристобалит	500	0,185		600	1160	12—15
Диатомит	500	0,23		700	1500	30—40

лучеиспускание, с успехом иногда может быть применено теплоизолирование с помощью экранов или ряда экранирующих поверхностей, расположенных одна за другой. Значительное уменьшение потерь на теплоизлучение наружных поверхностей нагретых металлических тел достигается приданием им блеска с помощью соответствующих покрытий (никелирование, полирование, покрытие алюминиевой бронзой).

Теплоаккумулирующие тела. Применение эл. нагревательных приборов и установок, действующих на принципе теплоаккумуляции, имеет двоякий смысл. Во-первых, при этом возможно пользование эл. энергией исключительно в ночные часы или вообще в часы малой нагрузки эл. станций. Для последних же выравнивание графика нагрузки представляет такие выгоды, что они могут устанавливать на ночное время льготный тариф, как это за границей в большинстве случаев и делается. Во-вторых, теплоаккумулирование позволяет распределить процесс нагрева на долгий промежуток времени и, благодаря этому, пользоваться нагревателями относительно малой мощности. Это опять-таки выгодно эл. станциям и, с другой стороны, упрощает и удешевляет присоединение прибора к сети. К материалам теплоаккумулирующих тел предъявляются следующие основные требования: большая удельная теплоемкость, большая теплопроводность, большой удельный и объемный вес и жароупорность.

Таблица IV.

Свойства основных теплоаккумулирующих материалов

Материал	Уд. теплоемк. C $\frac{к\ кал}{кг\ °C}$	Коэфф. теплопров. λ $\frac{к\ кал}{м\ час.°C}$	Объемн. вес $кг/м^3$	Макс. рабоч. темпер.°C
Чугун	0,13	40	7.250	500 и более
Железобетон	0,20	1,3	2.200	
Песок	0,19	0,33	1.520	

Для отбора тепла от аккумулирующих тел пользуются или их естественной теплоотдачей, или искусственно создаваемыми токами воздуха.

Примером электронагревательного устройства с аккумулированием тепла может служить электрическая кухонная плита Seehaus'a, схема устройства которой дана на рис. 7. Зарядка плиты тепловой энергией производится в ночное время. Энергия запасается гл. обр. чугунными плитами. При пользовании плитой пускается в ход вентилятор, и в соответствии с желаемой степенью нагрева приоткрываются регулирующие вентили. Поток воздуха проходит через слой песка, нагревается и затем отдает тепло реб-

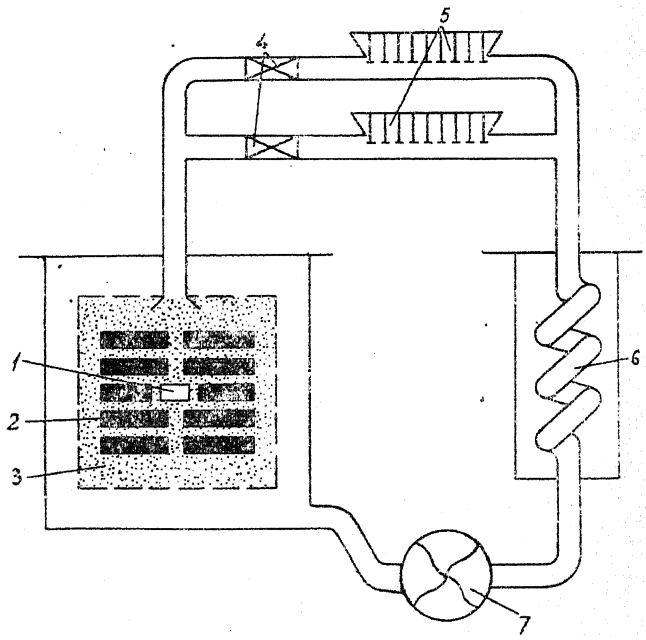


Рис. 7. Схема устройства электрической плиты с теплоаккумулированием: 1 — нагреватель; 2 — теплоаккумулятор из чугунных плит; 3 — крупный песок; 4 — регулирующие вентили; 5 — рабочие плитки; 6 — водоподогреватель; 7 — вентилятор.

ристым поверхностям плиток. После плиток воздух отдает еще тепло в змеевике водоподогревателя. Тепловые потери плиты в нерабочее время невелики, так как теплоаккумулирующее тело хорошо изолировано.

Контрольные приборы. Основной величиной, наблюдение за которой бывает необходимо для контролирования режима работы эл. тепловых установок, является температура. В некоторых специальных случаях большое значение приобретает также влажность воздуха. Для контролирования температуры употребляются ртутные термометры, термометры сопротивления, термопары, оптические и радиационные пирометры. Для контролирования влажности служат психрометры и гигрометры. Некоторые типы эл. контрольных приборов выполняются самопишущими.

Аппаратура автоматического управления. Цель применения аппаратуры заключается в достижении следующих эффектов: 1) ограничение расхода энергии минимальной величиной, достижимой при данной установке; 2) экономия на рабсиле вплоть до полного упразднения обслуживающего персонала; 3) точное регулирование процессов нагрева в соответствии с условиями, выдвигаемыми практикой; 4) предохранение установок от аварий; 5) обеспечение условий техники безопасности.

Важнейшими приборами автоматического управления являются: регуляторы температуры, термореле, выключатели с часовым механизмом, регуляторы влажности.

Чаще всего задача *регулятора температуры* состоит в поддержании температуры в некоторых постоянных и узких границах. Иногда же требуется, чтобы температура менялась по некоторой заданной кривой, как функция времени („программное регулирование"). Работа установок, снабженных регуляторами температуры, в отношении условий регулирования характеризуется показателями точности, эффективности и устойчивости. Точность определяется максимальной величиной отклонений температурных условий от заданных, получающихся по достижении установкой ее нормального рабочего состояния. Под эффективностью разумеется скорость восстановления нормальной температуры после того, как по некоторой причине произошло понижение температуры. При достижении установкой, во время разогрева, ее рабочего состояния, как правило, наблюдается период неустойчивости, когда амплитуда колебаний температуры превосходит нормальную. Чем этот период и амплитуда получаются меньшими, тем большую установка имеет устойчивость (рис. 8).

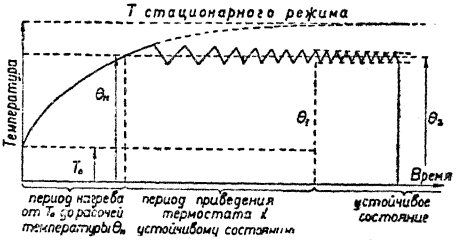


Рис. 8. Диаграмма изменения температуры нагревательной установки в период пуска.

Существуют 3 основных способа воздействия на мощность установки для регулирования температуры: 1) способ „все или ничего", или регулирование полной мощностью. Способ состоит в том, что по достижении рабочей температуры вся мощность выключается, затем, по охлаждении установки на некоторое число градусов, вся мощность включается вновь и т. д. 2) Регулирование частью мощности. При этом способе часть мощности остается действующей постоянно, а другая часть включается и выключается, как при 1-м способе. 2-й способ по сравнению с 1-м дает большую точность. 3) Реостатный способ. Дает возможность весьма плавного регулирования, но связан с потерями энергии в реостате, поэтому имеет значение лишь для лабораторных установок.

Основные требования к терморегулирующим устройствам: чувствительность, устойчивость, надежность, постоянство характеристики. В общем случае в терморегулирующие устройства входят: собственно регулятор или термокоммутатор, промежуточное реле и реле рабочего тока (нагревателя).

Для построения термо-коммутаторов используются следующие эффекты нагрева: 1) расширение металлов, жидкостей и паров жидкостей; 2) увеличение давления газов; 3) изменение магнитных свойств; 4) изменение электросопротивления; 5) генерация термотоков; 6) испускание лучистой энергии с возбуждением фотоэффекта.

Схемы устройства отдельных типов термокоммутаторов. Диласионные термокоммутаторы (рис. 9). Берутся два твердых тела удлиненной формы, из которых одно термоактивное, а другое термоинертное, и приводят их в механическую связь между собой. Пользуясь разницей в величинах абсолютных удлинений, получаемых этими телами при нагревании, приводят в действие контактный рычажок. Термоактивные тела делаются из меди, латуни, железа, никеля, цинка. Термоинертные — из инвара, фарфора, кварца. Диласионные регуляторы применяются обычно при $T_{раб} = 400—500°C$, но известны конструкции для $T_{раб} = 1200°C$.

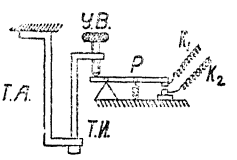


Рис. 9. Схема диласионного термокоммутатора: Т. А.— термоактивное тело; Т. И.— термоинертное тело; У. В.— установочный винт; Р—рычажок; $К_1$ и $К_2$ — контакты электрического контура.

Биметаллические т.-к. (рис. 10 и 11). Применяемый в термокоммутаторах термический биметалл представляет собой механическое соединение с наложением друг на друга двух металлических полосок, обладающих разными коэффициентами линейного расширения. При нагревании в биметалле возникают внутренние напряжения, заставляющие его изгибаться по форме сферической поверхности (при равномерн. нагреве). Пользуясь этим, берут биметаллическую пластинку (или спираль) и, закрепляя один из ее концов неподвижно, другим заставляют производить при нагревании замыкание или размыкание контактов регулятора. Материалами активных компонентов биметалла (с большим коэфф. лин. расшир.) служат: латунь, константан, ферроникели с содержанием от 22 до 27% Ni. Для инертных компонентов берутся ферроникели с содержанием Ni от 36% (инвар) до 46%. Максимальная рабочая температура доходит до 550° С. При инваре $t_{макс} = 150—200°C$.

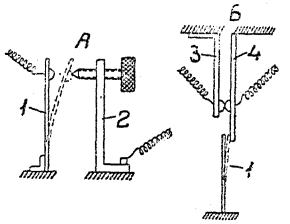


Рис. 10. Схема биметаллического термокоммутатора: А—термокоммутатор с работой на включение: 1 — биметалл; 2—контактная стойка.

Рис. 11. Схема биметаллического термокоммутатора с работой на выключение: 1—биметалл; 3 и 4 — контакты.

Т.-к. с расширением жидкости (рис. 12 и 13). Делаются в виде термометров, у которых в капилляр вводятся 2 платиновые проволочки. Поднимающийся при нагревании столбик ртути в известный момент замыкает проволочки, которые вводятся в электрический контур регулятора. Применяются при t до 250—300° С.

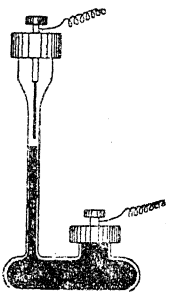


Рис. 12. Простой ртутный термокоммутатор.

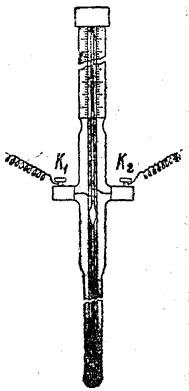


Рис. 13. Ртутный контактный термометр.

Т.-к. с расширением паров жидкостей (рис. 14 — 16). Делаются термометрического типа, с упругой диафрагмой или с „мехом". В первом случае берется трубка с глухим коленом увели-

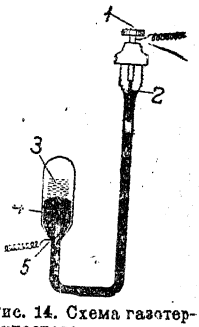


Рис. 14. Схема газотермического термокоммутатора; 1 — установочный винт; 2—контактная платиновая проволока; 3—легкокипящаяся жидкость; 4—ртуть; 5—платиновый контакт.

ченного против трубки диаметра. В колено вводятся небольшое количество

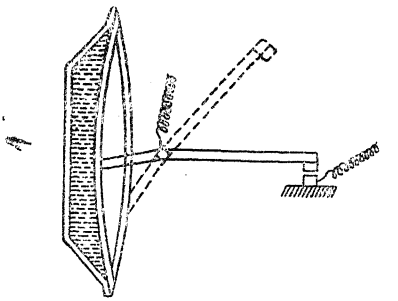


Рис. 15. Схема термокоммутатора с диафрагмой.

ртути и поверх нее легко испаряющаяся жидкость. Ртуть служит для замыкания контактов, образуемых, как и в предыдущем случае. 2-мя платиновыми проволочками. Работа коммутатора с диафрагмой основывается на быстром переходе упругой части диафрагмы из положения вогнутости внутрь в положение выпуклости наружу под действием паров, интенсивно образующихся по достижении точки кипения жидкости.

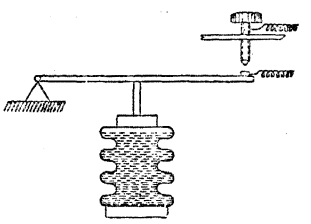


Рис. 16. Схема термокоммутатора с мехом.

Т.-к. с изменением давления жидкости или газа. Использование эффекта достигается с помощью трубки Бурдона, которая с повышением температуры разгибается (рис. 17).

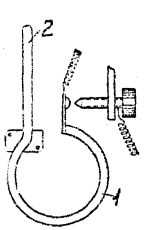


Рис. 17. Схема термокоммутатора с трубкой Бурдона: 1—трубка Бурдона; 2—неподвижная трубка.

Т.-к. с сопротивлением. Используется влияние температуры на величину электр. сопротивления проводниковых или полупроводниковых материалов. В 1-м случае схема коммутатора такова (рис. 18): специальное сопротивление или сопротивление самой нагревательной установки вводится в одно из плеч схемы мостика, в которую включается контактный гальванометр. При отклонении температуры установки от нормальной мостик выходит из равновесия. Стрелка гальванометра отклоняется и действует на контактное устройство. Т.-к. применяется при темп. до 1500° С.

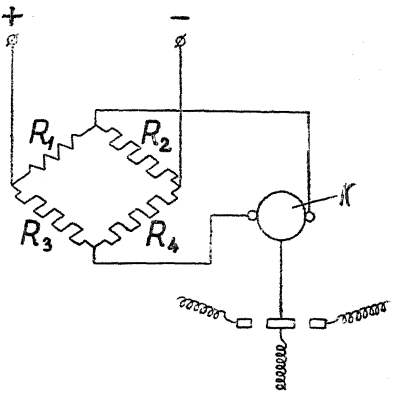


Рис. 18. Схема термокоммутатора с сопротивлением. К—контактный гальванометр.

Т.-к. с генерацией термотоков. Коммутатор составляется из термопары, горячий спай которой вводится в рабочее пространство установки и контактного гальванометра. Используется при температурах до 1500° С.

Т.-к. с использованием фотоэффекта. Применяется при температурах интенсивного испускания лучистой энергии. Импульсатором служит фотоэлемент. Развиваемый им эл. ток усиливается электронной лампой и служит для возбуждения реле нагревателя.

Общие схемы действия регуляторов температуры. При незначительных мощностях выключение рабочего тока может производиться непосредственно термокоммутатором. Выключаемая мощность существенно повышается, если термокоммутатор снабжается приспособлением для мгновенного размыкания тока. При мощности в не-

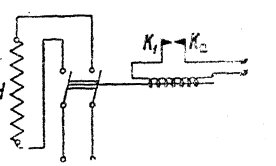


Рис. 19. Схема соединений нагревательного устройства с термокоммутатором, работающим на размыкание тока: Н—цепь нагревателя; K_1 и K_2 — контакты.

сколько киловатт требуется уже применение реле рабочего тока. Термокоммутатор производит в этом случае размыкание и замыкание цепи магнитной катушки реле (рис. 19, 20). При особенно больших выключаемых мощностях или при слишком малых силах тока, пропускаемых термо-коммутатором, применяется еще промежуточное реле (рис. 21). В качестве реле рабочего тока берутся обычно эл. магнитные контакторы (рис. 22).

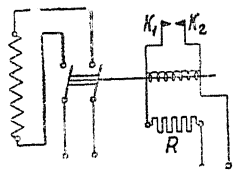


Рис. 20. Схема соединений нагревательного устройства с термокоммутатором, работающим на замыкание тока: R — вспомогательное сопротивление.

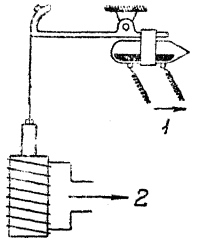


Рис. 21. Схема промежуточного реле с соленоидом и ртутным прерывателем: 1 — к реле нагревателя; 2 — к термокоммутатору.

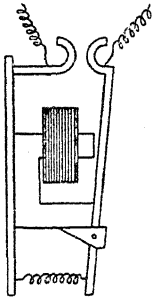


Рис. 22. Схема электромагнитного контактора.

Термо-реле. Задача термо-реле состоит в том, чтобы выключать установку по завершении проводимой термической операции. Обычная схема действия реле такова. При пуске установки заряжается приводное пружинное устройство реле. По достижении установкой конечной температуры процесса усилием, развиваемым термочувствительным органом реле, освобождается задержник пружины, и последняя производит работу выключения. Применяемые термочувствительные органы аналогичны тем, которые применяются и в регуляторах температуры.

Выключатели с часовым механизмом употребляются для автоматического включения и выключения установок в заранее назначенное время.

Регуляторы влажности строятся по принципу психрометра. Термочувствительный орган регулятора поддерживается все время в увлажненном состоянии. В зависимости от влажности воздуха изменяется скорость испарения влаги чувствительным органом, а вследствие этого и его температура. С изменением же последней изменяется деформация чувствительного органа, которая и используется для приведения в действие контактного устройства.

Существующие эл. тепловые приборы и установки. Проводя наиболее общую классификацию, существующие эл. тепл. приборы и установки можно разделить на оборудование: 1) для пром. предприятий тяжелой и легкой индустрии, 2) для сельского хозяйства, 3) лабораторное, 4) для предприятий, обслуживающих бытовые нужды, и для индивидуального быта.

Индустриальное оборудование. Операции, выполняемые с помощью эл. теплового оборудования, по отдельным отраслям промышленности таковы: а) металлургия: выплавка чугуна, плавка и рафинирование железа и стали, выплавка не-железных металлов, изготовление различных сплавов, в том числе особо высокого качества. б) Металлообрабатывающая промышленность: прокаливание, закаливание, отжиг, отпуск, сварка, пайка. в) Керамическая промышленность: плавка и переработка кварца; получение тугоплавких окисей и их синтез; искусственное изготовление драгоценных камней; получение извести, цемента; получение шамота, стеатита и пр., обжиг изделий из шамотовой, фарфоровой и прочих масс; покрытие глазурью. г) Химическая промышленность: проведение реакций в различных конденсированных системах; синтетическое получение нитросоединений, проведение реакций между газами и твердыми или жидкими веществами (окисление, восстановление, кальцинирование, нитрирование, гидрирование); получение карбидов силиция, кальция и различных тугоплавких металлов.

Для осуществления отдельных операций нагрева пользуются эл. энергией в текстильной и бумажной промышленности, в типографском деле, в производстве обуви, в пищевой промышлен-

ности. При получении технологического пара и при сушке сырых материалов и готовых изделий эл. нагрев имеет универсальное применение.

Из отдельных видов эл. тепловых установок наибольшее значение для промышленности и наибольшее распространение имеют различного рода эл. печи. Нужды металлургии обслуживают печи с вольтовой дугой и индукционные. В прочих отраслях промышленности применяются, главн. обр., печи с сопротивлениями. Чаще всего пользуются металлическими сопротивлениями из сплавов типа нихрома. Сопротивления обычно располагаются в самом пространстве печи, напр. подвешиваются посредством керамических поддержек с внутренней стороны вертикальных стенок. Употребительные формы нагревательных сопротивлений таковы: открытые, горизонтально подвешиваемые проволочные спирали; секции из шин, изгибаемых зигзагообразно.

Эл. тепловые приборы и установки для сельского хозяйства. Список основных электрифицированных операций нагрева в сельском хозяйстве таков: запаривание и силосование корма; подогрев воды; пастеризация молока; инкубация и брудерация птицы; стерилизация яиц, сушка плодов, овощей, зерна, чая, табака, травы, дерева; обогрев помещений с животными; обогрев почвы и культивационных помещений; стерилизация почвы (подробнее см. *электротехника в сельском хозяйстве*).

Бытовые установки и приборы. Основное применение находят при ледующих операциях: выпечка хлеба, приготовление пищи; приготовление горячей воды; стирка, глажение белья, отопление. *Эл. хлебопекарные печи* (рис. 23, 24) работают без аккумулирования эл. энергии (на дневном токе) или с аккумулированием (на ночном токе). Делаются с неподвижным подом, с выдвижным и вращающимся, затем люлечные и тоннельные. Последние 3 типа—конвеерные. Печи с аккумулированием складываются из кирпича. Новейшие печи без аккумулирования имеют стальные стенки: Для теплоизоляции применяются шлаковая вата и азбест. Нагревательные элементы применяются: с заделкой проволоки в цемент (печи с аккум.), открытые ра-

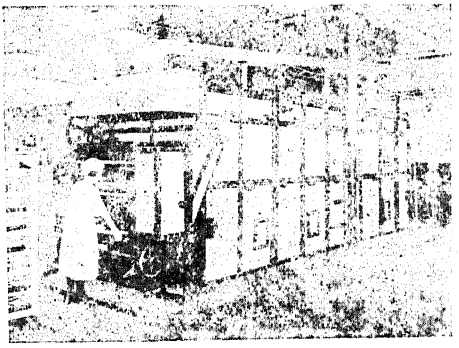


Рис. 23. Внешний вид люлечной электрической хлебопекарной печи.

мочные, трубчатые „калрод", закрытые плиточные. Регулирование температуры ведется вручную или автоматиче-

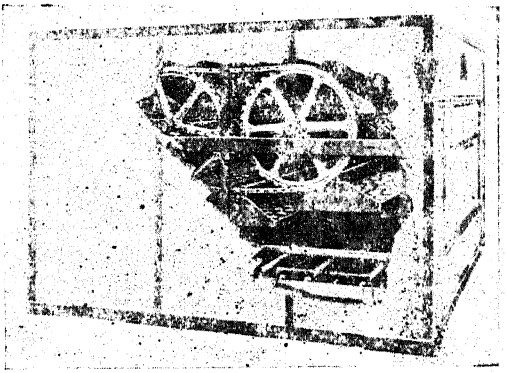


Рис. 24. Внутреннее устройство люлечной электрической хлебопекарной печи.

ски. Температура рабочего пространства берется 200—275°С. Выпечка, в зависимости от вида изделий, длится от 10 минут до 2 часов. Удельный расход энергии составляет от 0,2 до 0,5 квч на кг хлеба. *Оборудование кухонь.* Важнейшими предметами эл. теплового оборудования больших (обществ. значения) кухонь являются: большие плиты, варочные котлы и духовые шкафы. Еще применяются: кондитерские печи, Bain-Marie, кастрюли, сковороды, кипятильники, машины для мойки посуды

и др. Рабочая поверхность плиты образуется рядом круглых плиток, каждая из которых питается эл. током самостоятельно. Плитки имеют обычно 3 ступени нагрева. Нагрев в варочных котлах производится или элементами, или электродным способом. Оборудование индивидуальных кухонь составляется из небольших плит, настольных плиток, кастрюль, сковородок, духовок, чайников и пр. *Водоподогреватели.* Известны 3 системы водоподогревателей: проточные (в которых вода нагревается, протекая через нагревательное устройство), быстродействующие наливные (без аккумуляции) и т. наз. аккумуляторы горячей воды. Последние наиболее интересны. Основные части эл. аккуммуляторов горячей воды следующие: резервуар для воды, кожух, тепловая изоляция, эл. нагреватель и регулятор температуры. Приборы делаются „низкого давления", и тогда резервуар всегда сообщается с наружным воздухом, и „высокого давления", тогда вода в резервуаре всегда находится под полным давлением линии. Прибор устраивается так, что разбираемая горячая вода вытесняется из него действием поступающей холодной воды. Для удобства получения воды любой температуры применяется смеситель. Вода нагревается нормально до 80—85° С. Время нагрева берется порядка 8 час. К.п.д. получается порядка 95%. Нагреватель образуется элементами, вводимыми в резервуар через фланец. Элементы берутся трубчатые „калрод", слюдяные или гильзовые—излучательные. Мощность прибора получается небольшой, составляя 11 - 13 ватт на 1 литр емкости, что облегчает его присоединение к сети. Благодаря свойствам термоса прибор позволяет вести нагрев исключительно ночью и весь день иметь горячую воду. *Стиральные машины.* По способу стирки различаются машины с неподвижным бельем, или гейзерные, и с движением белья, или механические стиралки. В гейзерных аппаратах промывка белья осуществляется путем периодического интенсивного разбрызгивания кипящего щелока гейзерным устройством. В механических—путем трения. В гейзерной стиралке стирка продолжается 7 час. Автоматичность ее действия позволяет использовать для стирки ночное время, Механическая—стирает около часа. Для привода требуется мотор.

Эл. отопление (*ср.* XLV, ч. 3, 326'). Имеет применение главным образом в качестве добавочного к огневому отоплению и в случаях сравнительно кратковременного действия. С точки зрения гигиены наиболее совершенной является система с излучением тепла большими поверхностями нагревательных панелей, устраиваемых под потолком или в самом потолке помещения. На практике же пользуются чаще всего переносными отопительными приборами. Наиболее употребительны конвекционные печи с аккумуляцией тепла и без таковой, излучательная печь с рефлектором, радиатор с водой, в которую вводятся закрытые элементы сопротивления (рис. 25).

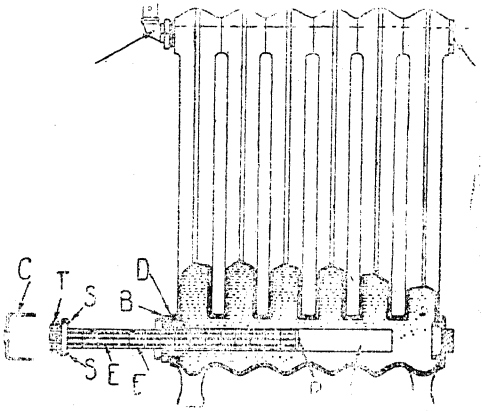


Рис. 25. Электрический водяной радиатор: R—нагревательный элемент; A — кожух; T — контакты элемента.

О распространении применения эл. тепла. Основная предпосылка распространения—экономичность—создается главным образом за счет дешевого тарифа на эл. энергию (ср. *электрификация*. LI, 658). Соответственно этому наибольшее развитие применения эл. тепло получило в таких странах с дешевой эл. энергией, как Швеция, Норвегия, Швейцария, Канада. Однако, способность эл. нагрева к конкуренции с огневым не определяется еще простым сравнением стоимости единицы

энергии в обоих случаях. Во внимание должны быть приняты отмеченные выше особые преимущества эл. тепловых установок перед огневыми, которые делают применение эл. тепла рациональным даже и тогда, когда затраты на эл. энергию несколько превышают соответствующие затраты на топливо. Кроме стран с особо благоприятными условиями отпуска эл. энергии, эл. тепловые установки и приборы получили значительное распространение в США, Англии, Германии, Японии, затем во Франции, Голландии и др. странах. В СССР применение эл. тепла получило пока заметное развитие лишь в тяжелой промышленности. В быту эл. тепло применяется слабо и в с.х. почти совсем не применяется. Производство основных материалов и фабрикатов, применяемых в технике эл. тепла, еще ждет у нас своего развития.

Эл. тепловой расчет приборов с металлическими сопротивлениями. Коэффициенты теплопроводности материалов и теплоперехода,—величины, которые почти целиком определяют собой тепловой режим прибора,—претерпевают значительные изменения в зависимости от целого ряда факторов. Высокая степень способности тепловой энергии к растеканию во все стороны ограничивает возможности управления тепловыми потоками. Передача тепла тремя путями: кондуктивностью, конвекцией и излучением ведет к очень большому числу комбинаций в условиях теплопередачи. В результате этого расчеты эл. тепловых приборов носят приближенный характер, требуя для уточнения постановки специальных экспериментов, и для их выполнения не существует универсального метода. Ниже ограничиваемся, поэтому, описанием расчета по методу коэффициента монтажа

Расчет прибора в целом. Обычно задача ставится так: требуется построить прибор, который некоторое тело весом P *кг* с удельной теплоемкостью C $\frac{\text{к кал}}{\text{кг°C}}$ нагревал бы с начальной температуры Θ_0 (°C) до конечной Θ_1 за время в t час. Необходимо определить мощность нагревателя W, удельный расход энергии E_0 и к. п. д. — η, материал, форму, сечение и длину металлического сопротивления. Для определения мощности прибора необходимо знать энергию потерь, но последняя зависит от первой. Для выхода из затруднения при предварительном расчете величиной к. п. д. — η прибора надо задаться. Тогда мощность найдется из ф-лы:

$$W = \frac{CP\,(\Theta_1 - \Theta_0)}{860\ \eta\ t} \text{ квт} \qquad [1]$$

(860—коэффициент перехода от килокалорий к киловаттчасам; 1 квч = =860 *к/кал.*). Исходя из формы и объема объекта нагрева, устанавливаются форма и размеры рабочего пространства (рабочей поверхности) прибора. Выбираются способ расположения и тип эл. нагревательных элементов. Устанавливаются число отдельных сопротивлений (элементов)—n, мощность единичного—$w = \frac{W}{n}$ и способ эл. соединения элементов между собой. Фиксируется величина напряжения на клеммах элементов—v.

Расчет сопротивления (элемента). Длина l и сечение s сопротивления не могут быть непосредственно определены из теоретических ф-л. Существует лишь формула, устанавливающая взаимозависимость l и s, которая может быть написана в следующем виде:

$$l = \frac{v^2 s}{\rho\,[1 + \alpha\,(T_c - T_0)]} \qquad [2]$$

(здесь T_c — темпер. сопротивления в °C; T_0—температура, к которой относится ρ; α—температ. коэфф.) Необходимо поэтому одну из величин l или s—определить косвенным путем. Практически определяют s. Существует ряд таблиц (выпущенных фирмами, поставляющими материалы сопротивления), дающих связь величин: диаметра проволоки сопротивления d, силы тока — I и температуры — t_c, составленных для случая проволоки, расположенной горизонтально в спокойном воздухе и свободно отдающей тепло. Извлечение из одной из подобных таблиц дается ниже.

Табл. V. Взаимозависимость диам. проволоки, силы тока и температуры для нихрома (по данным фирмы „Heraeus Vac.—Schmelze A. G.").

d пров. мм	Сила тока при температуре			
	200°C	400	600	800
2	7,2	16	27	39,5
1,5	5	11	18	25,7
1,2	3,8	8,3	13	18,7
1	3,1	6,3	10,1	14,3
0,8	2,4	5	7,8	10,8
0,6	1,7	3,6	5,5	7,5
0,4	1	2,1	3,3	4,4

Чтобы воспользоваться таблицами в том случае, когда условия охлаждения проволоки не совпадают с табличными, нужно вместо той температуры T_c, которую желают проволоке придать, взять фиктивную температуру $T'_c = mT_c$. Здесь „m"—т. наз. „коэффициент монтажа", учитывающий специфические условия охлаждения проволоки. Величина его для некоторых случаев дается след. табличкой:

Таблица VI.

Род конструкции	m
Приборы без тепловой изоляции (проволочные спирали в спокойном воздухе)	0,8
Приборы со слабой теплов. изол. (проволока, навитая на огнеупорный держатель в воздухе)	0,6—0,7
Приборы со средней теплов. изол. (сопротивление между 2-мя изолирующими слоями)	0,5
Приборы с мощной тепловой изоляцией (трубчатые печи со слоем изоляции в несколько раз большим диаметра рабоч. пространства)	0,3—0,4

Т. обр., остановившись на определенном материале сопротивления, выбрав температуру T_c и установив примерное значение коэфф. монтажа m, находят диаметр проволоки d и далее по ф-ле (2) длину l. В случае, когда берется не проволока, а лента, способ расчета остается тот же, но вводят еще т. наз. коэффициент профиля — p, учитывающий разницу в условиях охлаждения проволоки и ленты. Лента охлаждается лучше проволоки, поэтому при той же температуре получает большую нагрузку.

Соответственно этому в случае ленты исходят не из действительной силы тока I, а из уменьшенной, фиктивной, силы тока $I' = \frac{I}{p}\left(= \frac{W}{vp}\right)$. Значения p в зависимости от отношения ширины ленты a к ее толщине b даются след. таблицей:

Таблица VII.

a/b	2	3	4	5	7	10	25 и более
p	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,5

Задавшись отношением $\frac{a}{b}$ и получив значение I' по выбранной T_c, находят из таблиц величину d и по ней сечение ленты: $s = ab = \frac{\pi d^2}{4}$. Наконец, находятся стороны сечения: $a = \sqrt{\left(\frac{a}{b}\right)}\, s$ $b = \frac{s}{a}$.

Расчет тепловой изоляции. Один из возможных способов расчета таков: выбирают материал изоляции и устанавливают толщину слоя, исходя из конструктивных соображений. После этого высчитывают для проверки достаточности толщины среднюю мощность теплопотерь в окружающую среду, пользуясь ф-лой вида: $W_{\text{пот}} = \frac{K\Delta t}{860}$ [кв] где K—всеобщий коэффициент теплопередачи и ΔT—средняя разность температур рабочего пространства и внешней среды за время нагрева. Выражение для K получается разным для различных типовых условий теплопередачи.

Уточненный расчет прибора. Установив на основе предварительного расчета форму и все основные размеры нагревательного прибора, вычисляют и затем суммируют: 1) полезную затрату энергии и 2) энергию потерь в окружающую среду, энергию, аккумулируемую конструктивными частями прибора (если рассчитывают на пуск с холодного состояния) и энергию всех других видов потерь. Деля сумму на выбранную длительность процесса нагрева в часах, получают уточненную мощность нагревателя, после чего можно соответственно уточнить и размеры сопротивления.

Литература. Материалы сопротивлений: *Жемчужный* и *Погодин:* „Сплавы для эл. измерит. и нагреват. приборов", Л., 1928; „Zeitschr. V. D. I.", 1934, № 20; „El. Wirtsch.", 1932, № 25. Эл. изоляция: „World Power", 1928, № 57; „El. Wärme", 1934, № 2;

„Gen. El. Review", 1933, № 9; „The El. Review", 1926, № от 18/VI. Построение элементов: „L'Electricien", 1931, фев.; „Gen. El. Rev.", 1933, № 8; „The El. Rev.", 1933, стр. 217; „The El. Times", 1934, № 2212. Электродный нагрев воды: „Электричество", 1935, № 8; „B. B. C.—Mitt.", 1935, март. Нагрев вольтовой дугой и индукционный: *M. Pirani*, „Elektrothermie", „El. Wärme", 1934, № 7. Тепловая изоляция: *Макаров*, „Теория и практика тепловой изоляции"; „El. Wärme", 1934, №№ 2 и 6; „Iron Age", 1934, № 16. Контрольная аппаратура: *Кульбуш*, „Электрические пирометры"; *Лахтин*, „Приборы для измерения температуры в тепловых установках". Аппаратура автоматического управления: „Siemens-Zeitschr.", 1931, № 10; „El. Wärme", 1934, № 10; „Gen. El. Rev.", 1934, № 5; „Электриф. с. х.", 1935, № 2; „Электричество", 1935, № 5. Эл. тепловые приборы и установки: а) промышленные: *Сибилев*, „Эл. печи"; *Pirani*, „Elektrothermie"; *Kratochwil*, „Elektrowärmeverwertung"; „El. Wärme", 1934, № 5; б) сельско-хоз.: „Энергетическое обозрение", 1931, № 8; „C. R. E. A. Bulletin" (Chicago), 1931, ноябрь; „Электрификация сельск. хозяйства", 1933, № 1; „Z. V. D. J", 1932, № 15; „El. Verwertung", 1932/33, № 4/5; „El. Verw.", 1934/35, № 2; в) бытовые: „I. Inst. El. Engrs.", 1931, сент., и 1935, май (отопление); *Härry*, „El. Grossküche in der Schweiz"; „El. Wirtschaft", 1931, ноябрь (кухни); „I. Inst. El. E.", 1928. № 378 (хлебопечение); „Электриф. с. х.", 1932, № 5/6 (водоподогрев); *Драбкин*, „Электрификация быта за границей". Расчет эл. нагревателей: „Bull. Schweiz. El. Ver.", 1923, № 9; „L'Electricien", 1929, № 1461; „Электричество", 1930, № 19; „Schweiz. Techn. Zeitschr.", 1929, №№ 39 и 40; „L'Electricien", 1933, № 1578.

В. Смирнов.

Электротехника в сельском хозяйстве. Электрификация промышленности и сельского хозяйства представляет одну из крупнейших областей современной техники, где электричество применяется в самых разнообразных формах, являясь всюду, как правило, фактором, позволяющим рационализировать и упрощать производственные процессы. Электричество обладает необычайной по сравнению с другими видами энергии гибкостью и многообразием форм применения, простотой распределения и подачи энергии в определенное место, потенциальной способностью в нужный момент выделить строго необходимое количество энергии и сравнительной простотой включения и выключения приемников тока и их обслуживания (ср. *электрификация*, LI, 658 сл.).

Эта простота управления и возможность передачи энергии в любых количествах представляют большую выгоду даже на малых пространствах завода, на огромных же пространствах усадеб и полей совхозов и колхозов они сыграют еще большую роль и дадут еще больше преимущества перед другими способами механической передачи и распределения энергии. Электричество используется в сельском хозяйстве в основном в качестве механической силы, как источник тепла и света, как химический фактор и как мощный фактор биофизических и биохимических процессов.

В настоящее время область использования электричества значительно расширяется в сторону применения высокочастотных электро-магнитных колебаний для связи между МТС-ми, в борьбе с вредителями сел. хоз., в области селекции и генетики. Однако, все это далеко не исчерпывает возможностей, заложенных в электричестве,—новые открытия в строении атома, нахождение положительных электронов намечают новые гигантские сдвиги в области прикладной электротехники. Пройденный этап дает основание для этого предположения. Процесс электрификации, который в промышленности зашел необычайно глубоко, в сельском хозяйстве еще только начался, оставаясь по количеству потребляемой энергии в наиболее электрифицированных странах в пределах 5—7% от всей суммы вырабатываемой электрической энергии.

За последние годы наступил поворот в сторону электрификации сельского хозяйства. В Советском Союзе это диктуется интересами развития народного хозяйства и улучшением материального и культурного благосостояния трудящихся города и деревни. Другое дело— в капиталистических странах. Несоизмеримо мелкий масштаб сельского хозяйства капиталистических стран по сравнению с гигантскими промышленными предприятиями заставляют электротехнику итти по узкому руслу мелкого индивидуального хозяйства. Поэтому за границей многие достижения электричества в области промышленности не могут быть перенесены в сельское хозяйство. Капиталистическая техника изощряется в искусственном уменьшении масштабов машин и методов для удовлетворения такого мелкого крестьянского хозяйства, как, например, в Германии, где

59% крестьянства имеют менее 2 *га* обрабатываемой площади.

По статистике 1928 г. общая мощность установленных в сельском хозяйстве моторов достигла в Германии 3.770.000 л. с. при количестве моторов около 1.046.000 шт. В Германии электрические моторы составляют почти 85% всех механических с.-х. двигателей.

Таблица 1.

Род токоприемника	Количество	Установленная мощность, квт.	Средняя мощность тока приемника, квт.
лампочки накаливания	21.350.000	727.000	0,034
моторы	1.046.000	3.770.000	3,595
запарники картофеля	8.780	9.950	1,113
нагреватели воды.	2.960	2.940	0,99
нагреватели и бытовые приборы	961.000	417.500	0,435
дойльные установки	4.480	5.170	1,154
электросиловые установки	135	3.100	23,00
дождевальные установки	394	2.900	7,36

Общая мощность в сети токоприемников, установленная в сельском хозяйстве, достигала в 1928 г. 4.940.110 квт, при чем средняя величина токоприемника выразилась в 3,11 квт. Таблица 1 дает характеристику типичных для Европы потребителей электрической энергии в сельском хозяйстве, получивших за исключением электро-силосных установок массовое применение.

К установкам, получившим широкое применение, нужно отнести инкубаторы, брудеры и другое электрифицированное оборудование для птицеводческих ферм Америки, где инкубатории достигают емкости до 1.200.000 и более яйцемест, мощные электронасосные установки Калифорнии и Италии и полностью электрифицированные шелководческие предприятия Японии. Разнообразные виды электрифицированного транспорта, электрифицированные мощные сушильные установки для сушки сена, электронасосные установки для дождевания, ирригации и мелиорации получили также достаточно широкое распространение.

Электромолотьба играет значительную роль в электрификации сельского хозяйства. Замена электромотором трактора при наличии электрических сетей рациональна, так как в этом случае: 1) нестационарный двигатель заменяется стационарным по свойствам (амортизационный срок более 10 лет), хотя электродвигатель может быть сделан передвижным; 2) уменьшаются потери в зерне в связи с более равномерным числом оборотов электромотора; 3) освобождаются трактора для пахоты под зябь; 4) облегчается дальнейшая механизация молотильного тока путем замены ручной подачи снопов к барабану транспортером; лошади и люди, занятые оттаскиванием соломы, заменяются электролебедкой с двумя тросами и сеткой, полова убирается пневматическим транспортером от специального мотора (половодув), а переноска зерна в мешках к веялке и весам заменяется шнеком и ковшевым элеватором.

На электрифицированном таким образом молотильн. току с молотилкой типа МК 1100 освобождаются 7-8 лошадей и ок. 20 человек рабочей силы. Такой ток может обслужить без передвижения на другое место до 400 *га*. Потребная мощность для отдельных моторов дана в следующей таблице:

Назначение мотора	Мощность (квт)	Число оборот. в мин. (синхр.)	Примечания
Молотилка	13—14,5	1.500	
Лебедка	4.5	1.000	крановый мотор при $ED = 40\%$
Половодув	4,0	1.500	при длине труб ок. 75 *м* и наличии двух отводов
Снопоподаватель	1.8	1.000	
Веялка со шнеком	0,8	1.000	

Подача электрической энергии от высоковольтной сети производится через понизительный (на тележке) трансформатор мощностью ок. 30 кВА. Упрощение системы подачи тока с переходом на двухпроводную систему, при чем земля служит обратным проводом, в настоящее время может быть рекомендовано. Однако, намечается дальнейшее упрощение с переходом к однофазной системе (земля и один воз-

душный провод). В этом случае необходим переход к однофазному мотору с конденсатором, включаемым при запуске для получения достаточно большого пускового момента. Возможно использование и трехфазного мотора при однофазной системе, если в одну из двух заземляемых фаз ротора включается конденсатор.

Широкое распространение комбайнов ограничивает с каждым годом применение молотилок. Однако, сам комбайн, приводимый в движение от двигателя внутреннего сгорания с механическим распределением энергии, вероятно, перейдет на дизель, соединенный с электрическим генератором, и все распределение энергии по отдельным узлам (хедер, молотильный механизм, самопередвижение и т. д.) будет производиться электрическим путем, т.-е. комбайн перейдет на многомоторный электрический привод, питаемый от собственной электрической станции. Эта станция и моторы комбайна в течение почти 10 мес. могли бы быть использованы для нужд колхозов и совхозов в осветительной и моторной энергии.

Мотор для молотилки обычно устанавливается на деревянных салазках, связанных в раму сзади молотилки; при этом нижний ремень оказывается ведомым, провисает, требует подтягивания сверх допустимых пределов, что ведет к быстрому износу подшипников мотора. Попытки расположить мотор на самой молотилке наверху позволяют сделать нижний ремень ведущим и более коротким без ущерба для работы мотора.

Электричество в птицеводческих хозяйствах Западной Европы и особенно Америки играет чрезвычайно большую роль. Это объясняется в значительной мере удельным весом птицеводств в Европе и Америке. Представление о масштабе и значении птицеводств дает соотношение между продукцией пшеницы и продукцией птицеводства. В Америке в 1919 г. стоимость годовой продукции птицеводства превышала на 38% стоимость пшеницы, в Германии в 1927 г. соответственно на 23%. Поставляя один из основных продуктов питания в Америке, птицеводство получило наиболее современную техни-

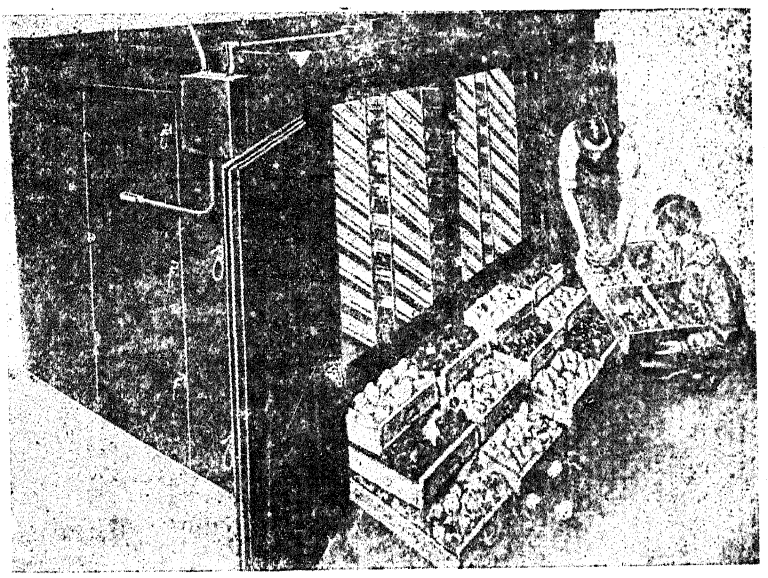


Рис. 1. Электрический инкубатор.

ческую базу в виде электричества, что позволило ввести и совершенные технические способы в производство. В крупных хозяйствах Калифорнии электричество выполняет инкубацию и выращивание цыплят. Для этого служат инкубаторы емкостью до 50.000 яйцемест (рис. 1) с электрическим обогревом от тепловых элементов из нихрома или никкелина, электровентиляторы для смешения воздуха, электрический регулятор температуры (*см.* LIII, 209 сл.), позволяющий регулировать температуру в пределах 0,5°, сигналь-

ная лампочка, которая при перерыве тока погасает, и электрический звонок, сигнализирующий об остановке вентиляторов и неполадках в вентиляции. По сравнению с инкубаторами с обычным неэлектрическим подогревом электровентиляторы занимают меньше места, в несколько раз менее требуют металла, дают более точную регулировку температуры, сохраняя все преимущества электрифицированной системы по простоте обслуживания. По америк. данным расход энергии колеблется в пределах 23 квч. на 1.000 яиц для инкубаторов мощн. ок. 15.000 яйцемест и 123 квч. на 1.000 яиц для инкубаторов на 600 яйцемест. Большое значение играет климатическая зона, температура внутри инкубатория, тип и степень теплопроводности стенок инкубатора. Электрический инкубатор на 41.600 мест впервые был построен в СССР в 1932 г. по проекту инж. К. И. Четыркина. Длина этого инкубатора ок. 6 *м*, ширина ок. 2,4 *м* и высота 9,8 *м*. Установленная мощность инкубатора ок. 6 квт., удельная мощность 135 ватт на 1.000 яиц, расход энергии за 21 день инкубации 68 квч. на 1.000 яиц при тарифе 8 коп. за квч., стоимость энергии на выведенного цыпленка обходится ок. 0,5 коп.

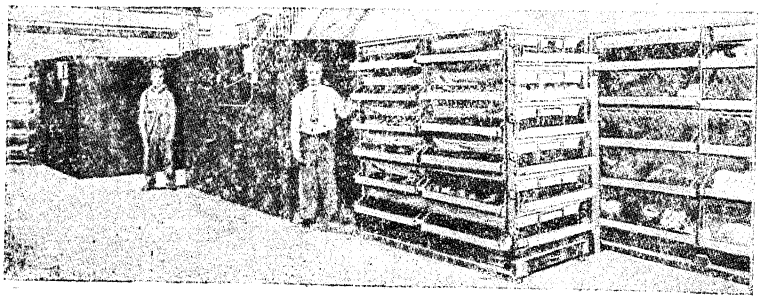


Рис. 2. Электрический батарейный брудер.

Инкубированное стадо цыплят требует в течение 42 дней повышенной температуры, постепенно понижающейся—обычно 35°, 30° и 25°. Это достигается брудерами с электрическим подогревом от никкелиновых нагревательных элементов или просто угольных ламп. Брудера имеют разнообразные конструктивные формы. Тип советского брудера является зонтичным типом. По американским данным потребная мощность колеблется от 1,9 до 1,3 ватт на цыпленка при расходе энергии за 42 дня от 0,47 до 1,55 квч. на цыпленка, в зависимости от внешней температуры и типа брудера. Обычно брудер делается на 500 цыплят из расчета 40 *см²* на голову. Американский зонтичный брудер на 635 цыплят имеет диаметр ок. 1,8 *м*. Брудер снабжается терморегулятором на том же принципе, как и терморегулятор для инкубатора. Снабжая брудер занавесками, закрывающими щель от пола до нижнего края брудера, можно значительно снизить расход энергии, для цыплят занавески не создают затруднений.

Цыплята, инкубированные во внесезонное время, особенно предназначенные для воспитания в батарейных брудерах (рис. 2), погибают от рахита и истощения организма, если им не дать облучения ультра-фиолетовыми лучами от ртутно-кварцевых горелок. Обычно облучение дается на 6-й день жизни цыпленка, начиная от 1 минуты с повышением до 10 минут, ежедневно при расстоянии кварцевой горелки на один метр от пола. С выпуском более простых и дешевых источников ультра-фиолетовых лучей этому способу принадлежит большое будущее. Хорошие результаты дает добавление в корм сухих пивных дрожжей (1—2%), также облученных ультра-фиолетовым потоком от ртутно-кварцевой лампы. Интенсивность потока характеризуется расстоянием тонкого слоя дрожжей (0,5—1 *мм*) от лампы обычно 350 *мм* и продолжительностью облучения (ок. 20 мин.). Действие такого препарата на рахит может сравняться с действием хорошего рыбьего жира, добавляемого в кормовой рацион.

Большое значение может иметь перенесение носкости кур на внесезонное

время. Это достигается комбинированным действием ультра-фиолетового облучения и добавочного освещения утром и вечером от обычных газополных ламп накаливания в целях удлинения дня приблизительно на 4 часа для увеличения времени поклева. По опытам Всесоюзн. исслед. и-та электрификации с. х. в 1932 г. группа, облучаемая от ртутно-кварцевой лампы, дала с 26 февр. по 20 апреля 430 шт. яиц, а группа контрольная необлученная всего 175 шт.

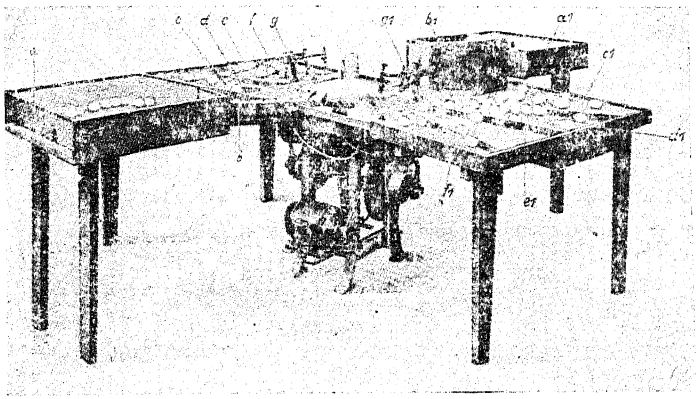


Рис. 3. Машина для сортировки и штемпелевания яиц.

Электричество в птицеводстве, кроме форм тепловой и лучистой энергии, применяется в качестве механической силы для вентиляторов, кормо-подготовительных машин, электрокар для развозки кормов в больших хозяйствах, для рыхления почвы на выгулах электрофрезами (т. к. трактор пугает птицу шумом), для подогрева воды, для привода машин для ощипывания птиц и сортировки пера и пуха. Рис. 3 представляет одну из машин для просвечивания яиц, их сортировки, взвешивания и штемпелевания номера сорта. Производительность машины ок. 600 яиц в час, мощность мотора $^1/_3$ л. с. Операции начинаются от ящика „а", куда поступают яица.

Электрическое консервирование кормов получило практическое применение в Германии, где в течение 1920—25 гг. находилось в эксплоатации ок. 600 установок. По переписи 1928 г. количество действующих установок сократилось до 135, хотя в числе их имелась установка на 4.000 $м^3$ силосной массы с 31 силосной башней. В 1930—32 гг. в ряде стран пробудился вновь интерес к электросилосованию. В СССР за последние годы исследовательские институты провели большое количество опытов с электросилосованием, в результате которых пришли к заключению о целесообразности применения электричества в процессе горячего силосования отходов в х-ве, как то: ржаной соломы, кукурузного бодылья, гуза-пои, пелевы, сорных трав, осоки и древесных веток. Горячее электросилосование сочных кормов (клевера, подсолнуха и др.) нерационально, так как обычный холодный способ силосования дает без добавочных затрат достаточно надежные результаты; исключение возможно при ранних холодах для силосования 2-го укоса сочных кормов или ботвы свеклы, картофеля, турнепса и других при дождливом лете. Выгодность холодного силосования с применением электричества осталась спорной. Сущность электрического силосования заключается в следующем.

Обычный способ консервирования-силосования, широко применявшийся за границей, электротехника попыталась ускорить и придать процессу закономерный регулируемый характер, дающий в конечном итоге корм с определенными питательными свойствами. В основном способ сводится к тому, что свеже-скошенную траву пропускают через соломорезку и набивают плотно в обычные силосные башни или траншеи. Пропуская электрический ток через траву (см. схему, рис. 4), вызывают нагревание травы и тем самым создают благоприятные условия для развития микроорганизмов, вызывающих молочно-кислое брожение, в ре-

зультате чего получается стерильный корм в силосных помещениях. По окончании процесса помещения закрываются герметически до момента получения из них корма для зимней кормежки скота. Электрический ток является в этом процессе исключительно генератором тепла, при чем возможность регулировки для получения нужной температуры играет основную роль. В процессе силосования при постепенном нагреве силосной массы в зоне 18—30°С развиваются сначала микроорганизмы, производящие уксусно-кислое брожение и погибающие ок. 40°С при развитии микроорганизмов, производящих масляно-кислое брожение. Масляно-кислое брожение получает максимальное развитие около 35—37°С. В 3-м этапе, при достижении температуры ок. 50°С, начинается бурное развитие микроорганизмов, производящих молочно-кислое брожение, в результате чего молочная кислота выделяется в таком количестве, что погибают все бродильные ферменты, в том числе и сами микроорганизмы, производящие молочно-кислое брожение. Трава становится стерильной, и процесс силосования окончен. Развитие молочных бактерий, имеющих несколько разновидностей, начинается уже с первого этапа—ок. 8°С (Bac. lactis acidi), но наиболее энергичное развитие получают тепломолочные бактерии (Bac. Delbrücki) при оптимуме ок. 45—50°С. Наличие ок. 0,5% уксусной кислоты уже портит корм; масляной кислоты могут быть только следы в корме, т. к. в противном случае корм получает отвратительный вкус и запах. Преимущество электрического силосования заключается в первую очередь в том, что можно быстро пройти опасные зоны образования уксусной и масляной кислоты, т. к. весь процесс длится 30—60 часов вместо недель при обычном силосовании. Расход энергии на тонну сочных кормов составляет 10—20 квч. и на тонну древесных веток—15—30 квч. Установленная мощность соответственно колеблется от 0,6—0,8 квч. для сочных кормов, доходя до 3—4 кв. для веточного корма. При наполнении силосных помещений необходимо достигнуть известных границ электропроводности, т. к. свежесрезанное растение имеет большое поверхностное электрическое сопротивление, создаваемое слоем волос, воска, тонкой кожицы и т. п. Слой неповрежденной травы начинает пропускать ток только при напряжении ок. 8.000 вольт. Чтобы увеличить проводимость, надо повредить наружный покров и обнажить сочные части. Этим объясняется необходимость разрезать траву на куски длиной от 1 до 6 *см*. Для этих целей применяется силосорезка, обычно с воздушным транспортером от вентилятора. Если корм недостаточно влажен, то для увеличения электрической проводимости и улучшения условий процесса его смачивают водой. Свеже скошенную траву, во избежание потерь в пищевых свойствах, обычно укладывают в силосы в тот же день. Один куб. метр содержит ок. 800 *кг* зеленого корма. Процесс силосования производится слоями ок. 1 *м* толщиной, так что при закладке нового слоя ток проходит через все заложенные уже ранее слои. По советским опытам подходящими являются сетчатые электроды из железной проволоки диаметром 3—5 *мм* при величине стороны ячейки 75—100 *мм*. Электроды не должны доходить до стенок не менее чем на 20% от толщины слоя между электродами. Силосование может производиться сразу в несколько слоев в зависимости от мощности трансформатора. Сетки в этом случае остаются в силосе.

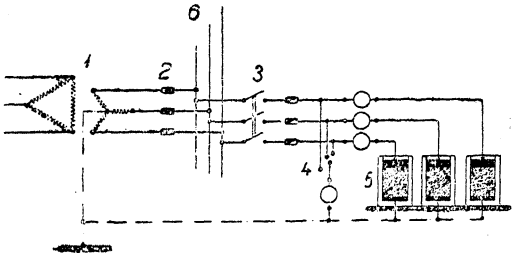


Рис. 4. Схема электрокормовой установки, состоящей из трех помещений емкостью ок. 1.000 $м^3$ каждое (по Швейцеру). 1 — местный трансформатор 30 kvA; 2 — предохранитель; 3 — рубильник; 4 — переключатель; 5 — силосные камеры; 6 — напряжение 220 v трехфазного тока.

Для упрощения способа консервиро-

вания путем теплового процесса инж. Фитце были сконструированы специальные нагреватели в виде спиральных буравов с большой поверхностью, длиной 1,75 *м*, весом вместе с проводниками около 7 *кг* (см. рис. 5). Их преимущество заключается в том, что они могут быть ввернуты в любое место загруженного силоса, поэтому тепло распределяется очень равномерно.

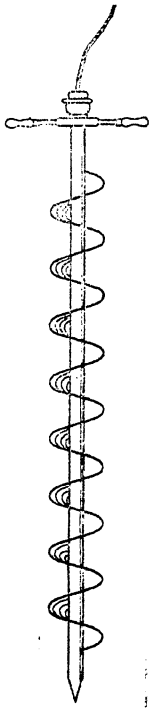


Рис. 5. Нитовой электрод с ручкой.

Кроме непосредственной задачи, эти подогреватели могут подогревать пойла для скота, защищать плоды или овощи, собранные в кучи, от внезапных морозов и т. д. Обычно подогреватели этой системы включаются по несколько штук параллельно, равномерно распределяясь на три фазы. Потребление тока одного подогревателя—400 ватт, его радиус действия от 0,75 до 1 *м*² поверхности силоса. Весь процесс силосования можно вести с перерывами так, чтобы использовать провалы в графике электрических станций (в ночное время).

Электричество в шелковичной промышленности играет такую же роль по количеству обслуживаемых процессов и значению его в этих процессах, как и в птицеводстве. Этот вид применения электричества получил наибольшее распространение в Японии и отчасти в Италии.

Электричество не только интенсифицирует производство, но и улучшает продукцию как в конечном выходе, так и на промежуточных стадиях. Возможность электрического подогрева, электрической вентиляции, добавочного освещения позволяет улучшить климатические резкие колебания в свете, влажности и температуре, неблагоприятно отражающиеся при естественном способе шелководства на инкубировании грены, на получении хорошего тутового листа для корма червей и т. д.

В настоящее время применение электричества, как показывает нижеследующая таблица, чрезвычайно широко.

Применение	Электрическая аппаратура
1. Хранение яиц шелковичных червей в холодном состоянии	Компрессор с приводом от мотора
2. Искусственное вымачивание яиц шелковичных червей:	
1) метод электрической разрядки	ректификатор, разрядник высокого вольтажа
2) высушивание после обмачивания в разбавленной хлорной кислоте	высушиватель (сушилка), вентилятор и нагреватель
3) способ трения	мотор
Освещение на тутовых полях:	
1) культивирование с освещением	лампа и рефлектор
2) убивание вредных насекомых	лампа и резервуар
Отапливание комнаты, где происходит разведение .	нагреватель
Разведение с помощью электрической лампы	лампа
Вентиляция в комнате разведения	вентилятор
Охлаждение комнаты для разведения	насос с приводом от мотора, труба для охлаждения и камера
Регулирование влажности	труба сушилка (мотор, вентилятор, нагреватель)
Сохранение коконов:	
1) высушиванием	автоматический транспортер (мотор, вентилятор, нагреватель)
2) охлаждением	аммиачный компрессор
Отбор коконов	ртутная дуговая лампа для ультра-фиолетовых лучей.
Размотка коконов:	
1) электрический паровой котел	нагреватель
2) электрический катушечный резервуар	нагреватель и термостат
Главная движущая сила для прядения	мотор
Предохранитель разрыва шелковичной нитки . . .	Д. С. реле
Специальное освещение для прядения	лампа т. убчатой формы.

Применение	Электрическая аппаратура
Сортировка	
Отбор шелка-сырца	ртутная дуговая лампа или отраженное высокосвечное мощное освещение
Работа испытуемой аппаратуры для сырого шелка .	мелкие моторы
Инкубация шелковичных червей	нагреватель

Сохранение яиц (грены) требует прохладного места с постоянной низкой температурой около 1,1°С. Старый японский способ хранения в снежных погребах и пещерах значительно усложняет производство в условиях теплого климата, который требуется для шелководства. Электрические рефрижираторы решают этот вопрос наиболее простым способом, позволяя регулировать температуру в любых пределах, понижая расходы до одной трети по сравнению с естественными ледниками.

До начала инкубации яйца погружают в раствор соляной кислоты, температура которой поддерживается постоянной, ок. 51,1С°, с помощью электрических подогревателей.

После этого необходима быстрая сушка, т. к. медленная сушка задерживает рост шелковичных червей. Для этой цели применяется электрический вентилятор, засасывающий воздух через поглощающий влагу слой негашеной извести, земли или специальный какой-либо другой поглотитель влаги.

Другой метод состоит в пропускании пульсирующего тока высокого напряжения через яйца. Оборудование состоит из трансформатора, выпрямителя и разрядника с пусковыми приспособлениями. Обычный для Японии переменный ток напряжением в 100 вольт повышается до 25.000 вольт и с помощью механического выпрямителя преобразовывается в пульсирующий ток. Сила тока, разрываемая разрядником, в среднем составляет около 100 миллиампер.

Одна единица выпрямителя состоит из полого металлического статора и концентрического ротора с множеством игл. Разрядник в 24 единицы может обслужить в день от 1.500 до 2.000 листов с яйцами. Докладчик на 2-й Энергетической конференции в 1930 г. инженер Tada считает этот способ простым и не требующим для обслуживания работников большой квалификации. Процент вывода личинок очень велик, достигая до 91-97%, что значительно выше, чем от способа погружения в кислоту; мощность установки с выпрямителем на 24 единицы—около 7 киловатт.

Шелковичные черви развиваются при температуре от 17,8° до 20,6°С, тогда как весенняя погода имеет резкие колебания в температуре, которая падает иногда ниже нуля. Примитивный подогрев инкубационных комнат древесным углем, дающим углекислоту и углерод, заменяется электрическим подогревом, при котором и воздух остается чистым, и регулировка температуры достигается автоматически. Нагревательным телом в комнатах, где развиваются личинки, является электрическая лампа, которая дает тепло, а кроме того благотворно влияет на шелковичную личинку. Tada различает три основных вида лучистой энергии:

1) Тепловые инфракрасные лучи, составляющие большую часть в балансе тепловой энергии лампочки накаливания. Температура шелковичных червей и их ложа повышается на одну десятую градуса Фаренгейта на каждые десять единиц освещенности (люкс). Эти лучи отрицательно влияют на развитие личинок, если воздух перегрет или пересыщен влагой.

2) Видимую часть спектра, гл. обр. желтые лучи цвета кобальта; считается, что они больше других поглощаются телом шелковичного червя. По наблюдениям их действие всегда устойчиво благоприятное.

3) Ультра-фиолетовые лучи внешней части спектра длиной волны короче 3.200 Å несколько задерживают рост червей. Ультра - фиолетовые лучи внутреннего спектра с длиной более 3.200 Å ускоряют рост шелковичных червей. Считается, что лучшая глянцевитость шелка и хорошее разматывание кокона являются результатом действия этих лучей.

Для целей освещения применяются: 1) газонаполненные лампы с матированным стеклом; 2) газонаполненные лампы с некоторым содержанием урана в стекле, которое получает желтую окраску; 3) газонаполненная лампа со стеклом, окрашенным в желтый кобальтовый цвет—т. н. лампа дневного света. Лампа с урановым стеклом считается дающей наиболее благоприятные результаты. Электрическое освещение в этом случае, по японским данным, дает сокращение времени весенней разводки до 1-3 дней (обычно оно длится 30—35 дней).

Летняя и осенняя разводка продолжаются обычно не долее 20 дней из за высокой температуры. Этот срок, наоборот, чересчур короток для нормального развития шелковичных червей. Электрическим светом можно удлинить этот срок. Экономия в топливе (например, угле) при электрическом освещении достигается ок. 30%. В результате электрического освещения достигается увеличение веса коконов. Опыты, произведенные 34 экспертами совместно со школами шелководства в 1929 году по заданиям О-ва электрических станций в Токио, дали такие результаты. *Вес коконов превосходного качества*: освещенных — 2.740 *кг*, неосвещенных—2.450 *кг*. Увеличение веса при электрическом освещении 290 *кг*, то же увеличение в %%—11,85; по другим опытам, увеличение веса высушенного кокона достигало 22,7%. Аппетит и здоровье червей улучшается при электрическом освещении, которое также необычайно укрепляет куколки, кладка яиц делается обильнее, и улучшается порода. Освещение желательно делать каждую ночь с конца инкубации до конца прядения коконов, прекращая освещение на десять часов после каждого пробуждения, во избежание переутомления червей, т. к. электрический свет необычайно их возбуждает.

Электрическое освещение употребляется также на плантациях тутовых деревьев для ускорения роста и получения большого количества листьев, которые идут для питания шелковичных червей. Освещение с северной стороны лампами в 200 ватт увеличивает урожай листьев от 20 до 70%. Лампочки служат и для уничтожения насекомых, для чего внизу под лампой ставится тазик с водой с добавкой керосина.

Электрический вентилятор применяется самым широким образом в шелководстве, как для вентиляции, так и для просушивания. Вентиляция помещения особенно необходима во время прядения коконов и для подсушивания мокрых тутовых листьев до степени нормальной влажности, т. к. при избытке влаги шелковичные черви заболевают.

Под действием ультра-фиолетовых лучей от кварцевой ртутной лампы коконы в темноте начинают флуоресцировать желтым или фиолетовым цветом или имеют оба оттенка. Желтый цвет связан с лучшим сортом, что позволяет делать сортировку коконов с помощью установки в 200 ватт.

Убивание куколки в коконах, идущих в производство, начинает производиться с помощью электрического подогрева; советские опыты дали удовлетворительные результаты от применения ультра-коротких волн. Для высушивания коконов употребляется специальный сушильный аппарат с автоматическим транспортером для коконов и электрическим подогревателем в 20 квт., а в новейших конструкциях—до 7 квт.

При собирании коконов, кроме метода высушивания, употребляется метод охлаждения коконов путем хранения в специальных камерах, охлаждаемых с помощью рефрижиратора до 40° Ф или 1,1°С при влажности менее 80%. Последний способ имеет место на крупных государственных фабриках Японии, так, например, Tukyushe в Matsumoto, с производительностью 1.500 *т* коконов в год. Мощность установленных на ней рефрижиратора, вентилятора и насоса достигает 82,3 л. с.

Кроме подогрева воды в бассейне при разматывании коконов и в качестве двигательной силы на прядильных фабриках, электричество применяется для предохранения от разрыва шелковой нити при разматывании коконов с помощью реле. Нитка, которая тянется через маленькое отверстие

в фарфоровой бляшке, застревает, если неровность или узел на нитке слишком велики, слегка подымает бляшку, которая при этом движении выключает контакты и реле постоянного тока, останавливает движение катушки, пока рабочий не уничтожит узелок без разреза нитки, что сопряжено с потерей времени. Нет сомнений, что наши новые шелковичные совхозы должны обратить самое серьезное внимание на опыт Японии в этом новом для нас деле и с помощью исследовательских институтов электрифицировать производство.

Электричество в пчеловодстве, судя по опыту Германии и Англии, может найти широкое применение, главным образом в виде тепла и лучистой энергии. В принципе многое, о чем упоминалось при обзоре шелководства, относится и к пчеловодству, однако полукустарный характер пчеловодческого хозяйства сильно меняет технические формы применения тепловой и лучистой энергии. Повидимому, перед наиболее передовыми пчеловодами стоит задача реконструкции ульев, т. к. их карликовые размеры и теснота внутри затрудняют введение электротехнических аппаратов.

По наблюдениям C. Schachinger a в Германии, рой пчел представляет единственный в своем роде пример резкого увеличения продукции; в связи с увеличением рабочего коллектива в мире насекомых—продукция растет в геометрической прогрессии от увеличения роя (в известных пределах). Поэтому задача усилить рой является первоочередной. Пчелы имеют огромную потребность в тепле, особенно в этом нуждается матка во время кладки яиц, а также во время вывода детвы. Матка начинает класть яйца только при достижении температуры от 32° до 34° С. Необходимость раннего вывода связана с возможностями максимального сбора меда во время цветения плодовых деревьев и лугов, т.-е. май, июнь и до середины июля. Следовательно, с февраля до мая необходимо дать тепло для кладки яиц и вывода детвы в добавление к теплу, развиваемому самими пчелами. Первые опыты были проведены с лампочками накаливания, которыми облучались домик с маткой и рамки с яйцами; впоследствии лампочки заменялись нагревательными элементами в форме медицинских нагревательных подушек (рис. 6). Этим достигался не только ранний вывод, но и значительно экономились силы пчел для сбора

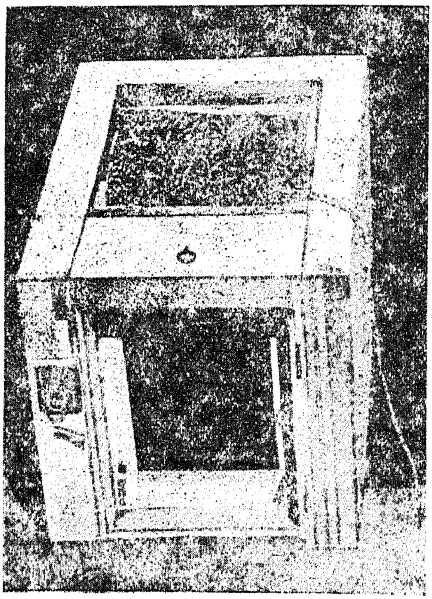


Рис. 6. Обогревание нагревательной подушкой домика с маткой.

взятка. Применение тепловых элементов более удобно при низких и широких рамках, чем при высоких и узких. Период подогрева длится ок. 80 дней при расходе энергии в среднем на рой в день ок. 0,2 кв/часа, или за весь период—ок. 16 кв/часов. Мощность тепловых элементов колеблется в зависимости от величины роя от 7 до 10 ватт.

На основании английских опытов рекомендуется помещать тепловой элемент для подогрева улья в зимнее время мощностью ок. 1 ватта. Добавочное тепло безусловно экономит расход меда пчелами в зимнее время, однако нужно быть осторожным, чтобы не дать такое количество тепла, которое излишне повысит жизнедеятельность пчелы и вызовет действие кишечника, зимой бездействующего. В последнем случае могут создаться неблагоприятные санитарные условия, и рой погибнет.

Электричество в борьбе с насекомыми. Последнее десятилетие отмечено в области техники усиленной борьбой с потерями. Источники потерь обнаруживают непрерывно и с ними ведут систематическую повседневную борьбу. В области сельского хозяйства это течение пока проявляет себя слабо, т. к. по существу большинство сельскохозяйственных процессов, даже механизированных, недостаточно совершенны и служат источником потерь, совершенно недопустимых в промышленности. Одной из самых больших областей, где непосредственное уничтожение урожая на всех стадиях его развития принимает катастрофический размер, является мир насекомых вредителей. Энтомологи ведут настоящие бои с применением аэропланов, удушливых газов и химических средств уничтожения, как, например, опрыскивание ядами. За границей от стадии открытых сражений перешли к систематическому повседневному уничтожению вредных насекомых. В этом направлении электрические методы дают ряд простых и ценных решений. Наиболее распространенным в Японии является аппарат, состоящий из лампочки накаливания и тазика. Лампочка несколько прикрыта так, чтобы резче всего выделялось отражение светящейся нити на поверхности воды, налитой в таз. Ночные насекомые-вредители, в огромном большинстве, привлекаемые отраженным светом нити, ударяются о водяную поверхность и тонут.

Калифорнийский тип несколько усовершенствован. Обычно прибор состоит из 100-ваттной лампы, подвешенной над усеченным конусом, к узкой нижней части которого привинчивается банка емкостью около 2 литров. В банке помещается сосуд с цианистым калием. Насекомые, привлекаемые светом лампочки, убиваются ядовитыми парами цианистого калия. Результаты 1929 г. оказались настолько благоприятными, что на 1930 г. предполагалось введение таких ловушек в широком масштабе.

В Калифорнии был произведен опыт с одним из наиболее опасных для плодов вредителей, Carpocapsa pomonellă, который откладывает яйца, главным образом, в сумерки, в период апрель—июнь. Опытный участок с 15 яблонями освещался 500-ваттными лампочками. Лампы находились на высоте 6 *м* над землей и зажигались на $2^1/_2$ часа за полчаса до захода солнца в течение около 35 дней. Количество поврежденных плодов уменьшилось приблизительно на 25%.

Во Франции выработаны специальные приборы для борьбы с насекомыми с помощью электричества. Типовой прибор состоит из вертикальной железной трубы, на которой расположена ртутная кварцевая лампа в качестве источника ультра-фиолетовых лучей. Внизу помещен засасывающий вентилятор. Насекомые, привлекаемые светом, втягиваются вентилятором внутрь в сетчатую металлическую камеру, где их умерщвляют или водой, или ядовитым газом (сернистый ангидрид). Существуют три модели: для участков в 10, 20 и 40 *га* с соответствующей мощностью в 2, 3 и 4 квт. Успешность борьбы с помощью описанных ловушек проверена на опыте, и ее можно рекомендовать нашим хозяйствам.

По советским опытам проф. М. Г. Евреинова противень размером около 1 *кв. м*, наполненный наполовину водой, с подвешенной над ним лампочкой в 50 свечей на расстоянии около 300 *мм* над водой, затененной глубоким абажуром сверху, помещался на подставке невысоко над землей. Недалеко от противня находился столб с лампочкой в 25 свечей на высоте около 6 *м*. Жесточайший враг урожая—бабочка *совка*—в течение нескольких часов заполняла таз настолько, что верхние слои бабочек садились на трупы своих товарищей, как на сухое место.

В Германии еще в 1908—10 гг. применялись пробные передвижные установки, состоявшие из мощного вентилятора, сильной электрической дуговой лампы и печи. В рейнской долине, где ранее было много заболоченных мест, комары, оводы и слепни имелись в огромных количествах. Привлекаемые светом лампы, насекомые засасывались вентилятором и сжигались в печи.

Имеется много попыток борьбы при помощи ультра-коротких электромаг-

нитных волн, создаваемых с помощью катодных трубок, но пока эти опыты не вышли на огороды, поля и сады.

В советских лабораториях получены удачные результаты в борьбе с амбарным долгоносиком и амбарным клещем. С помощью волны в 4—5 *м* длиной при градиентах ок. 4.000—5.000 вольт вредители погибают в течение нескольких секунд. На этом принципе в Америке пущена в ход установка на элеваторе, через воздушный конденсатор которого проходит поток зерна, извлекаемый конвейерной лентой. Конденсатор состоит из двух металлических пластин, расположенных сверху и снизу ленты конвейера, мощность установки ок. 20 кв. Ультра-коротким волнам в этой области предстоит большое будущее с того момента, когда будет производиться достаточно долговечная катодная лампа.

Электричество в огородном и тепличном хозяйствах также находит широкое применение. Использование электричества и отбросного тепла электрических станций в этих отраслях хозяйства представляет, несомненно, огромный интерес. Перспективы, которые открылись перед обеими отраслями с момента объединения самого совершенного по технике производства электрического тока и самого отсталого по технике трудовых процессов производства—овощей и зелени, поразительны даже для электротехника, привыкшего к масштабам и темпам применения электричества за последнее десятилетие. До сих пор лучшие электрические станции имели кпд в пределах от 20 до 25%, считая от котла до сборных шин станции, так как превращение тепловой энергии в другие виды сопряжено с большими потерями для образования нужного перепада энергии. Источники потерь лежат в воде для охлаждения конденсатора паровых турбин, в лучеиспускании, выхлопе и дымовых газах. Если бы удалось использовать эти потери, можно было бы значительно увеличить кпд районных станций. Как только это было осознано, электрические станции в первую очередь нашли потребителя в лице близко расположенного города для целей отопления. Теплофикация городов в значительной степени позволяет использовать отбросное тепло. Для районных станций, несколько удаленных от города, еще более универсальным потребителем является сельское хозяйство, так как там в качестве удобрения (питания растений) может использовываться не только отбросное тепло, но и углекислота отходящих дымовых газов. Германская районная станция Wiessmoor имеет уже не теплицу, а целое застекленное поле в 12 *га* (120.000 $м^2$). Подогрев такой гигантской теплицы производится частью с помощью электричества в провалы графика, в значительной степени в ночное время, частью путем утилизации отбросного тепла станции. Так как станция работает на торфу, то отходящие дымовые газы, содержащие углекислоту, подводятся под стекло для усиления питания растений. Опыт Висмоора показал, что растения развиваются лучше и значительно увеличивается урожай. В темные дни дается добавочное освещение, обычно „ночным" током, в целях упомянутого заполнения графика. Следует обратить внимание на возможность непосредственного использования воды, идущей на охлаждение конденсаторов. Необходимая минимальная температура 37° получается путем ухудшения вакуума до 92%. Прогоняя эту воду по секциям специальной конструкции, подогревают воздух в калориферах. Подогретый воздух подается вентиляторами по системе труб в различные места застекленного поля и затем вновь засасывается в калориферах. Турбина мощностью в 50.000 квт. при таком способе сможет обогреть отбросным теплом застекленное поле в 70 *га*. Из этого примера мы видим, что по существу на очень малых площадях можно развить интенсивное хозяйство очень большого размера с точки зрения теплично го хозяйства.

С переходом к овощному хозяйству масштаба целых полей в десятки и сотни *га* под стеклом, вопрос механизации трудовых процессов является основным, так как иначе огромное энергетическое хозяйство чисто фабричного масштаба станет в явное противоречие с характером трудовых процессов,

выполняемых вручную. В первую очередь это отразится на себестоимости продукции. Это относится не только к тепличным хозяйствам, но и вообще к огородным и садовым хозяйствам большого масштаба, где в большинстве случаев господствует рутина и кустарщина. Между тем техника наметила уже пути частичной механизации огородных и овощных хозяйств на электрической базе и выпустила ряд машин, пригодных для немедленного их введения.

В первую очередь механизации ждет обработка почвы. Это можно выполнить отчасти с помощью электро-фрезы, отчасти с помощью специальных плужков и культиваторов с электрической тягой. По теоретич. расчетам, расход на *га* определяется в 30 квт/ч. Расход этот нужно значительно увеличить, принимая во внимание, кроме пахоты, посев, окучивание и полку.

Следующий процесс, который требует механизации — это полив тепличных и огородных культур. Механизация полива может быть легко достигнута с помощью вышеупомянутых разбрызгивателей. Расход воды, а следовательно и электрической энергии значительно увеличится по сравнению с полевым хозяйством в виду отсутствия атмосферных осадков. Германия в настоящее время имеет около 4,3 млн. $м^2$ застекленной поверхности, а Голландия — свыше 23 млн. $м^2$ при необычайно быстром росте этой отрасли. Из этих двух цифр видно, что огороды и тепличные хозяйства в теперешнем виде могут стать крупными потребителями электрической и тепловой энергии.

Поскольку, в результате такого симбиоза электрических станций с тепличным хозяйством, по германским данным, кпд станции повышается на 100%, возрастая с средней цифры 20% до 40% и выше, ясно, что наше будущее строительство районных станций должно быть связано не только с теплофикацией городов и селений, но и с производством овощей. Существующие районные станции СССР должны быть использованы для целей сельского хозяйства, для удовлетворения потребностей в тепле, теплой воде для полива и углекислоте дымовых газов для питания растений и для пользования электрической энергией на первое время хотя бы в моменты провалов в графике нагрузки.

Электричество в качестве тепловой энергии может применяться при условии, что стоимость энергии не превышает 4—7 коп. за киловаттчас, во всех остальных случаях должен быть произведен точный подсчет эксплоатационных расходов и капиталовложений для различных видов топлива и проведено сравнение с электрическим подогревом.

Основные виды потребления электрической энергии в этой области, за исключением указанных ранее, охватывают подогрев воды, молока, запарку кормов подогрев воздуха в помещениях для молодняка, напр. поросят. В качестве тепловых элементов могут с большим успехом применяться трубчатые нагреватели типа „колрод" (*см.* LIII, 199 сл.). Такие элементы монтируются на дне

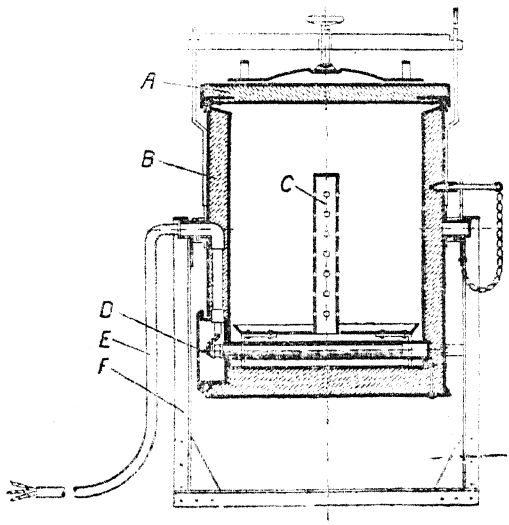


Рис. 7. Электрический запарник корнеплодов. A — крышка; B — откидывающийся чан; C — вставка для пропуска пара в толщу корнеплодов; D — клемма; F — станина.

запарной установки или подогревателя воды с выводом концов спирали наружу. Тип запарного котла с плоскими нагревательными элементами для картофеля (в колич. ок. 400 *кг*) или корнеплодов представлен на рис. 7. Регулирование температуры производится спе-

циальным электрическим регулятором. Типы этих регуляторов крайне разнообразны. Наиболее простой тип регулятора состоит из манометрической трубки, соединенной с ртутными контактами ($к$), которые разрывают электрическую цепь при наклоне их. Этот наклон вызывается изгибом трубки, когда в ней разогревается воздух под действием тепла нагретой воды или корма. При остывании трубка выпрямляется, и контакты опять включают тепловые элементы. Такой регулятор реагирует на колебания температуры в пределах 2—3° от 85 — 90°С. Запарные котлы и подогреватели воды покрываются теплоизоляционным слоем для уменьшения потерь тепла. Кпд таких подогревателей очень высок, доходя до 95% в горячем состоянии. В целях удешевления котлы могут делаться из дерева.

Электроплуги до сих пор не получили широкого распространения главным образом по следующим причинам:

1. Связанность плуга с сетью и, следовательно, необходимость наличия электрических сетей.

2. Отсутствие конструктивно совершенной передвижной подачи тока от сети к электроплугу.

3. Высокая стоимость электроплуга сравнительно с трактором.

4. Отсутствие широко развитой электросети в земледельческих районах.

Однако, за последние годы в связи с развитием электрических сетей были произведены в различных странах опыты с электроплугами, показавшие выгодность применения электроплуга там, где потребная мощность достигает, хотя бы и кратковременно, от 150 до 200 л. с.—при глубокой запашке на тяжелых почвах (вроде прерий Виргинии) или на твердых каменистых почвах Армении при глубокой запашке под плантаж.

Основные типы плугов:

1. Свободно двигающийся *электроплуг с аккумуляторами* теоретически должен был бы явиться наиболее совершенным орудием, совмещая в себе свободу передвижения обычного трактора и все преимущества электрифицированного орудия. Однако, современная техника не располагает достаточно легкими аккумуляторами. Предельное количество энергии, запасаемое одной тонной аккумуляторов, не превышает 30 киловатт-часов, практически значительно ниже. Поэтому французские опыты с электротракторами, снабженными аккумуляторами, оказались нерентабельными. Можно предполагать, что практическое применение этого типа электроплугов осуществится при условии повышения количества запасаемой энергии до сорока пяти—шестидесяти киловатт-часов на тонну веса аккумулятора.

2. *Электротрактор* представляет из себя в основном обычный трактор, где двигатель внутреннего сгорания заменен электромотором, но только с частичной свободой в движении; он может производить круговую запашку, как и обыкновенный трактор. Такой трактор питается током от гибкого кабеля или гибкой ленты провода, протянутой от постоянной или передвижной магистрали на особую катушку на мачте трактора. Образцом такого рода является шведский электротанк системы Форсблада (рис. 8) с обыкновенным асин-

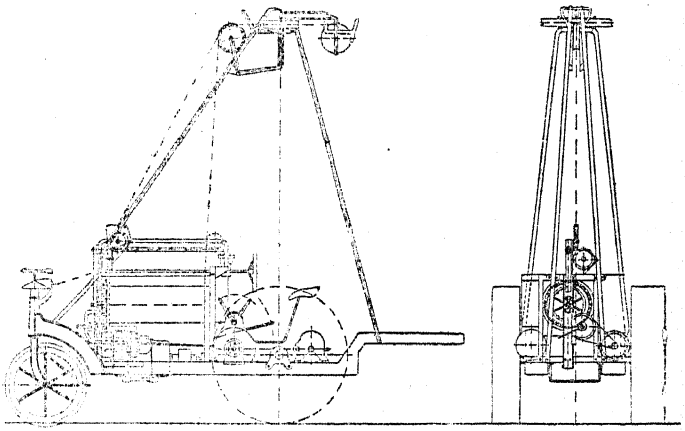


Рис. 8. Электротрактор сист. инж. Форсблад.

хронным мотором мощностью в 24 л. с. 500 вольт и с отдельным мотором для намотки ленты или гибкого кабеля в 3 л. с. Значительные трудности возникают при сматывании кабеля с барабана, помещенного на шасси трактора, по мере продвижения последнего, так как скорость сматывания кабеля изменяется по мере уменьшения числа витков кабеля на барабане, тогда как скорость трактора остается более или менее постоянной. Это может явиться причиной повреждения кабеля или ленты при натяжении, преждевременного износа кабеля от трения о землю и образования петель при наматывании кабеля на барабан при движении трактора в обратную сторону. Упомянутый мотор в 3 л. с. включен таким образом, чтобы поддерживать постоянное натяжение в кабеле и наматывать его на барабан, как только кабель ослабнет. При сматывании кабель заставляет вращаться мотор в сторону, обратную направлению вращающегося момента мотора. Вес электротрактора 4.000 *кг*, цена ок. 9.600 шв. крон. Подвижная трансформаторская будка с трансформатором 30 ква 6.000 или 3.000 вольт на 500 в. с барабаном для намотки кабеля и приборами весит ок. 800 *кг*, стоит 1.500 шв. кр. Трактор снабжен трехлемешным плугом, имеет производительность 0,25—0,3 гектара в час, т.-е. за 100 дней при трехсменной работе в течение года может запахать до 220 *га*. При длине гибкого кабеля ок. 400 *м* электротрактор в состоянии, не переменяя места приключения к магистрали, охватить 16 *га*. Такой электротанк может выполнять и все другие работы. Плуг имеет две скорости: 66 *м* и 80 *м* в минуту. Нормальный расход энергии 60 квч. на *га* при глубине запашки 200 *м.м* Ширина борозды 1.020 *м.м*.

На рис. 9 изображен электротрактор последней советской конструкции (1935 г.). Первый советский трактор был сконструирован инж. Прехтом в

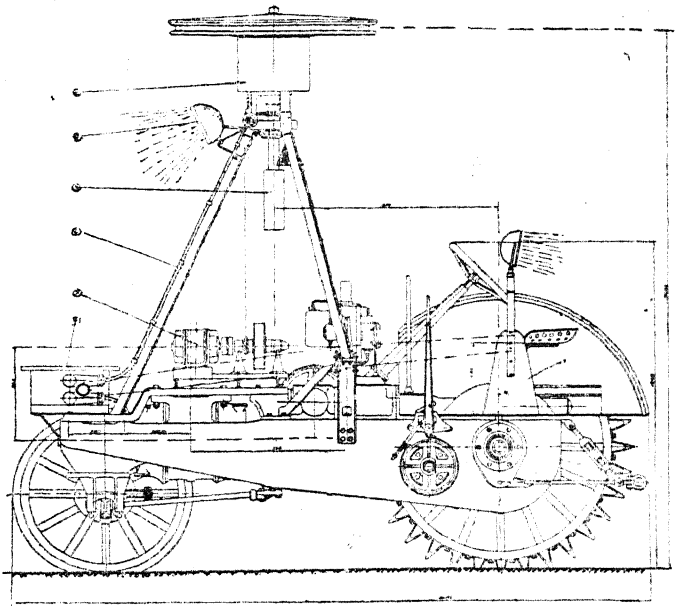


Рис. 9. Советский электротрактор (1935 г.).

Ленинграде в 1922 г. в виде моторизированного плуга с проектной производительностью 1 *га*/час. Второй тип был сконструирован проф. Дадебулидзе и Амираджиби в Тбилиси. В основу конструкции была положена тележка трактора Фордзон с 20-сильным электродвигателем. Производительность его равнялась 2 *га* в десятичасовую смену при глубине 18 *см*. В Средней Азии был построен в 1933 г. электротрактор системы инж. Данильченко с вертикальной осью кабельного барабана, внутри которого помещался тракторист. Несмотря на сравнительно благоприятные результаты испытаний для первых моделей, типы этих электротракторов сохраняли общие для электропахотных орудий недостатки принципиального характера и обладали специфическими для электротракторов с индивидуальным питанием недостатками, как то: тяжелый барабан с кабелем 300-500 *м* длиной, износ

оболочки кабеля при трении о землю, челночное движение электротрактора при запашке, необходимость в силу этого применения специальных прицепных орудий балансирного типа. Поэтому они не могут конкурировать с тепловым трактором. Указанный на рис. 9 трактор предназначен для работы в колонне трех-четырех таких тракторов с групповым питанием электрическим током. Подача энергии к головному трактору производится воздушным кабелем длиною ок. 40 *м* от кабелевозки, которая следует за группой тракторов. Кусками кабеля длиной ок. 20 *м* от головного трактора подается энергия следующему трактору на барабан, укрепленный на короткой мачте, от 2-го к 3-му и т. д. Кабелевозка рассчитана на длину кабеля до 500 *м*; в этом случае кабель может обработать до 8 *га* без передвижения на другое место передвижной трансформаторной подстанции. Натяжение воздушных кабелей регулируется автоматически с помощью гидравлической муфты, приводимой в движение вспомогательным мотором мощностью 0,8 кв и соединенной с кабельным барабаном с помощью троса. Вращающий момент этой муфты всегда направлен в сторону намотки кабеля на барабан трактора. Эта система электротракторов уменьшает количество кабеля на тракторную единицу, дает возможность использовать обычные прицепные орудия, однако требуется длительный период испытаний, без которого нельзя пока судить о фактических достоинствах этой принципиально остроумной системы (А. А. Краснова).

3. *Лебедочный электроплуг* имеет много конструктивных вариантов. Наиболее рациональный—тип плуга с двумя медленно двигающимися электролебедками, между которыми стальными тросами тянется балансирный плуг попеременно то в одну, то в другую сторону. Первые опыты электропахоты на свекловичных полях для глубокой запашки были организованы во Франции в 1879 г. с электролебедками системы Кретьен и Феликс. Такой электроплуг имел две скорости 0,8 *м* и 1,3 *м* в секунду, производительность определялась около 0,12 *га* в час. В настоящее время Франция выпустила мощные лебедки весом около 20 тонн каждая с производительностью около 8 *га* в день. Мощность электрического мотора—100 л. с. при напряжении 1.500 вольт. Самый мощный тип такого рода лебедок достигает веса до 25 тонн каждая, имеет моторы мощностью в 125 л. с. при 970 об. в минуту и 5.000 вольт напряжения. Оба типа аггрегатов снабжены бензиновыми моторами в 50 л. с., предназначенными для самостоятельной передвижки аггрегатов и для пахоты на маленьких скоростях в случае перерывов подачи тока. Лебедки снабжены стальным тросом диаметром в 22 *мм*, длиной в 650 *м*. Лебедки питаются от передвижной трансформаторной подстанции гибким трехфазным кабелем сечением 3×6 *кв. мм*, длиной 1.000 *м*, рабоч. напряжение кабеля в 5.000 вольт. Передвижные трансформаторные подстанции имеют мощность 125 ква при 15.000 вольт и весят около 6—7 *т*.

Наиболее оригинальной конструкцией, отразившей в себе специфические особенности тяговой лебедки для целей электропахоты, является сравнительно легкая система электролебедок Эстрада. Лебедка находится ниже над землей, чем другие типы, т. к. диаметр ее колес равен одному метру, что дает ей большую устойчивость в отношении опрокидывания или сдвига под действием каната. Барабан с тросом имеет горизонтальную ось и снабжен особым плечом или „стрелой Эстрада" (см. рис. 10) с роликом, по которому дви-

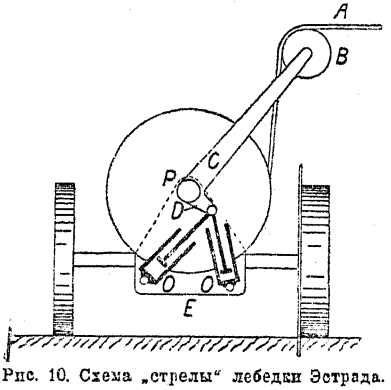


Рис. 10. Схема „стрелы" лебедки Эстрада.

жется трос, сматываемый с барабана при движении плуга между лебедками

Нижние концы стрелы опираются на масляные амортизаторы (см. рис. 11) особой конструкции. По мере увеличения натяжения троса стрела опускает-

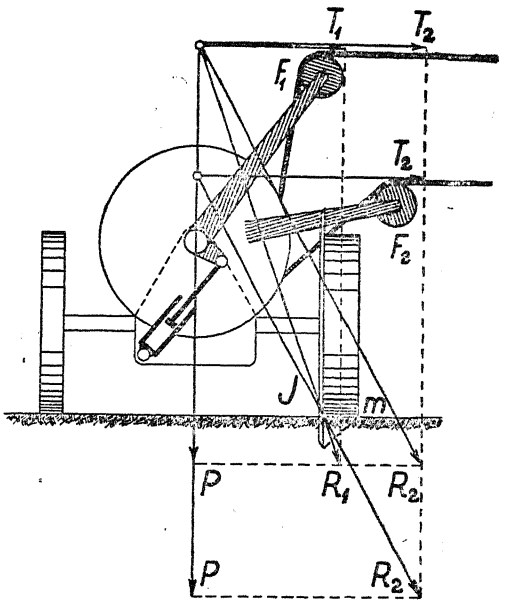


Рис. 11. Диаграмма устойчивости лебедки Эстрада.

ся, уменьшая опрокидывающий момент относительно шпор, насаженных на колеса лебедки. Это приспособление и более низкая посадка лебедки позволяют получить очень благоприятное соотношение между весом лебедки (ок. 4 *т*) и силой тяги троса от мотора (в 35 кв.). В то время как обычно это соотношение остается в пределах 3:1, т.-е. вес лебедки в 3 и даже в 4 раза должен превышать силу тяги, у Эстрада это соотношение равно 1:1. Производительность лебедки Эстрада за 10-тичасовой рабочий день достигает 10 *га* при глубине запашки 15 *см*; при глубине запашки 25—30 *см* производительность 0,3—0,4 *га* в час при скорости 1,2 *м*/сек. Электрическая энергия подается от трансформаторной тележки к мотору на лебедке гибким кабелем 20 *мм*² при напряжении 500 вольт.

Одним из видоизменений системы лебедочного типа является система круговой пахоты. Сущность ее видна из рис. 12. Вместо двух лебедок с моторами в круговой системе имеется одна лебедка с мотором, две якорные тележки и два анкерных блока. Путем переключения мотора через круговой трос сообщают балансирному плугу то же челночное движение. Эту громоздкую систему итальянские инженеры Амати-Киавачи пытались упростить заменой толстого троса двумя тросами — тонким тросом диаметром 4 *мм* (круговым) и более толстым (9 *м* = *d*), который тянет плуг между лебедками. Тонкий трос имеет скорость в 10 раз большую, чем толстый, двигаясь со скоростью 10 *м*/сек. с тяговым усилием 150—200 *кг* и приводит в движение редуктор скорости, приводящий в движение рабочие барабаны лебедок со скоростью 1 *м*/сек., но зато с десятикратной силой тяги. Постоянство натяжения тонкого троса поддерживается особым грузом, оттягивающим блок. Мощность мотора лебедки системы Амати-Киавачи составляет 25 л. с., длина тонкого троса 2.000 *м*, размер охватываемого с одного места участка достигает 25 *га*. Однако, даже и эта улучшенная система круговой пахоты является более сложной, чем пахота от двух моторных

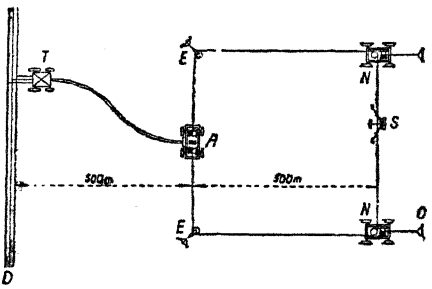


Рис. 12. Схема круговой электропахоты.

лебедок. Поэтому в СССР остановились на последней системе (см. рис. 13). Первые опыты с электропахотными аггрегатами советской конструкции были сделаны в 1922—24 гг. по инициативе В. И. Ленина. В течение пахотного сезона удалось довести количество запахиваемых гектаров до 600 на один аггрегат при производительности в час ок. 0,5 *га* при глубине запашки ок.

250—300 *мм* на черноземной почве Украины. Расход энергии составлял ок. 60 квч. на гектар. Коэффициент использования лебедки за период пахоты составлял ок. 60%.

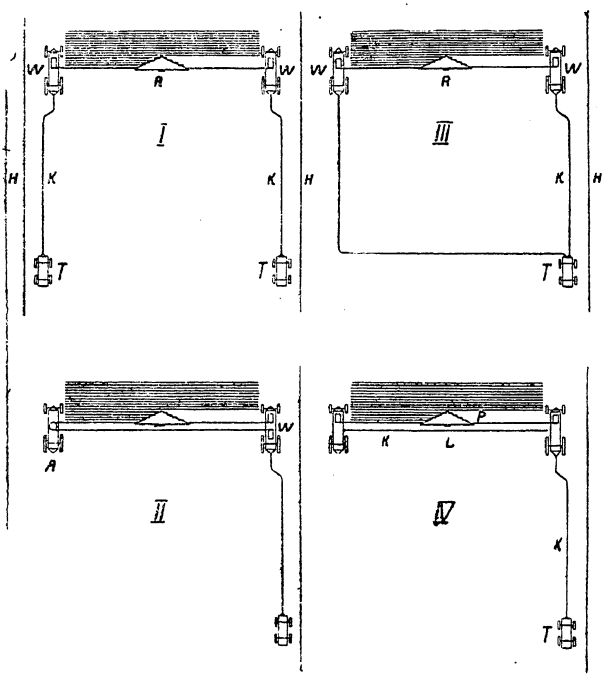


Рис. 13. Двухлебедочная система пахоты.

В 1931 г. было построено 15 пахотных аггрегатов новой советской конструкции двухлебедочного типа. Вес лебедки 17,5 *т* при общей длине 7,35 *м*, ширине 2,70 *м* и высоте 3,17 *м*. Диаметр задних колес 2,29 *м*, диаметр передних колес 1,3 *м*. На лебедке установили трехфазный асинхронный мотор в 75 *kw*, способный работать с нагрузкой 90 *kw* при $ED = 40\%$. Коэффициент полезного действия лебедки при силе тяги ок. 4.000 *кг* доходит до 80%. Лебедка может сообщать плугу четыре скорости: 1,1; 1,22; 1,5 и 2 *м*/сек. Мотор питается трехфазным током при напряжении 400 вольт от трансформатора в 100 *kvA*, установленного на самой лебедке. Со стороны высокого напряжения трансформатор имеет 6.000 вольт. Ток к трансформатору подается гибким кабелем длиной 300 *м* от воздушной линии. Кабель накладывается до смотки петлями на особое седло, укрепленное на лебедке. Питание мотора второй лебедки производится тоже гибким кабелем, состоящим из двух кусков в 500 и 300 *м*. Все управление лебедкой сосредоточено в одном месте.

Для самопередвижения лебедки имеются два рычага и один для пахоты. Тут же расположены маховички для затормаживания колес лебедки и торможения барабана с тросом. Поворот ротора мотора для сцепления шестерен перед включением на работу производится особым диском, расположенным около мотора. Около контроллера на полу находится аварийная кнопка для нажатия ее ногой при аварийном останове мотора. Передача движения мотора барабану с тяговым тросом происходит через зубчатые шевронные передачи. Реверсирование мотора производится специальными контакторами при повороте контроллера в ту или другую сторону. Производительность такой лебедки достигает 1,4 *га* в час при глубине запашки на 20 *см* на почвах Немреспублики. Сопротивление лебедки в среднем составляет 0,45 *кг*/*см*^{2}. Длина борозды ок. 450 *м*. Применение таких лебедок в Армении для глубокой пахоты до 70 *см* под виноградники (плантаж) показало возможность обработки одного гектара в 5 часов при расходе энергии 260—280 квч. Обычно в данной местности для обработки под виноградники одного гектара требуется ок. 800 человеко-дней.

В 1935 г. была разработана новая конструкция электролебедки В-1 (см. рис. 14 и 15), обладающая большим своеобразием—лебедка не имеет рамы. Литой чугунный кожух машины заменяет раму. Внутри стальной полой оси барабана лебедки диаметром ок. 280 *мм* проходит вал для самопередвижения лебедки. В передней части корпуса находятся зубчатые передачи. Около передней оси расположен мотор и магнитный тормоз. В противоположной

части корпуса помещен аппарат для намотки троса, тормоз задних колес, дифференциал и кабельный барабан. Центр тяжести и точка приложения силы тяги расположены ниже, чем у лебедок старой конструкции, что делает всю лебедку невысокой и устойчивой при уменьшенном весе—10 тонн при тяговом усилии 4.500 *кг* против 12 тонн германской лебедки с тяговым усилием 4.000 *кг*. Асинхронный двигатель лебедки имеет 65 кв. при *ЕД*=40% 1.000 об./мин. при ширине борозды ок. 2,3 *м*, глубине запашки до 20 *см* и производительности 1,2 *га*/час Плуг может иметь две скорости: 1,36 *м*/сек. и 1,8 *м*/сек. при тяговом усилии 4.500 *кг* и 3.400 *кг*. Максимальное перегрузочное усилие троса диаметром 19,5 *мм* лежит в пределе 19.500 *кг*. Наиболее выгодное напряжение для мотора определено в 1.000 вольт, так как это значительно облегчает кабель, допуская сечение 3×25 *мм*^{2}. При напряжении 500 вольт, кроме затруднений при раскатке кабеля и переброске его с места на место, количество меди увеличивается на 67%. Опыт показал, что использование пахотных аггрегатов достигает 1.000 часов в год и более, коэффициент использования только для пахоты при расчетах можно принимать равным 0,8. Дальнейшее использование мотора лебедки во внесезонное время на других работах повысит годовое число часов использо-

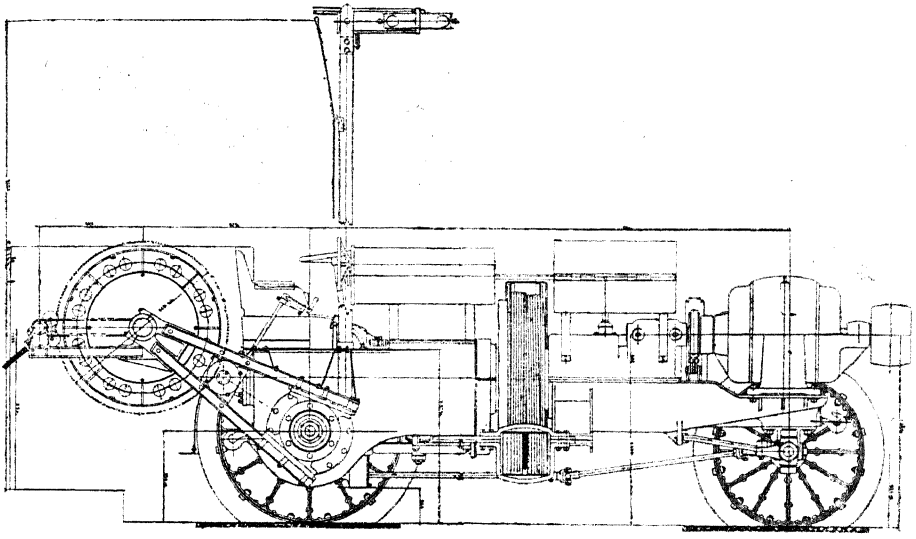


Рис. 14. Электролебедка В—1. Общий вид.

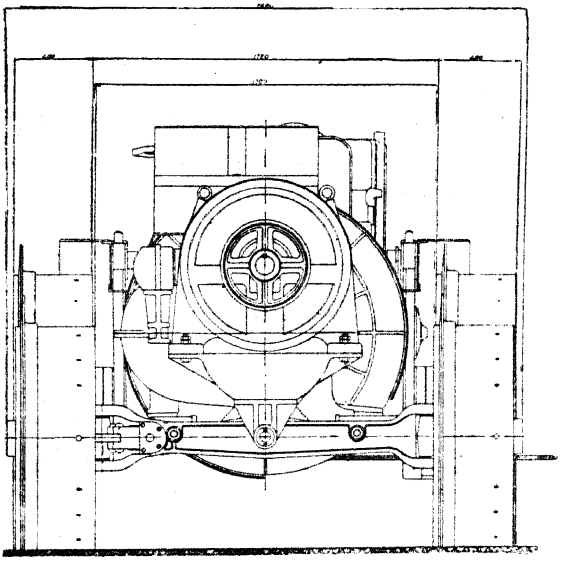


Рис. 15. Электролебедка В—1. Вид спереди.

вания. Защита мотора и троса от внешних условий намечена в виде жалюзи, а защита лебедочника — брезентом. Двухколесная кабелевозка рассчитана на 500 *м* кабеля с намоткой от колес через фрикционную муфту.

В проекте Камышинской станции с намеченной мощностью ок. 1,8 млн. квт такие лебедки предполагается использовать не только для пахоты и всех процессов по обработке почвы и посеву, но и для ирригации путем дождевания. В этом случае рентабельность электро-лебедок стоит вне сомнений даже по сравнению с наиболее простым и эффективным на данном этапе способом механизации полевых процессов — тракторным.

Электромоторизированные орудия, т.-е. орудия для обработки почвы, посева и уборки урожая, на которых непосредственно устанавливаются электродвигатели, до сих были представлены только одним типом—*электрофрезы*. Электрофреза появилась впервые в Германии. Вместо режущих и переворачивающих пласт земли лемехов, фреза имеет барабан с укрепленными на нем крючками, фрезерующими землю. Подача энергии происходит гибким кабелем. Обычно фреза снабжается электромотором в 3 л. с. или 5 л. с. при 1.440 об./мин. Включение, выключение и торможение происходят от рычагов, расположенных около рукояток. Пробные образцы были выпущены с моторами до 30 л. с. Электрофреза будет использована в огородных и крупных тепличных хозяйствах.

Электропривод в усадебных процессах колхозов и совхозов (в первую очередь животноводческих) имеет огромные перспективы: моторы для кормоподготовительных машин, для насосных аггрегатов (для водоснабжения и откачки навозной жижи), для вакуумных насосов доильных машин, вентиляторов, зерноочистительных машин, транспортеров, пил ленточных и циркулярных, стиральных машин и центрофуг для отжимания белья, мясорубок, шинковальных машин и мельничных поставов, для стрижки и чистки животных и т. д. Переносные моторы двух или трех типов помогут в значительной мере увеличить годовое число часов использования моторов и уменьшить сумму капитальных вложений.

Таблицы потребных мощностей с.-х. машин:

Таблица I.

Завод	Наименование машины	Производительность *кг*/час	Потребная мощность в квт	Примечания
1. Гомель	Соломорезка прив. IV	1.200	3—4	По заводск. данным
2. Им. Шевченко	Соломорезка марки С	500	1,5—2,2	„ „ „
3. „ „	Зернодробилка	200—600	3—4	„ „ „
4. „ „	Зерноплющилка	120	0,2	„ „ „
5. „ „	Корнерезка	200	0,1	„ „ „
6. „Красный металлист“, Витебск	Жмыходробилка	2.000—3.000	3—4,5	„ „ „
7. Им. Шевченко	Силосорезка Универсал. марки Т	6.000 (силоса)	13	„ „ „
8. Гомсельмаш	Силосорезка „Универсалка“	5.000 (силоса зелен.)	18	„ „ „

Таблица II.

Наименование машины	Производительность кг/час	Мощность в квт.	Примечания
1. Веялки	1.700	0.25	
2. „	2.500	0,35	
3. Сортировки	1.700	0,25	
4. „	2.500	0,45	
5. Триеры	3:0	0,35	
6. „	1.200	1,1	
7. Электромагнитный сепаратор	1.000—1.500	0,1	Для очистки кормов от железных примесей
8. Сложная зерноочистительная машина	500	2,2	Для льна
9. Сложная зерноочистительная машина	5.000—5.500	1,1	Для стручковых
10. Для стрижки овец	50 голов в смену	100—250 ватт	
11. БЭТ стиральная машина (Ярославс. завод бытовых электроприборов)	5 кг сухого белья 20 — 40 мин.	260 ватт 400 „	При стирке „ центрофугировании

Литература: „Электрификация с. х-ва“ под редакцией проф. *М. Г. Евреинова* (том I и II, 1933); *Ю. В. Скобельцын*, „Основы электрификации сел. х-ва“; журнал „Электрификация сел. х-ва“ за 1932—1935 гг.; „Труды 2-й мировой энергетической конференции“ (1930, Берлин, доклады отпечатаны на языке докладчиков); *Б. Мэттьюсс*, „Электрификация сел. х-ва“ (перевод с англ. с дополнениями проф. М. Г. Евреинова, 1931); *Lanoy*, „Guide de l'électrification rurale“ (1935); *С. П. Смирнов*, „Электропахота“ (1932); *Г. И. Назаров, Г. В. Саенко* и *Л. Я. Цивьян*, „Электроплуть а“; „Ультракороткие волны в сел. х-ве“ (труды Всесоюзной Академии с.-х. наук им. В. И. Ленина, вып. 8, под редакцией проф. *М. Г. Евреинова*); „ТЭТ“, отд. 26, *Н. Н. Щедрин* и *Ю. В. Скобельцын*, „Electrofarming“ (периодическое издание Департамента земледелия США).

М. Евреинов.

Механизация сельского хозяйства. После империалистической войны и в период гражданской войны сельскохозяйственное машиностроение в Союзе ССР сильно сократилось и по годам выражалось в сумме:

годы	млн. руб.
1917	9,1
1918	6,3
1919	5,2
1920	2,8
1921	6,8

Годом перелома надо считать 1922/23 г., когда с.-х. машиностроение было объединено трестом Главсельмаш и начался рост производства, выразившийся в суммах:

годы	млн. руб.
1922/23	12
1923/24	16
1924/25	40
1925/26	55
1926/27	69
1927/28	93

За период первой и второй пятилеток производство выразилось в:

годы	млн. рубл.	годы	млн. рубл.
1928/29	127	1933	352
1929/30	216	1934	339
1930	246	1935	597
1931	318	1936 (по плану)	980
1932	328		

Производство сложных с.-х. машин и орудий механической тяги, обеспечивающих с.-х. производство совхозов и колхозов, все время сильно возрастало, на что указывают цифры:

Годы	Общ. производ. в млн. руб.	машин мех. тяги в % %
1927/28	93	5,4
1928/29	127	5,7
1929/30	216	12,5
Особ. кварт.	30	27,1
1931	318	47,6
1932	328	74,0

Зависимость от иностранного капитала сильно сокращается и, с развертыванием крупных тракторных заводов в Харькове, Сталинграде, Челябинске и заводов комбайнов в Саратове, Ростове и Запорожье, теперь совершенно ликвидирована. Так, можно указать, что в 1913 г. импорт выражался в 51,1 млн. руб., в 1930 г.—101 млн. р., в 1931 году начинает снижаться до 97 млн. р., а в следующем 1932 г. импорт прекращается для целого ряда машин, каковы: тракторные плуги, сеялки, сноповязалки, сложные молотилки, комбайны, триеры, самоуборочные машины, кор-

мообрабатывающие машины и сепараторы; продолжался еще ввоз с.-х. машин для специальных культур. Вместе с тем экспорт советских машин непрерывно растет и выразился в 1928/29 г. в сумме 0,580 млн. р., в 1930 г.—0,962 млн. р. и в 1931 г.—2,077 млн. рублей.

Ежегодное производство тракторов и комбайнов (в 1.000 шт.):

годы	тракторов	комбайнов
1931	40	3,5
1932	50	9.9
1933	80	8,5
1934	96	8,2
1935	106,7	25,0
1936	—	61,0

В связи с применением механической тяги в сельском хозяйстве конструкция с.-х. машин резко изменилась, а в зависимости от социально-экономических условий работы в колхозах и совхозах и необходимости увеличения продукции сельского хозяйства появились комбинированные с.-х. машины, производящие одновременно целый ряд разнообразных операций по обработке с.-х. продуктов (напр., комбайны). Точно так же вследствие большей величины скоростей, на которых могут работать с.-х. машины, приводимые в работу от механической тяги, значительно большей ширины захвата с.-х. машин, работающих в поле от механической тяги, а также условий работы сложного машинного аггрегата, подсчет практической производительности следует производить по формулам:

$$A = 0{,}36 \cdot k \cdot b \cdot v \cdot t, \text{ или } A = k \cdot \frac{b \cdot w \cdot t}{10},$$

где A—число *га* за рабочий день; b—ширина захвата рабочей машины в *м*; v—скорость машины в *м*/сек.; w—скорость машины в *км*/час; t—число часов работы в день; k—практический коэффициент, характеризующий собою потери, вследствие чего практически обработанная площадь будет всегда меньше полученной из теоретического расчета. По данным Зернотреста считалось, что k для орудия обработки почвы было равно 0,9 (т.-е. 10% потерь); для сеялок k равно 0,75, для жатвенных машин 0,80—0,85; для зерновых комбайнов 0,75—0,80 и т. д. Коэффициент k зависит от многих условий и равен произведению целого ряда коэффициентов, например: $k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$, где k_1 —коэффициент потери скорости трактора от буксования, k_2—коэффициент потери при работе не полной шириной захвата машины, k_3—коэффициент потери времени, происходящий: 1) от холостых проездов из одной борозды в другую и от одного участка к другому; 2) от остановок, напр., для засыпки зерна в сеялку, выгрузки зерна из комбайна и т. д.; 3) от несвоевременной заправки трактора и прицепной машины (наливки горючего, воды, смазка); 4) при замене запасных частей; 5) от простоев и плохой организации работ, а также при плохом выполнении работ и т. д. В результате стахановского движения коэффициент k_3 значительно повысился вследствие рациональности использования машины и улучшения ухода за нею. Рабочие скорости тракторов различных марок видны из таблицы I, а рабочая ширина захватов с.-х. машин—из таблицы II:

I. Таблица рабочих скоростей тракторов.

Трактор	Мощность в л. с.	Тяговое усилие на крюке при средней рабочей скорости в *кг*	Скорости в *км*/час			
			1-ая	2-ая	3-ая	Задний ход
1. „Фордзон" и „ФП"	10/20	600—530	3,4	4,5	11,3	4,3
2. „Интернационал"	10/20	650—600	3,2	4,8	6,4	4,0
3. „Интернационал", „СТЗ" и „ХТЗ" .	15/30	1.050—900	3,5	4,5	7,4	4,2
4. „Интернационал"	22/36	1.080—950	4,0	5,0	6,0	3,6
5. „Фармол" и „Универсал"	9/18	540—460	3.4	4.8	7,2	4,0
6. „Катерпиллар" и „ЧТЗ"	48/60	3.400—3.100	3,0	4,2	5,9	2,2
7. „Коммунар"	35/50	1.900	1.8	4,7	7,0	3,0
8. „Клетрак"	40/55	2.100	3,2	5,6	8,8	3,2
9. „Ойль-Пуль"	40/60	2.800	3,2	3,8	4,8	4,0
10. „Джон-Дир"	15/27	950—750	4,0	5,2	—	3,2
11. „Кейс"	26/40	1.400—1.000—900	4,0	5,2	6,4	4,4

Примечание. Меньшая цифра тягового усилия относится к большей скорости трактора, а большая—к меньшей первой скорости.

II. Таблица тяговых сопротивлений при работе с.-х. машин и орудий.

Машины и орудия.	Ширина раб. захвата в *м*.	Общ. сопротивлен. в *кг*	Производительн. в *га*/час
1. Тракторн. трехкорп. плуг: при глубине 15 *см*	0,90	675—800	0,35
„ „ 20 *см*	0,90	1.000	0,3
2. Тракторн. 4-корп. плуг: при глубине 15 *см*	1,20	900	0,5
„ „ 20 *см*	1,20	1.000—1.200	0,45
3. Тракторн. 8-корпусный лущильник при глубине 10 *см*.	1,20	200—300	0,5
4. Диск. 4-корпусн. плуг на тяжелой почве	0,80	700—750	0,25
„ „ „ „ „	1,00	1.050	0,25
5. Диск. 3-корп. плуг при глубине 20 *см* на тяж. почве	0,60	500—550	0,20
„ „ „ „ „ „ „ „ „	0,75	750	0,20
6. Пшеничн. 16-диск. плуг	2,50	1.000—1.100	0,8
7. Канатн. 6-корпусн. плуг при глубине 20 *см*	2,40	3.500	1,0—1,2
8. Борона зиг-заг от тракт.	2,10	100—150	0,7
9. Зубовая борона, 30 зуб.	1,30	240	0,4
10. „ „ 90 зуб.	4,60	500	1,3
11. Борона 40-дисковая	3,10	800	1,0
12. Культиватор-экстирпатор	3,50	500—700	1,2
13. Свеклокопатель 3-корпусн.	1,50	600—700	0,4
14. Сеялка 24-дисковая	3,60	300—400	1,0
15. Сеялка 19-рядная сошников.	2,30	120—140	0,75
16. Сеялка хлопково-кукурузная 4-рядная	3,60	300	1,2
17. Известков. сеялка	2,50	160	0,6
18. Картофелесажалка 2-рядная	1,20	360—400	0,35
19. Косилка конная	1,37	120—140	0,15
20. Косилка тракторн. 8-футовая	2,40	240	0,8
21. Грабли боковые 8-футов	2,40	240	0,8
22. Сноповязалка тракторн. 8-футовая	2,40	360	0,8
23. Сноповязалка тракторная 10-футовая	3,00	450	1,0
24. Лобогрейка	1,56	140—180	0,45
25. Виндроуэр 16-футовый	4,80	450 - 500	1,5
26. Комбайн 16-футовый	4,80	900	1,3
27. Комбайн 20-футовый	6,00	1.100	1,5
28. Кукурузный пикер 2-рядный	1,80	500	0,8

III. Таблица затраты мощности для различных с.-х. машин и их производительности.

Машина	Затрата мощности в HP	Производительность в *т*/час или *кг*/час
1. Сложная молотилка МО 900	15	1,5 *т*/час
2. Сложная молотилка МК 1100	20	2 *т*/час
3. Сложная молотилка Вдо 34	10—12	1,2 *т*/час
4. Сложная клеверная молотилка	30	300 *кг*/час
5. Клеверотерка простая	2—3	80 *кг*/час
6. Кукурузная молотилка	12	2,4 *т*/час
7. Веялка-сортировка с элеватором	0,5	2—3 *т*/час
8. Зерноочистительная машина „Колхоз“	5—6	1,6—2,6 *т*/час
9. „ „ „Союзнаркомзем“	5—6	5—10 *т*/час
10. „ „ с пневматическ. транспортером	12—15	5—10 *т*/час
11. Магнитная машина	5	120 *кг*/час
12. Машина для сухого протравливания зерна	3	10 *т*/час
13. Силосорезка при работе на резании	12—16	4 *т*/час
14. Силосорезка при работе на дробилки	18—25	1—3 *т*/час
15. Американская молотилка 22 × 32	18—20	1,3—2 *т*/час
16. „ „ 24 × 38	25	2—3 *т*/час
17. „ „ 30 × 48	40	2,5—4 *т*/час
18. „ „ 36 × 48	60	3,5—6 *т*/час
19. Сенной пресс	6	1,5—2 *т*/час
20. Зерноэлеватор	3	15 *т*/час
21. Пневматический стогометатель	6—10	до 60 *т*/час

Тракторные плуги. Конструкция тракторных плугов, принятых у нас в производстве, имеет следующие особенности (рис. 1): 1) тип плуга—американский (ср. XXXIX, прил. *сельско-хоз. машины и орудия*, 11 сл.); 2) корпуса рассчитаны для вспашки на глубину до 20—25 *см*; 3) ширина захвата корпуса—30 *см*.; 4) рама состоит из массовых изогнутых крючкообразно грядилей, соединенных поперечными распорками; 5) для выемки из земли плуги снабжаются автоматически действующим подъемным механизмом; 6) число корпусов—3 или 4, при чем один из них может быть отнят при работе на тяжелой почве или в случае применения маломощного трактора; 7) плуги опираются на три колеса: полевое, бороздовое и заднее опорное, идущее также в борозде. Отвалы плугов большею частью ставятся американского типа, так назыв. общего назначения, близкого по форме и характеру работы к отвалу полувинтовому, но также ставятся полувинтовые и культурные. Лемеха

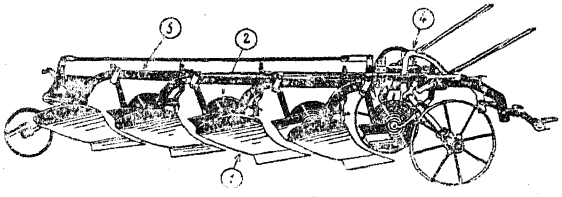


Рис. 1. Тракторный 4-хкорпусный плуг: 1—корпус плуга; 2—дисковый нож; 3—предплужник; 4 - автомат; 5—рама.

обыкновенно ставятся европейские, но также применяются и американские с долотообразным носом. Нож ставится дисковый. В комбинации с ножом применяется американский предплужник, называемый джойнтером. На зав. им. Окт. революции разработана форма дерноснима к отвалу культурного типа, соответствующая нашим почвенным условиям. Автоматический подъемный механизм (автомат) американского типа состоит из (рис. 2): 1) храповой муфты, 2) двух колен, соединенных шарнирно, одного короткого—кривошипа и другого длинного—шатуна, и 3) включателя. Храповая муфта состоит из двух частей: одной—тарелкообразной, с внутренними зубцами (1), сидящей жестко на полевом колесе, и другой, в виде диска (2), с сидящими на ней собачками (3), входящими в зацепление с зубцами первой действием пружинок (4). Криво

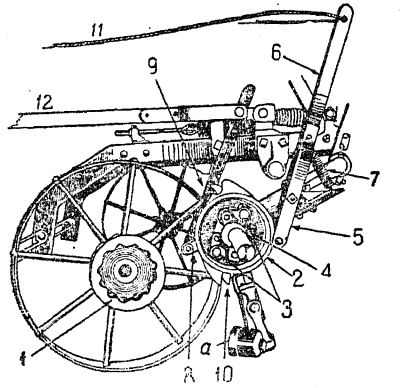


Рис. 2. Автомат американского типа: 1 — зубчатый диск; 2 — диск с собачками; 3 — ролики-собачки; 4—пружина; 5 — ролик выключающего рычага; 6—рычаг; 7—пружина рычага; 8—кривошип; 9—шатун; 10—отросток собачки; 11—веревка; 12—рычаг для установки полевого колеса.

шип (8) соединяется жестко с диском муфты и поворачивается вместе с поворотом последней и, упираясь в свою очередь в шатун (9), передает движение при помощи него и колена оси раме плуга. Включатель состоит из рычага (6), снабженного пружиной (7), один конец которого упирается в отросток (10) собачки (3), выключая ее из зацепления, а другой конец имеет веревку (11), идущую к трактористу. Действие автомата заключается в следующем: тракторист дергает за веревку, сжимая пружину (7) и освобождая собачку (3), которая упирается в зубцы храповой муфты; полевое колесо, вращаясь, будет поворачивать диск муфты, вследствие чего колено оси полевого колеса будет повертываться, а рама плуга начнет постепенно подниматься кверху и корпуса плуга выйдут из земли. Одновременно с поворотом колена полевого колеса посредством передаточных механизмов производится поворот колен осей бороздового и заднего колес, и от действия автомата таким образом плуг перейдет в транспортное положение.

Немецкие тракторные плуги отличаются в основном формой рамы и стойками корпусов, которые присоединя-

ются к раме под прямым углом, и поверхностью отвалов, которые большею частью делаются культурными, а также европейской формой лемеха и наличием дерноснимов; автомат также имеет своеобразную конструкцию и состоит из зубчатого колеса, сидящего на ступице полевого колеса, и дугообразной зубчатой рейки.

Для лущения стерни и паровых полей строился на заводе им. Окт. револ. 8-корпусный лущильник (рис. 3), а в настоящее время—пятикорпусный.

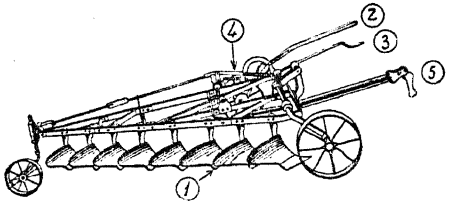


Рис. 3. 8-микорпусный лущильник: 1—корпус; 2—рычаг полевого колеса; 3—рукоятка для перестановки колес и выемки плуга на месте; 4—автомат; 5—прицепка.

Кроме лемешных плугов, строятся у нас также дисковые 4-х корпусные плуги (рис. 4) для обработки почвы из-под

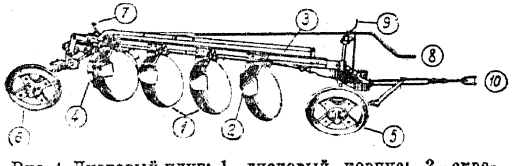


Рис. 4. Дисковый плуг: 1—дисковый корпус; 2—скребок; 3—рама; 4—полевое колесо; 5—бороздовое колесо; 6—заднее опорное колесо; 7—рычаг к автомату; 8—рукоятка к полевому колесу; 9—рукоятка к бороздовому колесу; 10—прицепка.

леса, пронизанной корнями кустарников и деревьев, а также почвы каменистой. Диски снабжаются скребками, имеющими форму небольших отвальцев, задачей которых является не только очистка поверхности дисков от налипшей земли, но также и оборачивание пласта. Дисковый плуг оборудуется массивными косо поставленными бороздовыми колесами, задачей которых является противодействовать повороту плуга вследствие давления пластов на поверхность дисков. Кроме того, для лущения строятся 16-тидисковые плуги, носящие название пшеничных (рис. 5). Диски вращают-

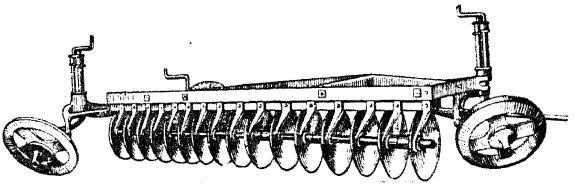


Рис. 5. Пшеничный плуг в плане.

ся около одной оси. Характер работы как дискового, так и пшеничного плугов значительно уступает в качестве по сравнению с плугами лемешными, а потому дисковый плуг не может заменять собою плуг лемешный и применяется только в особых условиях. Пшеничный плуг обрабатывает почву на глубину меньшую, чем дисковый плуг, но большую, чем дисковая борона.

Появление тракторных плугов в Америке относится к 1908 г., когда был произведен в Канаде первый конкурс пахоты паровыми тракторами, мощностью от 75 до 120 лош. сил, и газолиновыми, мощностью до 30 лош. сил. В России тракторные плуги появились в 1910 г., английских и американских фирм; немецкие тракторные плуги начали ввозиться после 1920 г.

Производство плугов на наших заводах началось после 1928 года на заводе им. Октябрьской революции, при чем конструкции плугов приняты по типу американских. В настоящее время плуги строятся у нас на семи заводах.

Для обработки почвы от электротяги при помощи каната применяется шестикорпусный балансирный плуг (рис. 6), строющийся на зав. им. Медведева. Схема работы

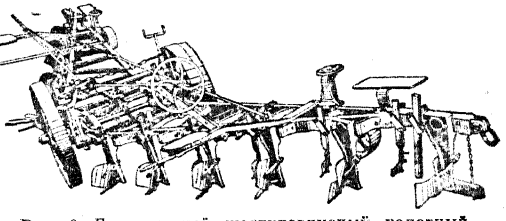


Рис. 6. Балансирный шестикорпусный канатный плуг для электротяги.

от двух электролебедок видна на рис. 7. В 1884 г. в Германии были про-

изведены первые попытки электропахоты, а с 1910 г. начали строиться две системы: одномашинная — Майера и двумашинная — Брутшке. Электролебедки у нас пока не строятся. Первый опыт постройки у нас всего аггрегата был в 1921 г., но тогда он не увенчался успехом.

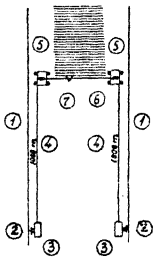


Рис. 7. Схема расположения машин при электропахоте от 2-х электролебедок: 1—провода тока высокого напряжения; 2 — мачты; 3 — трансформаторы; 4—провода тока низкого напряжения; 5—электролебедки; 6 — канат; 7—плуг.

Кроме того, наши заводы строят различные плуги, применяемые для разных задач обработки. Так, для обработки полей, покрытых кустарником высотой до 2—3 *м*, применяется особый плуг с полувинтовым отвалом и черенковым ножем такой формы, что нижний конец его насаживается на носик лемеха, составляя с ним как бы одно целое. Плуг может работать на глубину 18 *см* от трактора СТЗ 15/30, давая производительность до 0,2 *га* в час. Другим специальным плугом является плуг, снабженный двумя корпусами, обращенными друг к другу своими отвалами, и идущими вслед за ними тремя каточками, применяемый в хлопковых хозяйствах для устройства валиков (пал) в поливных районах.

Для расчета сопротивлений, оказываемых плугом при работе на различных почвах и различную глубину, пользуются обыкновенно формулой $P = p \cdot a \cdot b$, где P—выражается в *кг* и носит название тягового усилия, p—назыв. удельным сопротивлением почвы и выражается в *кг*, отнесенным к площади в 1 *кв. см.* и обозначается *кг/см*^{2}; a—глубина борозды в *см*, b—ширина пласта в *см*, произведение ab—площадь поперечного сечения пласта в *см*^{2}. Эта формула дает среднее удельное сопротивление, но так как для передвижения плуга вхолостую требуется затрата усилия тем более значительного, чем тяжелее плуг, то при расчетах надо принимать во внимание вес плуга. Кроме того, для отбрасывания частиц почвы требуется усилие тем большее, чем больше рабочая скорость плуга. Это учитывается в формуле проф. В. П. Горячкина:

$$P = f \cdot Q + k \cdot a \cdot b + e \cdot a \cdot b \cdot v^2,$$

где f—коэффициент трения стали о почву, Q—вес плуга в *кг*, k — коэффициент сопротивления почвы в *кг/см*^{2}, a—глубина обработки в *см*, b—ширина пласта в *см*, e—скоростной коэффициент, v—скорость в *м*/сек. Коэффициенты f, k и e определяются из уравнений, получаемых опытным путем при установке плуга на различную глубину и при работе на различных скоростях; решаются эти уравнения по способу наименьших квадратов. Для упрощения решения первый член формулы, т.-е. fQ, может быть получен непосредственным наблюдением, протаскивая плуг в борозде вхолостую.

Дисковая борона (рис. 8). Бороны строятся в 32 и 40 дисков, которые располагаются в два ряда: две батареи переднего ряда имеют диски, расположенные вогнутостью наружу, а батареи заднего ряда—вогнутостью внутрь. Между батареями переднего ряда устанавливается пружинный зуб для разрыхления получающегося гребня. Помощью винтового механизма тракторист может изменять угол постановки осей батарей, а следовательно и угол постановки дисков относительно направления движения; этим регулируется глубина хода и степень рыхления почвы. Для очистки дисков имеются скребки, передвигающиеся помощью рычага, от которого идет веревка к трактористу. Для транспорта борона устанавливается на колеса во избежа-

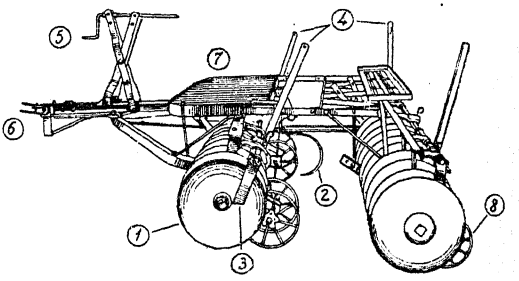


Рис. 8. Дисковая борона: 1 диски; 2—пружинный зуб; 3—скребки; 4—рычаги к скребкам; 5—рукоятка для установки дисков; 6—прицепка; 7—платформа для груза; 8—транспортные колеса.

ние порчи дисков. Тракторные бороны впервые появились в Америке; на наших заводах строятся бороны по типу борон „Международной компании жатвенных машин".

Тракторный культиватор-экстирпатор (рис. 9) применяется для борьбы с сорняками на паровых полях. Он снабжается 17-ю ножевидными лапками треугольной формы или же пружинными лапками с наральниками. Глубина регулируется рычагами, снабженными пружинами; рама имеет колесный ход.

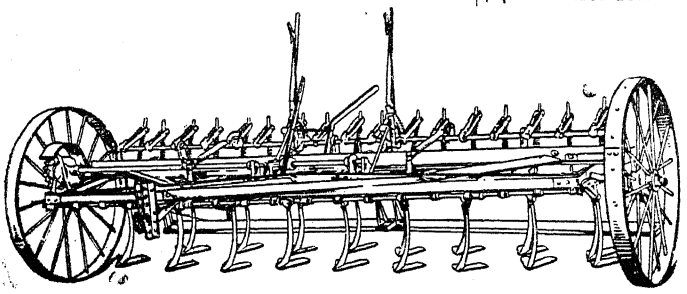


Рис. 9. Тракторный культиватор-экстирпатор.

Культиваторы для обработки междурядий. Конный культиватор известен под названием мотыги „Украинка" (рис. 10). К основной раме, опирающейся на два колеса, присоединяются шарнирно поводки, снабженные рабочими лапками в виде двусторонних ножевидных лемешков. Лапки соединяются в группы для обработки отдельных междурядий, а между ними устанавливаются парные диски, подрезающие междурядие вертикально и защищающие в то же время рядки от повреждений (рис. 11). Вместо ножевидных лапок могут быть поставлены тупые лапки для рыхления. Спереди мотыга имеет двухколесный передок, а сзади имеются две ручки для передвигания бруса с рабочими лапками вбок, приноравливаясь к направлению рядков.

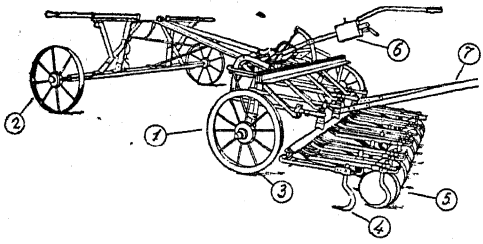


Рис. 10. Мотыга „Украинка"; 1—рама с колесами; 2—передок; 3—брус с рабочими лапками; 4—лапки для рыхления; 5—диски; 6—рычаг с противовесом; 7—ручки для управления.

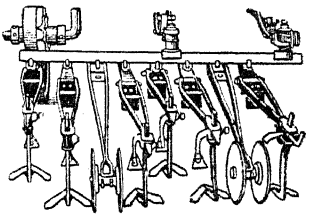


Рис. 11. Мотыжные лапки для подрезания сорняков

Для облегчения при заездах подъема рамы с лемешками мотыга имеет противовес в виде груза, передвигаемого по рычагу. Мотыга построена по типу мотыги Зидерслебена в Германии.

Тракторные культиваторы строятся различных конструкций. Один из них, напр. (рис. 12) „ВИМЭ № 1", опирается на три колеса и имеет два ряда рабочих лапок: в переднем ряду ставятся односторонние ножички, а в заднем ряду между ними располагаются так называемые гусиные лапки. При работе передний ряд ножичков подрезает корни и корневища сорняков, а задний ряд разрыхляет почву. Положение лапок регулируется тремя рычагами. Для рабочего имеется сиденье. Эти культиваторы имеют конструкцию, сходную с американскими.

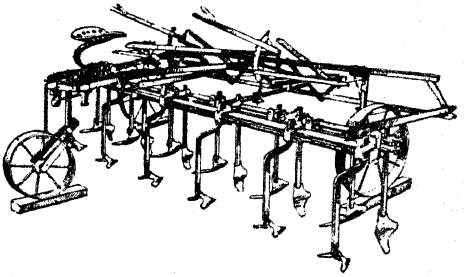


Рис. 12. Культиватор для междурядной обработки.

Кроме вышерассмотренных, имеется целый ряд менее распространенных культиваторов, строящихся в некото-

ром количестве на наших заводах. Таков, напр., штанговый культиватор (рис. 13 и рис. 14). Рабочей частью его

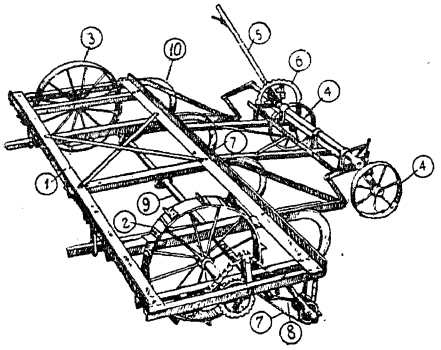


Рис. 13. Штанговый культиватор: 1—рама; 2—ходовое колесо; 3—полевое колесо; 4—транспортное колесо; 5—рычаг для установки на глубину; 6—зубчатый сектор; 7—цепная передача; 8—коленчатый вал; 9—штанга; 10—грядили.

является горизонтально расположенная штанга квадратного сечения, ко-

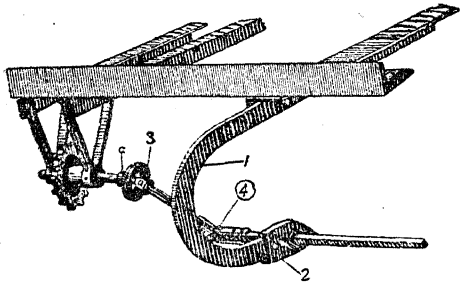


Рис. 14. Передаточный механизм к штанге: 1—грядиль; 2—башмак с подшипником; 3 и 4—шарниры карданного вала; 5—штанга.

торая, вращаясь от ходового колеса, вырывает все встречающиеся на пути сорняки. Штанга может быть погружена на ту или иную глубину посредством наклона стоек, несущих штангу. Отрицательной стороной применения штангового культиватора является сильное распыление им почвы. В Америке эти культиваторы имеют распространение в Европе же — нет. У нас начали строить их, но производство теперь прекращено.

Для борьбы с сорняками на паровых полях и при широкорядных культурах служит ротационная мотыга (рис. 15), имеющая ряд звездообразных дисков; вращаясь при движении мотыги вперед, они вырывают своими изогнутыми лопастями встречающиеся на пути сорняки. При культивации широкорядных культур мотыгу следует пускать тогда, когда сорняки еще недостаточно укоренились и легко вытаскиваются; культурные же растения с прочной корневой системой будут мотыгой только слегка повреждаться, что будет способствовать даже лучшему их кущению. Мотыга американского происхождения и строится также у нас с введением значительных улучшений в форме рабочих лопаток.

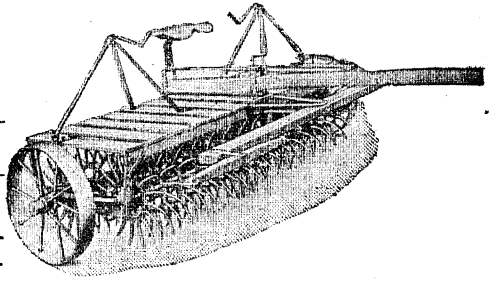


Рис. 15. Ротационная мотыга.

Тракторные сеялки строятся на наших заводах двух типов: с дисковыми сошниками и с обыкновенными. Сеялки завода „Красная Звезда“ (рис. 16) снабжаются 24 двухдисковыми сошниками; высевающие приборы—катушечные, устанавливаются на верхний и нижний высевы и имеют, кроме того, запасные шестерни, что делает их пригодными для высева разнообразных семян. Ширина междурядия 5—15 *см*; рабочая ширина захвата сеялки—3,6 *м*; вследствие возможности перестановки сошников, величина междурядий и ширина захвата могут изменяться. Тя-

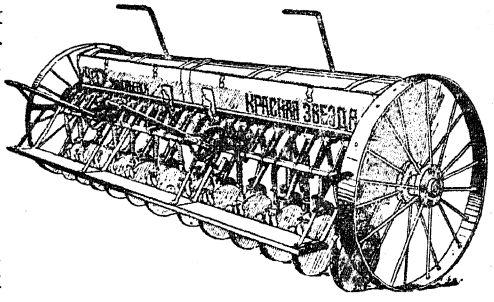


Рис. 16. 24 хрядная дисковая сеялка.

говое усилие—400 *кг*; производительность—1,2 *га* в час.

Сеялка завода Ростовсельмаш являет-

ся менее универсальной, так как постановка сошников является постоянной, а высевающие приборы не могут быть установлены на верхний высев; построена она по типу американской сеялки Мак-Кормика.

19-рядная тракторная сеялка завода им. Петровского, снабженная русско-американскими сошниками, является сеялкой универсальной (рис. 17). Ши-

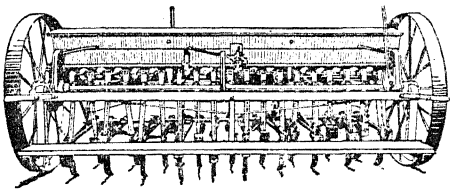


Рис. 17. 19-тирядная сошниковая тракторная сеялка.

рина захвата ее—2,4 *м*, ширина междурядия—12,7 *см*, но перестановкой сошников может быть изменена. Сила тяги—250 *кг*, производительность—0,75 *га* в час. Этот тип сеялок разработан на наших заводах.

Глубокобороздная сеялка (рис. 18) получает все большее значение в засуш-

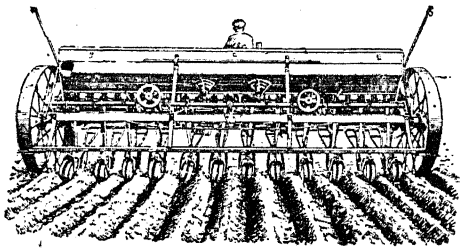


Рис. 18. Глубокобороздная сеялка.

ливых районах, так как проводит особыми сошниками бороздки до 10 *см* глубины с заделкой в них семян на глубину до 5 *см* и имеет идущие сзади каточки, уплотняющие бороздки. Такой способ посева имеет преимущество в том, что 1) господствующие ветра не выдувают посевов и корешки растений не подвергаются вымерзанию или высыханию; 2) снег задерживается в бороздках и 3) снеговая и дождевая вода задерживается в бороздках и увлажняет посевы. Сошники и каточки строятся на заводе „Красная Звезда".

Для высева льна на заводе „Красная Звезда" строится 42-рядная однодисковая сеялка по типу американской Мак-Кормика. Однодисковые сошники приняты здесь потому, что позволяют уменьшить междурядия до 10 *см*, что не достигается при других сошниках. Высевающий прибор ставится внутренне-реберчатый, позволяющий изменять количество высева в широких пределах.

У нас на заводах начали строить также сеялки для высева гашеной извести, мергеля и т. д.; высев производится в разброс. Сеялка рассчитана на ширину захвата в 2,5 *м*, на пару лошадей и дает производительность 0,6 *га* в час.

На заводе Армалит строятся двухрядные хлопково-кукурузные сеялки (рис. 19) со сменными для каждого рода се-

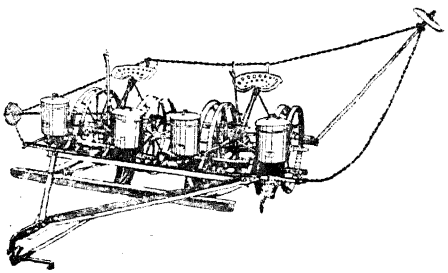


Рис. 19. Две кукурузные сеялки в общей сцепке с маркером.

мян высевающими приборами. Двухрядная сеялка рассчитывается на тягу двух лошадей. Для тракторной тяги сеялки соединяются попарно помощью специальной сцепки.

Для посадки картофеля на заводе „Рязсельмаш" строится двухрядная картофелесажалка, которая высаживает клубни в лунки, проделываемые особыми совками (рис. 20 и 20а). Кар-

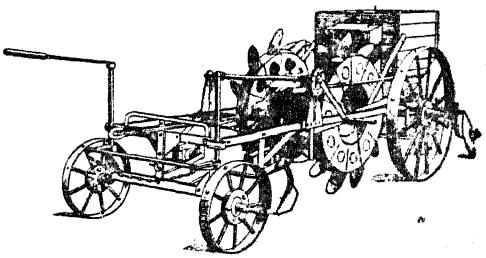


Рис. 20. Картофелесажалка.

тофелесажалка построена по типу не-

мецкой системы Лессера с рядом улучшений в конструкции.

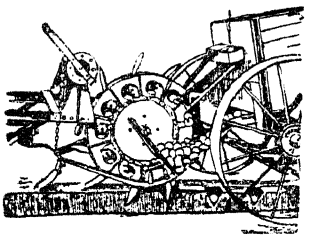


Рис. 20а. Картофелесажалка в разрезе.

Для посадки рассады завод „Красная Звезда" строит 6-тирядную машину (рис. 21), снабженную: 1) сошниками, проводящими бороздки, 2) бесконечной цепью с автоматически открывающимися и закрывающимися карманчиками, куда сидящие на машине рабочие вкладывают рассаду, и 3) идущими сзади прикатывающими каточками по типу американской машины Брюэра. Производительность машины составляет до 0,1 *га* в час; тяговое усилие—600 *кг*.

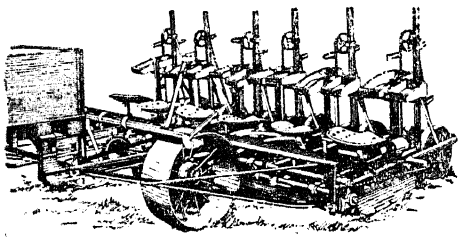


Рис. 21. Общий вид 6-тирядной посадочной машины.

При установке сеялки на требуемый высев пользуются формулами: 1) $n = \frac{10.000}{20 \cdot (\pi D) \cdot (a \cdot m)}$, где n—число оборотов ходового колеса на $^1/_{20}$ *га*, D - диаметр ходового колеса, $\pi = 3{,}14$, a—ширина междурядия и m—число сошников; 2) $t = \frac{\pi D}{v}$, где t—число секунд на 1 оборот ходового колеса, πD—длина окружности ходового колеса, v — скорость сеялки в *м*/сек. 3) Для установки сеялки на ленточный посев ширина захвата будет равна: $b = [a_1 + a_2 (k-1)] \frac{m}{k}$, где b—ширина захвата, a_1—ширина междурядия между лентами, a_2—ширина междурядия между сошниками в ленте, k—число сошников в ленте (число строк), m—общее число сошников (рис. 22). 4) Расстояние между колесами передка равно: $x = 2am - L$, где x—расстояние между колесами передка, am—ширина захвата

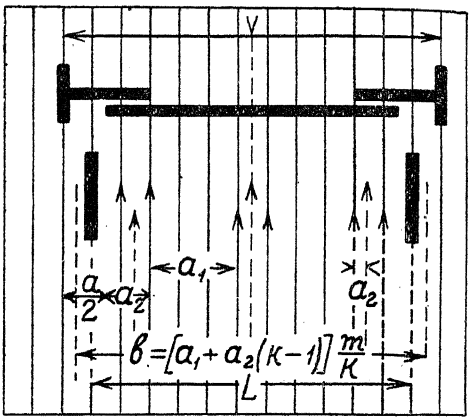


Рис. 22. Схема расстановки сошников для ленточного посева.

сеялки и L—расстояние между задними колесами сеялки. 5) Длина маркера для системы сеялок равна: $y = u \cdot b - \frac{l}{2}$, где $u.b$—ширина захвата системы u сеялок, l—расстояние между передними рулевыми колесами трактора и y—теоретическая длина маркера; практическая же длина будет равна: $z = y - s$, где z—действительная длина маркера и s—расстояние от середины системы сеялок до места прикрепления маркера (рис. 23).

Уборочные машины появились за последние годы в значительном количестве и в большом разнообразии.

Тракторные косилки строятся двух систем: прицепные и подвесные. Но подвесные косилки не получили у нас распространения, и на наших заводах строятся только прицепные по типу Мак-Кормика—Диринга. Конструкция этих косилок мало отличается от конных (ср. XXXIX, прил. *сельско-хоз. машины и орудия*, 28 сл.); ширина захвата тракторной косилки — 2,1 *м*, тяговое усилие—240 *кг*; потребная мощность до 4-х НР. При прицепке к трактору нескольких косилок к задним косилкам присоединяется рулевое управление (рис. 24), приводимое в действие рабо-

чим с сидения косилки; производительность—0,7 *га* в час.

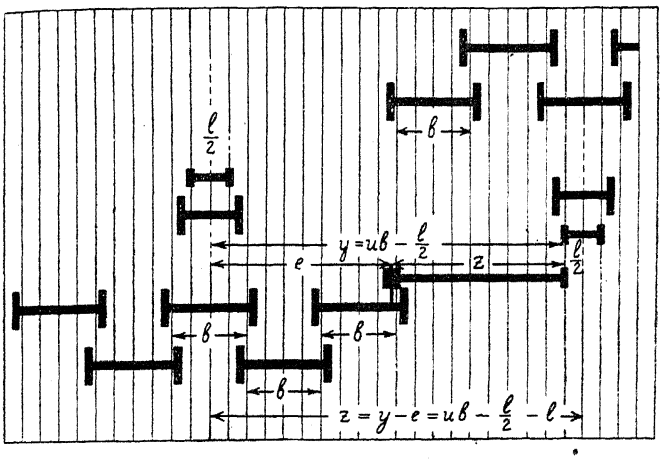


Рис. 23. Схема расстановки сеялок и маркера.

Из сеноуборочных машин можно указать на сенной комбайн, служащий для уборки сухого сена. Он состоит из сеносборщика, получающего движение от ходового колеса, и сенного пресса, приводимого в работу от карданного вала трактора. Работа прессования происходит на ходу, и в случае перегрузки пресса трактор останавливают, пока не будет спрессовано все поданное в пресс сено. Сеноуборочные машины строятся на Очерском заводе по типу американских.

Тракторная сноповязалка мало отличается по конструкции от конной ма-

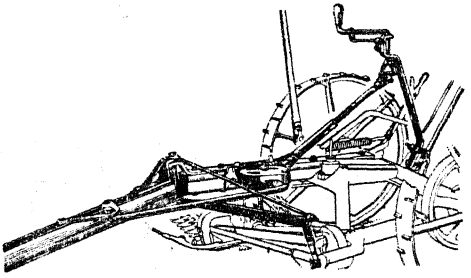


Рис. 24. Рулевое управление для задней прицепной косилки.

шины и построена по типу Мак-Кормика. Механизм сноповязалки приводится в работу от трактора при помощи карданного вала (power take off; рис. 25 и 26); главное колесо уже не является ходовым и снабжается гладким ободом с ребордами, препятствующими боковому перемещению. Ширина захвата сноповязалки—3 *м*; потребное тяговое усилие—400 *кг*; необходимая мощность такова, что к трактору СТЗ могут быть прицеплены две сноповязалки; производительность каждой сноповязалки 1 *га* в час.

Для уборки картофеля применяется комбинация двух машин: элеваторного

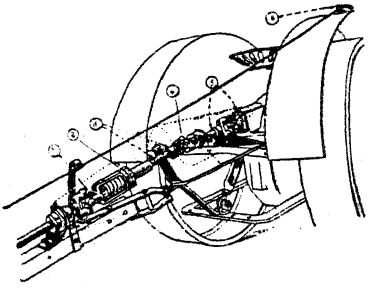


Рис. 25. Карданный вал на раме трактора, идущей к сноповязалке: 1—раздвижной вал; 2—храповая муфта; 3—шарнир Гука; 4—шарнир Гука; 5—шарнир Гука.

картофелекопателя и подборщика, производящего собирание клубней картофеля и ссыпку его в мешки.

Для уборки свеклы, кроме специаль

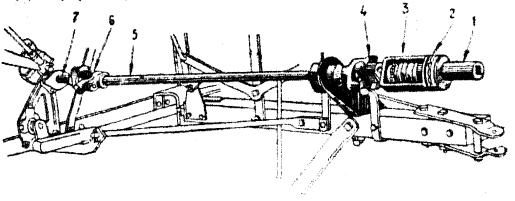


Рис. 26. Карданный вал на раме сноповязалки: 1—раздвижной вал; 2—храповая муфта; 3—пружины; 4—шарнир Гука; 5—вал; 6—шарнир Гука; 7—вал на сноповязалке.

ных свеклокопателей и ботвосрезателей, разрабатывается конструкция свекловичного комбайна, который одновременно производит срезку ботвы и собирание ее в ящик, а также выкапывание, очистку от земли и собирание в ящик корней свеклы.

Для уборки льна строилась на Люберецком заводе льнотеребилка „Комсомолка", а теперь строится широкозахватная льнотеребилка. Рабочей частью машины „Комсомолка" является теребильный аппарат, состоящий из двух ременных лент, между которыми захватывается пучок стеблей льна. Машина снабжена вязальным аппаратом, как и в хлебной сноповязалке. Ширина захвата машины – 0,4-0,6 *м*. К трактору СТЗ 15/30 могут быть прицеплены 3 машины; производительность каждой машины до 2 *га* за 8 часов. Машина построена по типу английской машины Сунена. Широкозахватная льнотеребилка сист. инж. Сиваченко (рис. 27)

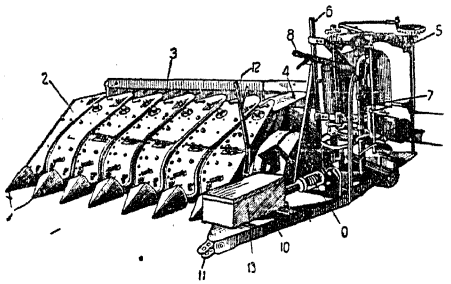


Рис. 27. Общий вид широкозахватной льнотеребилки: 1 — делители; 2 — теребильный аппарат; 3 — главный транспортер; 4 — добавочный съемный транспортер; 5 — вязальный аппарат; 6 и 7 — стойки; 8 — рычаг подъемного вязального аппарата; 9 — предохранительная муфта карданного вала; 10 — рама; 11 — прицепная серьга; 12 — рычаг наклона; 13 — инструментальный ящик.

имеет шесть секций с теребильными аппаратами; она снабжена транспортером и сноповязальным аппаратом. Ширина захвата машины—2,25 *м*; теоретическая производительность—1,1 *га* в час, практическая—0,86 *га* в час. К трактору СТЗ 15/30 прицепляется одна машина, приводимая в работу от „пауэр-тейк-офф" трактора.

Для уборки хлопка применяются машины: 1) однорядный конный „слединг", состоящий из 6-пальцевой гребенки, счесывающей коробочки хлопка, и ящика для сбора их; 2) двухрядный хлопко-уборочный комбайн, состоящий из гребенки для очесывания кустов, транспортера для передачи собранного вороха, приспособлений для дробления коробочек и отбора сырца, и транспортера, подающего сырец в подставленный для этого мешок (рис. 28 и 28а); 3) хлопкоуборочная пневматическая машина, называемая „Турман-вакуум", снабжаемая насосом и шестью

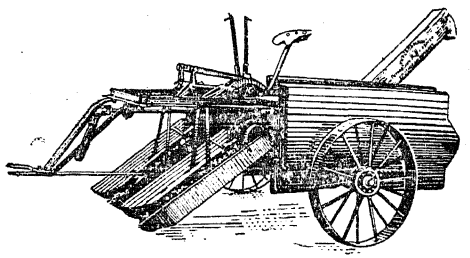


Рис. 28. Общий вид комбайна для уборки хлопка.

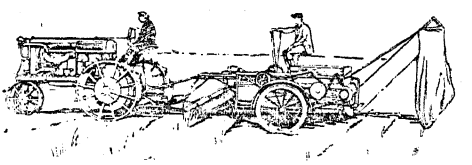


Рис. 28а. Комбайн для уборки хлопка в работе.

шлангами, через которые хлопок засасывается из раскрытых коробочек в мешки; машина устанавливается на раме трактора Фордзон или Фармолл. Машины эти строятся по типу американских с целым рядом конструктивных изменений.

Для уборки кукурузы на заводе „Красный Аксай" строится пиккер-хескер по типу американского (рис. 29 и 29а).

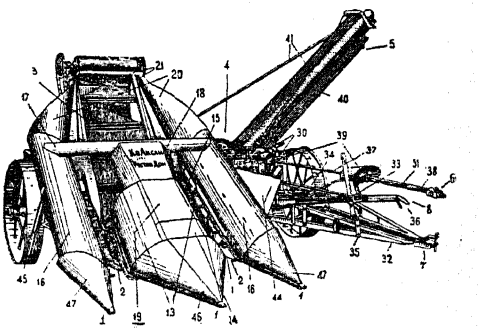


Рис. 29. Общий вид пиккер-хескера спереди: 1—делители; 2—бесконечные цепи; 3—элеватор; 4—хескерный аппарат; 5—разгрузочный элеватор; 6—карданный вал; 7—прицепка; 8—рычаг наклона.

Работа машины состоит в том, что с помощью валиков срываются початки, затем посредством элеватора передаются на хескерный аппарат, в котором с помощью валиков производится срывание оболочки, а очищенные початки элева-

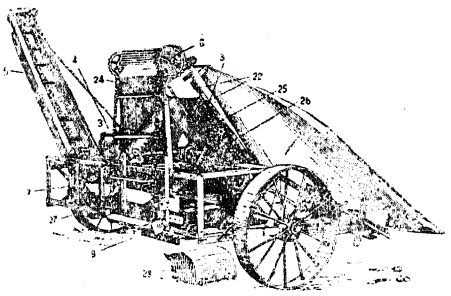


Рис. 29а. Общий вид пиккер-хескера сзади.

тором передаются в тележку, идущую рядом. Производительность двухрядного пиккер-хескера около 0.7 *га* в час; тяговое усилие — от 400 до 500 *кг*.

Молотилки. На заводе „Серп и Молот" строятся сложные молотилки двух размеров: МО 900 и МК 1.100, по типу молотилок английского завода Клейтон, с целым рядом изменений в деталях. К молотилкам может быть присоединен барабанный или цепной самоподаватель; для измельчения соломы может быть присоединен саманный аппарат; к молотилке также изготовляется соломоподъемник. На том же заводе начали строить молотилки американского типа по системе Advance Rumely марки АМ 710.

Сложные молотилки применялись у нас с 1850-х годов; наиболее распространены конструкции английских заводов; значительно позднее сложные молотилки начали строить и немецкие заводы. Заводы бывш. Эльворти в Кирове и Липгарта в Москве разработали оригинальные конструкции молотилок, в которых сказалось американское влияние; молотилка БДО 34 строится на зав. „Красная Звезда" и в настоящее время.

Теория молотильного барабана устанавливает следующие соотношения между мощностью двигателя, моментом инерции молотильного барабана и угловой скоростью его и массой снопов, пропускаемой через барабан в 1 сек.:

$$75 \cdot N = I \cdot \omega \cdot \frac{d\omega}{dt} = \frac{m \cdot v^2}{1-f},$$

где N — число лошадиных сил двигателя, I — момент инерции молотильного барабана, ω — угловая скорость барабана, $\frac{d\omega}{dt}$ — угловое ускорение барабана, m — масса снопов, v — скорость зуба барабана, f — коэффициент перетирания. Производительность сложной молотилки с бильным барабаном подсчитывается по формуле: $Q = \frac{l \cdot n \cdot k}{3 \cdot 18 \cdot 6}$, где l — длина барабана в метрах, n — число оборотов барабана в 1 минуту, k — число бил барабана, $\frac{1}{3}$ — отношение веса зерна к весу снопа, 6 — нормальное число бил. Расход энергии на отдельные рабочие части сложной европейской молотилки распределяется так: барабан поглощает 40—50%, соломотряс до 15%, грохот также до 15%, вентилятор первой веялки 10—12%, вентилятор второй веялки до 5%, элеватор 2—4%, шасталка до 6% и сортировка до 4%. В сложной американской молотилке, снабженной эсгаустером для отвода соломы, последний поглощает около 40% мощности, а остальные 60% распределяются так: на барабан 20%, соломотряс 4%, решетный стан 2%, вентилятор 8%, колосоподъемник 6%, зерновой шнек 2%, элеватор для зерна 4%, битер 10%, самоподаватель 10%. Рабочий ход сложной молотилки требует в 2—3 раза больше мощности, чем ее затрачивается на холостой ход.

Зерноочистительные машины за последнее время получили также вид комбинированных машин. Прежде всего у нас были разработаны быстроходные триеры, в которые внесены изменения: уничтожены сгребалки, укорочен цилиндр и установлен горизонтально, переконструирован желоб и т. д. Тихоходные триеры имеют 10—15 оборотов в мин., быстроходные ручного действия — 35 и приводные — 50 оборот.; производительность тихоходных — 200 *кг* в час, быстроходных — 400—500 *кг*/ч. Другим типом триера, который у нас также намечен к производству, является

американский триер Картера (рис. 30). Он состоит из 15 и более дисков с

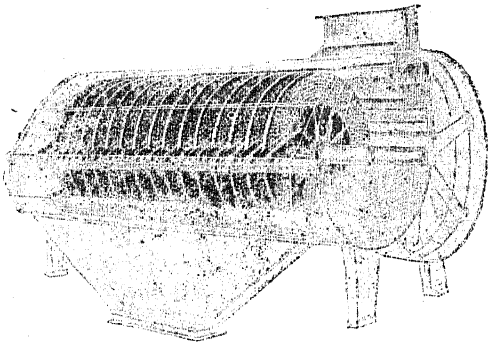


Рис. 30. Дисковый триер Картер.

ячейками, сидящих на общей оси и погруженных в лоток, по которому передвигается зерно. Работа его заключается в том, что диски своими ячейками вычерпывают мелкое зерно и примеси и отбрасывают действием центробежной силы их в боковой желоб. Триеры строятся как простого, так и двойного действия. Производительность в 3—4 раза больше, чем триера цилиндрического.

В совхозах были распространены у нас несколько конструкций зерноочистительных машин немецкого завода Ребера. Схема работы в них примерно одинакова. Так, машина „Колхоз" имеет следующее устройство (рис. 31). Из

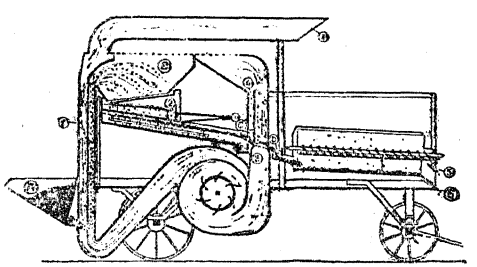


Рис. 31. Продольный разрез зерноочистительной машины „Колхоз": A — ковш; 1 — труба для пыли; B—осадочная камера; 2—желоб для крупных примесей; 3—желоб для мелких примесей; C—решетка; 4—вторая отстойная камера; D — лоток к триеру; 5—желоб триера; 6—желоб для чистого зерна.

ковша (*A*) зерно с помощью питательного валика передается на решетку, пересекающую два вертикальных канала. В первом канале зерно продувается струей воздуха от вентилятора, и все легкие примеси выгоняются через трубу (1). Когда ток зерна пересекает второй канал, то действием струи воздуха зерно прогоняется по каналу кверху и попадает в камеру (*B*), где расположены решета. Решета в верхней камере имеют качательное движение. Для уничтожения забивания решет верхнее снабжено колотушками, а нижнее—щеткой. Крупные примеси с верхнего решета поступают в желоб и выводятся наружу (2). Мелкие примеси, прошедшие через второе решето, также выходят через желоб наружу (3). Очищенное зерно со второго решета попадет на решетку (*C*), пересекающую канал, по которому идет сильный ток воздуха, получаемый от того же вентилятора. Действием этой струи производится сортирование зерна по весу: более легкие зерна поднимаются вверх и попадают в отстойную камеру, где, теряя в скорости, оседают в желобе и выводятся наружу (4). Тяжелое зерно пересекает канал и выходит в лоток, по которому передается в триер (*D*). Из триера по желобу (5) выходит битое зерно и куколь, а в конце цилиндра выходит чистое семенное зерно (6). К этой установке легко может быть присоединен протравитель для семян. Потребная для работы мощность двигателя — 5-6 HP. Производительность для получения семенного материала—1.500 *кг* в час.

На заводе „Красная Звезда" сконструирована зерноочистительная машина под маркой „Союзнаркомзем". Она состоит из системы камер, продуваемых вентиляторами, решет и триера. Производительность ее: а) при получении семенного материала пшеницы — 6-8 *т*/ч., овса — 3-4 *т*/ч., б) при обработке товарного зерна—пшеницы—10 *т*/ч. и овса—5 *т*/ч. Потребная мощность 5—6 HP; с присоединением пневматического транспортера—12-15 HP. Для очистки гороха строится интересная в конструктивном отношении машина под маркой „Темп".

На конструкции наших зерноочистительных машин вложено много интересного и оригинального.

Из новых машин по переработке кормов надо указать на силосорезку с приспособлением для дробления концентрированных и грубых кормов зав.

Гомсельмаш (рис. 32). Рабочей частью ее служит диск, снабженный с боку тремя режущими ножами, а по окружности диска—шестью комплектами молоточков по 20 шт. Диск охватывается кожухом с чугунными рифлеными секциями. Продукт подается к режущему диску при помощи транспортера и двух питательных вальцов. От кожуха идет труба для отвода измельченного силоса в башню. Производительность при резке силосной массы—4.000 *кг*/час., при дроблении сухого зерна — 800-1.000 *кг*/час., при дроблении жмыха — 3.000 *кг*/ч., при резке соломистых кормов, древесных веток и янтака—500 *кг*/ч. Потребная мощность на резку силосного корма—12-15 НР, на дробление—18-25 НР.

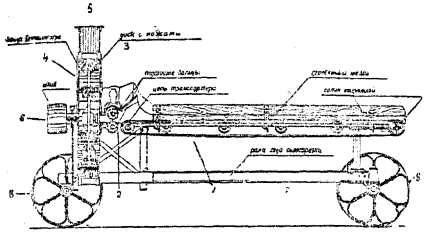


Рис. 32. Силосорезка в разрезе: 1—транспортер; 2—питательные вальцы; 3—диск с ножами и молоточками; 4 — кожух; 5 — труба; 6 — шкив; 7—рама; 8—колеса.

Комбайны. Зерновым комбайном называется сложная с.-х. машина для одновременной уборки и обмолачивания урожая; другими словами, комбайн представляет собой соединение в одно целое двух машин — жатвенной (хедера) и молотилки. На раме комбайна, над его передним колесом расположен двигатель, приводящий в работу все части комбайна; для передвижения же его по полю он прицепляется к трактору. Комбайн опирается, кроме переднего колеса, еще на три, два из которых служат для поддерживания молотилки, а третье расположено на продолжении той же оси и служит для хедера.

Комбайн (рис. 33) состоит из следующих рабочих частей, производящих работу в таком порядке: стебли срезаются режущим аппаратом; для успешности подрезания стеблей они пригибаются к ножам планками мотовила; срезанные стебли падают на платформу, на которой движется бесконечное полотно, снабженное планками; полотно имеет движение справа налево, смотря по ходу машины; захватив стебли, оно передает их особому элеватору, состоящему обыкновенно из двух полотен, также снабженных деревянными планками; с помощью этого элеватора стебли передаются во вторую часть машины, называемую молотилкой. Хедер может работать отдельно, независимо от комбайна, как увидим в дальнейшем.

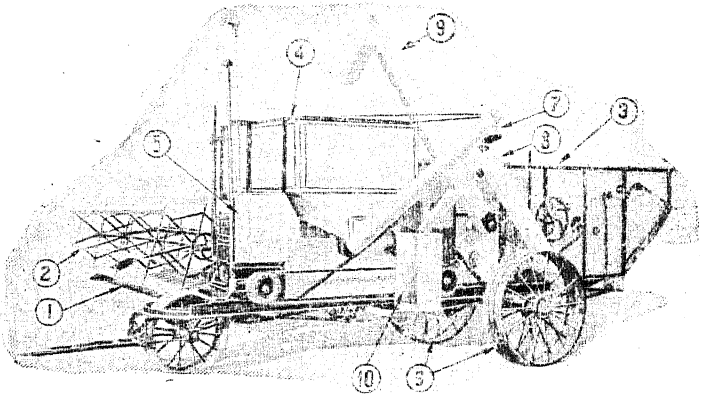


Рис. 33. Комбайн.

На рис. 34 и 34а видны процесс работы молотилки и движение продукта по ее рабочим органам. С хедера стебли поступают через элеватор на транспортер (30), который передает их колосом вперед к молотильному барабану. Над транспортером перед барабаном расположен распределитель (28) в виде рамки с шипами, который продвигает стебли ровным слоем. В промежутке между молотильным барабаном (27) и декой (26) происходит вымолачивание колоса, но зерно не проваливается

сквозь деку, а идет вместе с соломой на зерновой элеватор (24). Над элеватором расположены два барабанчика—битера (9), которые протрясают солому, выделяя зерно С элеватора зерно подается на скатную доску (21), а солома

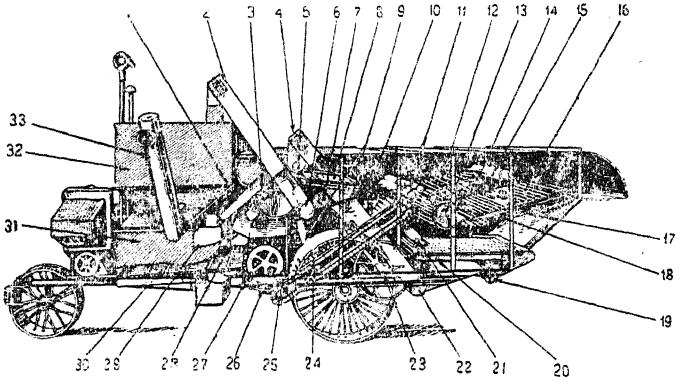


Рис. 34. Продольный разрез комбайна.

подхватывается двумя барабанчиками (11), перебрасывающими ее на соломотряс, где солома окончательно протрясается действием барабанчиков (14 и 15), продувается вентилятором (13) и передается двумя соломотранспортерами (16 и 12) к выходу. Здесь солома выбрасывается из молотилки и может быть собрана в копны с помощью особого копнителя, присоединяемого к комбайну сзади. Зерно, вышедшее с зернового элеватора и выделившееся на полотнах соломотряса, идет на решето, называемое грохотом (20). Это решето продувается ветром от вентилятора (23), и вся мякина с грохота выдувается наружу, в соломокопнитель. Сквозь отверстия грохота проскакивает все зерно и попадает на скатную доску (21). Выделившийся на грохоте невымолоченный колос сходит в конце его и попадает в желоб, где располагается шнек (19). Шнек передает колос в поперечном направлении к колосовому элеватору, который расположен с правой части молотилки (на рисунке не виден); колосовой элеватор поднимает колос и передает его через окно на транспортер, с которого он снова попадает в молотильный барабан. Зерно по сборной доске (21) скатывается в желоб со шнеком (22), который передает его в поперечном направлении вперед к зерновому элеватору. Зерновой элеватор в свою очередь передает зерно из 1-й веялки во 2-ю веялку, расположенную наверху. Здесь зерно сначала подхватывается шнеком (5), который и распределяет его по верхнему решету веялки (8). На решетах зерно окончательно очищается от всех легких примесей действием вентилятора (3) и, пройдя через отверстия, попадает по скатной доске (7) в желоб со шнеком (6). Шнек передает зерно во второй зерновой элеватор (2) и далее оно ссыпается через рукав в бункер (32). При своем

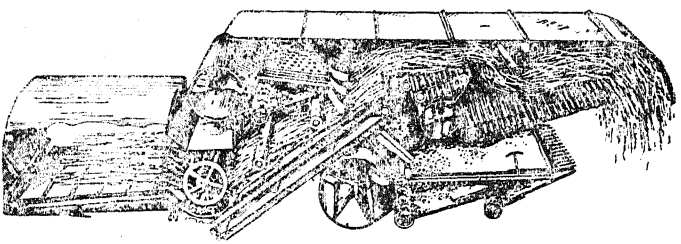


Рис. 34а. Схема прохождения хлебной массы через молотилку комбайна.

движении по трубе элеватора зерно очищается от песка и семян сорных трав, которые проскакивают через отверстия решетки, поставленной снизу вдоль трубы. Примеси эти через особый рукав высыпаются наружу в мешок, который ставится в ящик (29). Из бункера по мере его наполнения зерно выгружается в подъезжающую к комбайну тележку, для чего включается в действие особый шнек, который расположен внутри разгрузочной трубы (33).

Комбайн опирается обычно на четыре колеса: рама молотилки имеет два колеса, сидящие на общей оси, и одно

переднее поворотное; хедер имеет одно колесо, располагающееся сзади платформы на продолжении колес молотилки. Рама хедера присоединяется к раме молотилки шарнирно. Высота платформы хедера может изменяться посредством наклона вперед и назад; для облегчения наклона к хедеру сзади присоединяется противовес в виде длинной штанги с насаженным на ней грузом. Наклон платформы, с целью изменения высоты срезания стеблей производится при помощи механизма штурвала, который состоит из вертикальной рейки, соединенной шарнирно с краем платформы, снабженной наверху отверстиями, захватываемыми зубцами колеса, и штурвального колеса, с помощью которого рабочий производит поворот зубчатки, а следовательно и подъем и опускание платформы.

Механизм комбайна приводится в работу от двигателя, устанавливаемого на раме комбайна; двигатели ставятся по преимуществу двух типов: керосиновый двигатель трактора СТЗ, мощностью 30 HP, и бензиновый „Форд-Нати", мощностью 28 HP. Комбайн передвигается по полю от трактора СТЗ или ХТЗ 15/30. Ширина захвата комбайнов „Коммунар" и „Саркомбайн"—4.8 *м*, а комбайна „Сталинец"—6,1 *м*. Производительность в час для первых двух считается — до 1,5 *га*, третьего—до 2 *га*.

Для сборки соломы в копны к комбайну присоединяется приспособление, называемое соломокопнителем. Оно состоит из платформы, укрепленной шарнирно на поперечном стержне так, что действием противовеса оно занимает горизонтальное положение; от платформы идет веревка к комбайнеру, потянув за которую можно наклонить платформу, и тогда набравшаяся копна соскальзывает с нее на землю. С боков платформы устроены щиты из полотен, защищающие копну от действия ветра.

Преимущество применения комбайна по сравнению с другими машинами по уборке урожая заключается в следующем: 1) комбайн имеет большую производительность, убирая и обмолачивая хлеб с 1 до 1,5 *га* в час, что дает возможность быстро реализовать урожай; 2) при уборке комбайном происходит меньшая потеря урожая, так как стебли с колосом передаются в молотильный барабан внутри машины, при уборке же сноповязалкой происходит потеря при вязке снопов и установке их в поле, погрузке на повозки, при перевозке, при выгрузке и, наконец, при подаче в молотилку; 3) при уборке сноповязалкой требуется шпагат, приобретение которого является значительной статьей расхода.

Главным препятствием к широкому распространению комбайна является влажность зерна, делающая невозможным непосредственное обмолачивание.

Виндроуэр и подборщик. В тех случаях, когда надо приступать к уборке, а вследствие дождей хлеб еще сырой, применять комбайн затруднительно, иногда даже невозможно, так как убранное сырое зерно легко подвергается порче. Тогда приходится производить уборку в два приема при помощи виндроуэра, а затем подборщика.

Виндроуэр представляет собой жатвенную машину, хедер к которой может быть отделен от комбайна (рис. 35),

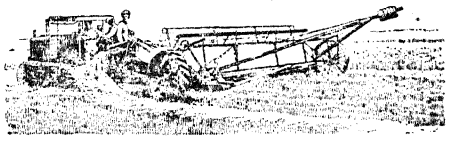


Рис. 35. Общий вид виндроуэра в работе.

которая срезает хлеб и оставляет его в поле в виде рыхлого ряда, подвергающегося просушке от действия ветра; отсюда он и получил свое название: wind — ветер, row — ряд. Виндроуэр, строющийся на Первомайском заводе, имеет платформу с шириной захвата 6,1 *м*; снабжается режущим аппаратом и мотовилом такой же конструкции, как и у комбайна; точно так же ставится ветровой щит и противовес. Высота среза регулируется рукояткой, идущей к трактористу; установка делается не менее, как на 25 *см*, но лучше оставлять стерню высотой до 50 *см*. Срезанный хлеб с платформы передается транспортером вбок и падает на стерню в виде ряда. Передаточный механизм состоит из системы зубчаток и цепной

передачи и приводится в движение от ходового колеса. К виндроуэру может быть присоединен копнитель; тогда оставшиеся на поле копны обмолачиваются подъезжающим к ним комбайном.

Для уборки и обмолачивания оставленного виндроуэром ряда к комбайну вместо хедера присоединяется подборщик (рис. 36 и 37), который со-

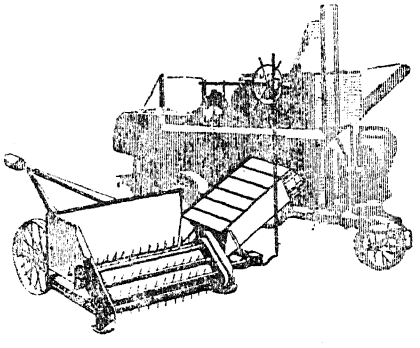


Рис. 36. Общий вид подборщика.

стоит из следующих частей: между двумя боковинами (1) укреплена наклонно плоскость из листового железа (2); с внутренней стороны боковины

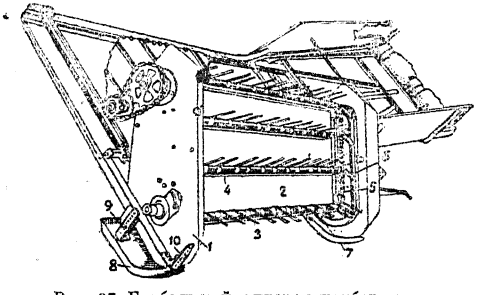


Рис. 37. Грабельный аппарат подборщика.

имеются направляющие дорожки, по которым скользят ролики (6), связанные поперечными трубами (4), на которых сидят рабочие пружинные зубья (3) подборщика; при движении роликов по дорожке зубья получают наклон, соответствующий моменту работы, т.-е. захватыванию стеблей с поля или сбрасыванию их на платформу. Для изменения высоты на полозках (7 и 8) имеются стойки с отверстиями (9 и 10). Ширина подборщика—2 *м*.

Первый комбайн появился в Америке в 1828 г.; комбайн Мура и Хэскола в 1836 г. имел уже все основные рабочие части современного комбайна; затем появилось много конструкций в Америке, Аргентине и Австралии. Комбайны приводились в работу сначала от конной тяги, потом от парового трактора, а теперь от тракторов с двигателями внутреннего горения, хотя и до сих пор в Америке в холмистых местностях применяется конная тяга. Комбайны наших заводов строятся по типу американской системы Холт; научно-исследовательские институты разрабатывают у нас конструкции комбайнов безмоторных, электрокомбайнов, вакуумкомбайнов и, наконец, в последнее время особого так называемого северного комбайна, который включен в программу производства.

Тракторы, принятые у нас к производству, относятся к двум типам: колесные и гусеничные. Первые строятся на Сталинградском и Харьковском тракторных заводах под марками „СТЗ“ и „ХТЗ“ по типу трактора „Интернационал“ 15/30 HP (см. *трактор*, XLI, ч. 9, 51 сл., особ. 73 и рис. 15, 16, 17).

Гусеничный трактор строится на Челябинском заводе по типу трактора Катерпиллар и имеет название „Сталинец“ и „ЧТЗ“ (рис. 38). Двигатель вертикальный, четырехтактный, четырехцилиндровый, керосиновый; пуск на бензине. Цилиндры отлиты каждый отдельно, без вставных гильз. Коленчатый вал на трех коренных подшипниках. Смазка комбинированная: под давлением и разбрызгиванием. Рабочая смесь приготовляется карбюратором типа Энсайн. Зажигание смеси электрической искрой от магнето типа Сцинтилла. Муфта сцепления однодисковая. Ведущий механизм—две стальных гусеницы, состоящие из звеньев со шпорами. Число оборотов коленчатого вала — 650 в мин. Мощность—на шкиве—60 HP, и крюке—50 HP; скорости: 3,1, 4,1 и 5,9. Вес трактора — 9.480 *кг*. Диаметр шкива — 406 *мм*, ширина обода—254 *мм*. По типу трактора Фармолл (Farmall) на Путиловском заводе строится трактор-пропашник „Универсал“.

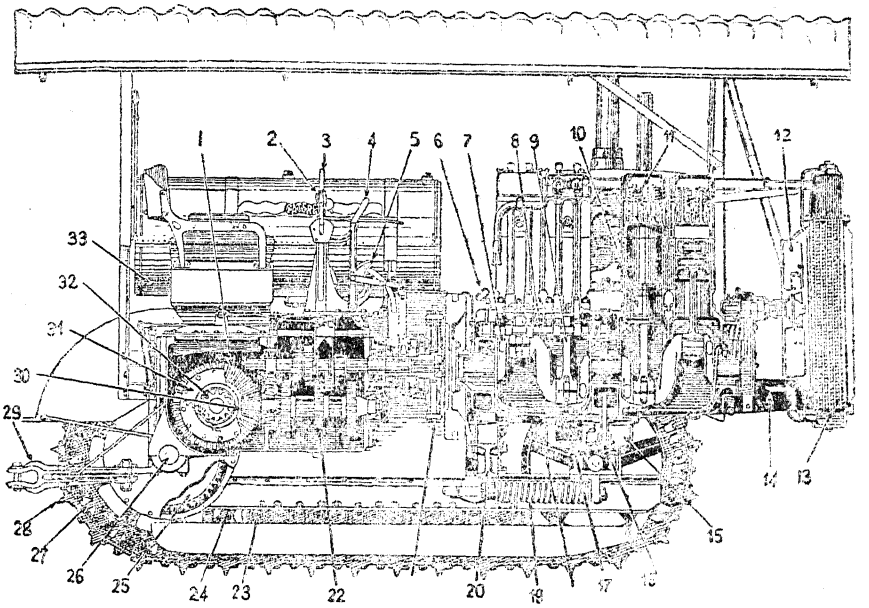


Рис. 38. Продольный разрез трактора ЧТЗ.

Сцепки. При работе мощными тракторами прицепляются по нескольку машин и орудий вместе. В виду разнообразия с.-х. машин и их размеров нельзя обойтись одной какой-нибудь сцепкой, а потому заводы, а также мастерские МТС и совхозов дают большое разнообразие конструкций сцепок. Сцепка представляет собою сложный брус, состоящий из целого ряда распорок и тяг, и часто имеет вид довольно сложной фермы. Сцепка является достаточно тяжелой и весит от 50 *кг* до 1.000 *кг* и в последнем случае имеет опору на 4-х колесах. При расчете тягового усилия надо принимать во внимание сопротивление сцепки, которое колеблется от 20 *кг* для легких сцепок до 400 *кг* для тяжелых.

Примером конструкции сцепки для сеялок, для борон и культиваторов может служить сцепка зав. Ростовсельмаш (рис. 39 и 39а). Сцепка для тракторных буккеров конструкции Укрсельмаш видна на рис. 40 и 40а, сцепка для сенокосилок Люберецкого завода — на рис. 41.

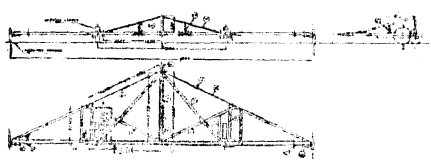


Рис. 39. Схема сцепки завода Ростовсельмаш.

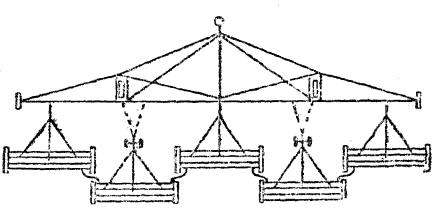


Рис. 39а. Схема прицепки пяти тракторных сеялок.

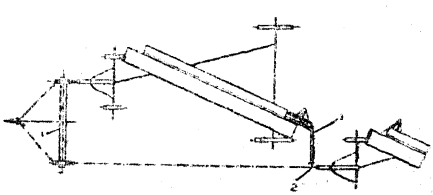


Рис. 40. Схема сцепки для буккеров.

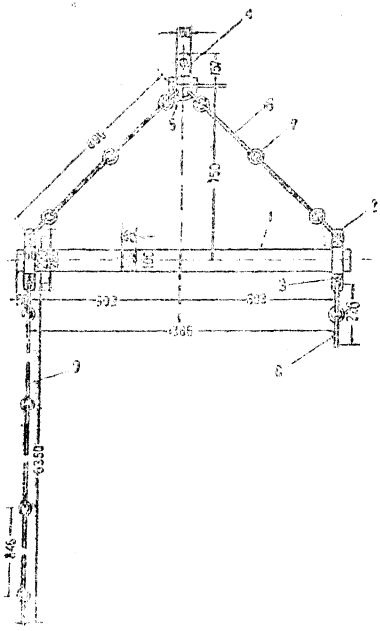


Рис. 40а. Схема соединения двух тракторных буккеров.

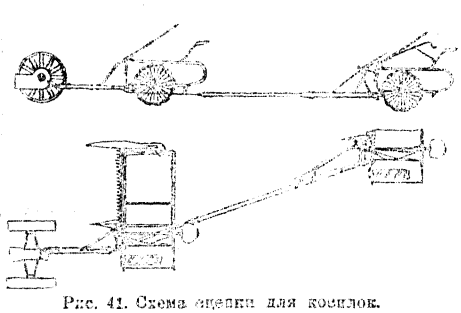


Рис. 41. Схема сцепки для косилок.

Литература: Акад. *В. П. Горячкин*, „Теория, конструкция и производство с.-х. машин“ (том I, 1935); проф. *М. Н. Летошнев*, „С.-х. машины“ (1935); проф. *Л. П. Крамаренко*, „Уборочные машины“ (1935); проф. *В. А. Криль*, „С.-х. машины и орудия“ (1935); проф. *В. П. Селезнев*, „Механизация сельского хозяйства“ (1934); проф. *В. С. Жегалов*, „Конструирование и расчет с.-х. машин“ (1934); *К. Н. Копорулин* и *Н. Г. Соминич*, „С.-х. машины и орудия“ (1935); *С. Т. Коняев*, „Эксплоатация машинно-тракторного парка“ (1934); инж.-мех. *Б. С. Свирщевский*, „Основы эксплоатации автотракторного и машинного парка“ (1935); инж.-мех. *Н. И. Поляков*, „Молотилки“ (1935); инж.-мех. *Н. И. Иващенко*, „Комбайн“ (1935); *В. Анохин* и *В. Розанов*, „Учебник по тракторам“ (1934); *С. М. Давидович* и *К. И. Тальвик*, „Тракторы и автомобили“ (1935); проф. *Е. А. Чудаков*, „Как устроен автомобиль“ (1935); *М. С. Ваш* и *М. П. Дельнов*, „Принципы работы и конструкция автомобиля“ (1933); проф. *В. П. Горячкин*, „Земледельческие машины и орудия“ (М., 1923); проф. *Б. А. Криль* „Сельск.-хоз. машиноведение“ (I ч., М., 1927); *его же*, „Тракторные с.-х. машины и орудия МТС“ (М., 1931); *его же*, „С.-х. машины“ (пособие для школ, М., 1933); проф. *Ю. А. Вейс*, „Курс с.-х. машиноведения“ (М., 1931); *Гаррис Пирсон Смит*, „С.-х. машины и оборудование“ (пер. с англ. под ред. проф. Криль, М., 1931); *А. А. Стон*, „С.-х. машины“ (пер. с англ. под ред. проф. Криль, М., 1931); проф. *Г. Кюне*, „С.-х. машиностроение“ (пер. с немецк. под ред. проф. Криль, М., 1931); *Г. Шварцер*, „С.-х. машиноведение“ (пер. с немецк. под ред. проф. Криль, М., 1932); *Б. Н. Усовский*, „Сільско-господарско-машино-знавство“ (Харків, 1931); Госмашметиздат, „Советское с.-х. машиностроение“ (М., 1933); проф. *В. П. Горячкин*, „Теория плуга“ (М., 1927); *его же*, „Рациональная формула силы тяги плугов“ (М., 1925); *его же*, „О силе тяги тракторных плугов“ (М., 1929); *Н. Лучинский* и *М. Ордынский*, „Справочник по корпусам тракторных плугов“ (М., 1928); *Н. Д. Лучинский*, „Исследование американских тракторных корпусов“ (М., 1930); *его же*, „Схемы подъемных механизмов тракторных плугов американского типа“ (М., 1933); *С. П. Смирнов*, „Электропахота“ (М., 1932); *Г. Г. Бернис*, „Работа уборочных машин с трактором“ (М., 1931); *Я. П. Эсалнек*, „Сноповязалки и комбайны“ (Ленинград, 1932); проф. *Л. П. Крамаренко*, „Комбайны. Теория, конструкция и расчет“ (М., 1933); *Н. В. Васильев*, „Комбайны“ (М., 1930); проф. *С. П. Востроknутов*, „Изучение работы комбайнов Мак-Кормик-Диринг“ (М., 1932); проф. *В. П. Селезнев*, „Работа комбайнов Холт 36“ (М., 1932); *Н. Ф. Миронов*, „Тракторные молотилки и их использование“ (М., 1930); *М. А. Юрцевский*, „Потери зерна при уборке и меры борьбы с ними“ (М., 1931); *М. И. Тихомиров*, „Потери зерна при уборке комбайном и меры борьбы с ними“ (М., 1933); *Н. В. Назимов*, „Организация работ на уборке и молотьбе хлебов“ (М., 1932); проф. *М. Н. Летошнев*, „К стандартизации веялок, веялок-сортировок и млынков“ (Ленинград, 1929); *Н. Н. Ульрих*, „Задачи и механические средства очистки и сортирования зерна“ (М., 1931); проф. *С. В. Полетаев*, „Триеры“ (М., 1932); *А. М. Уваров*, „Зерносушение“ (М., 1932); *М. И. Шлыков*, „Силосорезки“ (М., 19 1); *его же*, „Машины для обработки льна“ (М., 1932); *П. П. Аршинов*, „Расчеты силосных сооружений“ (М., 1932); проф. *В. П. Селезнев*, „Машины для уборки кукурузы“ (М., 1932); *Е. Слупский*, „Свекловуборочные комбайны“ (М., 1933); *Г. А. Кук*, „Технические основы крупного молочного хозяйства“ (М., 1931); *Г. И. Бремер*, „Расчет молочного сепаратора на обезжиривание“ (М., 1928); *К. П. Шиловский*, „Справочник по с.-х. тракторному инвентарю“ (чч. I, II и III, М., 1927; ч. IV—М., 1928); Сельхозимпорт, „Новейшие с.-х. машины Европы и Америки“ (Вып. I—1931; вып. II—1931; вып. III—1932); проф. *Д. К. Карельских*, „Тракторы и автомобили“ (М., 1932); *его же*, „Руководство по трактору „Интернационал“ (М., 1930); *его же*, Трактор, его работа и конструкция“ (М., 1933); *М. П. Серпухов*, „Краткое руководство для тракториста“ (М., 1930); *Виктор Пажэ*, „Современный трактор“ (пер. с англ. под ред. проф. Ветчинкина, М., 1931); *И. В. Нецвет* и *Д. Е. Ерохов*, „Тракторы СТЗ и ЧТЗ“ (Ленинград, 19 3); *С. А. Городков*, „Сцепки для тракторн.-посевн. инвентаря“ (М., 1933); *М. Л. Гусятский*, „Тракторная сцепка ТС-3К“ (М., 1931); *С. А. Городков* и *Б. М. Шмелев*, „Сцепки для трактор. с.-х. орудий“ (М., 1930); ВИМЭ, „Справочник по механизации с.х. СССР“ (М., 1932—1933). Журналы: „Механизация социалистического

сельского хозяйства" (М.); „Сельско-хозяйственная машина" (М.): „Сільско-господарська машина" (Харків); „Die Landmaschine" (Berlin); „Die Technik in der Landwirtschaft" (Berlin; „Zeitschrift für Landmschinen" (Leipzig): „Agricultural Engineering. Bridgman" (Mich); „The Implement and Machinery Review" (London); „American Thresherman and Farm Equipment"; „Genie Rural et Agriculture Générale" (Paris); „Marchand de Machines Agricoles" (Paris).

Б. Криль.

Электротипия (*гальванопластика, гальваностегия*), см. *фотомеханическое дело*, XLIV, 395, и *гальванопластика*, XII, 464/65.

Электротропизм, см. *тропизмы*, XLI, ч. 9, 307 сл.

Электрофизиология, отдел физиологии, посвященный изучению электрических явлений, развивающихся и протекающих в животном организме; Э. часто называют поэтому учением о животном электричестве.

История развития учения о животном электричестве. Вопрос о том, является ли тело животного источником электрических сил, возник очень рано, еще в ту пору, когда сама физика электричества находилась в младенческом состоянии, когда все знания об электричестве ограничивались лишь первоначальными понятиями о заряде и разряде тел. Мысль о животном электричестве родилась раньше, чем возникло учение об электрическом токе,—даже больше: именно на почве неустанных попыток обнаружить животное электричество и создана была впервые случайно та обстановка, при которой осуществились условия для получения электрического тока, и первым его показателем был живой объект — лягушечья лапка. История животного электричества и история открытия электрического тока сплетены в первых их стадиях теснейшим образом. Здесь было много случайного, много счастливых моментов и на ряду с этим много недоразумений и взаимного непонимания физиков и физиологов, пока не наметились, наконец, разные их пути. Мы укажем лишь главные эпизоды в этой интересной главе истории естествознания, которая начинается наблюдениями Луиджи Гальвани (*см.*), подробно изложенными в ст. *гальванизм* (*см.* XII, 419 сл.).

Из многочисленных опытов Гальвани остановимся здесь на одном, который имел громадный успех и всюду с большим увлечением повторялся всеми, кого интересовало животное электричество. На стеклянную пластинку кладут нервномышечный препарат, берут в руки две металлические палочки и прикладывают их концами одну к мышце, другую к нерву; если теперь соединить другие, свободные концы палочки друг с другом, то получается сокращение мышц. Опыт идет особенно хорошо, если палочки приготовлены из разных металлов, напр., из меди и цинка. Видеть в указанном опыте проявление электрических сил можно было, по толкованию Гальвани, потому, что только соединение проводниками электричества мышцы и нерва давало сокращения; если вместо металлов взять для соединения непроводники — сургуч, стекло и др., то сокращений нет. Так как Гальвани считал, что в указанной цепи металлы были лишь проводниками, то для него источником электричества были животные части. Описанный опыт считался поэтому на первых порах в самом деле строгим доказательством существования животного электричества. Но вскоре обстоятельства изменились. На сцену выступает знаменитый современник, впоследствии противник Гальвани, профессор физики Александр Вольта (*см.*). Повторяя опыты Гальвани, он скоро увидел некоторые его промахи. Между прочим, он сделал один простой и на первый взгляд наивный опыт, имевший громадные научные последствия. Вольта повторил опыт Гальвани не на лягушечьем препарате, а на мышце человека, мышце, легко доступной и покрытой лишь тонким слоем эпителия,—на языке. Вольта приложил два кусочка разных металлов к двум точкам языка; при замыкании этой цепи он не мог отметить движений языка. Он был, однако, чрезвычайно поражен тем, что при замыкании описанной цепи он почувствовал особый вкус во рту: кислый и щелочной. Существенно здесь было то, что вкус не был приурочен к определенному месту языка, а зависел от металла, приложенного к языку.

Вольта заключил отсюда, что металлы в этом опыте являются не только проводниками электричества, а скорее—наоборот: из металлической цепи устремляется в живую часть цепи нечто, что дает вкусовое ощущение. С другой стороны, Вольта оценил тот знаменательный факт, что ощущение на языке длится в течение всего времени, пока цепь замкнута. Отсюда он пришел к заключению, что здесь мы имеем дело не с разрядом электричества, а с непрерывным течением его. Так. обр., Вольта впервые высказал мысль об электрическом токе. Животные части цепи оказались в понимании Вольты совершенно пассивными звеньями. Вольта заменил их проводящими жидкостями, построил дальше свой, теперь т. н. вольтов столб (*см.* XII, 424/26) и отрицал всякое значение опытов Гальвани как опоры для доказательства животного электричества. Гальвани испытал все превратности судьбы, но он не сдавался. Чтобы восстановить опороченную роль лягушечьих лапок как источника животного электричества, он стал теперь делать свои опыты так, чтобы не могло быть подозрения об участии в них металлов, и дошел, наконец, до такой формы опыта, которую мы и теперь с полным убеждением считаем доказательством био-электричества. Гальвани отпрепарировал мышцу с ее нервом; он набрасывал стеклянной или костяной палочкой нерв на мышцу и замечал, что в момент прикосновения нерва с мышцей последняя сокращалась. Это знаменитые опыты Гальвани—„опыты сокращения без металлов", из-за которых Гальвани по праву считается отцом Э. Дальше этого Гальвани, однако, не мог пойти. Нетрудно усмотреть, что в этих последних опытах мышца играла двойственную роль: она была и источником электричества, и в то же время его показателем, и это обстоятельство не давало возможности в точности проанализировать установленное им явление. Опыты сокращения без металлов были поэтому на долгое время забыты, и только когда Нобили построил мультипликатор с астатическими магнитными стрелками (*см.* XII, 452), отличающийся большою чувствительностью, явилась мысль ввести в одну и ту же цепь и гальванометр, и лягушечью мышцу, чтобы решить, какой показатель чувствительнее к электрическим токам. живой или мертвый. Включение в одну и ту же цепь гальванометра и мышцы и было той постановкой опыта, которая должна была заменить „опыты сокращения без металлов". Мышца освобождалась теперь от роли показателя электрического тока и исследовалась исключительно как источник электричества. После целого ряда исследований самого Нобили, Гумбольдта, Маттеуччи весь вопрос о животном электричестве переходит на много лет в руки берлинского физиолога и прекрасного физика Э. Дюбуа-Реймона (*см.*). Этому ученому мы прежде всего обязаны выработкой весьма совершенной электрофизиологической методики, которою мы в значительной мере пользуемся еще и в настоящее время: его ключ, его санный аппарат, особенно его неполяризующиеся электроды и др. являются обыкновенным инвентарем современной физиологической лаборатории. Дюбуа-Реймон установил прежде всего т. н. „ток покоя". По его терминологии всякая вырезанная из тела мышца, напр. лягушечья портняжная мышца, построенная из параллельных мышечных волокон, имеет т. н. внешнюю продольную поверхность, два поперечных разреза на концах и экваториальную линию по середине. Если различные точки такой мышцы соединить с гальванометром, то можно убедиться, что мышца служит источником электрических токов. Направление и величина токов различны в зависимости от выбранных для отведения в гальванометр точек мышцы. Дюбуа-Реймон отметил в этом отношении такое правило: от симметричных точек мышцы, напр. от двух точек обоих поперечных разрезов или от двух точек поверхности, равно отстоящих от обоих поперечных разрезов, нельзя отвести тока; стрелка гальванометра остается на нуле. Не симметричные же точки дают ток, и чем менее они симметричны, тем большая между ними разность потенциалов. Поэтому точка экватора и центральная точка поперечного разреза дают макси-

мальную разность потенциалов. В этих случаях мышца является как бы гальваническим элементом, при чем продольная поверхность мышцы служит положительным полюсом этого элемента, а поперечный разрез—отрицательным. Дюбуа-Реймон применил способ Погендорфа для измерения электро-возбудительной силы и нашел, что для лягушечьей мышцы величина ее колеблется от 30 до 80 милливольтов. Вырезанный из тела нерв, напр. седалищный нерв лягушки, тоже подчиняющийся указанным законностям, обнаруживает электровозбудительную силу от 10 до 30 милливольтов. Так. обр. было раз навсегда установлено, что мышца и нерв в описанных условиях служат источниками токов, и именно т. н. „токов покоя", ибо они дают токи, сами находясь при этом в покойном состоянии. Дюбуа-Реймон установил дальше явление исключительной важности: он показал, как изменяются токи покоя, когда мышца или нерв, от которых отводят ток, приходят в возбужденное состояние под влиянием быстро следующих друг за другом одиночных раздражений. Если мышцу, дающую ток, привести таким образом в состояние тетануса (*см.* II, 616/17), то ее ток покоя становится меньше, стрелка гальванометра устремляется в направлении к нулю, т.-е. идет в сторону, обратную первоначальному отклонению,—это т. н. „отрицательное колебание тока покоя". О том, что мышца возбуждена, мы можем, конечно, судить и, помимо отрицательного колебания, по ее сокращению. Судить же при помощи глаза, возбужден ли нерв, мы не в состоянии, ибо никаких видимых для глаза изменений нерв при своем возбуждении не обнаруживает. В гальванометре мы приобретаем, таким образом, инструмент, который открывает нам возможность судить о возбуждении нерва даже в том случае, если последний не соединен с мышцей: отрицательное колебание тока покоя нерва есть свидетельство его возбужденного состояния. Конечно, естественно возникает вопрос, как смотреть на отрицательное колебание: есть ли это акт прерывистый, колебательный, или постоянно текущий. Дюбуа-Реймон решил этот вопрос, использовавши т. н. явление вторичного сокращения. Этот опыт, описанный впервые Карло Маттеуччи (итальянск. физик, 1811—1868, профессор в Болонье, Равенне, Пизе, напис. „Lezioni di fisica", 1841, и „Lezioni sui fenomeni fisico-chimici dei corpi viventi", 1844), состоит в следующем: из двух нервно-мышечных препаратов икроножной мышцы с седалищным нервом (см. рис. 1) накладывают нерв



Рис. 1.

первого препарата на мышцу второго, раздражают тетанически нерв второго препарата в месте *a* и вызывают таким образом тетаническое сокращение мышцы этого второго препарата. Но поразительно при этом то, что в тетаническое сокращение впадает и мышца первого препарата. Объяснение, данное этому замечательному явлению Дюбуа-Реймоном, сводится к тому, что отрицательное колебание токов в тетанизированной второй мышце есть явление прерывистое, при чем каждому отдельному, одиночному раздражающему стимулу соответствует и определенное одиночное уменьшение тока покоя. Гальванометр, однако, вследствие своей инертности, не в состоянии обнаружить все отдельные моменты, из которых слагается отрицательное колебание, и поэтому дает лишь суммарное отклонение в виде отрицательного колебания. Если же на мышцу мы кладем нерв, то он, как образование, быстрее реагирующее на проходящие через него прерывистые мышечные токи тетанически сокращающейся мышцы, вызывает тетанус в той мышце, которую он сам иннервирует. Понятно поэтому, что в течение всего времени, пока длится раздражение второй мышцы и, следовательно, в течение всего времени, пока длится ее отрицательное колебание, первая мышца будет в состоянии тетануса.

Гипотеза Дюбуа-Реймона. Представленные данные о токах покоя и отрицательного колебания укладывались

хорошо в предложенную Дюбуа-Реймоном гипотезу о биполярных и неполярных электрических молекулах, из которых, согласно этой гипотезе, построены возбудимые ткани. Каждая молекула имеет в своей средней части положительную поверхность, а в обеих полярных частях—отрицательную поверхность. Возбудимая ткань, сложенная из таких биполярных молекул, должна, как правильно доказывал Дюбуа-Реймон, давать такие результаты распределения потенциалов и направления отводимых токов, какие в самом деле наблюдаются на мышце. Модель объясняла без всякого труда и тот факт, что повторные поперечные разрезы давали в результате опять образование с отрицательным поперечным разрезом и положительною продольною поверхностью. Для объяснения отрицательного колебания оказалось необходимым приписать молекулам новое свойство—вращение: при раздражении мышцы ее ток покоя вследствие этого вращения должен уменьшиться. Нетрудно усмотреть, что по теории Дюбуа-Реймона токи покоя должны были иметь место и в неповрежденной мышце, ибо и в ней принцип расположения молекул оставался таким же, как и в поврежденной. Это и признавал Дюбуа-Реймон. Он отличал даже поперечный искусственный разрез от естественного разреза, при чем под последним понималась сумма концевых поверхностей мышечных волокон, упиравшихся в сухожилие. „Предсуществующие" в мышце молекулы должны были при отведении от сухожилия (как бы приложенного к естественному поперечному разрезу) и от поверхности мышцы давать токи покоя неповрежденной мышцы. Хотя токи покоя неповрежденной мышцы и входили как принципиально необходимое звено в теоретическое построение Дюбуа-Реймона, тем не менее он сам неоднократно испытывал затруднения при демонстрации этих токов. Токи покоя неповрежденной мышцы большей частью были слабы, скоропреходящи или, наоборот, лишь постепенно развивались, иногда же совсем отсутствовали. Дюбуа-Реймону пришлось по этому поводу предположить существование особенного „противозаконного" слоя („парэлектрономия") молекул на границе сухожилий с мышцей, мешающего току покоя обнаружить себя. Однако, все эти поправки свидетельствовали лишь о насилии теории над фактами, и, как всегда, факт оказался победителем.

Альтерационная теория Германа. Людимар Герман (1838—1914, с 1884 г. профессор в Кенигсберге, нап.: „Lehrbuch der Physiologie des Menschen", 14 ое изд. 19 0. „Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven", 1867-68, и др.), знаменитый современник Дюбуа-Реймона, отчасти его ученик, а затем сильнейший противник, тщательно обставленными опытами доказал, что токи покоя в естественных условиях, т-е. на неповрежденных тканях, не могут быть обнаружены; малейшее же повреждение их, ничтожная царапина на мышце, воздействие какого либо химического вещества сейчас же дают начало токам покоя. Герман показал, что знаменитый опыт Гальвани сокращения без металлов, т.-е. сокращения мышцы при набрасывании на нее ее же нерва, удается лишь тогда, если набрасываемый нерв попадает на поврежденное и неповрежденное место мышцы; только в этом случае, вследствие образования потенциала у места надреза, могут возникнуть токи покоя, выравнивающиеся через нерв и раздражающие его. По Герману, нет токов покоя без повреждения. Если же это так, то вряд ли можно принимать существование биполярных электрических молекул в неповрежденной мышце, как этого требовала теория Дюбуа-Реймона. Если же, дальше, нет молекул в цельной мышце, то нельзя допустить, чтобы они могли образоваться в момент повреждения мышцы. Теория Дюбуа-Реймона должна быть поэтому оставлена. По представлению Германа, в месте повреждения возникает какое-то, ближе невыясненное, изменение в живой мышечной ткани, связанное с образованием кислоты. Это изменение, „альтерация", ведет к появлению на границе между живой, совершенно неизмененной тканью, и измененной, отмирающей тканью — потенциала, при чем роль

отрицательного полюса играет измененная вследствие повреждения часть, а роль положительного полюса—неизмененная часть мышцы. Все правила Дюбуа-Реймона о распределении сильных и слабых потенциалов на мышце с поперечными разрезами можно без труда вывести и из модели Германа. Целый ряд фактов подтверждает точку зрения Германа. Так, напр., скелетная мышца с поперечным разрезом через все ее волокна дает ток покоя до тех пор, пока все волокна не погибнут; если же нанести повреждение на поверхности желудочка лягушечьего сердца с его короткими, друг с другом связанными мышечными волокнами, то от пораненного места и от нетронутой поверхности можно отвести ток покоя, который, однако, через короткое время исчезнет, как только поврежденные волокна погибнут, и вместо прежней границы между живым и отмирающим появится граница между живым и мертвым. Ток покоя вследствие поперечного разреза на нерве держится тоже недолго: как только отмирание дойдет до ближайших узлов Ранвье (XX, 247/48), то прекращается и ток покоя. Большое преимущество теории Германа в том, что в ее рамки совершенно естественно укладывается и объяснение явлений отрицательного колебания. Германн принимает, что существенным для процесса возбуждения в какой бы то ни было возбудимой ткани является то обстоятельство, что на границе между возбужденным и покойным участком появляется разность потенциалов; при этом возбужденное место играет роль отрицательного полюса, а невозбужденное место — положительного. Если поэтому у нас мышца с поперечным разрезом и электроды приложены так, что ток проходит через гальванометр от продольной поверхности к поперечному разрезу, то при раздражении такой мышцы возбуждение охватит и ту точку на продольной поверхности, на которой находится электрод. Вследствие возбуждения эта точка станет как бы отрицательным полюсом по отношению к невозбужденным частям, и тогда оба конца гальванометра окажутся связанными с электродами, лежащими на отрицательных и, следовательно, однородных точках мышцы, и ток покоя должен или исчезнуть, если потенциал места возбуждения по величине равен потенциалу у места повреждения, или он должен уменьшиться, если первый потенциал меньше второго. Здесь происходит борьба двух потенциалов: потенциала тока покоя и тока возбуждения. Этот последний ток по терминологии Германа—„ток действия", или „акционный ток", т.-е. ток, зависящий от состояния деятельности возбудимой ткани. В отношении электрофизиологических особенностей процесс возбуждения в представлении Германа приравнивается таким образом к процессу отмирания, ибо оба эти процесса превращают возбудимую ткань в источник электрических токов. Разница между этими процессами проявляется в том, что отмирание есть необратимый процесс, ведущий к смерти ткани, возбуждение же—обратимый процесс, за которым следует опять покой с возрождающейся способностью возбудимости. Приобревшее популярность определение жизни, данное Клод Бернаром—„жизнь есть смерть"—получает на фоне электрофизиологических исследований своеобразное освещение в том отношении, что возбужденный участок ведет себя в деле образования электричества так, как отмирающий участок.

Дальнейшие успехи Э. задерживались из-за несовершенства гальванометров, которые если и были достаточно чувствительны, то все же имели недостаток в том отношении, что вследствие большой массы движущихся частей (магнитные стрелки в мультипликаторе, магнитный колокол в зеркальном гальванометре, катушка в магнитном поле гальванометра Д'Арсонваля, *см.* XII, 457) устанавливались слишком медленно на данную величину тока. При большом времени установки движение этих частей, недостаточно заглушенное, давало колебания собственного периода. Все это тормозило изучение электрических явлений для случаев одиночного мгновенного раздражения, ибо процесс возбуждения при одиночном импульсе раздражения протекает быстро и распространяется

дальше по тканям с большой быстротой. Представим себе, что перед нами мышечный тяж, составленный из параллельных мышечных волокон. К двум неповрежденным точкам *a* и *b* (не дающим, следовательно, тока покоя) приложены электроды, отведенные к гальванометру (рис. 2). Если точку *c* раздражим одиночным индукционным электрическим током, то начавшееся здесь возбуждение побежит вдоль мышцы, и когда оно достигнет электрода *a*, то гальванометр *d* должен показать отклонение. Когда возбуждение, дальше, будет находиться между *a* и *b*, то гальванометр придет к нулю. При возбуждении точки *b* гальванометр даст отклонение в обратную сторону и при дальнейшем продвиже-

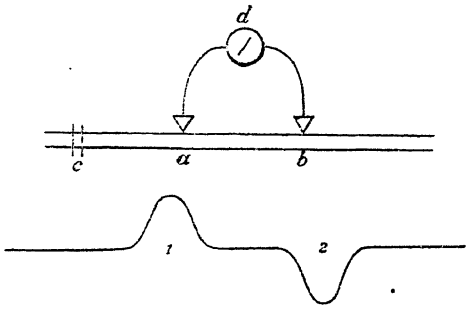


Рис. 2.

нии возбуждения придет опять к нулю. Так обр. гальванометр должен был бы дать движение, графическое изображение которого имело бы такой вид, как это изображено на рис. 2, т.-е. мы должны были бы получить т. н. двухфазную кривую с фазами 1 и 2, обращенными в разные стороны. Но перечисленные выше гальванометры не в состоянии указать токи от одиночного возбуждения, ибо вследствие быстротечности последних и при быстроте распространения их гальванометр с его инертными движущимися частями окажется совершенно беспомощным. Если бы мы раздражали не одним импульсом, а целым рядом их, то результат был бы такой же: гальванометр указывал бы покой. Допустим теперь, что один из электродов приложен к поперечному разрезу (рис. 3); в этом случае гальванометр даст вследствие тока покоя длительное отклонение от точки нуля. Одиночное раздражение точки *c* даст возбуждение, бегущее вдоль мышцы; достигнув

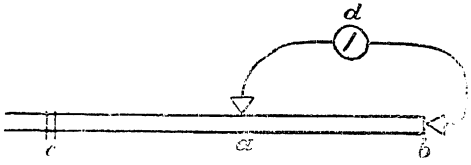


Рис. 3.

точки *a*, возбуждение должно было бы дать кратковременное одиночное уменьшение тока покоя монофазного характера, но инертный гальванометр не может показать этого уменьшения; только в том случае, если раздражение будет быстро повторяться, точка *a* будет повторно становиться электроотрицательной, гальванометр покажет длительное уменьшение тока покоя, знакомое нам уже раньше, как отрицательное колебание. Но все же это будет извращенная передача, ибо на самом деле точка *a* испытывает не постоянный длительный процесс, а процесс колебательный, и гальванометр, если бы он был в состоянии следить за ходом изменений тока, должен был бы дать целый ряд колебаний. Вспомним, что подтверждением такого заключения может служить рассмотренный нами раньше вторичный тетанус.

Большим прогрессом в изучении указанных явлений было введение в Э. предложенного Бернштейном (Julius Bernstein, 1839—1917, проф. физиологии в Галле, напис.: „Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskel-System“ (1871), „Lehrbuch der Physiologie“ (1894) и др.) инструмента, т. н. дифференциального реотома. Этот инструмент позволял, правда окольным, кропотливым путем, судить о всех изменениях электрических токов, сопровождающих одиночное раздражение возбудимой ткани, и даже позволял конструировать соответствующие кривые. Бернштейн сам, а также Герман выяснили при помощи этого инструмента, что ток действия возникает в раздраженной части уже в момент раздражения, т.-е. без скрытого периода, между тем как появление

сокращения мышцы отодвинуто от момента раздражения на 0,01 сек. По этой причине волна тока бежит впереди волны сокращения, при чем скорость распространения обоих процессов одинакова—3 метра в сек. Удалось определить также для данной точки мышцы и длительность электрического процесса (0,03 сек.), а отсюда, принимая во внимание скорость распространения в 3 метра, можно было вычислить и длину электрической волны ($3 \times 0{,}03 = 0{,}09$ *м*). Для лягушечьего нерва было найдено, что длительность электрического процесса в каждой точке равна 0,002 сек.; принимая скорость распространения возбуждения по нерву 27 *м* в сек., получаем для электрической волны $27 \times 0.002 = 0{,}054$ *м*.

Период капиллярного электрометра и струнного гальванометра в Э. Несмотря на серьезные результаты, достигнутые при помощи дифференциального реотома, прогресс Э. шел все же медленно, ибо инструмент этот имел много серьезных недостатков. Он совершенно оставлен теперь и имеет в настоящее время лишь историческое значение. Введение в физиологическую практику капиллярного электрометра, предложенного физиком Липманом см. XLVIII, прил. *соврем. деятели науки*, 16), дало серьезный сдвиг в деле изучения животного электричества. Открылись совершенно новые, непредполагавшиеся раньше возможности. Капиллярный электрометр состоит из стеклянной трубки, конец которой оттянут в капиллярную трубочку. Налитая в такую трубочку ртуть не вытекает целиком: ртутный мениск в капилляре в состоянии нести на себе определенный столб ртути. Трубку погружают в сосуд, на дне которого налита ртуть, а сверху ртути—раствор серной кислоты. Так. обр., кислота находится между двумя ртутными массами, и в капилляре имеется граница между кислотой и ртутью. Если соединить какой-нибудь источник электровозбудительной силы с обеими ртутными массами, то в капилляре под влиянием поляризации, смотря по направлению тока, увеличивается или уменьшается кривизна ртутного мениска, а вследствие этого смещается в капилляре ртуть в одну или в другую сторону. Это смещение совершается с большой быстротой и не сопровождается собственными колебаниями. Смещение мениска может быть, конечно, наблюдаемо только при помощи микроскопа и может быть, что особенно важно, при помощи микроскопической проекции зарегистрировано фотографическим путем в виде кривой. Впервые французский физиолог Марей (Etienne Jules Marey, 1830—1904, проф. в Collège de France, изобретатель многочисленных саморегистрирующих приборов, применяемых в физиологии, напис.: „La méthode graphique dans les sciences experimentales", 1878, „Physiologie du mouvement", 1890, „La chronophotographie", 1899, и др.) записал кривую тока лягушечьего сердца при помощи капиллярного электрометра; с большим совершенством делал позже такие записи английский физиолог Уоллер. В этих опытах электроды прикладывались непосредственно к обнаженному сердцу: ток действия, отведенный от неповрежденного сердца, давал двухфазную кривую; если один электрод касался поврежденного места, то получалась монофазная кривая. Без труда также удалось записать ток действия скелетной мышцы и нервных стволов при одиночном раздражении. Удалось записать ток действия от желез. Но все же многие явления еще не поддавались анализу, ибо установка капиллярного электрометра на данную величину потенциала совершалась, как оказалось при тщательных исследованиях, недостаточно быстро и чувствительность его была тоже недостаточно велика.

Совершенно исключительную роль в развитии современной Э. суждено было сыграть т. н. струнному гальванометру, построенному выдающимся исследователем животного электричества В. Эйнтговеном (*см.* XII, 458/59, и LI, 143). Этот инструмент дал возможность проникнуть значительно глубже в детали электрических явлений животного тела. В первый раз можно было записать ток от неповрежденных мышц животного и человека при одиночном раздражении. В первый раз можно было записать токи действия мышц

человека при рефлекторном или волевом их сокращении. То, что много лет тому назад Введенский выслушивал при помощи телефона, т.-е. токи действия мышцы при волевом сокращении, можно было теперь получить в виде точной кривой. Число импульсов, высылаемых из центральной нервной системы, поскольку они обнаруживаются волевым тетанусом мышцы, можно было без труда в точности подсчитать. Электрофизиологические исследования нашли себе, благодаря струнному гальванометру, приложение в самых разнообразных областях физиологии. Вопросы об иннервации кожи и ее желез, пищеварительных желез, желез внутренней секреции, вопросы о функциях органов чувств получили на почве электрофизиологических изысканий новое освещение. Э., стоявшая раньше в стороне от общего течения физиологической мысли и разрабатывавшая лишь теорию электрических токов животного тела с целью объяснения сущности процесса возбуждения, мало-по-малу стала проникать, благодаря выработанной сильной методике, в самую глубь интересов общей и частной физиологии. Электрический ток, сопровождающий деятельное состояние всякой живой клетки, всякого органа тела, становится уже по одному этому сильнейшим орудием исследования функций организма. Мы являемся свидетелями того, как электрофизиологический метод перестает быть источником академического теоретизирования о сущности процесса возбуждения, каким он был во время Дюбуа-Реймона, и переходит на службу разработки насущных физиологических вопросов. Мало-по-малу электрофизиологический метод проникает в клинику, именно в клинику нервных, мышечных и сердечных заболеваний.

Электрокардиография. А. Уоллер (Augustus Volney Waller, 1816—1870) впервые показал, что токи сердца можно отвести не только от обнаженного сердца, но и цельного животного и даже от человека. Он исходил из той мысли, что сердце в теле окружено тканями, пропитанными электролитами, проводящими электричество, и что сердечные токи выравниваются по этим проводникам. Если мы накладываем электроды, связанные с капиллярным электрометром, на тело животного или на его конечности, то ветви сердечных токов, проходящие по тканям, окружающим сердце, могут, хотя бы и в ослабленном виде, забежать в инструмент и проявить себя смещением ртутного мениска. Уоллеру, действительно, удалось впервые записать токи человеческого сердца. Запись эта была очень далека от совершенства, но в принципе, несомненно, вопрос был Уоллером решен. Впоследствии эти исследования перешли в руки Эйнтговена, который при помощи своего струнного гальванометра впервые получил точную, богатую деталями запись в виде кривой сердечных токов животного и человека. Эту запись он назвал *электрокардиограммой* (по предложению Самойлова она обозначается теперь сокращенно EKG). Исследования электрических токов сердца скоро оказались сильнейшим подспорьем при изучении физиологии и патологии сердца и дали начало самостоятельному отделу, т. н. *электрокардиографии.* Обозначение и форма EKG, по Эйнтговену, таковы: первый зубец *P* (рис. 4)

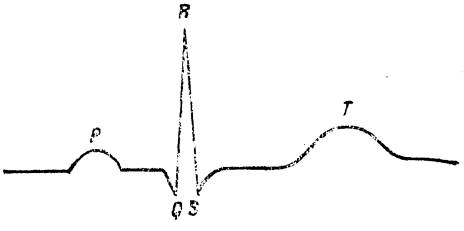


Рис. 4.

записывается током, сопровождающим сокращение предсердия; *QRST* соответствует токам при сокращении желудочка. Уже одно то обстоятельство, что на EKG мы имеем отчетливое проявление деятельности и предсердий и желудочков, делает EKG ценной. Промежуток *P—R* имеет большое значение: у нормального здорового человека он равняется 0,13 — 0,18 сек. Отклонение за указанные пределы свидетельствует о болезненном состоянии сердца. Вся группа *QRS* длится нормально 0,06—0,08 сек. Удлинение ее до 0,10 и больше уже свидетельствует о серьезных на-

мы имеем один большой зубец, направленный книзу и длящийся дольше, чем нормальная группа *QRS*. Зубец *T*, представляющий вторую, обратную фазу, не отделяется, как обычно, прямой линией от первой части кривой. При перерезке левой ножки указанные авторы получали кривую обратного вида (рис. 6). Если алгебраически сло-

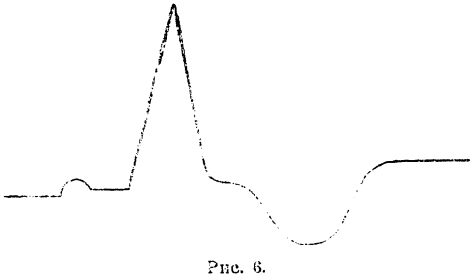


Рис. 6.

жить обе кривые, левостороннюю и правостороннюю, сдвинув их правильно одну по отношению к другой, то получается группа *QRS* нормального вида, что и говорит в пользу того, что нормальная кривая представляет собой комбинацию двух кривых, право- и левосторонней. В патологических случаях у человека имеют место нарушения проводящих путей, напр. в пучке Гиса, ножках Тавара; EKG дает возможность узнать, какое место проводящих путей пострадало. Кроме того, наблюдается целый ряд функциональных расстройств проведения возбуждения; все они распознаются с большою точностью по EKG. Точно так же могут быть установлены по EKG и места, в которых возникают т. н. экстрасистолы. Имеются формы болезней, которые, как, напр., мелькание предсердий, были впервые поняты и выделены как таковые лишь на почве электрических кривых. Электрокардиография является поэтому одним из серьезнейших методов исследования сердечных заболеваний.

Современные теории электровозбудительных сил животного тела. Величина электровозбудительной силы для мышцы и нерва была уже установлена Дюбуа-Реймоном. Сравнительно большая величина в 20—30 милливольт для нерва и, в особенности, 40—80 милливольт для мышцы должна была представляться весьма загадочной, так как в животных цепях мы имеем дело лишь с проводниками второго рода; проводники первого рода—металлические части, без которых не обходятся гальванические элементы, не участвуют в электрической системе животного тела. Между тем мы знаем в животном теле не только указанные выше величины для электровозбудительной силы, но и гораздо большие: разность потенциалов в электрическом органе т. н. электрических рыб доходит до 100 вольт и больше, так что если соединить соответствующим образом тело рыбы с лампочкой накаливания, то в момент разряда электрического органа (сопротивление которого не больше 200 омов) лампочка вспыхивает. Как объяснить происхождение значительных электровозбудительных сил в теле животного?—В настоящее время, благодаря успехам физики и химии, мы значительно приблизились к разрешению указанного вопроса: во всяком случае теперь не трудно составить цепь из растворов электролитов, которая даст потенциал такого же порядка, какой дает и мышца. Верный путь в указанном вопросе Э. был найден с тех пор, как Нернст (см. XLVIII, прил. *соврем. деятели науки*, 17) впервые выяснил природу концентрационных и диффузионных цепей и дал для них уравнения. Для концентрационной цепи, состоящей из двух растворов соли, напр. азотнокислого серебра, концентрации c_1 и c_2 и погруженных в них серебряных стержней, потенциал при температуре 18° равняется $58 \log \frac{c_1}{c_2}$ милливольт, если оба раствора соли соединены друг с другом так, что диффузионными токами можно пренебречь. Нетрудно усмотреть, что такая цепь с одинаковыми металлами дает, напр., при $c_1 : c_2 = 10$ напряжение, равное 0,058 вольт. Система такой концентрационной цепи в животном теле не может иметь места, так как металлических частей в теле нет. Ближе к условиям тела животного подходит система диффузионной цепи. Два раствора одного и того же электролита с концентрацией c и c_1 дадут при соприкосновении потенциал, величина которого

зависит от скорости, с какою ионы растворенного вещества будут устремляться из более концентрированного раствора в менее концентрированный. Для этого случая мы имеем формулы, определяющие величину потенциала: $\frac{u-v}{u+v} \cdot 58 \log \frac{c_1}{c_2}$ милливольт, где u есть скорость катиона, а v—аниона. Для двух растворов азотнокислого серебра с отношением концентраций $\frac{c_1}{c_2} = 10$ мы будем иметь не 58 милливольт, как при концентрационной цепи, а значительно меньше, ибо u для Ag—54, а v для NO_3—61,8, и поэтому величина $\frac{u-v}{u+v}$ будет около 1 : 15 и, следовательно, потенциал нашей диффузионной цепи будет $58 \cdot \frac{1}{15}$, т.-е. около 4 милливольт. Очевидно, что с увеличением разности скоростей обоих ионов будет расти диффузионный потенциал. Так как скорость водородного иона наибольшая, а именно 318, то ясно, что особенно большие потенциалы для диффузионной цепи будут в том случае, когда один из ионов есть водород, т.-е. в случае диффузионной цепи, составленной из двух растворов кислоты различной концентрации. Честь применения впервые этих данных физико-химии для цепей животного тела принадлежит русскому ученому В. Ю. Чаговцу (род. в 1873 г., проф. киевск. универс., диссертация—„Очерк электрич. явлений в живых тканях", в. 1—2. 1903-1906, и др. труды), который допускает, что в случае токов покоя, равно как и в случае токов действия, мы имеем систему кислоты о двух концентрациях. Уже Герман предполагал, что в альтерационном участке сосредоточена кислота. Чаговец исходил из предположения, что здесь нужно принимать участие угольной кислоты, скопляющейся в большой концентрации в измененном или в возбужденном участке. Идея Чаговца заключалась в том, что токи покоя или токи действия суть диффузионные токи. Так как известно, что раздраженная мышца производит в 6,5 раз больше угольной кислоты, чем покойная, то можно принять, что отношение концентрации угольной кислоты в обоих местах мышцы $c_1 : c_2$ равняется 6,5. Так как u для H есть 318, v для HCO_3 есть 40, то электровозбудительная сила будет $\frac{318-40}{318+40} \cdot 58 \log 6{,}5$, т.-е. около 40 милливольт: получается потенциал такого же порядка, какой мы встречаем в мышце. Позднейшие авторы, однако, указывали, что во всей системе Чаговца есть допущения, с которыми трудно согласиться. На совершенно иную точку зрения стал Бернштейн, исходивший из предположения о существовании на поверхности возбудимых волокон перепонок со свойством полупроницаемости для ионов. Впервые эту идею высказал известный химик Оствальд (см. XLVIII, прил. *совр. деят. науки*, 20). Он допускает существование в живом теле перепонок неодинаковой проницаемости для различных ионов и указывает, что такие перепонки могли бы объяснить происхождение больших потенциалов животного тела. Бернштейн отмечает, что мышца, как мы знаем, богата калийными солями, а жидкости тела и, в частности, кровь очень бедны этими солями. Поверхностная перепонка мышечных волокон, следовательно, не пропускает калийных солей.

Бернштейн видит причину этого в том, что из двух ионов калийной соли только катион проходит через перепонку, анион же пройти не может, и это обстоятельство ведет к появлению потенциала. Представим себе мышечный элемент в виде волокна (рис. 7).

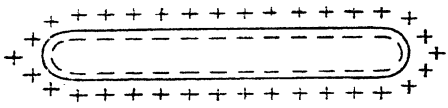


Рис. 7.

В каждой точке образуется потенциал вследствие того, что катион с положительным знаком находится по одну сторону мембраны, а анион с отрицательным знаком по другую. Этот потенциал проявить себя, однако, не может, ибо вся система сама себя компенсирует в силу ее полной симметрии. Если мы нанесем какое-нибудь повреждение в этой системе, тогда у поврежденного

места разделения ионов больше не будет, система утратит свою симметрию, и появится ток с направлением от положительной неповрежденной поверхности к отрицательному поврежденному месту (рис. 8). По теории

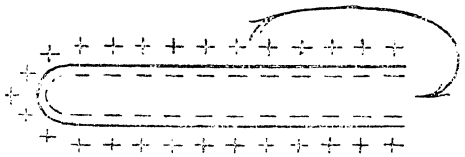


Рис. 8.

Бернштейна всякое возбуждение изменяет проницаемость перепонки в сторону ее увеличения, как если бы здесь было вызвано повреждение: поэтому возбужденное место становится отрицательным по отношению к местам покойным. Следует обратить внимание на то, что схема Бернштейна предполагает предсуществование ионов по обе стороны перепонки и в этом отношении подходит больше к идеям Дюбуа-Реймона о „преэкзистенции" электрических молекул, чем к идеям Германа об „альтерации", как причине потенциала. Бернштейн утверждает, что есть основание принимать в мышце скачек потенциала именно в местах неповрежденных на продольной поверхности, между тем как Герман принимает скачек потенциала в местах альтерации, т.-е. у поврежденного поперечника. Величину потенциала в мышце Бернштейн определяет, исходя из того, что в формуле диффузионного потенциала $\frac{u-v}{u+v} \cdot 58 \log \frac{c_1}{c_2}$ милливольт он принимает скорость непропускаемого иона за нуль; тогда величина потенциалов будет $58 \log \frac{c_1}{c_2}$ милливольт, т.-е. величина, характеризующая концентрационную цепь с металлами. Таким образом мы видим, что при осуществлении некоторых условий можно ожидать для цепи, составленной из проводников второго порядка, таких же величин, какие дает концентрационная цепь с участием металла. На основании имеющихся анализов содержания калия в мышце и в крови Бернштейн приходит к вероятному потенциалу в мышце около 60 милливольт, что соответствует действительности. Совершенно новые точки зрения возникают на почве данных о т. н. фазовых потенциалах. Если мы растворим какой-нибудь электролит, напр. HCl, в двух растворителях, не смешивающихся друг с другом, напр. в воде и гваяколе, то электролит будет в зависимости от коэффициента разделения содержаться в одном и другом растворителе в различных концентрациях. На границе между обеими фазами возникает в таких случаях потенциал, который может достигать предельной величины, равной потенциалу концентрационной цепи, т.-е. $58 \log \frac{c_1}{c_2}$.

Если поместить органическое вещество, не смешивающееся с водою, между двумя растворами одной и той же соли концентрации c_1 и c_2, то на границе между фазами на одной и другой стороне получатся потенциалы, разность которых может достигать в пределе $58 \log \frac{c_1}{c_2}$. По совету знаменитого биолога Лёба (см. XLVIII, прил. *совр. деят. науки*, 27) этим вопросом в применении к биоэлектричеству занялся Бейтнер, который построил ряд моделей, дающих потенциалы такой же величины, как животные возбудимые образования. В последнее время в лаборатории Гебера в Киле удалось получить системы фазовых потенциалов, где роль несмешивающегося с водою вещества между двумя электролитами играл слой белкового вещества, что значительно приближает эти модели к живым системам. Много интереса вызывают в последнее время модели, в которых местом появления потенциала служит перегородка между электролитами. Теорию этих потенциалов в мембране развил Доннан. Условия, при которых этот потенциал может появиться, — это непроницаемость перепонки для определенных ионов. Пусть по одну сторону перепонки находится раствор NaCl, ионы которого способны проникать через перепонку, а по другую сторону находится раствор натровой соли органической кислоты NaR, анион которой R не проходит через

перепонку. Первоначальное состояние системы изменится вследствие диффузии, и наступит новое равновесие, при котором по одну сторону перепонки будут ионы Na, R, Cl, а по другую — ионы Na, Cl. Мы получим вследствие этого при установившемся равновесии большее количество ионов натрия в первой системе, чем во второй, а ионов хлора—в первой системе меньше, чем во второй. Эта разность концентрации ионов по одну и другую сторону мембраны вызывает разность потенциалов. Нужно думать, что такого рода потенциалы должны проявлять себя и в живых системах. В недавнее время Леман и Месман показали, что между кровью и водянистой влагой глаза у животного имеется разность потенциалов, которую следует понимать как потенциал Доннана, ибо кровь содержит белок, для которого сосуды непроницаемы, и потому не находится в водянистой влаге глаза, хлористый же натрий содержится в обеих жидкостях. Здесь даны, следовательно, все условия для образования потенциала Доннана. По анализу крови и влаги можно подсчитать количество ионов натрия и хлора в обеих жидкостях и вычислить потенциал. Прямое определение потенциала подтвердило теоретический подсчет.

Таким образом можно с определенностью сказать, что если природа животных токов еще и не разгадана до конца, то во всяком случае современная физико-химия снимает с них покров их прежней загадочности и указывает верные пути для их детального исследования.

Благодаря новейшим методам осциллографии (Метьюз, Спиинс и др.) с усилителями оказалось возможным регистрировать токи действия в отдельных волокнах и установить значительное различие в возбудимости, скорости проведения возбуждения и в амплитуде тока действия. Это различие стоит в связи с толщиной нервного волокна: чем последнее толще, тем интенсивность вышеуказанных процессов выше, и наоборот. На первом месте стоят двигательные (эфферентные) волокна, чувствующие (афферентные) уступают им и в свою очередь дают известные градации. Удалось, далее, показать, что ток действия протекает в фазах различной силы значительно дольше (до 5 сек.), чем считалось раньше, когда могли констатировать лишь первую, наиболее сильную фазу, длящуюся всего 0,001 - 0,002 сек. Наконец, современные методы дают возможность регистрировать токи действия коры головного мозга, т.-е. получать так наз. электроцереброграмму.

Литература: *E. Du-Bois-Reymond*, „Untersuchungen über tierische Elektrizität", Berlin, 1848—49, и „Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik", Leipzig, 1875; *Сеченов, И. М.*, „Лекции о животном электричестве", СПБ, 1863; *Hermann, L.*, „Handbuch der Physiologie", Bd. I, Th. I, Leipzig, 1879 (есть русск. перев.); *Biedermann, W.*, „Electrophysiologie", Jena, 1895, и „Ergebnisse d. Physiologie", Bd. I, Th. 2, 1902, и Bd. II, Th. 2, 1903; *Bose, J. Ch.*, „Comparative Electrophysiologie", London, 1907; *Cremer, M.*, „Nagel's Handbuch der Physiologie", Bd. IV, Braunschweig, 1909; *Bernstein J.*, „Elektrobiologie", Erdunschweig, 1912; *Garsten, S.*, „Winterstein's Handbuch d. vergleich. Physiologie", Bd. III, 1910—14; *Beutner, R.*, „Die Entstehung elektr. Ströme im lebenden Gewebe", Stuttgart, 1920, и „Biochemische Zeitschr.", Bd. 137, 1923; *Лазарев, Н. П.*, „Ионная теория возбуждения", Госизд. 1923; *Höber, R.*, „Zeitschr. f. physikal. Chemie", 110, 1924. Статьи *Steinhausen, W., Cremer, M.* и *Rosenberg, H.*, в „Bethe's Handb. d. normalen und pathol. Physiologie", Bd. 8, 2 Hälfte, Berlin, 1923; *Schäfer, H.*, „Neuere Untersuchungen über den Nervenaktionsstrom. Ergebnisse d. Physiologie", Bd. 36, 1933.

А. Самойлов.

Электрохимия, отдел физической химии, посвященный изучению процессов перехода химической энергии в электрическую и обратно, другими словами — исследованию химических реакций, которые вызывают или вызываются током электронов или их переносом, как, напр., в гальванических батареях и при электролизе. Начало истории Э. можно отнести к 1799 г., когда Вольта (*см.* XII, 422/26) изобрел гальваническую батарею, известную под именем Вольтова столба.

Дальнейшие исследования Никольсона и Карлейля, Дэви, Берцелиуса и Гизингера (см. *химия неорганическая*, XLV, ч. 2, 320) определили то направление, которое приняла химия в начале XIX в. Это направление характеризуется господством электрохимической теории, предложенной Дэви и видоизмененной Як. Берцелиусом.

Согласно учению Дэви (*см.*), все вещества при соприкосновении друг с другом получают противоположные

электрические заряды. А так как мельчайшие или элементарные частички могут двигаться вполне свободно, то они могут, согласно основному закону, взаимно притягиваться вследствие их электрических сил. „При теперешнем состоянии наших знаний было бы напрасным желание искать более отдаленные причины электрических сил или причину, почему два различных тела при соприкосновении противоположно электризуются. Связь же их электричеств с их химическим сродством выступает довольно ясно. Почему же не может быть, что электричество и сродство представляют одно и то же и являются существенным свойством материи?" Далее Дэви указывает, что, измерив электрические силы, требующиеся для разложения различных соединений, мы могли бы расположить все тела в порядке электрических сил, присущих телам, при чем порядок этот вполне соответствовал бы степени химического сродства тел друг к другу; явления выделения теплоты и света при многих химических реакциях служат доказательством его электрической теории. Теория Дэви удовлетворяла всем требованиям, которые следует предъявлять научной теории: она исходила из простой и ясной идеи, наблюдаемые явления объяснялись ею легко понятным способом, она позволяла делать выводы, которые были доступны опытной проверке.

Благодаря этой гипотезе Дэви быстро прославился, а когда ему удалось разложить едкие щелочи, то многие думали, что для химии начинается новая эра. Но господство теории Дэви было непродолжительно; уже через десять лет она сменилась новой теорией Берцелиуса, наложившей отпечаток на большинство работ первого сорокалетия XIX в. В основе его теории лежит дуалистическое воззрение, согласно которому в составе каждого тела можно различать две части: сложные тела происходят от соположения атомов. Когда атом одного элемента соединяется с атомом другого, то происходит соединение первого порядка, напр. из K и O получается окись калия (KO по Берцелиусу), из S и O — серная кислота (SO_3 по Берцелиусу). Окись калия и серная кислота, соединяясь между собой, дают начало соли — сернокислому калию ($KO \cdot SO_3$) — соединению второго порядка. Двойные соли, напр. квасцы, представляют соединения третьего порядка и т. д. Во всех происшедших телах мы можем различать соположенные две составных части, обладающие противоположными свойствами. По Берцелиусу, различное электрическое состояние атомов является основным свойством каждого элемента: в каждом атоме находятся два электрически противоположных полюса, только количество электричества в обоих полюсах неодинаково, и каждый атом является таким образом как бы униполярным; в атомах металлов количество электричества, сосредоточенного в положительном полюсе, превышает таковое в отрицательном полюсе, и таким образом атомы металлов являются электроположительными, в атомах же металлоидов (напр., серы, фосфора) находится избыток отрицательного электричества, и они являются электроотрицательными. Все элементы Берцелиус расположил в ряд по количеству свободного электричества, заключающегося в их атомах: в начале ряда поставлены наиболее электроположительные металлы — K, Na, Li, Sr, Ba, Mg; затем следуют другие металлы; срединное положение занимает водород, отделяющий металлы от неметаллов; за ним — Si, Te, Sb, C, B, . . J . . ., Br, Cl, F, N, S, O. Кислород является абсолютно электроотрицательным элементом, так как он соединяется со всеми элементами. Каждый элемент в ряду является электроположительным по отношению ко всякому последующему ряду и электроотрицательным по отношению ко всякому предыдущему.

Электрохимическая теория Берцелиуса представляла стройную систему, позволявшую охватывать одним взглядом почти весь громадный материал неорганической химии; номенклатура и дуалистическое представление Берцелиуса сохранились и до настоящего времени: химики продолжают говорить о положительной и отрицательной составных частях соединения. Дальнейшие успехи химии и физики опро-

вергли основные положения теории Берцелиуса, но затем, к концу XIX и в начале XX столетия она возродилась в видоизмененной форме (см. далее).

Законы Фарадея. Еще в 1833 г. Фарадеем (*см.*) были установлены следующие соотношения между количеством электричества, прошедшего через раствор соли, и весом выделившегося на катоде металла.

Первый закон электролиза: *количество разлагаемого вещества пропорционально полному количеству проходящего электричества.*

Второй закон: *при одном и том же количестве электричества, прошедшем через различные электролиты, весовые количества разложенных электролитов или выделившихся ионов пропорциональны химическим эквивалентам этих веществ.*

Эквивалентами называются такие количества элементов, которые способны замещать одну весовую часть водорода или соединяться с одной весовой частью водорода. Поэтому для металлов первой группы периодической системы эквивалент равен атомному весу, второй группы — одной половине атомного веса, эквивалент алюминия равен $^1/_3$ атомного веса, в солях закиси железа его эквивалент равен $\frac{56}{2} = 28$, в солях окиси 18 $^2/_3$ и т. д.

По закону Фарадея следует, что при прохождении одного и того же количества электричества через ряд вольтаметров, в коих находятся различные соли и кислоты (напр., HCl, $AgNO_3$, $CuCl_2$, $FeCl_2$, $FeCl_3$), количества элементов, выделившихся на катоде (т. е. H, Ag, Cu, Fe и др.), будут относиться как 1 : 107,66 : 31,78 : 27,92 и т. д.

Электрохимическим эквивалентом (ε) называется такое количество вещества, которое выделяется током силою в 1 ампер в течение одной секунды.

Количество электричества, которое нужно пропустить через раствор электролита, чтобы выделился один грамм-эквивалент катиона или аниона, равно 96,494 кулонов; оно обозначается через F.

В следующей таблице ε — число *мг*, выделяющихся при прохождении 1 ампера в 1 секунду, а h — число *г*, выделенных 1 ампером в 1 час.

Катионы	Эквиваленты	ε *мг*	h *г*	Катионы	Эквиваленты	ε *мг*	h *г*
Ag	107,88	1,118	4,025	*K*	39,10	0,4059	1,459
$^1/_3$ *Al*	8,99	0,0932	0,335	*Li*	6,94	0,0719	0,259
$^1/_3$ *Au*	65,7	0,681	2,451	$^1/_2$ *Mg*	12,16	0,1260	0,454
$^1/_2$ *Ba*	68,7	0,712	2,563	$^1/_2$ *Mn*	27,47	0,2847	1,025
$^1/_2$ *Ca*	20,04	0,2077	0,748	*Na*	23,00	0,2383	0,858
$^1/_2$ *Cd*	56,2	0,582	2,097	$^1/_2$ *Ni*	29,34	0,3040	1,095
$^1/_2$ *Co*	29,49	0,3056	1,100	$^1/_2$ *Pb*	103,6	1,074	3,865
$^1/_3$ *Cr*	17,34	0,1797	0,647	$^1/_3$ *Sb*	40,9	0,424	1,526
Cu	63,57	0,6588	2,372	$^1/_2$ *Sn*	59,4	0,616	2,216
$^1/_2$ *Cu*	31,78	0,3294	1,186	$^1/_4$ *Sn*	29,7	0,308	1,108
$^1/_2$ *Fe*	27,92	0,2893	1,042	$^1/_2$ *Sr*	43,8	0,454	1,634
$^1/_3$ *Fe*	18,61	0,1928	0,694	*Ti*	204,4	2,118	7,625
H	1,008	0,01045	0,0376	$^1/_2$ *Zn*	32,69	0,3388	1,220
Hg	200,6	2,079	7,484				

Анионы	Эквиваленты	ε *мг*	h *г*	Анионы	Эквиваленты	ε *мг*	h *г*
Br	79,92	0,8282	2,981	*F*	19,00	0,1969	0,709
BrO_3	127,92	1,326	4,772	*J*	126,92	1,3152	4,735
Cl	35,46	0,3675	1,323	JO_3	174,92	1,813	6,526
ClO_3	83,46	0,8649	3,114	NO_3	62,01	0,6426	2,313
CHO_2	45,01	0,4664	1,679	$^1/_2O$	8,00	0,0829	0,2981
$C_2H_3O_2$	59,02	0,6116	2,202	*OH*	17,01	0,1771	0,6340
CN	26,01	0,2695	0,970	$^1/_2$ *S*	16,03	0,1663	0,598
$^1/_2$ CO_3	30,00	0,3109	1,119	$^1/_2$ SO_4	48,03	0,4985	1,792
$^1/_2$ C_2O_4	44,00	0,4560	1,641	$^1/_2$ *Se*	39,6	0,411	1,477
$^1/_2$ CrO_4	58,01	0,6011	2,164	$^1/_2$ SiO_3	38,03	0,3949	1,419

Согласно законам Фарадея, электричество через растворы двигается вместе с веществом: при прохождении тока катион направляется к катоду (отрицательному полюсу), а анион—к аноду, при чем все одновалентные катионы (напр., $H^{\cdot}$, $K^{\cdot}$, $Ag^{\cdot}$ и т. п.) несут один заряд положительного электричества ($1F$), двухвалентные ($Mg^{\cdot\cdot}$, $Ca^{\cdot\cdot}$, $Fe^{\cdot\cdot}$, $Cu^{\cdot\cdot}$ и т. п.) — два заряда ($2F$), трехвалентные — три заряда ($3F$). Равным же образом двухвалентные анионы (напр., SO_4'') несут вдвое больший заряд отрицательного электричества сравнительно с одновалентными (Cl', Br', NO_3' и т. п.). Таким образом, на ряду с законом кратных отношений мы имеем закон кратных зарядов электричества и подобно тому как первый закон нашел объяснение в атомистической теории, так и второй приводит к понятию об атомах электричества. „Если применить", говорит Гельмгольтц, „атомистическую теорию к электрическим процессам, то в соединении с законом Фарадея она приводит к поразительным следствиям. Если мы допускаем существование химических атомов, то мы принуждены заключить отсюда далее, что также и электричество, как положительное, так и отрицательное, разделяются на определенные количества, которые играют роль атомов электричества". Идея Гельмгольтца о существовании атомов электричества, высказанная в 1881 г., к настоящему времени (1936) получила широкое развитие: она подтвердилась рядом исследований над катодными лучами и радиоактивными телами. Был открыт *электрон* — атом отрицательного электричества, масса коего составляет $^1/_{1840}$ массы атома водорода (см. *электронная теория*). Понятие об атомах электричества позволяет более наглядно представить перенос электричества в растворах: каждый одноатомный (одновалентный) ион несет один атом электричества, двухвалентный — два атома, трехатомный — три и т. д.

По теории строения атомов электрический нейтральный атом каждого элемента содержит такое число электронов, какое требуется, чтобы оно вполне могло нейтрализовать весь положительный заряд атома. Если из нейтрального атома выделится один электрон, получится ион, несущий один положительный заряд (катион); если выделятся два электрона, получится катион с двумя зарядами (двухатомный) и т. д.

Если к нейтральному атому элемента, напр. Cl, Br и т. д., присоединить один электрон, получится одноатомный анион, присоединятся два электрона — получится двухатомный анион и т. д. Реакцию разложения соли на ионы можно изобразить следующим уравнением:

$CuCl_2 = Cu^{\cdot\cdot} + 2Cl'$, при чем протекает $2F$; $SnCl_4 = Sn^{\cdot\cdot\cdot\cdot} + 4Cl'$, при чем протекает $4F$.

Ионы отличаются от атомов какого-либо элемента тем, что несут определенный заряд, иными словами — некоторый избыток электричества положительного (катион) или отрицательного (анион) сравнительно с таковым нейтрального атома. В виду ничтожно малой массы электрона выделение или присоединение одного или нескольких электронов не может отразиться заметным образом на массе иона, но сообщает последнему свойства, резко различающиеся от свойств нейтрального атома элемента.

Заряд электрона, согласно последним измерениям, равен $4{,}774 \cdot 10^{-10}$ электростатич. единиц сист. (в *CGS*) $= 1{,}59 \cdot 10^{-20}$ эл.-маг. ед. $= 1{,}59 \cdot 10^{-19}$ кулонов. Столько же положительного электричества несет каждый одноатомный катион, двухатомный—вдвое больше и т. д. Электрическое действие этих зарядов, несмотря на их кажущуюся незначительность, громадно: из определений, произведенных В. Вебером, Максуэлом и другими, оказалось, что оба электричества, которыми заряжены ионы одного миллиграмма воды, будучи разделены и помещены на два шара, удаленные друг от друга на расстоянии одного километра, должны были бы вызвать между этими шарами силу притяжения, равную, приблизительно, весу 100.000 килограммов (!!).

Открытие законов электролиза подорвало доверие к электрохимической

электрического тока. Химически чистая вода, перегнанная в разреженном пространстве и охлажденная в платиновом холодильнике, оказывается очень плохим проводником: сопротивление, какое оказывает прохождению электричества столб такой воды длиною в 1 *м* и 1 *кв. мм* сечения, равно сопротивлению медной проволоки такого же сечения, имеющей такую длину, что луч света (проходящий, как известно, 300.000 *км* в 1 секунду) пробежит такой путь в 2 мин. 12 сек. Но стоит только такой воде постоять несколько минут на воздухе, и ее электропроводность увеличится в несколько раз. Другие жидкости, напр. спирт, глицерин, равно как безводная серная кислота, жидкий (безводный) хлористый водород и т. п., обладают очень незначительной электропроводностью. При растворении же кислот (оснований и солей) в воде получается раствор, электропроводность которого в несколько тысяч и даже миллионов превышает электропроводность воды и данной кислоты. Но как ни велика электропроводность водных растворов, она по сравнению с электропроводностью металлов является незначительной. Одним из лучших проводников является раствор (30,4%) серной кислоты, электропроводность которого выражается при 18°Ц. в ртутных единицах числом 0,00007, т.-е. сопротивление столба серной кислоты будет в $\frac{10^5}{7} = 14.290$ раз больше, чем сопротивление одинакового с ним столба ртути.

Удельная электропроводность меняется с концентрацией раствора, и при известной концентрации наблюдается максимум электропроводности. Существование такого максимума обусловливается тем, что смешиваемые тела в отдельности почти не обладают электропроводностью, которая приобретается актом растворения. Сперва электропроводность довольно быстро возрастает, почти пропорционально концентрации (особенно у KOH, NaOH, HCl, HNO_3 и т. п. соедин.), затем кривая достигает максимума (у KOH при *m* между 6 и 7, у NaOH при *m* между 4 и 5, у HCl и HNO_3 при *m* между 5 и 6), и затем начинает медленно понижаться. Иная картина получается для молекулярной и эквивалентной электропроводности: *молекулярная электропроводность при уменьшении концентрации раствора быстро увеличивается и стремится к известной предельной величине для каждого электролита.* Следующая таблица эквивалентной электропроводности Λ дает более полное представление о ходе увеличения молекулярной электропроводности растворов по мере их разжижения (*v* обозначает число литров, содержащих один грамм-эквивалент растворенного тела).

Эквивалентная электропроводность при 18°: $\Lambda = \frac{\varkappa}{\eta} = \varkappa \cdot \varphi = 1.000\ \varkappa \cdot v$.

v	HCl	HNO_3	$\frac{1}{2}H_2SO_4$	NaOH	KOH	$C_2H_4O_2$	KCl	KNO_3
1	301	310	198	160	184	1,32	98,2	80,4
2	327	324	205	172	197	2,01	102,3	89,7
10	351	350	225	183	213	4,60	111,9	104,4
100	370	368	308	200	225	14,3	122,5	118,1
500	376	374	351	206	233	30,2	126,6	122,0
1,000	377	375	361	208	234	41,0	127,6	122,9
10.000	—	—	—	—	—	107,0	129,5	124,7

Как видно из таблицы, наибольшей электропроводностью отличаются кислоты, при чем соляная кислота и азотная обладают почти одинаковой электропроводностью; серная кислота уступает им в этом отношении. За кислотами следуют щелочи, при чем электропроводность растворов едкого кали более таковой для едкого натра. Из солей наибольшей электропроводностью обладают галоидные соли калия и натрия. Не приводя чисел для электропроводности других тел, мы укажем только следующие выводы.

Молекулярная электропроводность одно-основных кислот HCl, HJ, HBr,

HNO_3 — почти одинакова. То же самое замечается для галоидных солей калия и аммония, для хлористого бария, стронция и кальция. Почти одинаковой молекулярной электропроводностью обладают сернокислые соли Cu, Zn и Mg.

В солях щелочных металлов наибольшей электропроводностью обладают соли K и аммония, затем следуют соли натрия.

На основании чисел таблицы можно сделать следующий вывод: *для каждой соли электропроводность стремится к известному пределу, который будет представлять молекулярную электропроводность при очень большом разведении.*

Что касается кислот, то они распадаются на две группы: к первой принадлежат так называемые *сильные кислоты*, каковы HNO_3, HCl и т. п.; для них молекулярная электропроводность и в крепких растворах достигает довольно значительной величины (напр., для HCl $\Lambda_1 = 301$); при разведении же раствора электропроводность хотя и возрастает, но сравнительно немного (с 301 до 377 для HCl при увеличении разжижения от $v = 1$ до $v = 1.000$), и приближается ассимптотически к некоторому пределу, от которого недалеко уже при $v = 1.000$. Вторую группу составляют *слабые кислоты*, напр. уксусная $C_2H_4O_2$, электропроводность которых в крепких растворах очень мала (для $C_2H_4O_2$ $\Lambda_1 = 1{,}32$), с разжижением же раствора она сильно увеличивается (напр., с 1,32 до 107,0 для $C_2H_4O_2$ при увеличении объема от $v = 1$ до $v = 10.000$) и даже при самых больших разведениях (напр., при $v = 10.000$), доступных опытному исследованию, далека от предела.

Закон Кольрауша. Опыты Кольрауша показали, что электропроводность электролита может быть вычислена как сумма двух слагаемых, из коих одно характерно для катиона, другое — для аниона. Каждому электрохимическому элементу (напр., K, H, Ag, NH_4, Cl, J, NO_3, $C_2H_3O_2$) в разведенных водных растворах принадлежит определенное (постоянное) сопротивление, все равно из какого бы электролита он ни выделился. Зная это сопротивление, которое может быть определено для каждого элемента, можно вычислить электропроводность каждого разведенного раствора. Одним словом: электропроводность растворов — свойство аддитивное.

Основываясь на этом, можно для эквивалентной электропроводности вывести следующее выражение:

$$\varkappa = F(U+V)\eta = (l_a + l_k)\eta$$

или

$$\Lambda = \frac{\varkappa}{\eta} = F(U+V) = l_a + l_k.$$

где F — заряд грамм-эквивалента, U — скорость передвижения катиона, а V — аниона; $l_a = F \cdot V$, а $l_k = F \cdot U$ (l_k — подвижность катиона, l_a — подвижность аниона, а η — число грамм-эквивалентов в 1 *куб. см*). „Подвижность ионов" (l_k и l_a) в водном растворе при 18° C дана в след. таблице:

1.000 η (m)	K	Na	Li	NH_4	Ag	$\frac{1}{2}$ Ba	$\frac{1}{2}$ Sr	$\frac{1}{2}$ Ca	$\frac{1}{2}$ Mg	$\frac{1}{2}$ Zn	H	$C_2H_3O_2$ (Ac)
0	65.2	44.4	35.5	64.2	55.7	57.3	54.0	53.0	49	47.5	318	∞
0,0001	64.7	43.8	34.9	63.6	55.1	55.9	51.7	50.6	47	45.1	315	10.000
0,0002	64.4	43.6	34.7	63.4	55.1	55.3	51.0	50.0	46	44.5	313	5.600
0,0005	64.1	43.3	34.4	63.0	54.9	55.3	50.0	48.9	45	43.5	313	2.800
0,001	63.7	42.9	34.0	62.7	54.7	52.2	48.6	47.8	43	42.3	314	1.600
0,002	63.2	42.4	33.5	62.2	54.2	50.7	47.4	46.4	42	40.9	315	800
0,005	62.3	41.4	32.6	61.2	53.2	48.2	44.9	43.9	40	38.4	311	400
0,01	61.3	40.5	31.6	60.2	51.9	45.7	42.4	41.4	37	35.9	310	200
0,02	60.0	39.2	30.3	59.0	50.0	42.7	39.4	38.3	34	32.9	307	100
0,05	59.2	38.3	29.4	58.1	48.6	40.5	37.2	36.1	32	30.7	305	50
0,03	57.9	37,0	28.2	56,8	46.6	37.7	34.4	33.4	29	27.9	302	25
0,05	57.9	37,0	28.2	56,8	46.6	37.7	34.4	33.4	29	27.9	302	25
0,1	55,8	35.0	26.1	54.8	43.3	33.8	30.5	29.4	25	24.0	296	12

1.000 γ_i (m)	Cl	J	NO_3	ClO_3	$C_2H_3O_2$	$\frac{1}{2}SO_4$	$\frac{1}{2}C_2O_4$	$\frac{1}{2}CO_3$	OH	
0	65,9	66,7	60,8	56,2	33,7	69,7	63	—	174	К этому можно добавить, что подвижность
0,0001	65,8	66,1	60,2	55,5	33,1	67,2	61	—	172	$Br = Cl + 1$
0,0002	65,7	65,9	60,0	55,2	33,0	66,6	60	—	172	$Fl = Cl - 20$
0,0005	64,8	65,5	59,6	54,6	32,8	65,4	59	—	171	$BrO_3 = Cl - 19$
0,001	64,4	65,1	59,3	54,1	32,6	64,0	58	69	171	$JO_3 = Cl - 29$
0,002	63,9	64,6	58,8	53,4	32,4	62,3	56	66	170	$ClO_4 = Cl - 1$
0,005	63,0	63,7	57,8	52,4	31,6	59,2	54	60	168	$JO_4 = Cl - 17$
0,01	62,0	62,7	56,8	51,3	30,8	56,1	51	55	167	
0,02	60,7	61,5	55,6	49,7	29,8	52,3	48	50	165	
0,03	59,8	60,6	54,7	48,4	29,0	49,7	46	47	163	
0,05	58,6	59,3	53,4	46,4	28,0	46,1	43	43	161	
0,1	56,5	57,3	51,4	43,2	26,4	41,9	39	38	157	

Двухатомные ионы во взаимном соединении

1.000 γ_i (m)	$\frac{1}{2}Mg$	$\frac{1}{2}Zn$	$\frac{1}{2}Cu$	$\frac{1}{2}Cd$	$\frac{1}{2}Ba$	$\frac{1}{2}Sr$	$\frac{1}{2}Ca$	$\frac{1}{2}SO_4$	$\frac{1}{2}C_2O_4$	$^1/_{1000}\varphi$ (v)
0	48	47	49	—	57,3	54	53	70	63	
0,0001	44	43	47	—	55,0	49	49	66	61	10.000
0,0002	43	42	46	—	54,3	48	48	65	60	5.000
0,0005	42	40	44	—	53,3	45	46	63	58	2.000
0,001	40	38	41	37	52,2	43	44	60	56	1.000
0,002	38	36	37	35	50,7	—	41	57	53	500
0,005	34	31	31	30	48,3	—	35	51	—	200
0,01	31	27	27	26	45,7	—	31	46	—	100
0,02	27	24	22	21	42,7	—	—	41	—	50
0,03	25	22	20	18	40,5	—	—	38	—	$33^1/_3$
0,05	23	19	17	16	37,7	—	—	34	—	20
0,1	20	17	15	13	33,8	—	—	30	—	10

Пользуясь числами этой таблицы, можно вычислять электропроводность растворов различных электролитов. Напр., электропроводность 0,001 нормального раствора KCl будет равна $\Lambda_{1000} = 63{,}7 + 64{,}4 = 128{,}1$ (найденная опытом—127,6).

Как видно, величины подвижности находятся в зависимости от концентрации: чем более разведен раствор, тем более величина подвижности. Объяснение этому дает теория электролитической диссоциации (см. далее).

Кольрауш показал, как, пользуясь его законом, можно на основании его измерения электропроводности растворов малорастворимых тел определить их концентрацию. Были выведены и другие закономерности. Не останавливаясь на них, переходим к изложению теорий, объясняющих процесс прохождения тока.

Для того, чтобы объяснить явление прохождения тока через растворы электролитов, Клаузиус (1857) высказал гипотезу, что ионы, на которые распадается соль (напр., Na и Cl' из NaCl), двигаются в растворе свободно и независимо друг от друга. По старой теории электролиза, единственным агентом, разлагающим молекулы электролита на ионы, была электровозбудительная сила. Клаузиус показал, что по этой теории, пока электровозбудительная сила ниже известного предела, не должно существовать ни разложения, ни тока; но как только электровозбудительная сила достигнет этого предела, должно начаться электролитическое разложение, сопровождаемое сильным током. На самом деле ток проходит через раствор при всякой электровозбудительной силе, и сила тока возрастает прямо пропорционально электровозбудительной силе, какова бы ни была ее величина. По Клаузиусу, в жидких телах, равно как и в газообразных, происходит как бы постоянная пляска молекул, при чем некоторые молекулы тела, находящегося в растворе, приобретают настолько большую скорость, что при встрече с другой молекулой одна или обе молекулы разрываются, и отдельные части их отправляются

какое находилось бы, если бы все молекулы были бы в нормальном состоянии, т.-е. в недиссоциированном состоянии. Отсюда ясно, что i равно отношению суммы недиссоциированных молекул и ионов к числу всех молекул, которые находились бы в растворе, если бы ни одна молекула не была диссоциирована.

Для бинарных электролитов (напр., NaCl, HCl, HNO_3 и т. п.) i вычисляется по следующему уравнению:

$$i = \frac{n + n\alpha}{n} = 1 + \alpha,$$

где α—степень диссоциации, а n—число молей в растворе.

Таким образом, на основании измерения электропроводности можно вычислить величину i, которая определяется на основании криоскопических и эбулиоскопических наблюдений. Вычисленные Аррениусом значения i оказались вполне совпадающими с опытными данными. Это близкое совпадение чисел указало на плодотворность гипотезы Аррениуса, позволившей установить количественную зависимость между столь разнообразными величинами, как понижение температуры замерзания (а следовательно осмотическим давлением и др.) и электропроводностью растворов.

Гипотеза С. Аррениуса, столь резко расходившаяся с установившимися взглядами на прочность таких соединений, как HCl, NaCl и т. п., не могла не вызвать возражения со стороны наиболее авторитетных химиков. Но благодаря исследованиям В. Оствальда, его учеников—П. Вальдена, Нернста и мн. др. (*см.* XLV, ч. 2, 327)—было добыто множество фактов, ее подтверждающих, и она превратилась в теорию, разъяснившую многие вопросы, касающиеся процессов не только в химии и технике, но и в биологии, указавшую точные математические зависимости между самыми разнообразными величинами, позволившую предугадать многие свойства растворов. Одним словом, теория электролитической диссоциации оказалась надежной путеводительницей в том лабиринте сложных явлений, которые представляют растворы. Благодаря этой теории получили простое и ясное объяснение многие свойства растворов, как-то: аддитивность, плотность, электропроводность разведенных растворов, термонейтральность растворов солей, близкая теплота нейтрализации кислот (см. *термохимия*, XLI, ч. 7, 572 сл.) и т. д. Основываясь на теории электролитической диссоциации, Нернст показал, как, с одной стороны, зная осмотическое давление и, с другой стороны, подвижность ионов, входящих в состав данного электролита, можно вычислить коэффициент диффузии. Исходя из этого, он создал теорию концентрационных токов, объяснил происхождение электровозбудительной силы, возникающей при соприкосновении металлов и жидкостей. Он ввел понятие об электролитической упругости растворения: подобно тому, как многие твердые тела обладают способностью растворяться, или *упругостью растворения*, так и металлы, приходя в соприкосновение с растворами их солей, обладают способностью посылать в последние ионы, т.-е. атомы, но только без валентных электронов. Эта способность называется *электролитической упругостью*.

Принимая во внимание электролитическую упругость растворения, можно легко объяснить процессы в элементах Даниэля и ему подобных (см. *гальванизм*, XII, 446/47).

Закон разведения В. Оствальда. Если в растворе слабых кислот (например, уксусной, щавелевой и т. д.), согласно теории электролитической диссоциации, рядом с неразложенными молекулами находятся ионы, то должно существовать между ними такое подвижное равновесие:

$$Z_1H \rightleftarrows (\overline{Z_1}) + (\overset{+}{H}),$$

где Z_1H—какая-либо кислота.

Согласно закону действия масс (Гульдберга и Вааге) для равновесия

$$Z_1H \rightleftarrows (\overline{Z_1}) + (\overset{+}{H})$$

имеем

$$\frac{C_{Z_1} \cdot C_H}{C_{Z_1H}} = K;$$

и если

$$C_{Z_1} = C_H = \frac{\mu}{v \cdot \mu_\infty},$$

$$C_{Z,n} = \frac{1}{v}\left(1 - \frac{\mu}{\mu_\infty}\right) = \frac{1}{v}\,\frac{\mu_\infty - \mu}{\mu_\infty},$$

то

$$\frac{\mu}{v \cdot \mu_\infty (\mu_\infty - \mu)} = K.$$

Следующая таблица содержит значения μ_v и μ_∞ для уксусной кислоты:

Уксусная кислота $\mu_\infty = 361$

v	μ_v	100 α	$K = 100\ k$
8	4,34	1,193	0,00180
16	6,10	1,673	179
32	8,65	2,38	182
64	12,09	3,33	179
256	23,82	6,56	180
1024	46,00	12,66	177

$K = 0{,}00180$

Как видно из таблицы, для разведенных растворов (где $v > 8$) K является величиной очень постоянной. Нужно только отметить, что формула разведения В. Оствальда пригодна только для кислот слабых (органических), степень диссоциации коих мала (см. третий столбец таблицы) и константа K является характерной величиной для данной кислоты, указывающей на особенности состава и строения последней. Для солей же и сильных кислот формула разведения В. Оствальда является совершенно неподходящей. Для таких кислот и солей Рудольфи предложил следующую эмпирическую формулу:

$$\frac{\alpha^3}{(1-\alpha)\sqrt{v}} = K.$$

Более подходящей является формула Вант-Гоффа:

$$\frac{\alpha^3}{(1-\alpha)^2 v} = K,$$

так как для многих электролитов K, вычисленная по ней, действительно постоянная величина. Формула Вант-Гоффа показывает, что отношение между концентрацией неразложенных молекул и концентрацией ионов пропорционально расстоянию не диссоциированных молекул.

Электропроводность неводных растворов. Теория электролитической диссоциации создалась и развивалась главным образом на основании изучения свойств водных растворов; по мере же изучения электропроводности неводных растворов она должна была видоизменяться и дополняться. В 1893 г. В. Оствальд все сведения об электропроводности неводных растворов мог изложить в своем известном „Handbuch der Allgemeinen Chemie“ на 4-х страницах. С тех пор положение вопроса резко изменилось благодаря трудам многих исследователей (из русских укажем: П. И. Вальдена, Центнершвера, А. Н. Саханова, В. А. Плотникова и др.); собран громадный материал; относительно электропроводности неводных растворов Томсен и Нернст указали, что на степень электролитической диссоциации влияет диэлектрическая константа (D) растворителя: „диссоцинирующая сила“ растворителя, т.-е. способность его разлагать растворенное тело, тем сильнее, чем больше диэлектрическая константа растворителя (хотя строгой пропорциональности не наблюдается): одна и та же соль в воде ($D = 81$) диссоцинирована в большой степени, в метильном спирте — меньше, еще в меньшей степени в этильном спирте ($D = 27$). Цианистый водород (HCN) сообразно своей высокой диэлектрической постоянной ($D = 97$) обладает значительной диссоцинирующей способностью. Жидкости с большей диэлектрической постоянной ($D = 97$) способны разлагать тела с ассоцинированными молекулами: напр. уксусная кислота, пар которой при температурах, лежащих недалеко от точки кипения, содержит около 50% двойных молекул, распадается на простые молекулы при растворении в воде.

Еще в 1900 г. П. И. Вальден показал, что такие минеральные растворители, как $POCl_3$, $AsCl_3$, SO_2, SO_2Cl_2, H_2SO_4, $SbCl_3$ и др. вызывают распадение солей на ионы.

Электропроводность растворов в жидком аммиаке подробно изучена Э. Франклином и Клауссом. М. Центнершвер в 1902 г. исследовал электропроводность растворов в жидком цианистом водороде (HCN) и циане $(CN)_2$. Первый.

обладая диэлектрической постоянной ($D = 97$), превышающей таковую для воды, оказывает сильное диссоциирующее действие, тогда как второй — с малой диэлектрической постоянной ($D = 2{,}5$) — оказывает слабо диссоциирующее действие.

П. И. Вальден подверг систематическому исследованию электропроводность растворов в растворителях, принадлежащих различным классам органических тел (см. „Труды Академии Наук СССР") и указал многие закономерности, устанавливающие связь между электропроводностью растворов, диэлектрической постоянной, внутренним трением и т. п. Оказывается, что электролитами являются не только соли, кислоты и основания, но и другие тела; так, П. И. Вальден нашел, что такие тела, как галоиды, фосфор, мышьяк, сурьма, сера, хинолин, пиридин и т. п., образуют растворы в жидком сернистом ангидриде, хлористом сульфуриле и треххлористом мышьяке, обладающие электропроводностью.

Простые законы, установленные для водных растворов солей, большей частью не могут быть применены для растворов во многих других растворителях. Еще в 1889 г. И. А. Каблуковым было указано, что молекулярная электропроводность хлористого водорода в эфире и амильном спирте с разбавлением не увеличивается, а уменьшается, т.-е. наблюдается явление, обратное тому, что мы видим для водных растворов. Это явление оказывается общим для всех растворов, образуемых растворителями с малой диэлектрической постоянной: для них уменьшение молекулярной электропроводности с разведением является таким же характерным свойством, как увеличение ее для растворителей с высокими диэлектрическими постоянными.

На электропроводность растворов влияет не только диссоциирующая способность растворителя, но и внутреннее трение (вязкость) последнего; так, напр., молекулярная электропроводность многих солей в жидком аммиаке выше таковой в воде, хотя степень диссоциации в последней значительно превышает таковую в аммиаке: в воде степень диссоциации вышеуказанных солей достигает 75% при $v = 5$ *л*, в аммиаке же при $v = 350$ *л* и выше.

Большая электропроводность аммиачных растворов объясняется большой подвижностью ионов в аммиаке вследствие того, что вязкость аммиака ($\eta = 2{,}6 \cdot 10^{-3}$) значительно ниже вязкости воды ($\eta = 10{,}6 \cdot 10^{-3}$). Меньшая же степень диссоциации аммиачных растворов вполне подтверждает правило Томсена-Нернста: для аммиака $D = 21$—22, а для воды $D = 81$.

На основании многочисленных исследований П. И. Вальдену удалось установить следующее соотношение между внутренним трением разбавленного раствора его „нормального электролита" иодистого тетраэтиламмония $N(C_2H_5)_4J$ и электропроводностью μ_∞: предельные значения μ_∞ обратно пропорциональны соответствующим коэффициентам внутреннего трения ($\eta''\infty$) при 25° и при 0°, т.-е. $\mu'\infty : \mu''\infty = \eta''\infty : \eta'\infty$ или $\mu'\infty \cdot \eta'\infty = \mu''\infty \cdot \eta''\infty = \text{const} = 0{,}700$. При дальнейших исследованиях П. И. Вальдену удалось доказать применимость этого соотношения для многих бинарных электролитов (солей и нескольких кислот). Оно находит объяснение в предположении, высказанном Кольраушем для водных растворов, а именно: движущийся ион ассоциирован с значительным числом молекул растворителя, вследствие чего он испытывает трение, соответствующее внутреннему трению растворителя.

Теории, объясняющие электропроводность растворов. Когда Вант-Гофф вывел свой закон осмотического давления, устанавливающий аналогию между растворенным и газообразным состоянием тел, то многие исследователи, увлекшись этой аналогией, приняли, что, подобно тому, как в газах давление на стенку сосуда происходит вследствие ударов о стенки сосуда газовых молекул, так и в растворах осмотическое давление вызывается ударами растворенного тела о „полупроницаемую" стенку. Такой взгляд оказал в свое время не малую долю пользы, потому что он позволил перенести многое из того, что было выработано в кинетической теории газов.

на явления, совершающиеся в растворах, но такое воззрение устраняло всякое химическое воздействие между растворенным телом и растворителем: последний представлял только среду, в которой молекулы электролита и ионы могли свободно двигаться и своим движением вызывать осмотическое давление и явления, с ним связанные. Но подобный взгляд на природу растворов разделялся не всеми последователями теории Вант-Гоффа и Св. Аррениуса. И. А. Каблуков (1891) в своей докторской диссертации высказал предположение, что при растворении вода разлагает молекулы электролита на ионы, а последние образуют непрочные гидраты. По Чамичану (1890 и 1909) молекулы воды обладают способностью присоединять к себе ионы, при чем присоединение происходит так, что анионы оказываются притянутыми к водородным атомам воды, а катионы—к кислородным:

$$KCl + n\,H_2O = K^+ \ldots (OH_2)x + Cl^- \ldots (H_2O)y.$$

А. Вернер считал, что без гидратации не может быть электролитической проводимости. По Вернеру электролитической диссоциации предшествует химическое взаимодействие растворенного электролита с водой, вследствие которого молекулы воды, внедряясь в молекулы электролита, переводят анионы во вторую сферу катиона; анионы при этом приобретают способность отщепляться от комплексного катиона. Диссоциацию, напр., $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ можно изобразить так:

$$CaCl_2 + 6H_2O \rightarrow Ca(H_2O)_6^{++}Cl'_2 \rightleftarrows \rightleftarrows Ca(H_2O)_6^{++} + 2Cl'.$$

Д. П. Коновалов также указывал, что электропроводность растворов обусловливается явлением химического соединения между растворенным электролитом и избытком растворителя.

Чем больше накапливался фактический материал относительно электропроводности неводных растворов, тем более становилось ясным, что на растворитель нельзя смотреть, как на среду, в которой частицы растворенного тела могут свободно двигаться подобно тому, как газовые частицы в предоставленном им пространстве. При растворении происходит химическое взаимодействие, более или менее глубоко затрагивающее молекулы растворенного тела и изменяющее их свойства в иных случаях коренным образом. В каждом растворе, как и в определенном химическом соединении, проявляется нечто индивидуальное. В 1900 г. Джонс предложил *сольватную* теорию растворов, в подтверждение коей привел ряд опытных доказательств.

Основная идея сольватной теории, по коей ионы электролита образуют соединения с молекулами растворителя—гидраты или сольваты, так как не только вода, но и другие растворители способны соединяться с ионами, получила широкое распространение, и такие авторитеты, как Св. Аррениус и Нернст, признали идею гидратации безусловно правильной.

„Не подлежит никакому сомнению, говорит С. Аррениус, что электролиты соединяются с водой. При увеличении концентрации электролита степень гидратации электролита уменьшается, и тем быстрее, чем значительнее была его гидратация при бесконечном разведении".

По своей способности образовывать гидраты, ионы могут быть расположены в следующий ряд:

катионы:

$$Cs < Rb < K < NH_4 < Na < Li < Sr < Ca < Mg,$$

анионы:

$$NO_3 < J < Br < Cl < \frac{1}{2}SO_4 < F.$$

Для катионов имеем следующий ряд гидратированных ионов (в скобках показано число грамм-молекул водорода, соединенных с одним ионом):

K (20); Ag (35); $\frac{1}{2}$ Cu (55); Na (70); Li (150);

для анионов:

OH (10); $\frac{1}{2}SO_4$, J, Br, Cl (20); NO_3 (25); ClO_3 (35).

Эти числа, данные для разведенных растворов, нужно считать только приблизительными, так как числа, полу-

ченные различными методами, не совпадают вполне друг с другом. Для состава сольватов K^+ и Cl^- в зависимости от растворителя П. И. Вальден дает такие числа:

	H_2O Вода	CH_3OH Метильный спирт	C_2H_5OH Этильный спирт
K^+	7	4	3
Cl^-	6	6	4—5

	CH_3COCH_3 Ацетон	$C_6H_5NO_2$ Нитробензол
K^+	2—3	1
Cl^-	3—4	2.

К. Фаянс принимает, что теплота сольватации ионов является источником энергии для процесса электролитической диссоциации.

Что касается до иона водорода, то нужно принять во внимание, что, согласно электронной теории, водородный атом состоит из атомного ядра и вращающегося вокруг него электрона. При переходе в состояние иона электрон отделяется и, следовательно, водородный ион представляет свободное от электрона ядро чрезвычайно малого диаметра, свободное существование которого в водном растворе невероятно. Благодаря малому размеру, такое ядро может подойти значительно ближе к другим атомам и ионам, чем ионы, обладающие электронной оболочкой, поэтому будет сильно деформировать электронные оболочки других ионов, а также сильно связывать нейтральные молекулы, имеющие дипольный характер, как воду и аммиак. Таким образом, между „протоном" (ядром водорода) и молекулами воды существует сродство. Это сродство Гримм назвал „протонным сродством" и вычислил теплоту присоединения иона водорода к молекуле воды и аммиака, или теплоту образования „гидроксония H_3O" и „аммония NH_4":

$H_2O + H^+ = H_3O +$ прибл. 160 б. калор.
$NH_3 + H^+ = NH_4 +$ „ 196 „ „

По мере того, как накапливался опытный материал, подтверждавший основные положения теории С. Аррениуса, накапливались также факты, противоречившие последней. Как и всегда, в начале как бы не замечали подобных фактов, но трудности объяснения новых фактов, согласно теории, все более и более увеличивались и потребовались новые теоретические истолкования явлений электролитической диссоциации. Новые теории (Бьерума, Гоша, Дебая и др.) по мере того, как они стремились обобщить больший круг явлений, все больше удалялись от тех представлений, которые развивал Аррениус, теорию которого в настоящее время (1936) принято называть классической в отличие от новых, появившихся в последнее время.

Основное положение этих теорий заключается в том, что ниже области очень больших концентраций (другие считают, что при любых концентрациях) имеет место полный распад электролита на ионы. Этот взгляд, впервые высказанный Сезерлендом (1902), а после него Герцем (1912), Бьерумом (1918), Гошем, Дебаем и другими, опирается также на термодинамические исследования Льюиса. Казалось бы, что из такого представления неизбежно должно вытекать, что коэффициент i для бинарного электролита равен 2, осмотическое давление вдвое больше нормального и т. д. Но все эти теории учитывают роль электростатического поля ионов; Льюис вводит понятие „активности", показывающее эффективную концентрацию ионов, которая может и не совпадать с аналитической. Благодаря действию электростатических сил, затрудняющих свободное движение ионов и уменьшающих их кинетическую энергию, не все ионы могут себя проявить активно или все ионы не проявляют полной активности. Бьерум, кроме этого, вводит особый коэффициент осмотического давления и электропроводности. Тогда как коэффициент i (теории Вант-Гоффа) дает отношение наблюдаемого понижения точки замерзания к понижению, отвечающему отсутствию диссоциации, осмотический коэффициент f_0 (Бьерума) представляет отношение действительного понижения точки замерзания раствора электролита (ϑ) к ожидаемому

при полной диссоциации электролита (ϑ_∞) и $f_0 = \frac{\vartheta}{\vartheta_\infty}$. Если n—число ионов, на которые распадается электролит, то $f_0 = \frac{i}{n}$. Для хлористого калия KCl

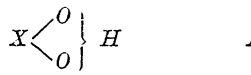
$$f_0 = \frac{i}{2},$$

для хлористого кальция $CaCl_2$

$$f_0 = \frac{1}{3} \text{ и т. д.}$$

Интерионные силы являются причиною того, что, несмотря на полную диссоциацию, эквивалентная электропроводность раствора (μ_v) при разбавлении v меньше, чем при бесконечном разбавлении. Коэффициент электропроводности $f\mu = \frac{\mu_v}{\mu_\infty}$; как видим, коэффициент электропроводности тождественен со степенью диссоциации классической теории.

Теория *Гантча*. В связи с изложенным естественно возникает вопрос, как вообще может оправдываться закон разведения В. Оствальда. Как показано выше, он оправдывается для слабых органических кислот. Согласно теории Гантча, эти кислоты существуют в двух формах: *истинной кислоты*—электролита, и *псевдокислоты*—неэлектролита:



Истинная кислота Псевдокислота

В первой кислоте атом водорода связан ионогенно, т.-е. может отделяться в виде иона (H_2O), тогда как во второй кислоте атом водорода прочно закреплен внутри молекулы. Между этими кислотами в растворе существует равновесие, сдвигающееся в сторону истинной кислоты по мере разбавления. Это представление Гантча дает возможность, с одной стороны, распространить теорию полного распада электролитов на ионы и на случаи слабых кислот и, с другой стороны,—понять причину, почему закон разведения приложим в этом случае. Оставаясь на той точке зрения, что электролит диссоциирован нацело, можно принять, что превращение псевдокислоты в истинную, а следовательно, и появление ионов находятся именно в такой зависимости от разбавления, какую нашел Оствальд между степенью диссоциации и разбавлением.

Теория Гантча о существовании псевдоформ охватывает и случаи сильных кислот и щелочей, при чем возникновение истинных кислот считается находящимся в зависимости от образования соединений с водою, что устанавливает связь увеличения эквивалентной электропроводности с увеличением разбавления. Было бы, однако, неправильным считать, что теория Гантча устраняет все неясности классической теории Аррениуса.

В теории Гоша (Ghosh, 1918) принимается полная диссоциация электролита, и на основании рассмотрения значения электростатической энергии диссоциированного электролита выводятся уравнения для выражения электропроводности как водных, так и неводных растворов. Приведем следующее довольно сложное уравнение, устанавливающее зависимость между электропроводностью и другими свойствами растворов. Для бинарных электролитов:

$$\frac{Ne^2\sqrt{2N}}{D\sqrt[3]{v}} = 2RT\ln\frac{\mu_\infty}{\mu_v},$$

и для тройных электролитов:

$$\frac{3Ne^2\cdot 2\sqrt[3]{2N}}{D\sqrt[3]{v}\cdot\sqrt[3]{3}} = 3RT\ln\frac{\mu_\infty}{\mu_v},$$

где N — число Авогадро ($6{,}16\cdot 10^{23}$), e — заряд одновалентного иона ($4{,}7\times 10^{-10}$ электрост. единиц), D—диэлектрическая постоянная растворителя. v—число литров, в коих находится 1 моль электролита, R - газовая постоянная ($8{,}315\times 10^7$ *C.G.S.*).

Не имея возможности входить в более подробное изложение других новейших теорий, мы приведем лишь некоторые из общих результатов работ Дебая-Гюкеля и Онзагера.

Так как в растворе какого-либо электролита катионы и анионы взаимно притягиваются, то они не находятся в состоянии полного беспорядка, хара-

ктерного для теплового движения молекул идеального газа; поэтому должны наблюдаться отклонения от законов идеально разбавленного раствора. Вблизи какого-либо катиона вследствие электростатического притяжения будут чаще и дольше находиться анионы, чем одноименно заряженные катионы: можно предположить, что катион находится в центре шаровидного облака анионов, которое называют *атмосферой иона*. Радиус последней зависит от валентности иона, разбавления раствора, температуры, диэлектрической постоянной и т. д. Если в раствор опустить электроды, то катион направится к катоду, а анион к аноду. При этом движении впереди катиона будет образовываться новая ионная атмосфера, тогда как сзади она будет исчезать. Это образование и исчезновение ионной атмосферы требует времени, поэтому анионное облако позади движущегося катиона толще, чем впереди него, а несимметричное расположение анионов вокруг катиона оказывает тормозящее действие на перенос тока. Кроме того, как известно, движение аниона к аноду обусловливает электрический перенос воды к катоду (электроосмос). Оба эти явления служат причиной того, что, несмотря на полную диссоциацию сильных электролитов, их молекулярная электропроводность уменьшается с увеличением концентрации раствора. На основании теоретического обсуждения этих явлений Дебай-Гюкель и Онзагер получили для уменьшения эквивалентной электропроводности (λv) с возрастанием концентрации (c) для z-валентного электролита следующее уравнение:

$$\lambda_\infty - \lambda v = \left(\frac{0{,}817 \cdot 10^6}{\sqrt{(DT)^3}} \cdot z^2 \cdot \lambda_\infty + \frac{82{,}0z}{\sqrt{(DT)^3}\,\eta} \right) \cdot \sqrt{c}\,.$$

В этом уравнении заключается утверждение, что экв. электропроводность, начиная от бесконечного разбавления, уменьшается линейно от квадратного корня концентрации, — факт, установленный давно Кольраушем на основании его опытных исследований.

В эмпирической формуле Кольрауша:

$$\lambda_v = \lambda_\infty - b\sqrt{c}$$

множитель b соответствует части, заключенной в скобки уравнения Дебая.

Формулы теории Дебая-Гюкеля правильны только для области разбавленных растворов, при чем эта область изменяется в зависимости от природы растворителя: раствор, содержащий 0,01 моля в 1 литре в воде является разведенным, в ацетоне—тоже разведенным, в бензоле же—концентрированным, соответственно обратному отношению к диэлектрической постоянной растворителя (для воды $D = 81$, для ацетона около 20, для бензола 2). Теория позволяет вывести предельные количественные законы, которые тем более приближаются к данным опыта, чем более разведены растворы, для концентрированных же растворов должны наблюдаться отклонения. Таким образом, разработку теории Дебая-Гюкеля нельзя считать законченной.

В заключение укажем, что основное положение электрохимических теорий Дэви-Берцелиуса, согласно которому электричество является первопричиной химических сил, вполне подтвердилось новейшими исследованиями двадцатого столетия.

Литературу см. при ст. *химия, физическая химия* (XLV, ч. 2, 332), *растворы* (XXXV, 692). *И. А. Каблуков*, „Современные теории растворов Вант-Гоффа и С. Аррениуса, в связи с учением о химическом равновесии“ (1891), *его же*, „Очерк истории электрохимии за XIX век“; *его же*, „Основные начала физической химии“, 2-й вып., Электрохимия; *Ле Блан*, „Руководство по электрохимии“ (пер. с немецк. П. А. Казарновского, 1909); *А. И. Саханов*, „Исследования по электропроводности неводных растворов“ (1913); *его же*, „Исследования в области электрохимии“ Одесса, 1912; *М. А. Рабинович*, „Природа электролитической диссоциации“ Украінський Хемічний журнал, т. II, стр. 257—433); *В. А. Плотников*, „Исследования по электрохимии неводных растворов“ (1928); *А. И. Бродский*, „Современная теория электролитов“ (1931); *Н. А. Изгарышев*, „Электрохимия и ее техническое применение“ (1929); *W. Ostwald*, „Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre“; *Sw. Arrhenius*, „Lehrbuch der Elektrochemie“; *Г. Грубе*, „Основы теоретической и практической электрохимии“ (пер. с немецк., Ленинград, 1932); *P. Walden*, „Elektrochemie nichtwässeriger Lösungen“.

Ив. Каблуков.

Электродвижущая сила и электродные потенциалы гальванических элементов. Гальваническими элементами называются приборы, в которых получается электрическая энергия при одновременно совершающихся в них химических процессах (см. *гальванизм*, XII, 426 сл.). Как пример, можно рассматривать элемент Даниеля, схематически изображенный на рис. 1.

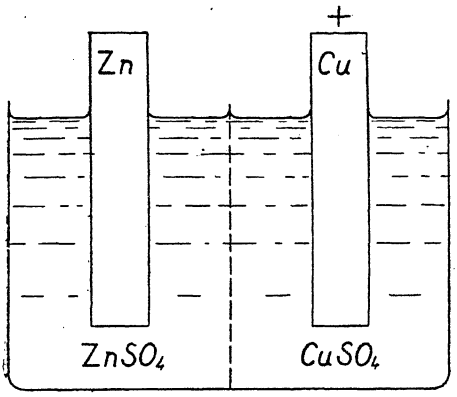


Рис. 1.

В стеклянном сосуде, разделенном пористой перегородкой, в одном отделении находится раствор сернокислого цинка и цинковая пластинка (электрод), в другом — раствор сернокислой меди и медный электрод. При замыкании медного и цинкового электродов проводником по нему начинает течь ток от цинка к меди (по направлению течения отрицательного электричества — электронов). Следовательно, в этом элементе цинк является отрицательным полюсом, а медь положительным.

При работе элемента можно обнаружить, что цинк переходит в раствор в виде ионов, т.-е. на цинковом электроде совершается химический процесс:

$$Zn \rightarrow Zn^{\cdot\cdot} + 2\ominus,$$

а на медном электроде выделяется металлическая медь, т.-е. совершается процесс:

$$Cu^{\cdot\cdot} + 2\ominus \rightarrow Cu.$$

При переходе одного грамм-эквивалента цинка в ионное состояние и такого же количества ионов меди в металлическое состояние через внешнюю цепь элемента протекает $1F$ (96.500 кулонов) электричества. Таким образом, электрохимические процессы, совершающиеся в гальванических элементах, протекают в соответствии с законом Фарадея, и количество электричества, полученное от элемента (емкость элемента), будет пропорционально количеству веществ, испытавших химическое превращение на электродах. Электродвижущая сила (сокр. эдс) элемента есть разность потенциалов, существующая между его электродами, т.-е.:

$$\text{эдс} = E = \varepsilon_{Cu} - \varepsilon_{Zn}.$$

Изучение электродвижущих сил и электродных потенциалов элементов имеет большое значение: оно дает представление о количестве энергии, обращенной в работу при электрохимических процессах, об условиях возникновения этих процессов, а также о процессах разряда и образования ионов на электродах и, наконец, о порядке, в котором происходит разряд ионов в случае одновременного присутствия нескольких ионов в растворе.

Реакции, совершающиеся в элементе Даниеля, суммарно могут быть представлены в виде ур-ния:

$$Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$$

и осуществлены, если просто кусок цинка погрузить в раствор сернокислой меди, с тем лишь отличием, что при этом электрическая энергия не образуется, а имеет место выделение некоторого определенного количества тепла Q, равного 50.110 калор., если превращению подвергнется один грамм-атом цинка. Поэтому Томсон предположил, что теплота реакции, осуществляемой таким образом, эквивалентна тому количеству электрической энергии, которое может быть получено в элементе Даниеля при переходе соответствующего количества цинка с цинкового электрода в раствор в виде ионов, т.-е., принимая во внимание, что 0,239 кал. = 1 вольт × 1 кулон, имеем:

$$50.110 = 0{,}239 \cdot 2 \cdot 96500 \cdot E,$$

$$\text{откуда } E = \frac{50.110}{0{,}239 \cdot 2 \cdot 96500} = 1{,}0863 \text{ вольт.}$$

Эдс элемента Даниеля, вычисленная на основе предположения Томсона, как и во многих других случаях, дает величину, удовлетворительно совпадающую с непосредственно измеренной. Однако, наблюдаются и большие отклонения, и таким образом предположение Томсона неверно.

Действительно, как показал Гельмгольтц, при всяком химическом процессе только часть общего изменения энергии системы может быть превращена в другой вид энергии, напр. в электрическую. Эту часть Гельмгольтц назвал свободной энергией. Остальная часть обязательно проявится как тепловая энергия, т.-е. имеет место равенство:

$$Q = A + q,$$

где Q — общее изменение энергии системы, A — свободная энергия и q — тепловой эффект процесса.

В дальнейшем Гиббс и Гельмгольтц установили связь между свободной энергией процесса и общим изменением энергии системы в виде ур-ния:

$$A = Q + T\frac{dA}{dT},$$

где T — абсолютная температура, при которой совершается процесс. При этом следует оговориться, что уравнение это справедливо лишь для систем, в которых протекают обратимые процессы. Элемент Даниеля как раз относится к типу обратимых. Действительно, если извне приложить к нему эдс внешнего источника постоянного тока, приключив отрицательный полюс последнего к цинковому электроду, то начнется выделение металлического цинка на цинковом электроде и переход меди с медного в виде ионов в раствор, т.-е. процесс будет протекать в направлении, обратном совершающемуся при работе элемента. Поэтому для элемента Даниеля справедливо будет соотношение:

$$A = 0{,}239 \cdot 2 \cdot 96500 \cdot E$$

и

$$0{,}239 \cdot 2 \cdot 96500 \cdot E = 50.110 + T\frac{0{,}239 \cdot 2 \cdot 96500 \cdot dE}{dT},$$

В общем же виде, когда моль, равный n эквивалентам вещества, химически превращается в гальваническом элементе, то:

$$0{,}239 \cdot n \cdot 96500 \cdot E = Q + T\frac{0{,}239 \cdot n \cdot 96500 \cdot dE}{dT}$$

и

$$E = \frac{Q}{23063 \cdot n} + T\frac{dE}{dT}.$$

Из последнего уравнения следует, что предположение Томсона справедливо лишь тогда, когда $\frac{dE}{dT} = 0$, т.-е. когда эдс элемента не изменяется с изменением температуры. Экспериментальное подтверждение справедливости ур-ния Гиббса-Гельмгольтца было дано Яном и Бугарским.

Возникновение потенциала или, точнее, разности потенциалов между металлом и раствором его соли, в который металл погружен, было разъяснено Нернстом в созданной им „Осмотической теории гальванических элементов". Согласно Нернсту, каждому металлу присуща электрическая упругость растворения, т.-е. стремление атомов металла перейти в раствор в виде ионов. Сила этого стремления различна для различных металлов, т.-е., помимо природы растворителя, она зависит от природы металла. Противодействие проявлению этой силы возникает со стороны ионов металла, уже присутствующих в растворе и образовавшихся путем диссоциации соли металла, и оно пропорционально их осмотическому давлению P, а следовательно их концентрации.

Если электролитическая упругость растворения металла P_{Met} больше, чем осмотическое давление ионов металла в растворе, в который металл погружен, то будет иметь место процесс:

$$Met \longrightarrow Met^{\cdot} + \ominus,$$

при чем электроны будут оставаться на металле, а положительно заряженные ионы металла перейдут в раствор. Переходящие под действием электролитической упругости растворения ионы не могут продиффундировать от поверхности металла вглубь раствора, т. к. они удерживаются силами электростатического притяжения, воз-

никающими между ними и отрицательно заряженным металлом.

Поэтому на границе металл-раствор возникнет двойной электрический слой (рис. 2), т.-е. между металлом и раствором возникнет разность потенциа-

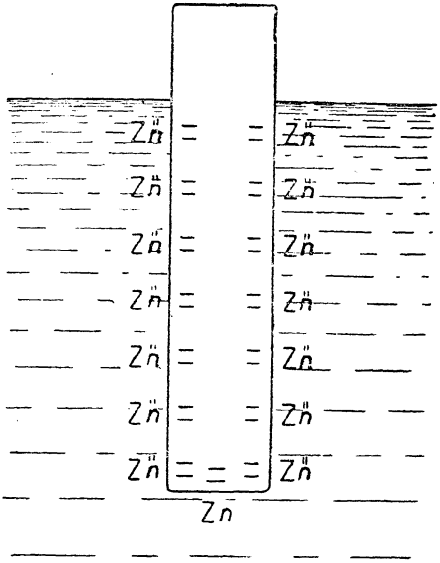


Рис. 2.

лов: металл приобретет относительно раствора какой-то потенциал, величина которого зависит от соотношений P_{Met} и p. Полагая, что переход металла с электрода в раствор в виде ионов подобен процессу изотермического расширения газов, максимальная работа при котором для моля газа выражается ур-ем:

$$A = RT \ln \frac{P_1}{P_2},$$

где R — газовая постоянная, P_1 — исходное давление газа и P_2 — конечное, Нернст положил, что электрическая работа, совершаемая при переходе одного грамм-атома металла с электрода в раствор, выразится аналогичным ур-ем:

$$A = nF \cdot \varepsilon = RT \ln \frac{P_{Met}}{p},$$

где n — валентность металла и ε — потенциал, приобретенный им относительно раствора. Выражая в этом ур-нии R в электрических единицах ($R = 8.316$ вольт-кулонов) и вводя для перехода от натуральных логарифмов к десятичным модуль $= 0.4344$, получаем:

$$\varepsilon = \frac{8.316 \cdot T}{n \; 96.500 \cdot 0.4344} \lg \frac{P_{Met}}{p} \text{ вольт},$$

$$\varepsilon = \frac{0.000196}{n} T \lg \frac{P_{Met}}{p} \text{ вольт. или,}$$

округляя, $\varepsilon = \frac{0.0002}{n} T \lg \frac{P_{Met}}{p}$ вольт.

Принимая во внимание, что если $P_{Met} > p$, то электрод относительно раствора зарядится отрицательно и, след., потенциал электрода будет отрицательной величиной, то, чтобы из ур-ния получить не только величину, но и знак потенциала, окончательно пишем:

$$\varepsilon = -\frac{0.0002}{n} T \lg \frac{P_{Met}}{p} \text{ вольт.}$$

Экспериментальная проверка ур-ния Нернста может быть произведена путем измерения эдс так наз. „концентрационных цепей" и сравнения ее с вычисленной.

Примером концентрационной цепи может быть цепь, построенная из двух серебряных электродов, опущенных один в раствор азотнокислого серебра с концентрацией $Ag^{\cdot}$, равной C_1, и второй в раствор, где концентрация ионов серебра C_2, при чем растворы находятся в соприкосновении:

$$Ag \left| \begin{matrix} Ag^{\cdot} \\ C_1 \end{matrix} \right| \left| \begin{matrix} Ag^{\cdot} \\ C_2 \end{matrix} \right| Ag.$$

Так как осмотическое давление ионов серебра, находящихся в растворе, может быть выражено в зависимости от их концентрации ур-ем $p = RTC$, то потенциалы электродов выразятся ур-ями:

$$\varepsilon_1 = -\frac{0.0002}{n} T \lg \frac{P_{Ag}}{RTC_1}$$

и

$$\varepsilon_2 = -\frac{0.0002}{n} T \lg \frac{P_{Ag}}{RTC_2},$$

а эдс построенной цепи — ур-нем:

$$E = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 =$$

$$= -\frac{0.0002}{n} T \left(\lg \frac{P_{Ag}}{RTC_1} - \lg \frac{P_{Ag}}{RTC_2} \right).$$

После преобразования имеем:

$$E = \frac{0{,}0002}{n} T \lg \frac{C_i}{C_2}.$$

Из полученного ур-ния легко может быть вычислена эдс такой пары, при чем легко сообразить, что положительным полюсом в ней будет электрод, погруженный в раствор, в котором концентрация ионов металла больше.

Результаты, полученные Аббегом и Куммингом для таких цепей, представлены в нижеследующей таблице:

Концентрация растворов $AgNO_3$	Отношение концентраций ионов, вычисленное по электропроводности	эдс вычисленная	эдс измеренная
0,1 : 0,01 0,01 : 0,001	9,0 : 1,0 9,6 : 1,0	0,0563 в. 0,0580 в.	0,0556 в. 0,0579 в.

Как видно, совпадение вычисленных и экспериментально найденных величин вполне удовлетворительное, что служит непосредственным подтверждением справедливости уравнения Нернста.

Газовые электроды. Переходить в ионное состояние способны не только металлы, но и вещества, обычно существующие в газообразном состоянии, как водород, хлор и т. д. Однако, в этом случае процесс ионообразования будет несколько сложнее, т. к., например, чтобы перейти в ионное состояние

$$H_2 \rightarrow 2H^{\cdot} + 2\ominus,$$

молекула водорода должна лишиться двух электронов. Этот процесс оказывается возможным в том случае, если, с одной стороны, газообразный водород соприкасается с раствором, содержащим ионы водорода, и с другой — с проводником первого рода, неспособным к самостоятельному ионообразованию — с индифферентным электродом. Последними, в случае водорода например, могут быть уголь, платина, золото. В таком случае процесс перехода водорода в ионное состояние будет совершаться, а индифферентный электрод за счет оставляемых на нем водородом электронов зарядится до некоторого потенциала. Последний, однако, зависит не только от концентрации в растворе ионов водорода, противодействующих переходу водорода в ионное состояние, но и от давления, под которым находится газообразный водород. Переход газообразного водорода в ионное состояние будет совершаться в тем большей степени, чем под большим давлением он находится. Так как из молекулы водорода образуются два иона, то потенциал индифферентного водородного электрода в таком случае выразится уравнением:

$$\varepsilon = -\frac{0{,}0002}{n} T \lg \frac{P_{H_2}}{p^2_{H^{\cdot}}} = -\frac{0{,}0002}{2} T \lg \frac{P_{H_2}}{p^2_{H^{\cdot}}}$$

Это уравнение может быть преобразовано следующим образом:

$$\varepsilon = -\frac{0{,}0002}{2} T \lg \frac{P_{H_2}}{(RT)^2 C^2_{H^{\cdot}}} = -\frac{0{,}0002}{2} T \lg \frac{1}{(RT)^2} + \frac{0{,}0002}{2} T \lg \frac{C^2_{H^{\cdot}}}{P_{H_2}}. \quad (1)$$

Так как осуществление электрода, между которым и соприкасающимся с ним раствором не существовала бы разность потенциалов, т.-е. электрода с потенциалом, равным нулю (нулевой электрод), встречает ряд принципиальных затруднений, то по предложению Нернста электродом, потенциал которого условно считают равным нулю, принят нормальный водородный электрод, т.-е. индифферентный электрод, окруженный в верхней части газообразным водородом под давлением, равным одной атмосфере, и погруженный в раствор, в котором концентрация ионов водорода равна одному грамм-иону в литре. Потенциалы электродов, величина которых дается по водородному электроду, т.-е. принимая потенциал нормального водородного электрода равным нулю, обозначаются обычно знаком ε_h. Тогда потенциал водородного электрода, у которого давление газообразного водорода равно P_{atm}, а концентрация ионов водорода соот-

ветственно равна C_{H^+}, выразится уравнением:

$$\varepsilon = \frac{0{,}0002}{2} T \lg \frac{C^2_{H^+}}{P_{H_2}},$$

т. к. в уравнении (1) для нормального водородного электрода второе слагаемое обращается в нуль, а первое принимается равным нулю.

Из последнего ур-ния видно, что потенциал водородного электрода будет тем более отрицательным, чем выше давление газообразного электрода и меньше концентрация ионов водорода в растворе.

Если принять во внимание, что при процессе

$$Cl_2 + 2\ominus \rightarrow 2\,Cl'$$

потенциал хлорного электрода будет тем более положительным, чем больше хлора перейдет в ионное состояние, то очевидно, что потенциал хлорного электрода может быть выражен уравнением:

$$\varepsilon = \frac{0{,}0002}{2} T \lg \frac{P_{Cl_2}}{p^2_{Cl'}}.$$

Переход кислорода в ионное состояние, если растворителем, с которым соприкасается индифферентный электрод, является вода, происходит несколько сложнее, а именно:

$$O_2 + 4\ominus + 2H_2O \rightarrow 4\,OH',$$

и противодействие переходу кислорода в ионное состояние будут оказывать гидроксил-ионы. Поэтому потенциал кислородного электрода выразится ур-нием:

$$\varepsilon = \frac{0{,}0002}{4} T \lg \frac{P_{O_2}}{p^4_{OH'}}.$$

Окислительно-восстановительные потенциалы. Так как причиной возникновения разности потенциалов между электродом и раствором является возможность процесса, в результате которого на электроде или остаются избыточные электроны, или они забираются с него, то возможен еще один вид процессов, в результате которых электрод приобретает некоторый потенциал относительно раствора.

Процессы окисления и восстановления ионов, как то:

$$Fe'' \rightleftarrows Fe''' + \ominus$$

$$[Fe(CN)_6]'''' \rightleftarrows [Fe(CN)_6]''' + \ominus$$

$$MnO_4' + 8H^+ + 5\ominus \leftrightarrows Mn'' + 4\,H_2O,$$

сопровождающиеся в зависимости от направления их течения отдачей или восприятием электронов, очевидно могут послужить причиной возникновения потенциала на индифферентном электроде, погруженном в среду, содержащую вещества, указанные в приведенных химических ур-ях. Действительно, это и наблюдается, при чем, как не трудно сообразить, потенциал электрода становится тем более положительным, чем выше концентрация в растворе ионов с более высокой степенью окисленности и ниже концентрация ионов менее окисленных.

Величина потенциала индифферентного электрода, погруженного в растворы смесей указанных выше веществ (окислительно-восстановительный потенциал), может быть выражена ур-ми:

$$\varepsilon = \frac{0{,}0002}{1} T \lg \frac{C_{Fe'''}}{C_{Fe''}}$$

$$\varepsilon = \frac{0{,}0002}{1} T \lg \frac{C_{[Fe(CN)_6]''''}}{C_{[Fe(CN)_6]'''}}$$

$$\varepsilon = \frac{0{,}0002}{5} T \lg \frac{C_{MnO_4'} \cdot C^8_{H^+}}{C_{Mn''} \cdot C^4_{H_2O}}.$$

Нормальные потенциалы и электрохимический ряд напряжений. Ранее данное ур-ние потенциала металла относительно раствора его соли путем замены величины осмотического давления ионов металла через выражение $C = RTC$ может быть преобразовано в двухчленное, как это было сделано для водородного элемента:

$$\varepsilon = \frac{0{,}0002}{n} T \lg \frac{P_{Met}}{RT} + \frac{0{,}0002}{n} T \lg C.$$

В этом уравнении второй член, если концентрация соответствующих ионов равна одному грамм-иону на литр, обращается в нуль. В первом члене неизвестной величиной будет P_{Met} — электролитическая упругость растворения металла, так как ее непосредственно

нельзя измерить или вычислить. Но если соединить полуэлемент $\mathrm{Met}\,|\,\mathrm{Met}^{\cdot}_{c}$ в пару с нормальным водородным электродом, то, измерив эдс полученного элемента, можно найти численное значение потенциала металла для этого случая. Этот потенциал металла относительно раствора, в котором концентрация ионов металла равна 1 гр. ион/лит., называется *нормальным потенциалом металла* и обозначается через ε°_{h}. Тогда уравнение потенциала металла при любой концентрации его ионов в растворе приобретет вид:

$$\varepsilon_h = \varepsilon^{\circ}_h + \frac{0{,}0002}{n} T \lg C,$$

и потенциал металла может быть вычислен, если известна температура раствора и концентрация в нем ионов металла. Для газового электрода таким же образом может быть определен нормальный потенциал лишь с дополнительным условием, что давление газа при этом равно одной атмосфере. И тогда, напр. для хлорного электрода, получаем ур-ние:

$$\varepsilon_h = \varepsilon^{\circ}_h + \frac{0{,}0002}{2} T \lg \frac{P_{Cl_2}}{C^2_{Cl'}},$$

пользуясь которым можно вычислить потенциал хлорного электрода при любом давлении газообразного хлора и любой концентрации ионов хлора в растворе. Такую же величину нормального потенциала можно ввести и для окислительно-восстановительного электрода, понимая под ней потенциал индифферентного электрода в растворе, в котором концентрация каждого электрохимически активного вещества равна 1 гр.-иону/литр. Тогда потенциал окисно-закисного железа выразится уравнением:

$$\varepsilon_h = \varepsilon^{\circ}_h + \frac{0{,}0002}{1} T \lg \frac{C_{Fe^{\cdots}}}{C_{Fe^{\cdot\cdot}}}.$$

Ниже дана таблица нормальных потенциалов, обычно называемая „электрохимическим рядом напряжений".

Электрохимический ряд напряжений.

Электродный процесс	Потенциал при концентрации ионов, равной 1 гр. ион/лит. и комнатной температуре	Электродный процесс	Потенциал при концентрации ионов, равной 1 гр. ион/лит. и комнатной температуре
А. Образование катионов		Б. Образование анионов	
$Li \rightleftarrows Li^{\cdot}$	− 3,02	$4OH' \rightleftarrows O_2 + 2H_2O$	+ 0,41
$K \rightleftarrows K^{\cdot}$	− 2,92	$2J' \rightleftarrows J_2$ тверд.	+ 0,58
$Na \rightleftarrows Na^{\cdot}$	− 2,71	$2Br' \rightleftarrows Br_2$ раств.	+ 1,087
$Mg \rightleftarrows Mg^{\cdot\cdot}$	− 1,87	$2Cl' \rightleftarrows Cl_2$ газ	+ 1,36
$Mn \rightleftarrows Mn^{\cdot\cdot}$	− 1,10		
$Zn \rightleftarrows Zn^{\cdot\cdot}$	− 0,76	В. Перемена заряда иона	
$Cr \rightleftarrows Cr^{\cdot\cdot\cdot}$	− 0,56		
$Fe \rightleftarrows Fe^{\cdot\cdot}$	− 0,44	$Cu^{\cdot} \rightleftarrows Cu^{\cdot\cdot}$	+ 0,167
$Cd \rightleftarrows Cd^{\cdot\cdot}$	− 0,40	$Sn^{\cdot\cdot} \rightleftarrows Sn^{\cdot\cdot\cdot\cdot}$	+ 0,2
$Co \rightleftarrows Co^{\cdot\cdot}$	− 0,255	$[Fe(CN)_6]'''' \rightleftarrows [Fe(CN)_6]'''$	+ 0,44
$Ni \rightleftarrows Ni^{\cdot\cdot}$	− 0,250	$Fe^{\cdot\cdot} \rightleftarrows Fe^{\cdot\cdot\cdot}$	+ 0,75
$Sn \rightleftarrows Sn^{\cdot\cdot}$	− 0,140	$Co^{\cdot\cdot} \rightleftarrows Co^{\cdot\cdot\cdot}$	+ 1,79
$Pb \rightleftarrows Pb^{\cdot\cdot}$	− 0,130		
$H_2 \rightleftarrows 2H^{\cdot}$	± 0,000	Г. Собственно-окислительные процессы	
$Sb \rightleftarrows Sb^{\cdot\cdot\cdot}$	+ 0,20		
$Bi \rightleftarrows Bi^{\cdot\cdot\cdot}$	+ 0,226		
$As \rightleftarrows As^{\cdot\cdot\cdot}$	+ 0,30	$Mn^{\cdot\cdot} + 2H_2O \rightleftarrows MnO_2 + 4H^{\cdot}$	+ 1,35
$Cu \rightleftarrows Cu^{\cdot\cdot}$	+ 0,345	$Pb + 2H_2O \rightleftarrows PbO_2 + 4H^{\cdot}$	+ 1,44
$Ag \rightleftarrows Ag^{\cdot}$	+ 0,808	$Cl' + 3H_2O \rightleftarrows ClO_3' + 6H^{\cdot}$	+ 1,44
$2Hg \rightleftarrows 2Hg^{\cdot\cdot}$	+ 0,86	$Mn^{\cdot\cdot} + 4H_2O \rightleftarrows MnO_4' + 8H^{\cdot}$	+ 1,52
$Au \rightleftarrows Au^{\cdot\cdot\cdot}$	+ 1,38	$MnO_2 + 2H_2O \rightleftarrows MnO_4' + 4H^{\cdot}$	+ 1,63
$Au \rightleftarrows Au^{\cdot}$	+ 1,50	$O_2 + H_2O \rightleftarrows O_3 + 3H^{\cdot}$	+ 1,90

Необходимо отметить, что согласно теории полной диссоциации сильных электролитов в уравнения потенциалов Нернста следует ставить на место концентрации ионов соотв тствующую им при этой концентрации „активность", или умножать концентрацию на коэффициент активности: $f_a = \frac{a}{c}$, где a — „активность" и c — концентрация ионов. Для зависимости активности от диэлектрической постоянной растворителя, температуры, концентрации и зарядности ионов Шередом было выведено соответствующее ур-ние. Соответственно и нормальными потенциалами в этом случае будут потенциалы не при концентрации ионов, равной единице, а при активности их, равной единице, но они мало отличаются от вышеприведенных в таблице.

Следует отметить, что в гальванической паре есть еще одно место, где может возникнуть разность потенциалов — это граница соприкосновения двух растворов. Действительно, если соприкасаются, например, два раствора HCl: 0,1n и 0,01n. то при процессе диффузии из первого раствора во второй первыми, как обладающие большой подвижностью, будут проникать ионы водорода. Хотя вследствие наличия сил электростатического взаимодействия они не могут уйти от ионов хлора, но все же одна сторона границы соприкосновения слоя концентрированного и разбавленного электролита будет иметь повышенную концентрацию положительно заряженных ионов водорода, а другая — отрицательно заряженных ионов хлора, т.-е. на границе возникнет разность потенциалов. В таком случае величина разности потенциалов, возникающая за счет разности в скоростях диффузии анионов и катионов и называемая „диффузионной разностью потенциалов", согласно Нернсту будет выражаться уравнением:

$$E = \frac{l_K - l_A}{l_K + l_A} \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2},$$

где l_A и l_K — подвижности аниона и катиона электролита. Эту разность потенциалов приходится иногда учитывать при измерениях эдс гальванических пар. Чаще же ее стараются уничтожить, вставляя между такими растворами концентрированный раствор электролита, у которого ионы обладают приблизительно одинаковой подвижностью (напр., KCl, KNO_3). Тогда при диффузии этого электролита в оба боковых раствора, как не трудно сообразить, диффузионной разности потенциалов не возникает. Как видно из ряда напряжений, нормальные потенциалы металла относительно ионов различной валентности различны. Связь между величиной этих потенциалов и потенциалом перехода иона высшей валентности в низшую была установлена Лютером. При обратимо протекающем процессе работа процесса не зависит от пути, а лишь от начального и конечного состояния системы. Поэтому если процесс протекает электрохимически и:

$$Cu \to Cu^{\cdot\cdot} \qquad A_1 = 2F\varepsilon_{Cu \to Cu^{\cdot\cdot}}$$

$$Cu \to Cu^{\cdot} \qquad A_2 = F\varepsilon_{Cu \to Cu^{\cdot}}$$

$$Cu^{\cdot} \to Cu^{\cdot\cdot} \qquad A_3 = F\varepsilon_{Cu^{\cdot} \to Cu^{\cdot\cdot}},$$

то

$$A_1 = A_2 + A_3, \text{ т.-е. } 2F\varepsilon_{Cu \to Cu^{\cdot\cdot}} = \varepsilon_{Cu \to Cu^{\cdot}} F + \varepsilon_{Cu^{\cdot} \to Cu^{\cdot\cdot}} F,$$

откуда

$$\varepsilon_{Cu \to Cu^{\cdot\cdot}} = \frac{\varepsilon_{Cu \to Cu^{\cdot}} + \varepsilon_{Cu^{\cdot} \to Cu^{\cdot\cdot}}}{2}.$$

Следует, однако, иметь в виду, что, например, при наличии в растворе ионов закисного и окисного железа в присутствии металлического железа должно иметь место химическое равновесие:

$$3Fe^{\cdot\cdot} \rightleftarrows 2Fe^{\cdot\cdot\cdot} + Fe,$$

а последнее возможно при условии, что:

$$\varepsilon_{Fe \to Fe^{\cdot\cdot}} = \varepsilon_{Fe \to Fe^{\cdot\cdot\cdot}} = \varepsilon_{Fe^{\cdot\cdot} \to Fe^{\cdot\cdot\cdot}},$$

т.-е. при определенном соотношении ионов окисного и закисного железа. Если в исходном растворе этого не было, возникнет процесс, протекающий в определенном направлении. Поэтому при введении в раствор соли окиси железа металлического железа она почти целиком превращается в соль закиси, т. к. равенство потенциала железа относительно окисных и закисных

ионов последнего может установиться лишь при весьма малой концентрации ионов $Fe^{\cdots}$ и весьма высокой концентрации ионов $Fe^{\cdot\cdot}$.

Напряжение разложения электролитов и электродные процессы при электролизе. Если два медных электрода погружены в раствор какой-нибудь медной соли (напр., $CuSO_4$), то при приключении к электродам внешнего источника постоянного тока прохождение тока начинается уже при ничтожно малой разности потенциалов. Сила тока с возрастанием извне приложенного напряжения возрастает пропорционально последнему (во всяком случае при низких плотностях тока), и зависимость этих двух величин может быть выражена прямой линией (рис. 3), наклон ко-

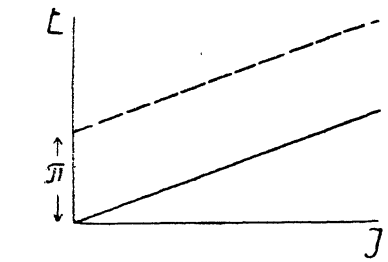


Рис. 3.

торой к оси абсцисс зависит от концентрации электролита, расстояния между электродами и их поверхности, иначе говоря, от сопротивления столба электролита, заключенного между электродами. Таким образом оказывается, что к этому случаю вполне применим закон Ома: $E = IW$, где E—разность потенциалов между электродами, I—сила проходящего через электролит тока и W—сопротивление электролита. Что такая зависимость в этом случае должна наблюдаться, вытекает из следующих рассуждений. До электролиза оба электрода обладали одинаковыми потенциалами ε, т. к. на обоих имело место равновесие $Cu \rightleftarrows Cu^{\cdot\cdot} + 2\ominus$ вследствие одинаковой концентрации ионов у электрода, ибо они были погружены в один и тот же раствор. Приключив к аноду положительный полюс, мы вызвали уход части электронов с электрода во внешнюю цепь. Потенциал электрода поэтому сделался положительнее на какую-то величину $\Delta\varepsilon$ и вследствие нарушения равновесия начался процесс $Cu \rightarrow Cu^{\cdot\cdot} + 2\ominus$. Обратно, приключив отрицательный полюс внешнего источника тока к катоду, мы подвели к электроду дополнительное количество электронов, что вызвало изменение потенциала электрода на величину $-\Delta\varepsilon$ и, вследствие нарушения равновесия, пошел процесс $Cu^{\cdot\cdot} + 2\ominus \rightarrow Cu$. Таким образом, если у нас через такую систему протекает ток силой J амп. при сопротивлении электролита равном W ом, то падение напряжения в участке цепи анод—электролит—катод будет равно:

$$E = IW + [(\varepsilon_A + \Delta\varepsilon) - (\varepsilon_K - \Delta\varepsilon)];$$

но $\varepsilon_A = \varepsilon_K$, а поэтому

$$E = IW + 2\Delta\varepsilon \sim IW,$$

т. к. при малой силе тока величина $\Delta\varepsilon$ (что на самом деле и имеет место) настолько мала, что ею можно пренебречь.

Как дополнительное следствие, из всех этих рассуждений вытекает, что потенциал разряда катиона будет всегда более отрицателен, чем потенциал равновесия, а потенциал образования его более положителен.

Путем аналогичных рассуждений относительно электрода, на котором образуются анионы (напр., $Cl_2 + 2\ominus \rightarrow 2Cl'$), можно заключить, что потенциал разряда аниона более положителен, чем потенциалы равновесия, а потенциал образования более отрицателен.

Введя понятие потенциал разряда иона, легко истолковать явления, наблюдающиеся, например, при электролизе раствора $CuCl_2$, если в отличие от предыдущего случая анодом взять графитовую пластинку, т.-е. исключить возможность образования катионов на аноде при электролизе. Тогда зависимость между напряжением и силой тока выразится тоже прямой линией, но выходящей не из начала координат, а отсекающей на оси ординат какое-то первоначальное напряжение π, при достижении которого лишь может начаться электролиз (рис. 3). Это напряжение, ниже которого электролиз не имеет места, называется „напряжением разложения“ данного

электролита. Зависимость между напряжением и силой тока в этом случае уже выразится ур-нием: $E = IW + \pi$. Величина π по предыдущему, очевидно, может быть выражена ур-ем:

$$\pi = (\varepsilon_A + \Delta\varepsilon) - (\varepsilon_K - \Delta\varepsilon).$$

Но в данном случае $\varepsilon_A \neq \varepsilon_K$, т. к. на катоде при электролизе здесь выделяется медь, а на аноде—газообразный хлор при соответствующем потенциале разряда ионов хлора. Таким образом очевидно, что напряжение разложения есть разность потенциала разряда аниона и катионов, имеющая место при таком виде электролиза—с нерастворимым анодом.

Исследование напряжений разложения водных растворов целого ряда электролитов было произведено Лебланом и привело к весьма важным для теории электролиза следствиям. Ряд значений π, полученных им, дан в нижеследующей таблице:

Напряжение разложения водных растворов электролитов.

Электролит	π в вольтах	Электролит	π в вольтах	Электролит	π в вольтах	Электролит	π в вольтах	Электролит	π в вольтах
H_2SO_4	1,67	HCl2n	1,26	NaOH	1,69	$NiSO_4$	2,04	$Cd(NO_3)_2$	1,98
HNO_3	1,69	$HCl^1/_8n$	1,41	KOH	1,67	$NiCl_2$	1,85	$CdSO_4$	2,03
$HClO_4$	1,65	$HCl^1/_{16}n$	1,62	$ZnSO_4$	2,35	$Pb(NO_3)_2$	1,52	$CdCl_2$	1,88
H_3PO_4	1,70	$HCl^1/_{32}n$	1,69	$ZnBr_2$	1,80	$AgNO_3$	0,70	HBr2n	0,94

Из данных таблицы первым долгом обращает на себя внимание практически одинаковое напряжение разложения кислородных кислот и щелочей. В то же время оно практически не зависит от их концентрации, а напряжение разложения HCl возрастает с разбавлением и в разбавленных растворах становится равным тому, которое наблюдается для кислородных кислот и щелочей. Это же имеет место и для HBr.

При электролизе водных растворов кислородных кислот и щелочей на катоде выделяется водород, а на аноде кислород; при электролизе же концентрированных растворов HCl на аноде выделяется хлор, и лишь в разбавленных растворах, когда напряжение разложения станет равным напряжению кислородных кислот, этот процесс сменяется выделением кислорода. На основе этого Леблан пришел к заключению, что если при электролизе водных растворов электролитов на аноде выделяется кислород, а на катоде водород, то это является следствием разряда H^+ и OH'. Электролиз в таком случае происходит за счет разряда ионов воды, т.-е. здесь наблюдается первичное разложение воды. Это вполне подтверждается практически одинаковым напряжением разложения водных растворов $Cd(NO_3)_2$ и $CdSO_4$, т. к. это есть следствие тождественности катодного ($Cd^{\cdot\cdot} + 2\ominus \rightarrow Cd$) и анодного ($4OH' \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4\ominus$) процессов.

На основе понятия „потенциал разряда иона“ понятно также соотношение напряжений разложения $Pb(NO_3)_2$ и $AgNO_3$, т. к. при равенстве анодного потенциала, требующегося на происходящий в обоих случаях разряд OH', при концентрации ионов свинца равной концентрации $Ag^{\cdot}$ потребуется для разряда его ионов более электроотрицательный потенциал, что и вызывает для $Pb(NO_3)_2$ большую величину напряжения разложения сравнительно с $AgNO_3$.

Из всего предыдущего следует, что на катоде при отсутствии каких-либо осложнений будут разряжаться катионы, требующие для этого наименее отрицательного потенциала, а на аноде—анионы с наименее положительным потенциалом разряда.

Поэтому, если приготовить раствор, содержащий $CdCl_2$ и $ZnBr_2$, то при электролизе с малой силой тока на аноде будет выделяться бром, а на катоде кадмий, т. к. эти ионы дают пару с наименьшим напряжением разложения.

Поляризация. Потенциал катодного разряда или анодного образования ионов металла практически совпа-

дает с потенциалом равновесия, но это наблюдается лишь при весьма малых силах тока. При повышении плотности тока наблюдается заметное отклонение потенциала электрода от этого значения, и отклонение тем больше, чем выше плотность электролизирующего тока.

Кривые зависимости степени отклонения потенциала от плотности тока для анода и катода — степень поляризации электродов — имеют вид, подобный изображенному на рис. 4 (I *а* и *к*). Как видно, потенциал катода с повышением плотности тока

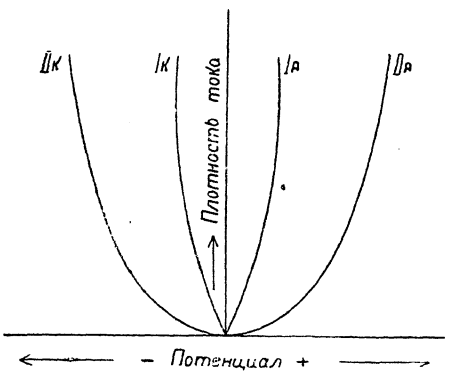


Рис. 4.

постепенно становится отрицательнее, а потенциал анода — положительнее. Причина такого хода изменения потенциала катода заключается в том, что по мере разряда катионов слой раствора, прилегающий к катоду, обедняется ионами металла, т. к. в силу недостаточной скорости диффузии убыль их в катодном слое не успевает восполняться. Понижение же концентрации ионов металла в растворе, находящемся в соприкосновении с металлом, как следует из ур-ния Нернста, вызывает смещение значения потенциала к более отрицательным значениям. Обратно, в анодном пространстве при электролизе концентрация ионов металла повышается, т. к. они не успевают отдиффундировать, а поэтому потенциал анода изменяется в сторону более положительных значений. Так как с повышением температуры скорость диффузии увеличивается, то и поляризация электродов при этом уменьшается. Этот вид поляризации, возникающий из-за недостаточной скорости диффузии ионов и поэтому носящий наименование д и ф ф у з и о н н о й п о л я р и з а ц и и, тем сильнее выражен, чем выше плотность тока и ниже концентрация раствора. Ясно также, что диффузионная поляризация может быть практически уничтожена энергичным перемешиванием раствора.

Однако, помимо наличия лишь только диффузионной поляризации, что имеет место, напр., при электролизе $Pb(NO_3)_2$, $AgNO_3$ и $CuSO_4$, в целом ряде случаев имеет место сильная поляризация электродов, которая не уничтожается перемешиванием (рис. 4, II *а* и *к*). Это имеет место, когда электровыделение металла происходит из комплексной соли, в которой металл входит в комплексный ион. Что поляризация здесь весьма значительна, видно из данных нижеследующей таблицы.

Плотность тока	ε_h^{Cu} в n$CuSO_4$	Δε	ε_h^{Cu} в 0,1 n $KCu(CN)_2$ + + nKCN	Δε	ε_h^{Zn} в n$ZnSO_4$	Δε	ε_h^{Zn} в 0,1 n $K_2Zn(CN)_4$ + + nKCN	Δε
0,000	0,302	—	—0,610	—	—0,795	—	—1,033	—
0,001	0,273	0,029	—0,770	0,160	—0,829	0,034	—1,120	0,087
0,003	0,262	0,040	—1,120	0,510	—0,838	0,043	—1,25	0,217

Так как в растворе имеет место равновесие $Cu(CN)'_2 \rightleftarrows Cu^{\cdot} + 2CN'$, или $Zn(CN)''_4 \rightleftarrows Zn^{\cdot\cdot} + 4\,CN'$, которое при электролизе нарушается, при чем в катодном пространстве вследствие разряда ионов металла происходит реакция, протекающая слева направо, а в анодном вследствие образования ионов металла—справа налево, то ясно, что концентрация ионов в слоях электро-

лита, прилегающего к электродам, будет зависеть от скорости соответствующих химических процессов. Если скорость процесса недостаточно велика по сравнению со скоростью разряда или образования ионов, то будет иметь место изменение концентрации последних в католите и анолите, что и вызовет поляризацию электродов. Здесь поляризация возникает из-за недостаточной скорости химических процессов, и она, по предложению Ферстера, названа „химической поляризацией".

обратимого выделения водорода легко вычисляется из ур-ния:

$$\varepsilon_n = \frac{0{,}0002}{2} T \lg \frac{C^2_{H'}}{P_{H_2}}.$$

Однако, это имеет место лишь на платиновом или платинированном электроде. На электродах из других металлов, как видно из рис. 5, выделение водорода сопровождается сильной поляризацией, степень которой и выражается уравнением $\eta = a - b \ln D_k$, и

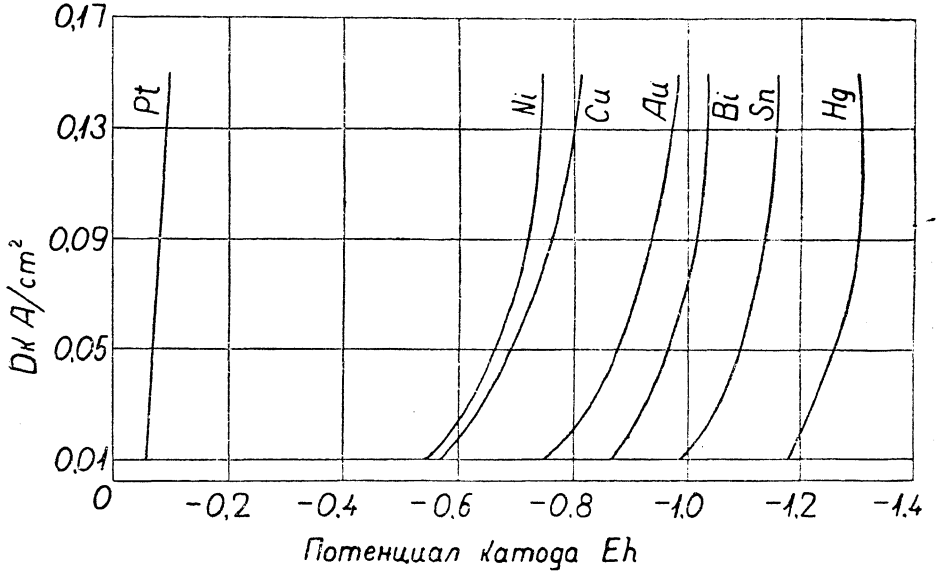


Рис. 5.

Химическая поляризация наблюдается и в случае электролиза простых солей таких металлов, как, например, Ni, Co, Fe, что, по мнению Леблана, объясняется недостаточной скоростью дегидратации или гидратации соответствующих ионов, т.-е. реакциями:

$$[Fe(H_2O)_n]^{\cdot\cdot} \rightarrow Fe^{\cdot\cdot} + nH_2O$$

и

$$Fe^{\cdot\cdot} + nH_2O \rightarrow [Fe(H_2O)_n]^{\cdot\cdot}.$$

Так как скорость химических процессов сильно возрастает с повышением температуры, то соответственно этому и степень химической поляризации при этом резко снижается.

П е р е н а п р я ж е н и е. Потенциал зависит от плотности тока D_k. Но в первую очередь перенапряжение определяется металлом, из которого сделан электрод. Это явление носит название „перенапряжения" (иногда „сверхнапряжения") и объясняется поразному. Одни, как Тафель, видят причину этого в недостаточной скорости процесса перехода атомарного водорода в молекулярный: $2H \rightarrow H_2$, по-различному катализируемого различными металлами-электродами. Другие, как Эрдей-Грунц и Фольмер, видят причину перенапряжения в недостаточной скорости процесса разряда ионов водорода $H^{\cdot} + \ominus \rightarrow H$.

Явление перенапряжения наблюдается также и при анодном выделении

кислорода или хлора. Металлы по степени перенапряжения на них этих веществ образуют ряды, индивидуальные для каждого из газов и отличные от наблюдаемого для водорода.

В том случае, если поляризация при выделении какого либо металла и перенапряжение водорода на этом металле по величине мало различаются друг от друга, то при наличии в растворе H ионов и ионов металла наблюдается совместное выделение и металла и водорода на катоде. Соотношение количеств выделяющихся металла и водорода зависит от относительного расположения поляризационных кривых. Из рис. 6 и 7 видно, что в первом случае будет

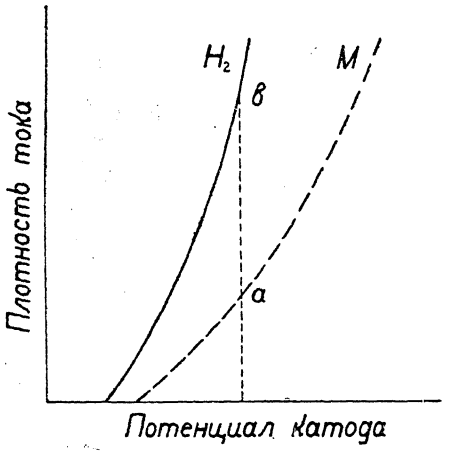


Рис. 6.

с повышением плотности тока возрастать количество выделяющегося водорода (b—a) и во втором металла.

Электровосстановление и электроокисление при электролизе. Помимо процессов, заключающихся в изменении заряда иона, как, например:

$$Fe^{\cdots} + \ominus \rightarrow Fe^{\cdot\cdot}$$
$$[Fe(CN)_6]''' + \ominus \rightarrow [Fe(CN)_6]'''',$$

протекающих с более или менее заметно выраженной поляризацией на катоде, при электролизе возможны процессы электровосстановления путем взаимодействия вещества, присутствующего в растворе, с атомами водорода, образующимися при разряде $H^{\cdot}$. Примером этого является восстановление иона азотной кислоты в азотистую $2H^{\cdot} + 2\ominus \rightarrow 2H$, $NO_3' + 2H \rightarrow NO_2' + H_2O$: или восстановление нитробензола в анилин:

$$6H^{\cdot} + 6\ominus \rightarrow 6H$$
$$C_6H_5NO_2 + 6H \rightarrow C_6H_5NH_2 + 2H_2O.$$

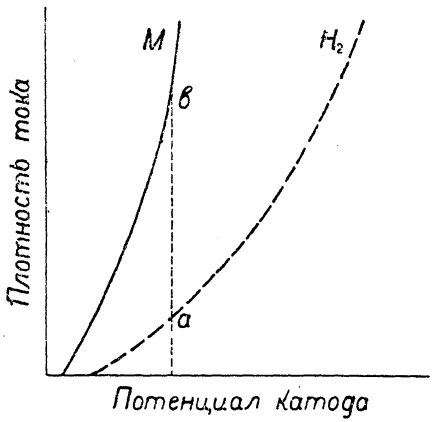


Рис. 7.

Следует отметить, что восстановление будет происходить лишь при возможности создания соответствующего потенциала на электроде. Если же водород сможет выделяться при более низком потенциале, то он будет удаляться в виде газа, не производя восстановления. Точно так же, если при некотором потенциале катода возможно произвести восстановление частично (напр., нитробензола лишь до азобензола), то при более отрицательном потенциале будет образовываться более восстановленный продукт (напр., анилин из нитробензола). Кроме того, следует подчеркнуть, что помимо влияния величины потенциала имеет большое значение и каталитическое действие металла электрода. Азотная кислота на железном электроде восстанавливается лишь до азотистой, а на медном до аммиака.

Процессы анодного окисления имеют полную аналогию с электровосстановлением, т.-е. возможны процессы:

$$Fe^{\cdot\cdot} \rightarrow Fe^{\cdots} + \ominus$$
$$[Fe(CN)_6]'''' \rightarrow [Fe(CN)_6]''' + \ominus;$$

или, например, окисление ацетальдегида в уксусную к-ту, т.-е.:

$$2OH' \rightarrow 2OH + 2\ominus$$
$$CH_3COH + 2OH \rightarrow CH_3COOH + H_2O.$$

Интересны также процессы образования надкислот путем соединения нескольких частично разреженных ионов:

$$2SO_4'' \rightarrow S_2O_8'' + 2\ominus$$
$$2CO_3'' \rightarrow C_2O_6'' + 2\ominus.$$

Так можно получать электролизом соли надсерной, надугольной, надфосфорной и др. надкислот.

Литература: *K. Kremann und K. Müller*, „Elektromotorische Kräfte, Elektrolyse und Polarisation". Teil I—II.

П. Титов.

Электрохимия прикладная. Электрохимические процессы главным образом используются в двух областях техники. Первая область—это получение и рафинировка металлов, а потому этот раздел технологии обычно называется *электрометаллургией*. Вторая область—это получение путем электролиза химических элементов неметаллического характера и разнообразных химических соединений. Эта область может быть названа *электрохимической технологией*. Конструкции технических гальванических элементов и область их применения здесь рассматриваться не будут (см. *гальванизм* и *аккумуляторы*).

Электрометаллургия. Наиболее старым и имеющим наибольший объем процессом является электролитическая рафинировка меди. Достаточно указать, что в США за 1929 г. было получено 1.200.000 *т* электролитной меди, а в качестве побочных продуктов—1.200 *т* серебра и 12 *т* золота.

При электролитическом рафинировании (см. XXIX, прил. *медные руды*, 493/94) медь, употребляемую в качестве анодов и содержащую 98—99% Cu, переводят в раствор в виде сернокислой меди и выделяют из последнего на катоде. При этом катодная медь получается с содержанием 99,95—99,99% Cu. Из загрязняющих исходную медь примесей одни, переходя в раствор, не выделяются на катоде (никель, цинк), другие, образуя плохо растворимые соединения, выпадают в осадок (свинец, сурьма, висмут, мышьяк, серебро), и третьи, по мере растворения анода, не переходя в раствор, ссыпаются с него. Осадок, образующийся на дне электролитической ванны вследствие вышеуказанных процессов, называется анодным шламом. Для иллюстрации результатов процесса может служить следующая таблица:

	Анодная медь	Катодная медь	Анодный шлам
Cu	99,25%	99,95—99,99%	11,01 - 57,00
Ag	0,34	0,0001—0,0001	12,9 —35,15
Au	0,001	—	0,034— 5,1
Pb	0,01	0,001 - 0,01	следы— 5,26
Bi	0,002	0,0002	0,34— 7,7
As	0 03	0,01	1,00— 3,80
Sb	0,05	0,0008—0,003	2,00 — 7,86
Fe	следы	0,00	—
Ni	0,002	—	—
Se	0,01	—	0,30— 1,72
Te			1,00— 3,97

Анодный процесс при рафинировке заключается в переходе металлической меди в виде $Cu^{\cdot\cdot}$ в раствор. Однако, в некоторой степени происходит и процесс образования $Cu^{\cdot}$. Но в растворе возникают процессы:

$$Cu_2SO_4 + O + H_2SO_4 \rightarrow 2CuSO_4 + H_2O$$
$$Cu_2SO_4 + H_2O \rightarrow Cu_2O + H_2SO_4$$
$$2Cu^{\cdot} \rightarrow Cu^{\cdot\cdot} + Cu_{\downarrow},$$

в результате которых часть меди уходит в шлам, при чем расходуется серная кислота. Чтобы избежать этих нежелательных побочных реакций, необходимо применять: 1) не слишком малую плотность тока, 2) не слишком высокую температуру электролита, 3) не сильно концентрированные растворы сернокислой меди, 4) подкисление раствора.

В техническом электролизе обычно работают с растворами, содержащими 12—16% $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ и 5—10% H_2SO_4 при температуре 40—50° и плотности тока в пределах 150 - 300 А/м². Так как As, Sb и Bi, являющиеся весьма нежелательными примесями, с анода переходят в раствор и лишь после гидролиза образовавшихся солей выпадают в осадок в виде основных солей и окисей, то имеется опасность загрязнения этими металлами катодной меди. Поэтому предпочитают на рафинировку пускать возможно более высокопроцентную медь с содержанием Cu во всяком случае не ниже 98%. Чем чище анодная медь, тем более высокую плотность тока можно применять без опасности загрязнить катодную медь. Кроме того, более чистая анодная

медь дает возможность реже заменять загрязненный электролит свежим. Из анодного шлама после извлечения меди извлекаются сконцентрировавшиеся в нем серебро и золото.

В технике в настоящее время применяют две системы электролиза: параллельного включения и последовательного. В первой все катоды ванны соединены между собой параллельно, как и аноды (рис. 1), отдельные же

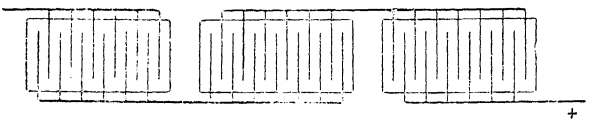


Рис. 1.

ванны соединяются последовательно в серию. Ванны, обычно деревянные, изнутри выложенные свинцом, располагаются каскадом, и циркулирующий электролит перетекает последовательно из верхней ванны в нижние (рис. 2). Из последней ванны он течет в сборный чан, откуда аэролифтом подается в верхний питательный чан. Электроды имеют размер в пределах 0,5—0,7 $м^2$ и расположены на расстоянии 5 $см$ друг от друга.

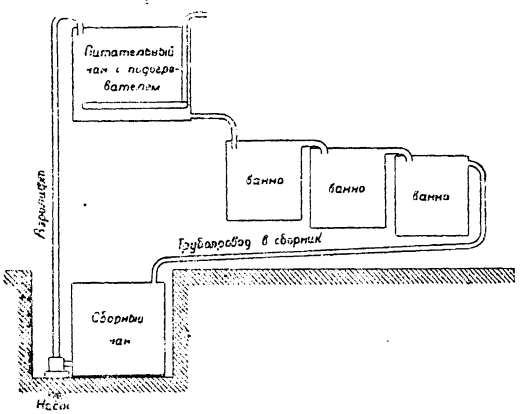


Рис. 2.

Падение напряжения в ванне обычно равно 0,25 вольт.

При последовательной системе Гайдена аноды из вальцованной меди плотно вставляются в пазы стенок и дна ванны и помещаются на расстоянии 1 $см$ друг от друга. Ток подводится лишь к двум крайним электродам (рис. 3), средние электроды являются биполярными, т.-е. с одной стороны они растворяются (зачерненная часть), а на другой откладывается электролитная медь (заштрихованная часть). Режим электролиза здесь такой же, как и в параллельной системе.

Выход по току в параллельной системе около 96%, в последовательной— в виду неизбежных утечек тока—не выше 90%, но падение напряжения в ней между электродами равно лишь 0,15 вольт.

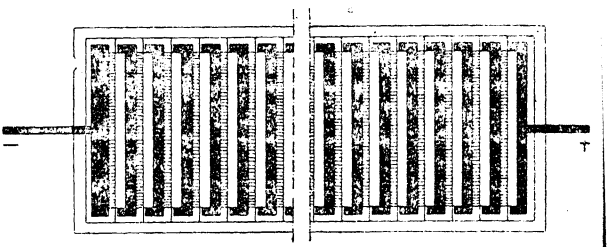


Рис. 3.

Поэтому затрата электрической энергии в последовательной системе на тонну электролитной меди меньше, но эта система требует для обслуживания более квалифицированного персонала и затрат на вальцовку анодов, тогда как в параллельной системе аноды применяются литые и литье их механизировано.

Электрорафинировка серебра (по Мебиусу) проводится обычно над металлом с содержанием около 95% серебра. Значительно реже рафинируемый металл содержит 70—80% серебра. При рафинировке загрязняющая металл медь переходит в раствор, где и остается, а в получающемся на анодах шламе концентрируется золото и платиновые металлы. Электролиз производится обычно в керамических ваннах, где аноды и катоды соединены параллельно. Аноды по-

мещаются в натянутые на рамки парусиновые мешки, на дне которых собирается шлам. Серебро на катодах, которые делаются из листового алюминия или серебра, выделяется в виде рыхлого кристаллического осадка и систематически соскабливается с катодов с помощью двузубчатых вилок. Осаждаясь на дно ванны, серебро оттуда периодически вычерпывается и переплавляется в слитки. Электролит содержит обычно 1—2% азотнокислого серебра и 1% азотной кислоты и во время электролиза постепенно обогащается медью. Когда содержание в нем меди достигнет 5%, электролит подвергают регенерации. Тогда оставшееся в растворе серебро вытесняется медью, а медь выделяется электролизом при нерастворимых анодах. Применяемая при электрорафинировке плотность тока обычно лежит в пределах 200—250 А/м², падение напряжения на каждой ванне около одного вольта, и выход по току составляет 96—97%. Катодное серебро содержит обычно 99,6—99,9% серебра и (как примесь) медь.

Так как в этих ваннах аноды могут быть растворены лишь на 75—80%, то анодные остатки дорабатывают обычно в ваннах Бальбаха-Тума (рис. 4). Здесь аноды помещаются в решетчатый ящик с расположенной на дне тканью, и ток подводится к ним сверху. Серебро выделяется на графитовом днище ванны и вычерпывается после сдвигания к другой стороне ящика с анодами. Режим электролиза здесь такой же, как и в ваннах Мебиуса, и аноды могут быть доработаны до 95%. Ванны с ленточным катодом, двигающимся во время электролиза и выносящим осевшее серебро из ванны наружу, так называемые „банд-аппараты", до сих пор особого распространения из-за ряда недостатков не получили.

Электрорафинаж золота обычно является последней стадией его очистки. Аноды из золота сырца содержат 94% золота, 5% серебра и 1% других металлов (свинец, металлы платиновой группы, медь, цинк). Электролиз по способу, разработанному Вольвиллем, ведется из раствора, содержащего 50 *гр*/литр золота в виде $HAuCl_4$ и 25 *гр*/литр свободной соляной кислоты при температуре 60—70°С. В фарфоровые ванны помещаются аноды, завешиваемые на подводящих ток штангах по нескольку в ряд (4—6 шт.), и соответствующее количество катодов из листового чистого золота. Анодные, как и катодные штанги соединены параллельно. Плотность тока при анодах с высоким содержанием золота применяется в 3.000 А/м² и при низко-пробном—в 1.000 А/м². На катодах золото отлагается в виде плотного массивного осадка. Анодный процесс вследствие наличия поляризации протекает как с образованием ионов трехвалентного золота, $Au \rightarrow Au''' + \ominus 3$, так и одновременно с образованием одновалентного $Au \rightarrow Au' + \ominus$. Т. к. в растворе должно иметь место равновесие: $3\ Au' \rightleftarrows Au''' + Au$, а анодное растворение золота происходит с избыточным относительно равновесного состояния

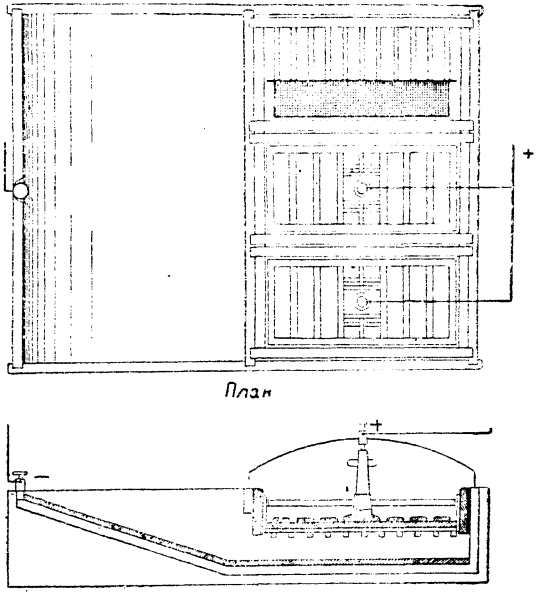


Рис. 4.

образованием ионов одновалентного золота, то в растворе происходит процесс выделения в шлам металлического золота: $3Au^{\cdot} \rightarrow Au^{\cdot\cdot\cdot} + 2Au\downarrow$. Этот процесс при неправильном режиме электролиза может уводить в шлам до 20% золота. Анодная поляризация, как нашел Вольвилль, значительно уменьшается при наложении переменного тока. Последнее, кроме того, заставляет спадать с анодов образующиеся на них хлористое серебро и свинец, т.-е. предотвращает механическую пассивность анодов. Поэтому такое наложение переменного тока при электролизе золота в настоящее время обязательно проводится.

Из платиновых металлов в раствор переходит большая часть платины и палладий. По мере накопления их в растворе, электролит после предварительного осаждения золота химически перерабатывается для извлечения этих металлов.

Электролитическая рафинировка свинца и висмута. Электрорафинировкой свинца пользуются для получения особо чистого металла для специальных целей (напр., производство свинцовых аккумуляторов), а так же для выделения висмута из свинца с высоким содержанием этого металла. Электролиз проводится в деревянных ваннах, покрытых слоем какого-либо кислотостойкого материала, и электроды соединяются параллельно. Наиболее распространенным электролитом, предложенным Беттсом, является раствор кремнефтористого свинца (80 *гр*/литр Pb) и свободной кремнефтористоводородной кислоты (100 *гр*/литр). Для получения более гладкого осадка катодного свинца в раствор вводится желатин (0,1 *гр*/л.). Плотность применяемого тока обычно равна 150 А/$м^2$, падение напряжения в ванне составляет 0,35 вольт, и выход по току обычно равен 90%. В нижеследующей таблице представлен результат рафинирования:

	Анодный свинец %	Катодный свинец %
Pb	98.1	99.996
Ag	0.61	0.0001
Sb	0.7	0.0003
Cu	0.23	0,0005
As	0.19	следы
Bi	0.1	—
Sn	0.03	0,0001
Fe	0.01	0,0013
Au	0,007	—

Кроме этого электролита, применяют иногда растворы свинцовой соли борофтороводородной или хлорной кислоты, но эти электролиты менее распространены.

При рафинировке свинца, богатого висмутом, анодный шлам может содержать до 80% этого металла и по сплавлении его может быть подвергнут электрорафинировке с получением чистого висмута на катоде. Электролиз ведется из раствора кремнефтористого висмута, содержащего свободную кремнефтористоводородную кислоту. Условия электролиза практически те же самые что и при рафинировке свинца.

Электрорафинировка других металлов, как то: железа, никеля, олова и сурьмы, сколь-либо широкого распространения до сих пор не получила, хотя в отдельных случаях и применяется (никель).

Гидроэлектрометаллургическая переработка руд в настоящее время применяется лишь для получения меди и цинка. Задачей здесь является перевод содержащегося в руде металла в раствор путем действия соответствующего реагента и последующего выделения металла на катоде электролизом с применением нерастворимого анода. Медь, встречающаяся главным образом в виде сульфитных руд, несмотря на многочисленные исследования, проводимые в этой области, из сульфитов гидроэлектрометаллургически не перерабатывается. Переработке этим методом подвергаются медные окисленные руды. В широких размерах это проводится фирмой Chile Copper Co в Chuquicamata в Чили, где работает завод с производительностью 60.000 *т* электролитической меди в год. Измельченная руда с содержанием

около 1,6% меди подвергается выщелачиванию раствором, содержащим 5,5% серной кислоты и 1,5% меди. При этом получается раствор с 5% меди и некоторым остатком свободной серной кислоты. В руде остается неизвлеченным около 12% от содержащейся меди. Из вредных примесей в раствор переходят Cl' и железо.

Первый удаляется путем обработки раствора порошкообразной металлической медью; при этом выпадает труднорастворимая хлористая медь:

$$CuCl_2 + Cu \rightarrow 2CuCl\downarrow.$$

Железо, находящееся в растворе, вызывает сильное снижение выхода тока, т. к. при электролизе происходит восстановление железа из трехвалентного в двухвалентное на катоде и обратное окисление его на аноде:

$$Fe''' \ominus + \leftarrow Fe'' \quad \text{(на катоде)}$$
$$Fe'' \rightarrow Fe''' + \ominus \quad \text{(на аноде)}.$$

Поэтому перед электролизом большую часть железа удаляют, например действием на горячий раствор окисью меди при продувании воздуха:

$$2FeSO_4 + O + 2CuO \rightarrow Fe_2O_3 + 2CuSO_4,$$

а оставшееся железо восстанавливают до закисного (напр., действием сернистого газа). Очищенный раствор подвергают электролизу при плотности тока на катоде в 120 $А/м^2$, выделяя электролитную медь, содержащую 99,96% Cu. Чтобы избежать накопления в растворе загрязнений, лишь 85% раствора из электролитных ванн возвращают на выщелачивание, а из 15%, выделив медь цементацией ее железным скрапом: $CuSO_4 + Fe \rightarrow FeSO_4 + Cu\downarrow$, раствор выбрасывают.

В качестве материала для нерастворимых анодов можно употреблять свинец, но в рудах Чили содержится NO_3', и там для анодов применяют сплав Chilex, содержащий 60% Cu, 5% Si, 8% Fe и 7% других металлов (Pb?).

Электролитический цинк, производство которого началось с 1914 г., в настоящее время получил широкое распространение благодаря его высокой чистоте (*см.* XLV, ч. 3, 436). В СССР в 1934 г. пущен первый завод электролитного цинка в г. Орджоникидзе; строятся и другие заводы.

Гидроэлектрометаллургической переработке обычно подвергают свинцово-цинковые руды, которые предварительно обогащаются путем селективной флотации. При этом получают концентраты: один—обогащенный свинцом, другой — цинком. Последний обычно имеет состав:

Цинка	50%
Свинца	7%
Меди	3%
Железа	15%
Серебра	514 *гр/т*.

Концентрат этот подвергается обжигу в механических печах, при этом большая часть сернистого цинка переходит в окись цинка и некоторая часть в сульфат. Обжиг стараются вести при не слишком высокой температуре, т. к. иначе образуются ферриты цинка, из которых цинк разбавленной серной кислотой не извлекается.

Дальнейшая переработка в настоящее время совершается по двум основным методам. Первый, более старый, так наз. стандартный способ, проводится по схеме рис. 5. Первой стадией процесса является выщелачивание, которое

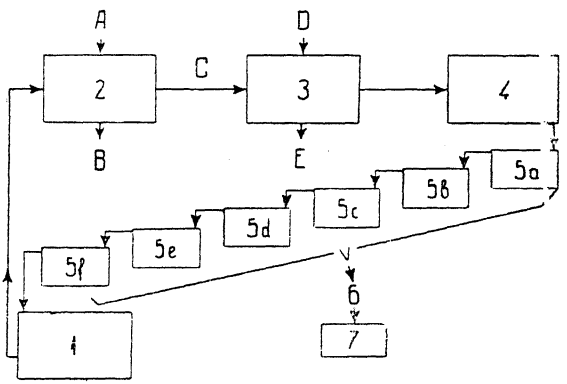


Рис. 5. A—обожженная руда; 2—выщелачивание; B—остаток, содержащий Pb, Fe, SiO_2, As, Sb (в свинцовую плавку); C—загрязненный нейтральный раствор: D—цинковая пыль; 3—очистка; E—осадок, содержащий Cu, Co, Cd, (Zn); 4—раствор, содержащий 7—10% Zn (в виде $ZnSO_4$) и 0% свободной H_2SO_4; 5a, b, c, d, e, f—ванны для электролиза; 6—цинковые катоды; 7—переплавка цинка катодного и отливка в чушки; 1—раствор, содержащий 2% Zn и 7,5—10% свободной H_2SO_4.

искать себе, по выражению Максуэла, новых партнеров; при прохождении же тока электровозбудительная сила именно и проявляет свое действие в виде направляющей силы на эти временно разделенные молекулы, заставляя одни из составных частей (ионов) двигаться по одному направлению, а другие по противоположному. Таким образом, Клаузиус принимал существование (хотя в очень незначительном количестве) свободных ионов в растворах. Хотя исследования других физиков и химиков, в особенности работы Гитторфа (1853—1859) и Кольрауша (1877), исследовавшего электропроводность растворов большого количества солей, повидимому подтвердили гипотезу Клаузиуса, последняя не обратила внимания на себя химиков.

Теория электролитической диссоциации. В 1884—1887 гг. появились работы молодого шведского ученого Сванте Аррениуса, в коих он для объяснения явления электропроводности растворов предположил, что в растворе электролит находится в двух состояниях: в активном, в котором он способен проводить электричество, и неактивном, в котором он этой способностью не обладает.

В дальнейших работах он указывает, что активность молекулы зависит от ее диссоциации на ионы. В растворах таких тел, как сильные кислоты, соли и основания, большая часть молекул находится в диссоциированном состоянии, напр. в нормальном растворе хлористого калия ок. 75% молекул являются разложенными, а в децинормальном—85%, в сантинормальном—около 93% и т. дал. Чем более разведенным является раствор, тем более число диссоциированных молекул, а, следовательно, при прибавлении воды число ионов увеличивается, и молекулярная электропроводность растворов должна увеличиваться, как это и наблюдается для водных растворов. Это увеличение идет сначала быстро, затем медленнее, приближаясь ассимптотически к некоторому пределу. Этот предел достигается лишь тогда, когда все молекулы распадутся на ионы, что возможно лишь при бесконечно большом разведении (или большом количестве воды, в коем растворена грамм-молекула электролита). Так как электричество движется только с ионами, то ясно, что растворы, в коих число диссоциированных молекул велико, хорошо проводят ток; растворы же таких тел, которые от действия воды мало диссоциируют (напр., органические кислоты, муравьиная, уксусная и др.), хотя и проводят ток, но несравненно менее, чем растворы минеральных кислот.

Если одни свободные ионы участвуют в проведении тока, то, основываясь на измерении молекулярной теории электропроводности, можно определить степень или коэффициент диссоциации (α), ту долю молекул электролита, которая подверглась диссоциации. Тот факт, что при возрастающем разбавлении величина μ, т.-е. молекулярная электропроводность, увеличивается, объясняется тем, что при прибавлении растворителя число диссоциированных молекул увеличивается, а вместе с этим возрастает число переносящих электричество ионов. Нетрудно видеть, что так как молекулярная электропроводность пропорциональна числу распавшихся на ионы молекул, то дробь

$$\alpha = \frac{\mu_v}{\mu_\infty}$$

(где μ_v — молекулярная электропроводность при разведении v, а μ_∞ — при бесконечном разведении) выражает степень диссоциации, т.-е. какая часть молекул электролита распалась на ионы. Недиссоциированная часть молекул равна

$$1 - \frac{\mu_v}{\mu_\infty}.$$

Зная степень диссоциации α, можно вычислить значение коэффициента i, показывающего, во сколько раз осмотическое давление данного раствора электролита превышает „нормальное“ давление (см. *растворы*, XXXV, 681 сл.). Так как осмотическое давление при прочих равных условиях пропорционально количеству молекул, находящихся в данном объеме раствора, то i показывает, во сколько раз число молекул и ионов (играющих по отношению к осмотическому давлению такую же роль, что и молекулы) больше того

теории, ибо оказалось, что эквивалентные количества всех элементов несут одинаковое количество электричества, а не различное, как требовалось по теории. Но в то время еще не было выработано точного различия понятий: электрическое напряжение и количество электричества. Одно и то же количество электричества нужно для выделения эквивалента любого элемента, но не одна и та же электровозбудительная сила, а так как энергия измеряется произведением количества электричества на эл. с., то и не одно и то же количество энергии.

Далее, с расцветом органической химии, с открытием явлений замещения атома водорода таким электроотрицательным элементом, каким является хлор, теория Берцелиуса с середины XIX в. была, можно сказать, забыта, но открытия последней четверти этого столетия привели к тому, что идея Берцелиуса: „электричество есть первая причина деятельности окружающей нас природы" лежит в основе наших представлений как о строении материи, так и о химическом сродстве. В 1881 г. Гельмгольтц в своей „Фарадеевской лекции", на ряду с идеей об атомах электричества, высказал следующее: „Я полагаю, что факты не оставляют никакого сомнения в том, что самые могучие из химических сил имеют электрическое происхождение". Дальнейшие успехи физики и химии подтвердили это мнение.

Электропроводность растворов. Электропроводностью называется способность тела проводить электричество. За единицу *электропроводности*, по Ф. Кольраушу, принимают электропроводность такого тела, столб которого в 1 *см* длиной и в 1 *кв. см* сечения обладает сопротивлением в 1 ом.

Хорошо проводящие водные растворы кислот при 40° Ц. обладают почти такой электропроводностью. Выраженную в таких единицах электропроводность Ф. Кольрауш предложил обозначить через $\varkappa$. Если тело в 1 *см* длиной и 1 *кв. см* сечения обладает сопротивлением в ω омов, то его *удельная электропроводность* $\varkappa$:

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

При изучении электропроводности растворов сравнивают часто не удельную, а *эквивалентную электропроводность* $\Lambda = \frac{\varkappa}{\eta}$, где η обозначает число грамм-эквивалентов растворенного тела в 1 *куб. см* раствора. Отсюда $\varphi = \frac{1}{\eta}$ показывает число *куб. см* раствора, содержащих один грамм-эквивалент растворенного тела.

Таким образом, эквивалентная электропроводность $\left(\Lambda = \frac{\varkappa}{\eta} = \varkappa\varphi\right)$ представляет электропроводность слоя раствора, толщиной в 1 *см* и в φ *кв. см* сечения. Такой слой раствора содержит 1 грамм-эквивалент растворенного тела.

В. Оствальд определял *молекулярную электропроводность* как электропроводность слоя раствора, расположенного между параллельными электродами, отстоящими друг от друга на расстоянии 1 *см* и имеющими такое протяжение, что между ними находится раствор 1 грамм-молекулы (1 моля) растворенного тела; так, напр., если раствор нормальный (содержит 1 моль), то поверхность каждого электрода 1.000 *кв. см*, ибо тогда объем слоя равен 1 литру; если раствор сантинормальный (0,01 *м*²), то поверхность каждого электрода равна 100 1000 *кв. см*; одним словом, если v обозначает число литров раствора, заключающих одну грамм-молекулу, то поверхность каждог оэлектрода 1.000 v *см*². Если $\varkappa$ — удельная электропроводность, то молекулярная электропроводность $\mu = 1.000\, v\varkappa$. Нетрудно видеть, что $\varkappa$ (или μ) показывает количество электричества (в кулонах), проходящее через каждое сечение раствора в 1 секунду при падении потенциала в 1 вольт на протяжении 1 *см*.

По своей электропроводности тела очень различаются: металлы сравнительно хорошо проводят электричество; такие тела, как стекло, парафин, каучук, сера и т. п. — плохо. Жидкости же, за исключением ртути и расплавленных металлов, все оказывают значительное сопротивление прохождению

рушениях функций сердечной мышцы. Нормальный вид EKG с правильно развитыми частями и зубцами P на надлежащем месте, на надлежащем расстоянии от правильно очерченных QRS сразу исключает целый ряд заболеваний, подчас очень тяжелых. По указанию Эйнтговена EKG фотографируется в т. н. трех отведениях: I — от правой руки и левой руки, II — от правой руки и левой ноги и III — от левой руки и левой ноги. Таким образом полученные EKG не одинаковы; между ними имеется совершенно определенная зависимость, указанная Эйнтговеном, а именно: если взять ординаты этих трех кривых для одного и того же момента, то ордината кривой II оказывается равной сумме ординат I и III кривой. Закон этот выражается так: $II = I + III$. Эйнтговен дальше показал, что на основании этих трех ординат можно для данного момента определить и т. н. электрическую ось сердца, т.-е. равнодействующую направлений электрических потенциалов сердца для данного момента. Таким образом мы знаем, что в момент, когда зубец R дает свой максимум, $R_{II} = R_I + R_{III}$, и направление электрической оси идет справа и сверху, влево и вниз. Вместе с дыхательными движениями меняется вид для всех трех отведений, и можно показать, как при этом электрическая ось соответственно той или иной фазе дыхания меняет свое направление. Что касается происхождения EKG и ее отдельных частей, то выяснилось, что в общем зубцы QRS представляют выражение хода возбуждения по сердцу, а это в свою очередь связано с ходом т. н. проводящих путей сердца, т.-е. узлов Флака, Тавара, пучка Гиса и т. н. ножек Тавара. Возбуждение начинается в синусовом узле Флака; возбуждение этого узла не улавливается струнным гальванометром. Отсюда возбуждение переходит на мышцы предсердия правого и левого. Как указано выше, прохождение по предсердию дает зубец P, затем возбуждение переходит на узел Тавара, на пучек Гиса и на ножки Тавара; в течение всего времени хода возбуждения по указанным частям струна гальванометра находится на нулевой точке и в течение этого времени мышца предсердия и желудочков в покое и на кривой записывается прямая линия между P и Q. Как только возбуждение пробегает от проводящей системы ножек к мышцам перегородки между желудочками, то сейчас же струна начинает писать желудочковый комплекс. Группа QRS свидетельствует о том, что возбуждение переходит с ножек на мышцы желудочков, и когда весь желудочек охвачен сокращением и все его точки одинаково возбуждены, то струна опять в покое и пишет нулевую линию между S и T. После систолы начинается диастола, и тогда мышечные волокна постепенно переходят из состояния деятельности в состояние покоя: в течение этого периода записывается зубец T. Из сказанного нужно заключить что вся часть $QRST$ представляет собою комбинированную кривую из отдельных кривых правого и левого сердца. Винтерберг и Ротбергер первые делали на собаках опыты для выяснения вопроса об EKG правого и левого сердца. Они перерезывали либо правую, либо левую ножку Тавара. Если перерезать правую ножку, то возбуждение бежит с пучка Гиса по левой ножке, охватывает левый желудочек и потом бежит через мышечные волокна перегородки и вступает через 0,06 сек. в правый желудочек. Полученная при этом EKG (при втором и третьем отведении) имеет такой вид (см. рис. 5). Отклонение становится гораздо большим по величине, и кривая имеет строго дифазный вид с фазами, направленными в разные стороны. Вместо группы QRS,

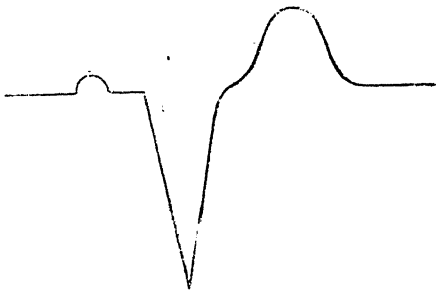


Рис. 5.

производят в чанах Пачука (рис. 6) и совершают в две стадии. В первой уже частично выщелоченный концентрат обрабатывают раствором, поступающим из электролитических ванн (7,5—10% H_2SO_4 + + 2% Zn), производя окончательное извлечение цинка. Твердый остаток, содержащий сернокислый свинец, идет в переработку на свинцовый завод.

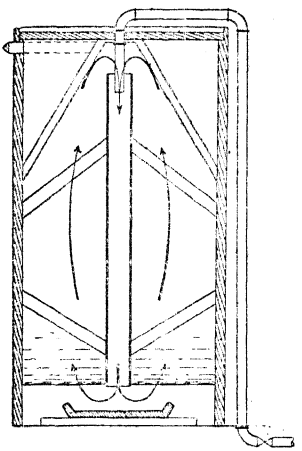


Рис. 6.

Свежий концентрат подвергают частичному выщелачиванию раствором, полученным от вышеописанной операции. При этом происходит окончательная нейтрализация раствора, из которого при этом вследствие гидролиза осаждается железо в виде гидрата окиси, увлекая с собой перешедшие в раствор мышьяк и сурьму. После этого раствор подвергают тщательной очистке от находящихся в нем меди и кадмия, остатков сурьмы и мышьяка и имеющегося иногда кобальта. Это производится путем вытеснения этих металлов металлическим цинком, вводимым в виде цинковой пыли. Осветленный фильтрованием раствор поступает на электролиз, протекая через ряд (6 шт.) ванн, где на катоде из раствора выделяется цинк, и электролит, обедняясь им, обогащается кислотой и по выходе из ванн поступает на новое выщелачивание.

Электролиз обычно ведется при плотности тока, равной 400 А/м²; при этом напряжение между анодом и катодом равно 3,4—3,8 вольт. Аноды делаются из свинца и катоды из алюминия, с которого осевший цинк легко снимается и идет на переплавку и отливку в чушки.

Одним из важнейших условий успешного электролиза является чистота раствора, особенно в отношении следов меди, мышьяка, сурьмы и кобальта. Выделение цинка из кислого раствора возможно потому, что перенапряжение водорода на этом металле весьма велико. Если же вместе с цинком выделяются вышеуказанные металлы, перенапряжение водорода на которых значительно ниже, то на тех местах катода, где выделились эти металлы, начинается бурное выделение водорода, и выход цинка по току сильно падает, иногда до нуля.

На рис. 7 дана схема процесса Тентона. Здесь основным отличием является электролиз растворов с значительно более высоким содержанием серной кислоты и при значительно более высокой плотности тока, доходящей до 1100 А/м². При этой плотности тока электролит сильно разогревается, вследствие чего его приходится охлаждать. Так как для выщелачивания здесь применяется более кис-

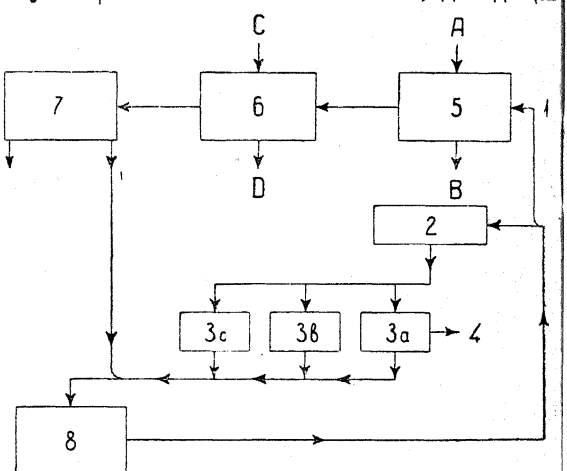


Рис. 7. 1—раствор, содержащий 30% H_2SO_4 и 3% Zn; A—обожженый концентрат; 5—выщелачивание; B—остаток, содержащий Pb, Fe, SiO_2, As, Sb—в свинцовую плавку; C—цинковая пыль; 6—очистка раствора; D—осадок, содержащий Cu, Co, Cd, (Zn); 7—раствор, содержащий 22% Zn и 0% свободной H_2SO_4; 8—раствор для питания электролитных ванн; 2—охладитель; 3a, b, c—ванны для электролиза; 4—электролитный катодный цинк.

лый раствор, то оно идет с извлечением цинка и из ферритов, вследствие чего обжиг концентрата можно проводить при более высокой температуре. Процесс Тентона, как более новый, лишь начинает входить в технологическую практику. Несмотря на его большую сложность, он имеет ряд важных преимуществ, первое из которых—более высокая рабочая плотность тока.

Гальваностегия ставит своей задачей электролитическое осаждение металла на поверхности металлического предмета (чаще всего железного) в виде плотно спаянного с основным металлом мелкокристаллического осадка. Целью такого покрытия является или придание предмету красивого внешнего вида (декоративное покрытие), или предохранение основного металла от коррозии (ржавления). Насколько широкое распространение имеет этот процесс указывает то, что по Пфанхаузеру еще в 1914 г. 15.000 *т* различных металлов выделялось электролитически в виде гальваностегических осадков. В настоящее время, с развитием автостроения в частности и машиностроения вообще, роль гальваностегии значительно возросла. Одной из причин этого является то, что нанесение таких металлов, как цинк, олово и свинец, хотя и возможно „горячим способом" (погружение подлежащих покрытию предметов в расплавленный металл), однако оно менее экономично, чем гальваностегический способ. Нанесение же таких металлов, как хром, никель и кобальт в виде гладкого блестящего слоя возможно лишь гальваностегически.

Так как одним из основных требований является прочное сцепление металлического осадка с поверхностью покрываемого предмета, то предварительная подготовка поверхности предмета становится одной из важнейших операций. Прежде всего предмет подвергают механической обработке на пескоструйных аппаратах или кругах для очистки поверхности его от окислов и выравнивания ее (полировка). После этого для удаления жировых загрязнений с предмета его подвергают действию раствора щелочи или промывают в органических растворителях. Наконец, последними операциями перед загрузкой в электролитную ванну будут травление в кислотах для удаления слоя окисла и промывка.

Ванны для электролитического покрытия обычно делают деревянные, изнутри освинцованные (железные—для хромирования), или керамические. Предметы, подлежащие покрытию с помощью контактных приспособлений, подвешиваются в электролите на катодных штангах, а аноды делаются из металла, которым предмет покрывается. Что касается электролитов и режима электролиза (плотность тока, температура), то они подбираются такими, чтобы осадок получился возможно более мелкокристаллическим и состоящим из плотно спаянных между собой отдельных кристаллов. При этом часто возможно получить блестящий осадок, имеющий как бы полированную поверхность (никелирование, хромирование). Кроме того, важно, чтобы металл осаждался по всей поверхности предме равномерным слоем. Это достиг или применением комплексны металлов (цианистых), или в раствор „добавок" ко рактера (клей, пепто или „капиллярно как то: сульфо и т. д. Поэ для га весьм сим. метал покры тие в не е- таллами ром), что делает ься луч- шего сцепл о металла с осаждаемым олучения бес- пористого слоя , например, при покрытии одним хромом практически недостижимо.

Наиболее распространенными из гальваностегических покрытий являются цинковые, никелевые, хромовые, серебряные и золотые. Подсобную роль играет меднение, и начинают прочно внедряться методы электролитического лужения, освинцовывания и кадмирования. Возможно также наносить электролитическим путем

сплавы, как то: латунь, бронзу и т. д., из соответствующих растворов, содержащих соли металлов, входящих в сплав.

Гальванопластика (*см.* XII, 464/65).

Возможно и широко применяется количественное выделение одного металла из смеси солей металлов электролизом. Это является особым методом количественного анализа, называемого электроанализом.

Электролитический способ является единственным технически применяемым для получения щелочных (Na, Li, K) и щелочноземельных металлов (Ca, Sr, Ba), а также алюминия и магния.

Натрий, который применяется гл. обр. как восстановитель и для получения перекиси натрия, начали получать путем электролиза расплавленного едкого натрия. Процесс электролиза заключается в выделении металлического натрия на катоде: $Na^{\cdot} + \ominus \rightarrow Na$, и в разряде ионов OH' на аноде, приводящем к образованию кислорода и воды: $4OH' \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4\ominus$.

Технический электролизер Кастнера, имеющий до сих пор широкое распространение, изображен на рис. 8. В кир-

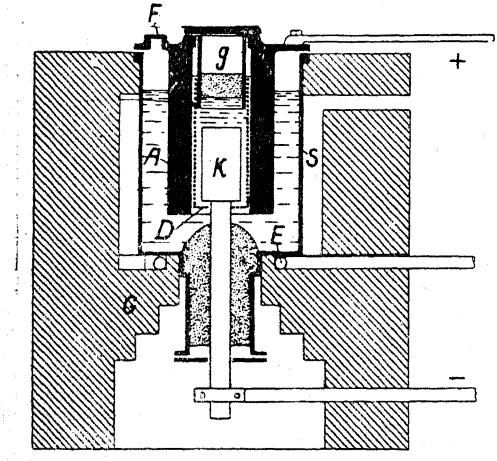


Рис. 8.

пичной кладке *C* вставлена железная ванна *S*, обогреваемая газовой горелкой *E*, служащей как для расплавления едкого натра, так и для поддержания его в этом состоянии при электролизе. На железном аноде *A* происходит выделение кислорода, удаляющегося через отверстие *F*, служащее и для загрузки едкого натра. Катод *K*, на котором выделяется в расплавленном состоянии натрий, отделен от анода никелевой сеткой *D*, которая предотвращает попадание натра в анодное пространство. Натрий, отделяясь от катода, всплывает над электролитом и собирается под колпаком *g*, откуда время от времени вычерпывается. Электролиз ведется при температуре около 340° с напряжением 4,5—5 вольт при плотности тока 1,5 $A/см^2$ на аноде и 2,0 $A/см^2$ на катоде. Выход по току не выше 40%. Это является следствием того, что образующаяся на аноде вода диффундирует в катодное пространство, где и реагирует с натрием: $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$. Поэтому был предложен целый ряд конструкций ванн, где достигалась лучшая изоляция анодного пространства от катодного и усиленное испарение образующейся на аноде воды. Однако, все эти изменения дают лишь частичное улучшение и в то же время вносят значительные сложности в конструкцию. Значительно более радикальной мерой было принятое и все более распространяющееся в настоящее время получение металлического натрия из поваренной соли. Затруднением к введению этого процесса являлась высокая температура плавления хлористого натрия.

Для понижения рабочей температуры электролита употребляют в настоящее время смесь хлористого натрия и фтористого калия и натрия (70% NaCl + + 10% KF + 20% NaF), которая плавится при 610°—650°. Но при этой температуре натрий во избежание его воспламенения должен быть хорошо изолирован от соприкосновения с воздухом и от анодного пространства, куда он легко проникает в виду его легкой текучести при такой температуре. Наиболее совершенным электролизером для этого процесса является в настоящее время ванна Доуна (рис. 9). Она состоит из железного кожуха квадратного или круглого сечения, выложенного внутри огнеупорным кирпичем *S*. Цилиндрический угольный анод *A* вводится через дно электролизера и окружается коль-

цевым катодом K из железа или меди. Над анодом помещен железный кожух G, с которого свешивается никелевая сетка M, диафрагмирующая катодное

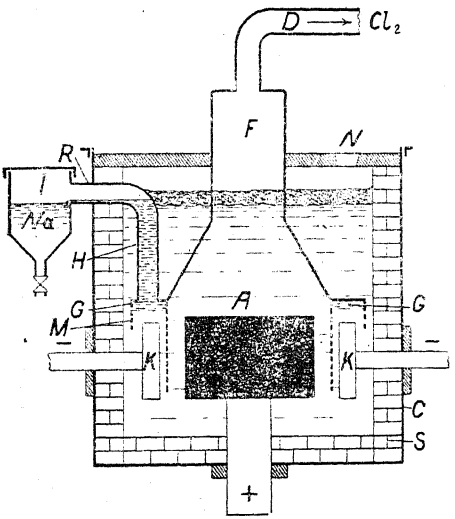


Рис. 9.

пространство. Выделяющийся на аноде хлор собирается в пространстве F и удаляется по трубе D. Натрий, всплывая над электролитом, попадает через трубу H в сборник J под слой минерального масла, откуда время от времени выпускается через кран. Загрузка хлористого натрия ведется через отверстие N. Этот процесс, использующий более дешевое сырье и дающий в качестве побочного продукта хлор, рентабельнее электролиза едкого натрия.

За последнее время начинает расширяться получение лития электролизом расплавленного хлористого лития. Причиной явилось следующее открытие: прибавка лития в некоторые легкие сплавы (склерон — сплав алюминия с 12% цинка, 3% меди, 0,6% магния, 0,5% кремния 0,4% железа и около 0,1% лития) сильно улучшает их механические свойства.

Из щелочно-земельных металлов в значительном количестве получают кальций электролизом расплавленного хлористого кальция. Особенностью процесса здесь является то, что кальций выделяют на охлаждаемом изнутри железном катоде, постепенно поднимаемом кверху (электрод касания). При этом выделяющийся кальций, охлаждаясь, застывает на уже выделившемся ранее и получается в виде длинных штанг, покрытых сверху кристаллическим хлористым кальцием, который потом удаляется. Вести процесс таким методом нужно потому, что металлический кальций обладает способностью при повышенной температуре реагировать с расплавленным $CaCl_2$, образуя субхлорид: $CaCl_2 + Ca \rightarrow Ca_2Cl_2$, в результате чего выделившийся кальций обратно переходит в электролит. Кроме того, в настоящее время в значительных количествах получают свинцовые сплавы кальция, стронция и бария путем выделения этих металлов из расплавленных солей, при чем в качестве катода применяют расплавленный свинец. Эти сплавы употребляются для заливки подшипников (антифрикционные сплавы).

Сравнительно недавно возникло производство металлического бериллия. Оно ведется электролизом расплавленной смеси фторокиси бериллия ($BeO \cdot 5BeF_2$) и фтористого бария. Особенностью этого процесса является весьма высокая температура (1400°). Весьма ценным свойством бериллия является то, что медные и никелевые сплавы, содержащие бериллий (2—2,5%), очень упруги и плотны и неспособны показывать явления усталости, а отливки этих сплавов не дают пузырчатости. Это и послужило причиной развития технического получения бериллия.

Получение магния особенно сильно начало возрастать во время мировой войны. До этого магний производился лишь в Германии в весьма ограниченных размерах. Сейчас производство его ведется почти во всех странах и в 1930 г. равнялось 3.000 *m*. Такое широкое и быстрое развитие производства магния вызвано внедрением его в авиостроение, где сплавы, содержащие магний, весьма легкие (электрон — уд. вес 1,8—1,83), получили широкое применение. Значительно также применение магния как раскислителя при литье сплавов и изготовлении осветительных смесей. Ранее магний полу-

чался путем электролиза обезвоженного и расплавленного карналлита ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$), который после снижения в нем содержания магния до некоторого предела шел на извлечение KCl. В настоящее время электролиз ведется беспрерывным способом. В качестве электролита употребляют также обезвоженный и расплавленный карналлит, но расходуемый хлористый магний в ванне все время пополняется. Обезвоживание карналлита, а также хлористого магния представляет некоторые затруднения, т. к. при нагревании в значительной степени происходит реакция: $MgCl_2 + H_2O = MgO + 2HCl$. Поэтому обезвоживание ведут в атмосфере хлороводорода, а затем частично все же образующуюся окись магния обрабатывают при высокой температуре фосгеном или смесью окиси углерода и хлора. При этом окись обратно превращается в $MgCl_2$: $MgO + CO + Cl_2 \rightarrow MgCl_2 + CO_2$. Электролизер американского типа представлен на рис. 10,

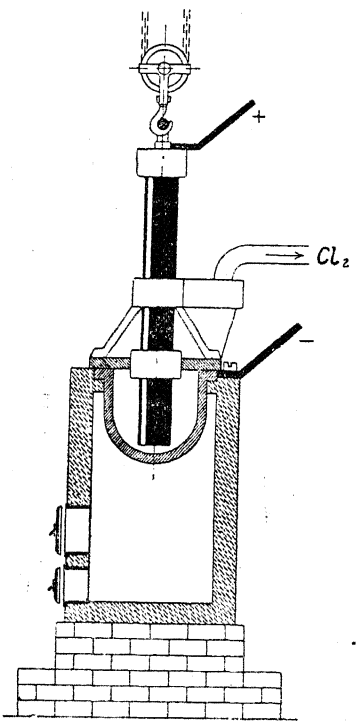


Рис. 10.

где катодом является чугунный котел, снаружи обогреваемый. Анод из графита окружен кожухом, по которому отводится хлор. Выделяющийся магний, в виду меньшего удельного веса сравнительно с расплавленным электролитом, всплывает и время от времени счерпывается. Окисления его при соприкосновении с воздухом не происходит, т. к. по поверхности он покрыт пленкой расплавленного электролита. Электролиз производят при температуре около 700° и при напряжении 5–8 вольт. При этом катодная плотность тока равна 100 А/*см*², а анодная 500—1.000 А/*см*², и выход по току приблизительно равен 70%. Загрязнение металлического магния электролитом сильно отзывается на его устойчивости, т. к. в виду гигроскопичности последнего магний сильно корродирует. Поэтому магний после переплавки в расплавленном хлористом калии перегоняют в вакууме. Во время войны в США было пущено производство магния электролизом смеси фтористых солей магния и бария, содержащих растворенную окись магния. Так как здесь процесс приходится вести при более высокой температуре и техническое осуществление его значительно сложнее, то пока получение магния этим методом оставлено.

Алюминий впервые электролизом был выделен Бунзеном в 1854 г., но техническое получение его началось лишь после того, как Холл, Эру и Килиани в 1887 г. нашли подходящий электролит и разработали условия электролиза. Вначале алюминий применялся гл. обр. для предметов домашнего обихода (посуда), а стремительное развитие алюминиевой промышленности началось лишь со времени развития авиастроения, т.-е. приблизительно с 1905 г., и добыча алюминия неуклонно продолжает возрастать. В 1929 г. было получено 276.800 *т* этого металла (maximum получения), и производство его сосредоточено главным образом в США, Канаде, Франции, Германии и Норвегии.— В 1932 г. добыча алюминия снизилась до 153,8 *т*. Хотя соединения алюминия весьма распространены на земной поверхности, однако до сих пор

практически используемой алюминиевой рудой является лишь боксит—водная окись алюминия ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$), мощные месторождения которой имеются во Франции, Далмации, Алабаме, Арканзасе, Гвиане. Электролитическое выделение алюминия ведется из расплава, представляющего собой 10—20% раствор криолита ($3NaF \cdot AlF_3$) в окиси алюминия (глинозем Al_2O_3). При этом алюминий выделяется на катоде, а на угольных анодах выделяется кислород, который, реагируя с углем, дает смесь окиси и двуокиси углерода. Так. обр. при электролизе разлагается лишь глинозем, и пополнять ванну приходится им, вводя криолит лишь постольку, поскольку он теряется, испаряясь при той высокой температуре (950°), при которой ведется электролиз. На получение 1 *кг* металлического алюминия обычно расходуется 2 *кг* глинозема, 0,6—0,8 *кг* анодного угля и 0,1 *кг* криолита. Для получения глинозема природный боксит необходимо бывает подвергнуть очистке от загрязняющих его соединений железа, кремния и титана. Иначе при электролизе эти металлы, выделяясь вместе с алюминием, дадут металл низкого качества. Наиболее распространенным способом получения чистого глинозема в настоящее время является способ Байера. По нему боксит после дробления и кальцинации во вращающихся печах при 350—400° подвергается тщательному размолу. После этого боксит загружается в автоклавы и подвергается при беспрерывном перемешивании при температуре 160—170° и давлении 5—7 атм. действию раствора едкого натрия крепостью в 45°Бé. При этом алюминий переходит в раствор в виде алюмината, а железо остается в виде гидрата, титан - в виде метатитанита и кремний—в виде натрово - алюминиевого силиката,—все в нерастворимом виде. Затем раствор разбавляется и быстро фильтруется через фильтрпресс, поступая с него в железные баки, снабженные мешалками. К раствору добавляется чистый гидрат окиси алюминия, и вся масса перемешивается в продолжение 36—48 часов. При этом алюминат разлагается, и 60% всего глинозема, из находившегося в растворе, выпадает в осадок в виде гидрата, который отфильтровывается и после промывки и подсушивания подвергается обезвоживанию при 1200°, а фильтрат возвращается на новое выщелачивание. При этом процессе глинозем получается в виде рыхлой массы, содержащей 99,4—99,6% Al_2O_3.—Криолит, помимо добычи из природного месторождения, находящегося в Гренландии, в настоящее время в значительном количестве готовится путем взаимодействия соды, гидрата окиси алюминия и фтороводородной кислоты: $3Na_2CO_3 + 2Al(OH)_3 + 12HF = 2Na_2AlF_3 + 3CO_2 + 9H_2O$.

Угольные аноды готовят из нефтяного кокса. Кокс предварительно кальцинируют при 900—1000° и после размола к нему прибавляют измолотый анодный огарок, пек, смолу и сажу. Всю массу тщательно перемешивают и после прессовки в блоки на гидравлических прессах подвергают обжигу при 1200—1500°. От них требуется, кроме хорошей электропроводности и высоких механических свойств, возможно меньшая зольность.

Электролизер представляет собой железный кожух с размерами в среднем 2,4 *м* ширины, 1—1,5 *м* длины и 0,7 *м* высоты, внутри футерованный угольными блоками (рис. 11). Для пуска

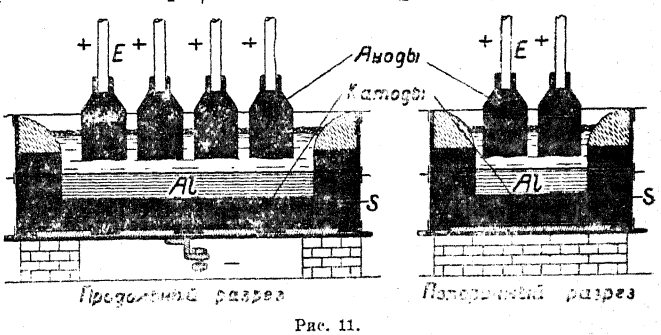


Рис. 11.

ванны между анодами и подом закладывают угольную мелочь и, засыпав места соприкосновения смесью глино-

зема и криолита, пускают ток. Угольная мелочь, раскаляясь, постепенно расплавляет глинозем - криолитовую смесь и, когда последней наплавится достаточное количество, аноды приподнимают и пускают ванну в работу. При этом, как уже указывалось выше, на поду, являющемся катодом, выделяется жидкий алюминий, а аноды сгорают с образованием CO и CO_2. В ванне на поверхности расплава, как и по стенкам ее, находится корка застывшего электролита. На нее насыпают глинозем с некоторым количеством криолита (0,05%), который по мере расходования электролита, пробив корку железным ломом, вводят в расплав. Выделяющийся на поду электролизера алюминий время от времени вычерпывают и отливают в чушки. Электролизеры работают обычно при падении напряжения в 6—7 вольт с анодной плотностью тока в 1—2 А/см², при температуре 950°, поддерживаемой за счет Джаулева тепла, выделяющегося при прохождении тока через электролит. Металл получается с содержанием 99% Al, при очень чистых материалах—с 99,4—99,6% Al. Путем рафинировки можно получать металл, содержащий до 99,9% Al, что делает его значительно более коррозионноустойчивым. Рафинировку ведут по методу Хупса. В ванне (рис. 12) нижняя

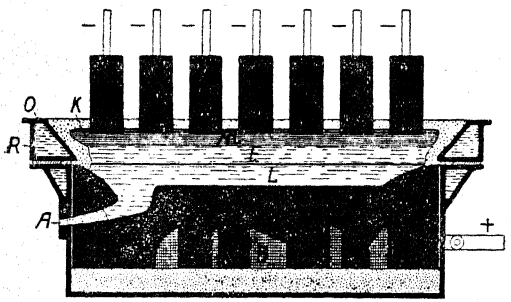


Рис. 12.

часть представляет железный кожух, футерованный угольными блоками и снабженный леткой *A*, а верхняя—полую железную раму, футерованную огнеупорным материалом и охлаждаемую водой (*K*), так что на стенках рамы образуется из электролита настыль *O*, распространяющаяся несколько вниз и по поверхности ванны. На дно ванны вводится жидкий сплав *E*, содержащий 50% меди, 10% кремния и 40% алюминия, подлежащего рафинированию. Над сплавом находится жидкий электролит, состоящий из 30% BaF_2, 30% AlF_3, 30% NaF и 10% Al_2O_3. Он имеет удельный вес меньший, чем медный сплав, расположенный внизу, и больший, чем чистый жидкий алюминий, налитый сверху, в который погружены угольные электроды, подводящие ток. При работе ванны алюминий из медного сплава, как наиболее отрицательный металл, переходит в виде ионов в электролит и, разряжаясь на верхнем алюминиевом катоде, выделяется обратно Содержавшиеся в нем железо и кремний при нормальной работе электролизера в электролит не переходят. По мере накопления алюминия наверху его счерпывают. Медный сплав после обеднения его алюминием до 20% выпускают через летку, заменяя свежим, а в спущенный добавляют алюминий, подлежащий рафинированию. Ванна работает при температуре 900—1100° и напряжении 6 вольт.

В технике применяются главным образом алюминиевые сплавы, как, напр., дюралюминий (3,5 — 5,5% Cu, 0,25—1,0% Mn, 0,5% Mg, ост. Al), луталь, альдрей и др., обладающие более высокими механическими свойствами, чем алюминий.

Электролизом же расплавленных хлористых солей получают церий, сплавы которого с железом обладают способностью при дроблении давать от быстрого окисления искры. Поэтому из этих сплавов готовят кремни для карманных зажигалок.

Электротехнология. — Наиболее широко распространен в настоящее время электролиз хлористого натрия. В зависимости от условий процесса здесь можно получить целый ряд веществ, употребляемых в различных производствах. На первом месте по объему производства стоит процесс электролиза хлористого натрия с получением едкого натра и хлора. Первичные продукты, получающиеся

при электролизе хлористого натрия, это—газообразный хлор, образующийся на аноде: $2Cl' \rightarrow Cl_2 + 2\ominus$, и раствор едкого натра, образующийся на катоде: $2Na^{\cdot} + 2H^{\cdot} + \underbrace{2OH'}_{\text{из воды}} + 2\ominus \rightarrow H_2 + 2Na^{\cdot} + 2OH'$.

Если не допускать смешения анодных и катодных продуктов, то из раствора электролита, находящегося в катодном пространстве, можно выделить едкий натр. Это достигается различными способами, из которых наиболее распространенным является так называемый „диафрагменный". В применяемых при этом процессе ваннах анодное и катодное пространство разделено асбестовой диафрагмой. Раствор поступает в анодное пространство, и из него здесь выделяется хлор, отводимый из ванны по трубам. Получаемый хлор или идет на приготовление хлорной извести взаимодействием его с гидратом окиси кальция: $Ca(OH)_2 + Cl_2 \rightarrow CaClOCl + H_2O$, или сжижается. Раствор через диафрагму поступает далее в катодное пространство, где, согласно вышеописанной реакции, в нем накапливается щелочь при одновременном выделении водорода. Раствор после этого вытекает из ванны и идет на выпаривание. По мере удаления из раствора воды, из него постепенно выделяется неизрасходованный хлористый натр. При удалении последних следов влаги получается расплавленный едкий натр, содержащий небольшое количество хлористого натрия. Расплав сливается с осадка хлористого натра в железные барабаны, где и застывает. Ванны для электролитического получения едкого натра и хлора диафрагменным методом различаются по вертикальному или горизонтальному положению диафрагмы. На рис. 13 показана ванна с горизонтальной диафрагмой (ванна Сименс-Биллитера), где A—графитовые аноды. D—диафрагма, лежащая на катоде K, представляющем из себя железную сетку. Рассол поступает по трубе S и удаляется через трубу U. Водород из катодного пространства выделяется по трубе W. Труба для

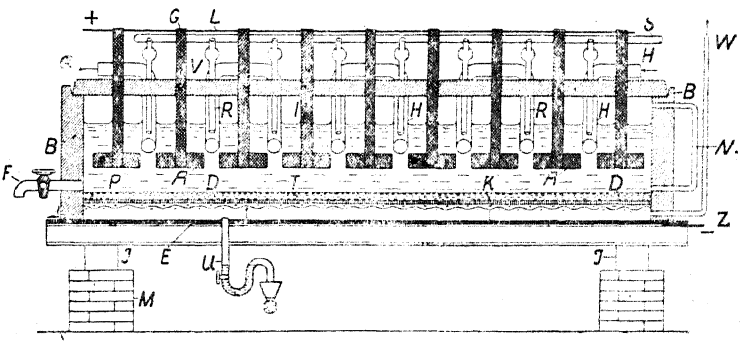


Рис. 13.

удаления из анодного пространства хлора на чертеже не видна. Электролизер этот работает при температуре рассола в 85—90° с выходом по току 94%. Выходящий из ванны рассол содержит 12—16% едкого натра. При плотности тока на аноде в 0,045 $А/см^2$ напряжение ванны равно 3,4—3,5 вольт. Ванны эти делаются из бетона на рабочую силу тока в 2.000—4.000 А. Получающийся по этому способу едкий натр содержит некоторое количество (1%) хлористого натра. Чистый, не содержащий хлористого натра, едкий натр получают по способу „с ртутным катодом". Ванна Сольве, работающая этим методом, дана на рис. 14. Здесь по дну ванны протекает слой ртути, служащий катодом. При электролизе на катоде совершается процесс: $Na^{\cdot} + \ominus \rightarrow Na$, и выделившийся натрий образует со ртутью амальгаму, удаляющуюся через сифон U. В отдельной ванне эта амальгама взаимодействует с водой: $2Na + 2H_2O \rightarrow 2Na(OH) + H_2$. Раствор получившегося едкого натра идет на выпаривание, а освобожденная от натрия ртуть возвращается в ванну для электролиза. Анодом в ванне Сольве является платиновая сетка, и выделяющийся на

ней хлор удаляется через трубу *E*. Рассол поступает через трубу, не указанную на чертеже, к катоду и, обединившись хлористым натром, вытекает

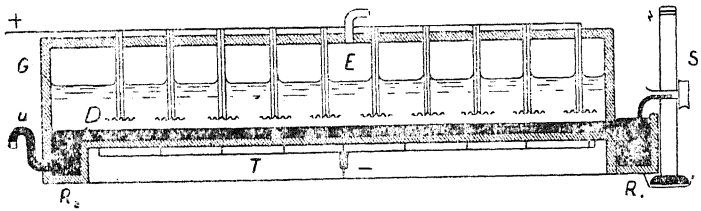


Рис. 14

из ванны. По так называемому „способу колокола" сейчас работает весьма мало предприятий; наиболее распространен диафрагменный метод, т. к. примесь к щелочи некоторого количества хлористого натрия не вредит большинству процессов, в которых он применяется, а способ этот дает наиболее дешевую щелочь. Электролизом в настоящее время получают 50% фабрикуемого едкого натра.

В таких же ваннах ведут и электролиз хлористого калия с получением едкого калия. Если электролиз хлористого натра вести при низкой температуре, допуская тесное смешение анодного и катодного растворов, то в результате растворения хлора в воде частично происходит реакция, приводящая к образованию хлорноватистой и соляной кислот: $Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + HClO$, которые при взаимодействии со щелочью, образующейся на катоде, дают хлористый натр и гипохлорит натрия: $HCl + HClO + 2NaOH \rightarrow NaCl + NaClO + 2H_2O$. При таких условиях электролиза в растворе начнет накапливаться гипохлорит натрия, который применяется как отбеливающее средство в ряде производств (напр., хлопчатобумажном). Тип ванны, дающей гипохлорит, представлен на рис. 15

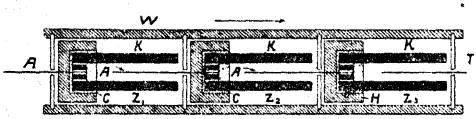


Рис. 15.

где *K*—угольные катоды и *A*—платиновые аноды. Раствор течет из ячейки в ячейку по направлению, указанному стрелкой, постепенно обогащаясь гипохлоритом.

Если электролиз в тех же условиях, как и для получения гипохлорита, вести при повышенной температуре (60 — 70°), то по мере накопления гипохлорита происходит химический процесс образования хлората:

$$3NaClO \rightarrow NaClO_3 + 2NaCl.$$

Одновременно с этим происходит и процесс разряда ионов ClO' на аноде, и продукт реакции, вступая во взаимодействие с водой по уравнению:

$$6ClO + 3H_2O \rightarrow 2HClO_3 + 4HCl + 3O,$$

дает хлорноватую и соляную кислоты, и первая с едким натром, образующимся на катоде, также дает хлорат. Производство хлоратов калия и натрия по этому способу ведется в настоящее время в широких масштабах. Ванны обычно бывают снабжены магнетитовыми анодами и железными катодами. Во избежание восстановления хлората выделяющимся на катоде водородом в раствор обычно добавляются соли хромовой к-ты, создающие на катоде пленку окислов хрома, непроницаемую для ионов ClO'_3. Электролизом растворов NaCl и KCl при высоких плотностях тока возможно получение солей хлорной к-ты ($HClO_4$), что и практикуется в довольно значительных масштабах.

В связи с требованием на чистый водород, особенно широко предъявляемым со стороны технического синтеза аммиака по способу Габера, в настоящее время этот газ в значительных количествах получают электролизом растворов едкой щелочи, при котором происходят процессы:

$$4H^{\cdot} + 4\ominus \rightarrow 2H_2 \text{ на катоде}$$

и

$$4OH' \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4\ominus \text{ на аноде,}$$

т.-е. электролиз воды.

Электролитическое получение водорода практикуется в настоящее время в широких размерах, при чем

за последнее время электролиз ведут под давлением до 200 атм., т.-е. получаемые газы выделяются под значительной компрессией. Последнее дает некоторые преимущества в смысле затрат электрической энергии.

Помимо получения ряда солей надкислот (особенно пербората) электролизом, употребляемых как отбеливающие средства, в широких масштабах практикуется получение электролизом надсерной кислоты из концентрированного раствора серной кислоты:

$$2H\cdot + 2\ominus \rightarrow H_2 \text{ на катоде}$$

$$2HSO_4' \rightarrow 2\ominus + H_2S_2O_8 \text{ на аноде.}$$

Так как надсерная кислота химически реагирует с водой по ур-нию:

$$H_2S_2O_8 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + H_2O_2,$$

то этот метод дает возможность получать перекись водорода, освобождаемую затем от серной кислоты перегонкой в вакууме. При последнем процессе H_2O_2 легко испаряясь, затем конденсируется в 30%-ую.

Существует еще целый ряд производств, имеющих целью электролитическое получение целого ряда неорганических и особенно органических соединений путем электровосстановления или электроокисления соответствующих исходных продуктов. В одних случаях это выгоднее, чем восстановление или окисление действием соответствующих химических реагентов, в других же этот путь оказывается единственным практически возможным.

Литература. *Изгарышев, Н. А.*, „Электрохимия и ее техническое приложение“ (1931); *I. Billiter*, „Technische Elektrochemie“ (1924); *R. Müller*, „Elektrometallurgie“ (1932).

П. Титов.

Электрочугун, см. XLVIII, прилож. *чугун*, 19/22.

Элемент, см. *элементы химические.*

Элементы химические. 1. Определение Э. Все однородные вещества могут быть разбиты на две группы: простых и сложных веществ. Сложными веществами называются такие, которые могут быть разложены на менее сложные или простые вещества. Простыми же веществами являются те, которые не могут быть разложены обычными средствами на еще более простые вещества. Под обычными средствами мы разумеем воздействия теплоты, света, электрического тока на вещества и особенно взаимодействия веществ между собою. В результате многочисленных исследований удалось выделить несколько сот простых веществ, при чем оказалось, что они распадаются на ряд групп; члены каждой группы физически вполне отличны друг от друга, но обладают общими химическими свойствами образовывать одни и те же химические соединения. Так, простыми веществами являются: уголь, графит и алмаз, они принадлежат к одной и той же группе, так как все они образуют одни и те же соединения, напр. углекислоту, окись углерода и т. п. С другой стороны, из этих соединений можно обратно получить уголь или графит. Подобным же образом из различных сложных сернистых веществ можно выделить около десятка физически различных простых веществ, обладающих общим свойством давать одни и те же соединения: сернистый газ, серный ангидрид, сероводород; все эти простые вещества образуют группу модификаций серы. То же самое мы можем сказать и относительно различных металлов. Совокупность тождественных свойств у всех простых веществ данной группы мы приписываем объективной реальности, которую называем Э. Согласно современным представлениям, *Э. есть то общее, которое присуще данной группе простых веществ.* Так, общее для группы, состоящей из угля, графита и алмаза, называется Э. углеродом. Так как из углекислоты можно выделить уголь и кислород, то мы говорим, что в углекислоте находятся Э. углерод и кислород. Подобным же образом из сложного вещества хлорного железа можно выделить простые вещества: железо и хлор, и обратно — из последних можно получить хлорное железо, по физическим свойствам ничем не напоминающее простых веществ железа и хлора; мы говорим, что хлорное железо состоит из Э. железа и хлора. Термин „железо“ может обозначать или свободное, ни с чем не соединенное металлическое

железо, или Э. железо в каком-либо соединении; в каком из двух смыслов употреблен данный термин, делается ясным из контекста или из обстоятельств. Железо, как Э., проявляет себя различно в простых и сложных веществах, его свойства, как Э., мы познаем, изучая отношения веществ друг к другу.

Итак, Э. *существует в виде различных простых веществ и в виде составной части сложных веществ.*

Краткого, но более конкретного и точного определения понятия Э. при современном состоянии физики и химии нельзя дать по причинам, которые выявятся в дальнейшем изложении.

2. Открытие Э. Первое представление об Э. мы находим уже в греческой науке, но в ней под Э. разумелись невесовые и невещественные категории. Аристотель принимал четыре Э.: землю—начало сухих и холодных свойств, воздух—начало влажных и теплых, огонь—начало сухих и теплых, и воду—начало влажных и холодных свойств. В средние века алхимики прибавили еще ртуть—начало металлических свойств, серу — горючих, и соль — начало, сообщающее веществу вкус и способность растворяться в воде (*ср.* XLV, ч. 2, 232 сл.). Однако, только немногие алхимики понимали термин „Э." в философском смысле Аристотеля; большинство смешивало его с веществами того же наименования, и таким образом в обиход вошла мысль о вещественности Э, из комбинаций которых состоят разные вещества, а отсюда и родилась мысль о возможности взаимного превращения веществ, в частности металлов, напр. свинца или ртути, в золото. Неудачи многочисленных попыток превращения металлов в золото постепенно приводили алхимиков к мысли, что вещества, не разлагаемые физическими и химическими средствами, суть действительные химические Э., из которых построены сложные вещества. Эту мысль ясно высказал уже Бойль (XVII в.), но полное и отчетливое оформление она получила в конце XVIII в. в трудах Лавуазье. Постепенно список Э. х., как результат многовекового опыта по разложению веществ, увеличивался, но в этом списке на ряду с вещественными сохранились и невещественные Э.: материя света, теплоты, флогистон („сера" алхимиков). Лавуазье признавал 35 Э., кроме ряда общеизвестных металлов: кислород, азот, водород, серу, фосфор, углерод, затем едкие натр и кали, а также светород и теплород. После Лавуазье химия, нашедшая правильную дорогу, быстро стала увеличивать число Э. Первым методом открытия Э. х. был анализ минералов, при чем критерием нового Э. было обнаружение дефицита в количественном анализе тела, а затем выделение вещества с новыми реакциями. Конечный этап в работе—выделение нового Э. в виде простого вещества - необязателен для установления его; в некоторых случаях промежуток времени между несомненным установлением нового Э. и выделением его в виде простого вещества измерялся десятками лет; так, фтор в виде соединений был открыт Ампером в 1810 г., но впервые выделен как таковой только в 1886 г. Муассоном. Этот момент сказался также в том, что, с одной стороны, некоторые соединения долгое время принимались за Э. (окиси щелочных металлов), с другой стороны—некоторые простые вещества считались окислами неизвестных Э. (азот—окислом „нитрикума", хлор—окислом „мурия").

Путем химического анализа было открыто более половины ныне известных Э.; дальнейшие открытия новых Э. стали возможными только после введения в химическую практику новых физических методов; так, с помощью электрического тока были выделены калий, натрий, кальций, стронций и барий. К 1830 г. уже было установлено 56 Э., с 1830 по 1861 г. можно отметить только предварительное открытие лантана, тербия и эрбия. Новый физический метод—спектральный анализ—с 1861 г. дал мощный способ открытия Э., уже к 1863 г. им были открыты рубидий, цезий, талий и индий; все последующие изыскания новых Э. оперируют со спектроскопом, а в области Э. редких земель спектроскоп является настольным инструментом, регулирующим всякую работу в этой области.

С 1863 по 1894 г. вне группы редких земель были открыты только два новых Э.: галлий (1875) и германий (1886).

Следующее открытие группы инертных газов являлось результатом приложения уточненных методов определения плотностей газов к воздуху и азоту; первым был открыт аргон (1894), вторым гелий (1895), затем неон, криптон и ксенон (1898). Открытие радиоактивности привело к новым радиоактивным Э. (с 1898 г.). Последний метод, которым пользуются ныне и который является универсальным, состоит в изучении рентгеноспектрограмм (см. ниже). Долгое время открытие Э. было делом случая, так как не было никаких указаний на возможное число и порядок Э. Два теоретических открытия—периодической системы элементов (*см.* XXXI, 586 сл.) и закона Мозли о распределении линий в рентгеновском спектре (*см.* XLI, ч. 4, 66)—поставили поиски Э. на научную базу (см. ниже).

3. Эквивалентные и атомные веса. Введение в химию понятия об Э. и изучение однородных сложных веществ, как соединений Э., сразу привело к самому замечательному закону химии — закону постоянства состава: „Во всяком образце данного сложного вещества весовые отношения составных частей (Э). всегда оказываются одними и теми же“ (*ср.* XLV, ч. 2, 298). Определения весовых отношений, в которых Э. входят в состав различных соединений, показали, что два Э. могут соединяться в нескольких отношениях, т.-е. что существуют группы соединений, различающиеся весовыми отношениями Э., входящих в состав, при чем в каждой группе эти отношения постоянны. Так, в состав воды входят водород и кислород в отношении 1,008 : 8, а в состав перекиси водорода в отношении 1,008 : 16; азот и кислород образуют пять соединений, в которых на 14 весовых частей азота приходится соответственно 8, 16, 24, 32, 40 частей кислорода. Факты, аналогичные последнему, привели к установлению Дальтоном закона кратных отношений: „Если два Э. образуют друг с другом два или несколько соединений (в различных отношениях), то с одним и тем же количеством одного из них соединяются такие количества другого, которые между собою находятся в простых кратных отношениях“ (*ср.* XLV, ч. 2, 301). Последний закон привел к созданию Дальтоном атомистической гипотезы (*см.* IV, 262/63): согласно ей отношения, в которых соединяются Э., сводятся к отношениям весов атомов этих Э.; из таких отношений нельзя, конечно, вычислить абсолютные веса атомов, но можно было вычислить относительные их веса, которые и были названы *атомными весами* Э. Для их вычисления надо было взять один из Э. в качестве стандартного и вес его атома приравнять единице; в качестве такого был взят первоначально водород, как наиболее легкий из них. По первым, недостаточно точным, опытам было найдено, что атом кислорода тяжелее атома водорода в 16 раз. Впоследствии точные исследования показали, что атом кислорода тяжелее атома водорода в 15,87 раз. Так как с кислородом, как с газом, легче работать, нежели с водородом, и так как кислород образует значительно больше прочных соединений, доступных точному анализу, нежели водород, то в качестве стандартного Э. ныне принимается кислород, и вес его атома принимается условно за 16. Однако, в первую половину XIX в., несмотря на введение понятия атома и атомного веса, оказалось невозможным установление определенных значений атомных весов для различных Э. Так, азот дает пять соединений с кислородом, в каждом из них на одно и то же количество кислорода приходятся различные количества азота; какое же из этих значений принять за атомный вес азота? Установление Гей-Люссаком объемного закона при соединениях и разложениях газообразных веществ (*см.* XLV, ч. 2, 302/03) в некоторых случаях помогло в выборе атомного веса того или другого Э., но далеко не во всех случаях. Поэтому долгое время в химии играли выдающуюся роль не атомные веса, а эквивалентные веса (или эквиваленты), установление численных значений которых не требует никаких теоретиче-

ских предпосылок относительно строения вещества.

Эквивалентным весом, или эквивалентом Э., называется то количество его, которое соединяется или замещает 1008 частей водорода или 8 частей кислорода. Очевидно, что Э. в общем случае имеет несколько эквивалентных весов; так, у азота эквивалентные веса равны: 14; 7; 4,67; 3,5 и 2,8; у углерода: 3,6 и 12, и т. д. Для решения многих практических задач достаточно знание только эквивалентов, но для развития химии необходима была атомистическая химия, а, след., и понятие об атомном весе как единственной количественной характеристике Э., в противоположность эквивалентным весам—в общем случае множественной характеристике.

Уже в 1811 г. была высказана гипотеза, которая давала однозначное решение вопроса о выборе атомного веса Э. из числа эквивалентных весов его; это была гипотеза Авогадро, согласно которой при одинаковых температуре и давлении в равных объемах различных газов содержится одинаковое число частиц. Гипотеза Авогадро в течение долгого времени не могла войти в обиход химии, так как она оказывается неверной, если под частицами вещества разуметь атомы. Плодотворной она могла стать только после того, как было введено понятие о молекуле и было проведено строгое различие между атомом и молекулой.

Молекулой называется наименьшее количество вещества, которое физически может существовать как специфическое качество и реагировать как таковое. Атомом же называется наименьшее количество Э., входящее в состав молекул его соединений. В качестве весовой единицы атомов и молекул принимается $^1/_{16}$ часть веса атома кислорода, отсюда *атомным весом Э. называется число, показывающее, во сколько раз атом данного Э. тяжелее $^1/_{16}$-ой части веса атома кислорода, а молекулярным весом вещества называется число, показывающее, во сколько раз молекула данного вещества тяжелее $^1/_{16}$-ой части веса атома кислорода.*

Так определенные атомные и молекулярные веса называются *относительными* в отличие от абсолютных, указывающих вес атома или молекулы в граммах (см. ниже). Гипотеза Авогадро становится верной, если под частицей разуметь молекулу. Однако, даже после введения в химию понятия о молекуле гипотеза Авогадро не могла занять надлежащего доминирующего положения, т.-е. не могла сразу превратиться из гипотезы в закон, по двум веским причинам: эта гипотеза не оправдывалась на некоторых отдельных соединениях, подобных хлористому аммонию NH_4Cl или пятихлористому фосфору PCl_5, и не оправдывалась на простых газообразных веществах, как водород, кислород, хлор, азот и т. д. Для полного торжества гипотезы Авогадро необходимо было сделать трудное допущение о молекулах, состоящих из одинаковых атомов, напр. H_2, O_2, N_2, Cl_2 и т. д., что противоречило электрохимическим воззрениям, идущим от Берцелиуса; кроме того, надо было дождаться развития Сен Клер Девиллем учения о диссоциации (*см.* XVIII, 411 сл.). С этого времени гипотеза Авогадро превратилась в основной закон химии, позволяющий во всех тех случаях, когда Э. дает летучие соединения, однозначно определять его атомный вес.

Берем в качестве стандартного газа кислород и принимаем, что его молекула состоит из двух атомов O_2 и что, следовательно, его молекулярный вес 32; если мы станем определять плотности других газов и паров по отношению к кислороду, то из закона Авогадро тотчас же следует основная теорема химии: молекулярный вес M данного соединения равен плотности его пара Δ по отношению к кислороду, помноженному на 32: $M = 32\Delta$. В прежнее время в качестве стандартного газа брали водород, плотности газов и паров определяли по отношению к воздуху, но перечисляли их в отношении водорода (D); принимая молекулярный вес водорода в первом приближении равным 2, получали, что молекулярный вес соединения $M = 2D$.

Если мы знаем молекулярный вес соединения и его количественный состав, то всегда сможем рассчитать от-

носительные количества Э., входящие в молекулу данного вещества. Напр., плотность метана $\Delta=0{,}501$, следовательно его $M=16{,}033$; в метане на 1.008 ч. H приходится 3 ч. углерода, отсюда в молекулярном количестве его (16,032) содержится 4,032 ч. H и 12 ч. углерода. Аналогичные расчеты показывают, что в молекулярных количествах этилена содержится 4,032 ч. H и 24 ч. C, а в случае бензола 6,048 ч. H и 72 ч. C. Исследование большого числа углеродистых соединений показало, что наименьшее количество углерода, входящее в состав их молекул, равно 12, след. атомный вес углерода 12.

Таким образом количественный анализ соединений данного Э. дает его эквивалентные веса в разных соединениях; для того чтобы от эквивалентов перейти к атомному весу Э., главнейшей количественной характеристике его, надо определить плотность паров его соединений и, опираясь на закон Авогадро, вычислить молекулярные их веса; анализ полученных данных позволяет однозначно определить искомый атомный вес.

Однако, не все Э. образуют летучие соединения, удобные для точного определения их плотностей. В этих случаях исторически пришлось воспользоваться другими законами, чтобы от эквивалентов перейти к атомному весу. Таких законов три: закон Дюлонга и Пти (*см.* XIX, 349), закон изоморфизма Митчерлиха (*см.* XXV, 613 сл.) и периодический закон Д. И. Менделеева (*см.* XXXI, 586 сл.). Так как произведение из атомного веса на теплоемкость простого вещества есть величина приблизительно постоянная, равная в среднем 6,4, то путем деления этого числа на теплоемкость простого вещества мы найдем приблизительное значение атомного веса, которое покажет нам отношение атомного веса к эквивалентам; а так как это отношение должно быть целым числом, то, округлив найденное значение отношения и умножив его на точное значение эквивалента, мы найдем точный атомный вес искомого Э. Этот путь сыграл скромную роль в истории по трем причинам: для самого установления закона Дюлонга и Пти надо было для ряда Э. предварительно знать атомный вес их, затем этот закон неприложим к легким Э. и, наконец, ряд Э. или не был известен в виде простых веществ, или не мог быть получен в виде достаточно чистых простых веществ.

Закон изоморфизма сыграл исторически важную роль. Тот факт, что соли серной и хромовой кислоты изоморфны, привел к исправлению формул окислов хрома, железа и др. Э., а вследствие этого и к более правильному определению атомных весов их еще задолго до использования для этой цели закона Авогадро.

Окончательную роль в правильном установлении атомных весов Э. сыграл периодический закон Менделеева и основанная на этом законе таблица Э.

До сих пор мы говорили об относительных атомных весах, что же касается абсолютных атомных весов, то только в XX столетии ряд физических и физико-химических методов привел к точным определениям их (напр., опыты Перрена; *см. растворы*, XXXV, 670). Оказалось, что единица атомных и молекулярных весов $=1/16$ веса атома кислорода, в абсолютных весах весит $1{,}6490\cdot10^{-24}$ *г*, атом водорода $(H=1{,}0078)-1{,}662\cdot10^{-24}$, атом гелия $(He=4{,}00216)-6{,}5994\cdot10^{-24}$. Абсолютные веса других Э. мы можем вычислить умножением веса $1/16$ O на атомный вес Э.

4. Периодическая система Э. и изотопы. В статье *периодическая система* (*см.* XXXI, 586/96) указана история открытия этой системы, ее классификационная ценность и ее роль в правильном установлении атомных весов ряда известных Э. и даже в предсказаниях новых Э. и их свойств. Там же приведена самая таблица Э. в том виде, какой ей окончательно дал Д. И. Менделеев. Несмотря на все достоинства этой таблицы, в ней мы находим ряд ставящих нас втупик моментов, из которых укажем на три. В трех парах (аргон и калий, кобальт и никкель, теллур и иод) Э. следуют друг за другом в порядке убывания атомных весов, между тем как вся таблица построена на идее расположения Э. по возрастающим атомным ве-

*

сам. Далее, группа Э. редких земель (лантанидов, т.-е. Э., следующих за La до Ta) совершенно не укладывалась в систему Э.; эта трудность сказалась на построении таблицы (*см.* XXXI, 589/90), где показаны только La, Ce и Yb и вставлен пустой 9-й ряд. Наконец, необъясненным оставался факт попадания совершенно отличных Э. в одну и ту же группу, как, напр., марганца в группу галоидов, меди, серебра и золота в группу щелочных металлов, и вообще факт различия между четными и нечетными рядами. Все эти моменты делали то, что, несмотря на все положительные стороны периодической системы Э., многие крупнейшие ученые в лучшем случае смотрели на эту систему не как „на закон природы в строгом смысле слова", а как на „принцип классификации чего-то не вполне определенного" (Оствальд, 1900). Нужно было развитие новых глав физики и химии для того, чтобы убедиться в том, что периодический закон Д. И. Менделеева есть „закон природы в строгом смысле слова". Такими новыми главами явились учения о радиоактивности, об изотопии и о строении атома.

Изучение радиоактивности привело к открытию целого ряда (около 40) новых радиоактивных Э., располагающихся по своим атомным весам и химическим свойствам между свинцом (207, 22) и ураном (238, 17), т.-е. около 40 Э. приходится на 11 клеток, из которых 4 заняты были известными Э.: Pb, Bi, Th и U. Одновременно выяснилось, что эти радиоэлементы могут быть разбиты на группы (плеяды), характеризующиеся тем, что члены одной и той же группы обладают тождественными химическими свойствами и, если они находятся в смеси, то никакими химическими путями не могут быть разделены; их разделение происходит только самопроизвольно в силу различной продолжительности их жизни. Примерами могут служить ториевый и радиевый свинцы, радий и мезоторий I, торий и ионий (см. *радиоактивность*). Содди (см. XLVIII, прил. *совр. деят. науки*, 20) предложил поместить радиоэлементы с тождественными химическими свойствами в одну и ту же клетку периодической системы и назвать члены одной и той же группы *изотопами* (с греч., „занимающие одно и то же место"). Изотопы радиоэлементов могут различаться атомными весами, а так как химически они неотделимы, то смесь их ведет себя как единый химический Э. Если каждый из Э. обладает атомным весом, выражаемым целым числом, то смесь их может иметь атомный вес, заметно уклоняющийся от целого числа. Отсюда рождается мысль, не являются ли смесями изотопов и обыкновенные Э., по крайней мере те, атомные веса которых не выражаются целыми числами.

Путем изучения каналовых лучей Астону (см. XLVIII, прил. *совр. деятели науки*, 18) и Демпстеру удалось дать вполне положительный ответ на этот вопрос. Каналовые лучи получаются в разрядных трубках в направлении, обратном направлению катодных лучей, и через каналы в катоде могут быть направлены в пространство позади катода; каналовые лучи состоят из быстро движущихся положительно заряженных газовых частиц (атомов, радикалов, молекул). В приборе Астона положительные лучи, пройдя через продырявленный катод, направляются через щели S_1 и S_2 (рис. 1), откуда в виде пучка параллельно идущих частиц попадают в электрическое поле

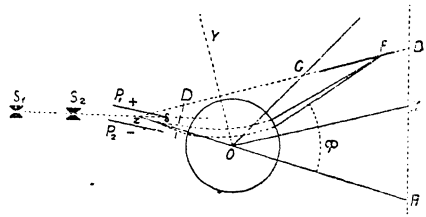


Рис. 1.

между пластинками P_1 и P_2. Пусть e — заряд частицы, m — ее масса, а v — скорость; частицы каналовых лучей обладают различными значениями отношения e/m и различными скоростями, а поэтому они различно отклоняются в электрическом поле. Так, группа частиц с определенными значениями e/m и v меняет свое направление S_1S_2Z в новое направление ZOA. Выйдя из электрического поля, лучи попадают

в магнитное поле между двумя дискообразными полюсными якорями O; направление магнитного поля таково, что направление отклонения лучей противоположно отклонению в электрическом поле, но в то время как в последнем отклонение пропорционально e/mv^2, в магнитном поле оно пропорционально e/mv, в результате чего частицы, разделенные электрическим полем, собираются вновь магнитным полем, но так, что на фотографической пластинке GF сходятся вместе частицы с одинаковым значением e/m (напр., на рис. точка F). Частицы с различными значениями e/m оставляют на пластинке разрозненные следы (рис. 2). Мерой значений e/m являются следы известных атомов и молекул, напр. O_2, O, CO, CO_2 и т. д. Получаемые этим способом следы разных частиц называются „спектрами масс", а самый прибор Астона—масс-спектрографом.

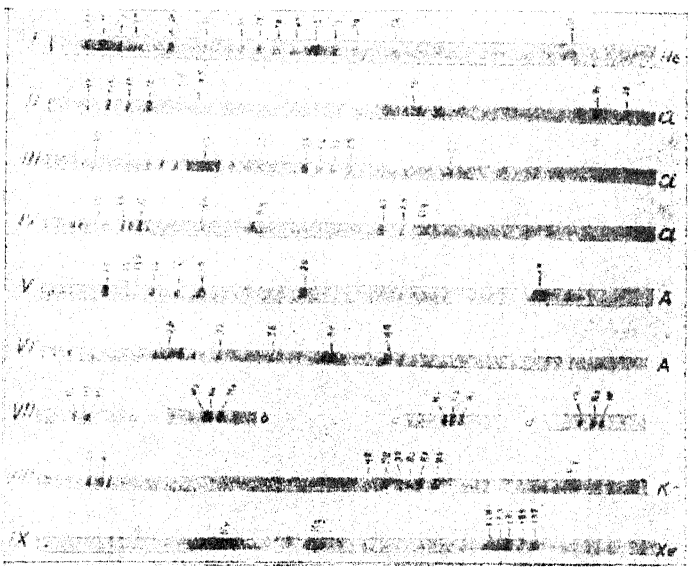


Рис. 2.

Для Э., не образующих газообразных соединений, применяется другой прибор (Демпстер); нелетучие вещества наносятся на анод трубки, особо устроенный, и затем или сильно нагреваются электрическим путем, или подвергаются „обстрелу" катодными лучами; в остальном идея способа—прежняя.

В настоящее время изучено подавляющее большинство Э., при чем оказалось, что многие из них действительно представляют собою смеси изотопов; в прилагаемой таблице I приведены результаты опытов к 1931 г. Таким образом нецелочисленность атомных весов многих Э. находит себе объяснение в явлении изотопии.

В связи с этими явлениями возникает вопрос, должны ли мы называть Э. каждый изотоп, или же Э. является сущность плеяды изотопов. Исходя из химической точки зрения, более верным будет второе положение; *изотопы суть разновидности Э.*; Э. же делим на *чистые*, состоящие из атомов только одной разновидности, и *смешанные*, состоящие из атомов нескольких разновидностей.

I. Таблица атомных весов

Название элемента	Символ	Атомный вес	Порядковое число	Изотопы
Азот	N	14,008	7	14, 15
Актиний . . .	Ac	—	89	227^*, 228^*
Алюминий . .	Al	26,97	13	27
Аргон	A	39,944	18	40, 36
Барий	Ba	137,36	56	138, (136)
Бериллий . . .	Be	9,02	4	9
Бор	B	10,82	5	11, 10
Бром	Br	79,916	35	79, 81
Ванадий . . .	V	50,95	23	51
Висмут	Bi	209,00	83	209, 210^*, 211^*, 212^*, 214^*
Водород . . .	H	1,0078	1	1

Цифры с * относятся к радиоактивным изотопам.

Название элемент	Символ	Атомный вес	Порядковое число	Изотопы
Вольфрам	W	184,0	74	184?
Гадолиний	Gd	157,3	64	—
Галлий	Ga	69,72	31	69, 71
Гафний	Hf	178,6	72	—
Гелий	He	4.002	2	4
Германий	Ge	72,60	32	74, 72, 70, 73, 75, 76, 71, 77
Гольмий	Ho	163,5	67	—
Диспрозий	Dy	162,46	66	—
Европий	Eu	152,0	63	—
Железо	Fe	55,84	26	56, 54
Золото	Au	197,2	79	—
Иллиний (?)	Il	61	—	—
Индий	In	114,8	49	115
Иод	J	126,932	53	127
Иридий	Ir	193,1	77	—
Иттербий	Yb	173,5	70	—
Иттрий	Y	88 92	39	89
Кадмий	Cd	112,41	48	114, 112, 110, 113, 111, 116
Калий	K	39,10	19	39, 41*
Кальций	Ca	40,08	20	40, 44
Кислород	O	16,000	8	16, 18, 17
Кобальт	Co	58,94	27	59
Кремний	Si	28,06	14	28, 29, 30
Криптон	Kr	82,9	36	84, 83, 82, 86, 80, 78
Ксенон	Xe	130,2	54	129, 132, 131, 134, 136, 130, 128, 124, 126
Лантан	La	138,90	57	139
Литий	Li	6,940	3	7, 6
Лютеций	Lu	175,0	71	175?
Магний	Mg	24,32	12	24, 25, 26
Мазурий	Ma	—	43	—
Марганец	Mn	54.93	25	55
Медь	Cu	63,57	29	63, 65
Молибден	Mo	96,0	42	92, 94, 95, 96, 97, 98, 100
Мышьяк	As	74,93	33	75
Натрий	Na	22,997	11	23
Неодим	Nd	144,27	60	146, 144, 142, (145)
Неон	Ne	20,183	10	20, 22, 21
Никкель	Ni	58,69	28	58, 60
Ниобий	Nb	93.3	41	—
Нитон (эманация радия)	Nt	—	86	219*, 220*, 222*
Олово	Sn	118,70	50	120, 118, 116, 124, 119, 117, 122, 121, 112, 114, 115
Осмий	Os	190,8	76	—
Палладий	Pd	106,7	46	—
Платина	Pt	195,23	78	—
Полоний	Po	210	84	210*, 211*, 212*, 214*, 215*, 216*, 218*
Празеодим	Pr	140,92	59	141
Протоактиний	Pa	—	91	231*, 234*
Радий	Ra	225,97	88	226*, 223*, 224*, 228*
Рений	Re	186.31	75	—
Родий	Rh	102.91	45	—
Ртуть	Hg	200.61	80	202, 200. 199, 198, 196, 201, 204
Рубидий	Rb	85,44	37	85, 87*
Рутений	Ru	101,7	44	—
Самарий	Sm	150,43	62	—
Свинец	Pb	207,22	82	206, 207, 208, 209, 210*, 211*, 212*, 214*

Название элемента	Символ	Атомный вес	Порядковое число	Изотопы
Селен	Se	79,2	34	80, 78, 76, 82, 77, 74
Сера	S	32,06	16	32, 34, 33
Серебро	Ag	170,880	47	107, 109
Скандий	Sc	45.10	21	45
Стронций	Sr	87,63	38	88, 86
Сурьма	Sb	121,76	51	121, 123
Таллий	Tl	204,39	81	204, 207*, 208*, 210*
Тантал	Ta	181,4	73	—
Теллур	Te	12 .5	52	128, 130, 126
Тербий	Tb	159,2	65	—
Титан	Ti	47,90	22	48, 50
Торий	Th	232,12	90	232*, 227*, 228*, 230*
Тулий	Tu	169,4	69	234*
Углерод	C	12.00	6	12, 13
Уран	Ur	238.14	92	238*, 234*
Фосфор	P	31,02	15	31
Фтор	F	19,00	9	19
Хлор	Cl	35 457	17	35, 37
Хром	Cr	52,01	24	52, 53, 50, 54
Цезий	Cs	132,81	55	133
Церий	Ce	140,13	58	140, 142
Цинк	Zn	65,38	30	64, 66, 68, 67, 65, 70, 69
Цирконий	Zr	91,22	40	90, 94, 92, (96)
Эрбий	Er	167,64	68	164 до 176

Глиний = алюминий
Глиций = бериллий
Кассиопий = лютеций
Колумбий = ниобий
Тунгстен = вольфрам

Цифры с * относятся к радиоактивным изотопам.

Первые исследования Астона показали, что атомные веса изотопов целочисленны, последние же исследования с новопостроенным масс-спектрографом большей силы отчетливо дали определенные уклонения от целых чисел; о смысле этих уклонений мы будем говорить ниже. Заметим, что в настоящее время найден еще один способ нахождения изотопов и определения с исключительною точностью отношения масс изотопов данного Э.; этот способ состоит в анализе вибрационных спектров молекул; так, разные атомы хлора Cl^{35} и Cl^{37} могут образовать разные молекулы хлора Cl_2 (изотопные молекулы Cl^{35}, Cl^{35}, Cl^{35}, Cl^{37}, Cl^{37}, Cl^{37}); в полосатом спектре полосы, обязанные своим существованием вибрациям атомных ядер, получают расщепление, из величины которого можно вычислить отношения масс изотопов. Таким путем были подтверждены изотопы, найденные раньше масс-спектрографом,

Цифры с * относятся к радиоактивным изотопам.

и открыты новые редкие изотопы, напр. изотопы кислорода O^{17} и O^{18}, углерода C^{13}, азота N^{15}, хлора Cl^{36} и, наконец, водорода H^1, H^2, H^3. Наиболее важным является открытие изотопов кислорода, стандартного Э.; к счастью, количественно примеси изотопов O^{17} и O^{18} очень малы, а именно—$O^{16} : O^{17} : O^{18} = 10000 : 1 : 8$, что, впрочем, требует дополнительных определений. След., если мы примем $O^{16} = 16{,}0000$, то атомный вес обычного кислорода 16,0017 (по Меку даже 16,0035). В дальнейшем мы будем принимать в учении об атоме (но не в химии) за единицу атомных весов $^1/_{16}$ часть веса изотопа O^{16}.

Изотопы различаются атомным весом; различий между свойствами изотопов и их соединений можно ожидать только в случае тех свойств, которые являются функциями атомного веса; в тесной связи с этим стоит вопрос о разделении изотопов. В многочисленных опытах более чем десятью способами (фракционированная перекристаллизация, действие центробежной силы, диффузия, перегонка и т. д.) в лучшем случае удалось достигнуть весьма незначительного обогащения, пока, наконец, Герцу не удалось сконструировать остроумный прибор для диффузии газов через пористые трубки; этим путем ему удалось разделить изотопы неона.

Полное разделение удалось также и в случае водорода; изотопы H^1 и H^2 сильно разнятся по своему атомному весу (1 и 2), что облегчает разделение их методом испарения жидкого водорода или путем электролиза воды, в остатке которого остается так называемая тяжелая вода H_2^2O; изотоп H^2 получил отдельное название *дейтона* ($D^2 = H^2$).

Весьма существенный факт, что смешанные Э., независимо от географического нахождения, геологического и даже космического (метеориты) происхождения исходных веществ и способа выделения и анализа Э., всегда при самых точных опытах показывают один и тот же атомный вес. Исключение составляет один только свинец, который в зависимости от происхождения (обыкновенный и два радиоактивного происхождения) обладает различными атомными весами. Но обыкновенный свинец, независимо от происхождения, всегда дает один и тот же атомный вес. Этот факт говорит против предположения, что обыкновенные Э. являются конечными продуктами распада радиоактивных Э., более тяжелых, чем уран, и распавшихся еще в период времени до отвердения Земли. Почти математического точного смешения изотопов нельзя себе представить в системах, подобных туманностям и огненножидким небесным телам; гораздо вероятнее предположение, что синтез Э. во вселенной идет так, что образуются одновременно изотопы в определенных соотношениях (см. ниже).

5. Порядковое число. Вещества, будучи подвергнуты действию катодных или рентгеновых лучей, испускают рентгеновы лучи, которые могут быть разложены в спектры, характерные для Э., составляющих данное вещество; характеристический рентгеновский спектр Э. проще его оптического спектра и состоит из отдельных групп линий; группы обозначаются буквами *K*, *L*, *M* и *N*, линии же в группе обозначаются греческими буквами (напр. K_α, L_α, L_β и т. д.). Длины волн однородных лучей в каждой группе уменьшаются с ростом атомного веса Э.; так, линия K_α для Na равна $11{,}8836 \times 10^{-8}$, а для $W - 0{,}21352 \times 10^{-8}$. Мозли (см. XLVIII. прил. *деятели науки*, 17), систематически изучивший рентгеновские спектры различных Э., открыл замечательный закон, носящий его имя (см. *спектральный анализ*, XLI, ч. 4, 66/69). Если мы обозначим через λ — длину волны, через a — постоянную, через Z — порядковое (целое) число, то для однородных лучей разных Э. закон Мозли имеет вид: $\frac{1}{\lambda} = a(Z-1)^2$, при чем для водорода $Z = 1$, а для гелия $Z = 2$; таким образом, каждый элемент получает свой номер Z, называемый чаще *порядковым числом* его. Уравнение Мозли может быть переписано

Таблица Д. И. Менделеева

Периоды	Ряды	Группы элементов										
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			(0)
I	1	*1* Водород **H** 1,0078										*2* Гелий **He** 4,002
II	2	*3* Литий **Li** 6,940	*4* Бериллий **Be** 9,02	*5* Бор **B** 10,82	*6* Углерод **C** 12,00	*7* Азот **N** 14,008	*8* Кислород **O** 16,000	*9* Фтор **F** 19,00				*10* Неон **Ne** 20,183
III	3	*11* Натрий **Na** 22,997	*12* Магний **Mg** 24,32	*13* Алюминий **Al** 26,97	*14* Кремний **Si** 28,06	*15* Фосфор **P** 31,02	*16* Сера **S** 32,06	*17* Хлор **Cl** 35,457				*18* Аргон **A** 39,944
IV	4	*19* Калий **K** 39,10	*20* Кальций **Ca** 40,08	*21* Скандий **Sc** 45,10	*22* Титан **Ti** 47,90	*23* Ванадий **V** 50,95	*24* Хром **Cr** 52,01	*25* Марганец **Mn** 54,93	*26* Железо **Fe** 55,84	*27* Кобальт **Co** 58,94	*28* Никкель **Ni** 58,69	
	5	*29* Медь **Cu** 63,57	*30* Цинк **Zn** 65,38	*31* Галлий **Ga** 69,72	*32* Германий **Ge** 72,60	*33* Мышьяк **As** 74,93	*34* Селен **Se** 79,2	*35* Бром **Br** 79,916				*36* Криптон **Kr** 82,9
V	6	*37* Рубидий **Rb** 85,44	*38* Стронций **Sr** 87,63	*39* Иттрий **Y** 88,92	*40* Цирконий **Zr** 91,22	*41* Ниобий **Nb** 93,3	*42* Молибден **Mo** 96,0	*43* Мазурий ?	*44* Рутений **Ru** 101,7	*45* Родий **Rh** 102,91	*46* Палладий **Pd** 106,7	
	7	*47* Серебро **Ag** 107,880	*48* Кадмий **Cd** 112,41	*49* Индий **In** 114,8	*50* Олово **Sn** 118,70	*51* Сурьма **Sb** 121,76	*52* Теллур **Te** 127,5	*53* Иод **J** 126,932				*54* Ксенон **Xe** 130,2

Продолжение таблицы Д. И. Менделеева.

Периоды	Ряды	Группы элементов I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			(0)
VI	8	*55* Цезий **Cs** 132,81	*56* Барий **Ba** 137,36	*57—71* **Элементы редких земель**	*72* Гафний **Hf** 178,6	*73* Тантал **Ta** 181,4	*74* Вольфрам **W** 184,0	*75* Рений **Re** 186,31	*76* Осмий **Os** 190,8	*77* Иридий **Ir** 193,1	*78* Платина **Pt** 195,23	
	9	*79* Золото **Au** 197,2	*80* Ртуть **Hg** 200,61	*81* Таллий **Tl** 204,39	*82* Свинец **Pb** 207,22	*83* Висмут **Bi** 209,00	*84* Полоний **Po** 210	*85*				*86* Нитон **Nt** 222
VII	10	*87*	*88* Радий **Ra** 225,97	*89* Актиний **Ac**	*90* Торий **Th** 232,12	*91* Протоактиний **Pa**	*92* Уран **U** 238,14					
		Высшие солеобразующие окислы										
		R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4			R
		Высшие газообразные водородные соединения										
					RH_4	RH_3	RH_2	RH				

Элементы редких земель

57. Лантан **La** 138,90	*62.* Самарий **Sm** 150,43	*67.* Гольмий **Ho** 163,5
58. Церий **Ce** 140,13	*63.* Европий **Eu** 152,0	*68.* Эрбий **Er** 167,64
59. Празеодим **Pr** 140,92	*64.* Гадолиний **Gd** 157,8	*69.* Тулий **Tu** 169,4
60. Неодим **Nd** 144,27	*65.* Тербий **Tb** 159,2	*70.* Иттербий **Ib** 173,5
61. Иллиний **Il** (?) . . . . . —	*66.* Диспрозий **Dy** 162,46	*71.* Лютеций **Lu** 175,0
		(Кассиопей **Cp**)

так: $Z = 1 + \sqrt{\frac{1}{a\lambda}}$; если обозначим $\sqrt{\frac{1}{\lambda}}$ через x, то $Z = 1 + \frac{1}{\sqrt{a}}x$, следовательно, порядковое число есть линейная функция от x, т.-е. от квадратного корня из величины, обратной длине волны $\left(\frac{1}{\lambda}\right)$. Таким образом, длины волн в характеристическом рентгеновом спектре Э. не являются периодической функцией ни от атомного веса, ни от порядкового числа их (из других свойств непериодической функцией является теплоемкость). Порядковое число свойственно Э., но не изотопам.

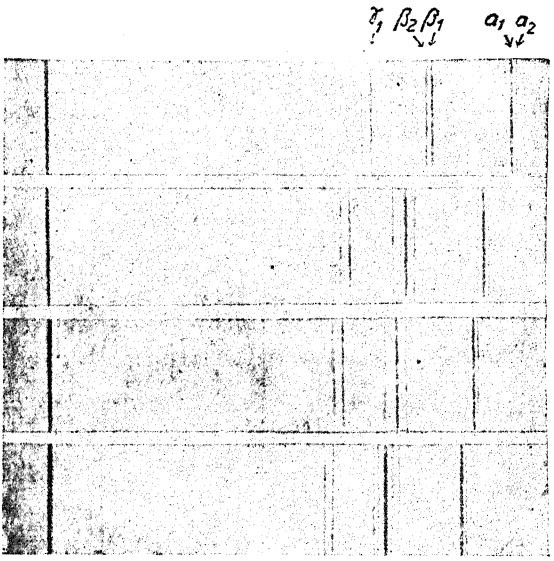


Рис. 3.

Закон Мозли, дающий однозначный ответ о порядковом числе Э., решает ряд крупнейших проблем химии, в том числе вопрос об окончательном установлении периодической системы Э. В таблице Д. И. Менделеева (*см.* XXXI, 589/90) незнание общего числа Э. редких земель привело к неполным 8, 9 и 10 рядам, чем и была нарушена стройность системы. Закон Мозли показал, что порядковый номер бария 56, а тантала 73, след. между барием и танталом может быть только 16 Э. Этот же закон доказал правильность всей конструкции периодической системы Э., правильность расстановки A, K, Co, Ni, Te и J, законность попадания Mn в группу галоидов и т. д. На основании закона Мозли можно придать системе Э. окончательный вид (таблица на стр. 431/34). Пользуясь рентгеноспектрограммами, было показано, что химией действительно не были открыты Э. с порядковыми числами 43, 61, 72, 75, 85 и 87.

Рис. 3 показывает, как правильно смещаются однородные линии (α, β, γ группы L) рентгеновского спектра с изменением порядкового числа Э.; здесь же легко увидеть по ненормальному смещению этих линий, что между золотом и таллием нехватает одного Э. (ртути). Рентгеновский спектр и закон Мозли являются наиболее совершенным средством к открытию новых Э.; так были открыты Э. мазурий (43), иллиний (61) (?), гафний (72), рений (75).

По закону Мозли в указанной выше форме в системе Э. нет места таким Э., как короний, небулий и геокороний, существование которых предполагалось на основании наличия особых линий в спектрах солнечной короны, некоторых звезд и северного сияния. В настоящее время известно (Боуэн), что эти линии принадлежат обычным Э.: кислороду, азоту, аргону, атомы которых находятся в особом состоянии возбуждения.

Закон Мозли доказал правильность периодической системы Э. с многими ее особенностями, но не может, конечно, объяснить эти особенности; последняя задача в значительной степени решена теорией атома.

6. Теория атома и химические Э. (см. *электронная теория*). Со времени открытия спектрального анализа стало ясным, что атом не

простой комочек вещества, а что он обладает сложной структурой. Сложность спектров и их „мистическая" арифметика долгое время были совершенно недоступны для объяснений; только развитие электронной теории, учения о радиоактивности и учения о квантах энергии впервые в руках Н. Бора (1913; см. XLVIII, прил. *деятели науки*, 13) дали ключ к пониманию спектров, а через них и к строению атомов (*см.* XLI, ч. 4, 70 сл.). Центральной идеей для теории атома является вывод Рэзерфорда (*см*) из опытов прохождения α-частиц (иона He^{++}) через различные вещества: вещество атома главным образом сосредоточено в чрезвычайно малом объеме в виде ядра, несущего положительные заряды; вокруг ядра имеются отрицательно заряженные Э. с ничтожной массой, но своими зарядами уравновешивающие заряд ядра так, что в целом атом нейтрален. Теория Дж. Дж. Томсона (*см.*), по которой положительный заряд атома распределен по сфере, внутри которой находятся электроны в определенной конфигурации, не выдержала опытной проверки и должна была уступить место идее Рэзерфорда (см. *электронная теория*, LII, 198 сл.). Возможно двоякое использование этой идеи: статическое (Штарк, Льюис, Лангмюир) и динамическое (Н. Бор). С первой точки зрения электроны, расположенные вокруг ядра, неподвижны, в лучшем случае испытывают колебания; какими силами они удерживаются от падения на ядро, неизвестно; существование таких сил теория постулирует. Статическая теория атома смогла качественно объяснить ряд химических свойств Э., но даже и для качественного объяснения она оказалась слишком громоздкой и вследствие этого очень мало плодотворной; с точки зрения количественного учета она оказалась непригодной и в химии и в физике. Динамическая теория Н. Бора исходит из допущения, что электроны движутся вокруг ядра на подобие планет, обращающихся вокруг Солнца. Однако, электрон, как заряженное тело, при вращении должен терять энергию и раньше или позже упасть на ядро. Бор *постулирует*, что в атоме есть ряд определенных орбит, двигаясь по которым электрон не теряет энергии, а след. может двигаться вечно. Такие орбиты называются квантованными и вычисляются на основании теории квант (см. *энергия*). Электрон излучает или поглощает энергию при перескоках с одной квантованной орбиты на другую. Количественный учет энергии, освобождающейся при таких перескоках электрона, дает ключ к пониманию спектров; расшифровка спектров—огромнейшая заслуга теории Бора. В первоначальной теории электронные орбиты предполагались круговыми, радиус квантованных кругов

$$a = \frac{h^2}{4\pi^2 \mu e^2 Z} n^2,$$

где h—квант действия ($6{,}55 \cdot 10^{-27}$ *эрг. сек*), μ—приведенная масса ядра и электрона $\left(\mu = \frac{Mm}{M+m}\right)$, M—масса ядра, m—масса электрона, Z—порядковое число элемента, n—главное квантовое число, могущее быть только целым числом 1, 2, 3, ... ∞. Зоммерфельд расширил теорию Бора, введя эллиптические орбиты, вместе с тем появилось новое, побочное или азимутальное квантовое число k. Эллипс характеризуется большой и малой полуосями; выражение для большой оси получилось тождественным с выражением для радиуса круговой орбиты Бора, выражение же для малой полуоси имеет вид:

$$b = \frac{h^2}{4\pi^2 \mu e^2 Z} nk;$$

из свойств эллипса вытекает, что k не может быть нулем или быть больше n, следовательно $k = 1, 2, 3, \ldots n$. Таким образом, мы получаем группы орбит в зависимости от значений n и k, обозначаемые символом n_k. При $n=1$, $k=1$ возможна только одна круговая орбита 1_1; при $n=2$ возможны орбиты: 2_1—эллиптическая и 2_2—круговая; при $n=3$ возможны орбиты 3_1 и 3_2—эллиптические и 3_3—круговая, ибо при $n=k$, $a=b$, и т. д. Рис. 4 показывает ряд первых возможных орбит электрона по теории Зоммерфельда.

Оказалось, однако, что энергия электрона зависит по этой теории

только от главного квантового числа n и не зависит от значения k, а так как свойства атома определяются энергиями электронов, то очевидно, что введение эллиптических орбит и нового квантового числа не продвигает нас дальше первой теории Бора. Положение изменяется, если мы учтем то, что электрон движется с огромной скоростью и в случае эллиптической орбиты — с непостоянной скоростью; в области афелия он движется медленнее, нежели в области перигелия

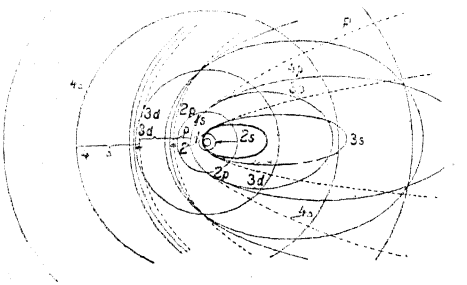


Рис. 4.

следов., масса электрона непостоянна если m_0—масса покоющегося электрона, v—скорость электрона, c—скорость света, то масса движущегося электрона $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$; очевидно, что при переменной скорости v переменна и масса m.

Уравнение эллипса в полярных координатах $r = a\frac{1-\varepsilon^2}{1+\varepsilon\cos\varphi}$, где r—радиус-вектор, φ — полярный угол, a—большая полуось, ε—эксцентриситет эллипса. Если мы учтем непостоянство массы электрона, то для орбиты электрона получим уравнение $r = a\frac{1-\varepsilon^2}{1+\varepsilon\cos\gamma\varphi}$, где γ—коэффициент, мало отличающийся от единицы. Рис. 5 показывает вид кривой, отвечающей этому уравнению; на такую розетку можно смотреть как на эллипс, вращающийся в своей плоскости, при чем ось вращения проходит через фокус, где находится ядро. Дуга $\Delta\varphi$, измеряющая расстояние между двумя последовательными положениями афелия, зависит от $\gamma\left(\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\gamma} - 2\pi\right)$, а γ в свою очередь зависит от k, вместе с тем и энергия электрона зависит от k. В данной интерпретации квантовое число k характеризует собою вектор-момент вращения орбиты электрона. Теория Зоммерфельда позволила, с одной стороны, подойти к объяснению

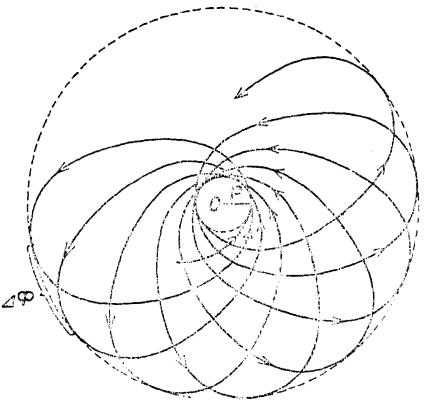


Рис. 5.

тонкой структуры спектра водорода, с другой—разбить электронные орбиты на группы, характеризующиеся числом n, и подгруппы, характеризующиеся числом k, что открыло дорогу к выяснению строения атомов других Э. и смысла периодической системы. Однако, ни одной из этих задач нельзя было решить до конца; спектры Э. оказались значительно сложнее, и для их дальнейшего объяснения потребовалось введение новых квантовых чисел. Теоретически задача оказалась настолько сложной, что новые квантовые числа были введены эмпирическим путем, и далеко не сразу удалось им дать удачное физическое толкование. Крупным успехом в теории атома оказалась гипотеза Юленбека и Гаудсмита, приписавшая электрону собственное вращение с механическим моментом (вектором) $s = \frac{1}{2}\left(\text{в единицах } \frac{h}{2\pi}\right)$. Вместе с тем пришлось ввести вместо квантового числа k число $l = k-1$; таким образом, число l может принимать значения 0, 1, 2.... $(n-1)$.

По схеме Гунда векторы l и s геометрически складываются, при чем принимается, что вектор s может иметь только два направления: параллельное или антипараллельное вектору l; в этом случае результирующий вектор при

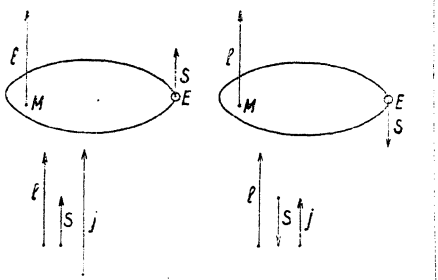


Рис. 6.

данном значении (рис. 6) l может принять одно из двух значений:

$$j = l + \frac{1}{2} \text{ и } j = l - \frac{1}{2}.$$

Последний вектор, след., характеризуется третьим (внутренним) квантовым числом j.

Факт расщепления спектральных линий в магнитном поле привел к допущению, по которому плоскости орбит могут иметь различное, но квантованное положение в пространстве, характеризуемое квантовым числом m, при чем

$$m = j,\ j-1,\ \ldots -(j-1),\ -j.$$

Таким образом, мы получаем четыре квантовых числа, характеризующих орбиту электрона: n, l, j и m. Эти числа приобрели огромное значение для химии после установления следующего принципа Паули: *в атоме не может быть двух электронов с одинаковыми четырьмя квантовыми числами.*

Так как для $n=1, l=0, j=\frac{1}{2}$, $m=+\frac{1}{2}$ или $-\frac{1}{2}$, то электронов с $n=1$ может быть только два. Атом водорода обладает одним электроном, атом гелия—двумя; приписав им $n=1$, получим что у водорода m (скажем) равно $\frac{1}{2}$, у гелия один электрон имеет $m=\frac{1}{2}$, другой $m=-\frac{1}{2}$. Этими двумя случаями исчерпываются возможности построения атомов с $n=1$, что и отвечает первому периоду системы Менделеева. Два электрона с $n=1$ образуют так называемую K-оболочку, повторяющуюся в атомах всех других Э. (ср. *спектральный анализ*, XLI, ч. 4, 75 сл., и *электронная теория*, LII, 260 сл.).

Э. второго периода приписываем $n=2$; тогда возможны следующие комбинации:

l	j	m	
0	$^1/_2$	$+^1/_2$ и $-^1/_2$	Li и Be
1	$^1/_2$	$+^1/_2$ и $-^1/_2$	B, C, N,
	$^1/_2,\ ^3/_2$	$+^1/_2,\ -^1/_2, -^3/_2$	O, F, Ne.

Мы исчерпали возможность построения атомов с $n=2$, что и отвечает второму периоду системы Менделеева. Эти 8 электронов образуют L-оболочку, также повторяющуюся в атомах всех остальных Э.

Из того, что $m = j,\ j-1,\ \ldots -(j-1),\ -j$, видно, что m может иметь максимум $2j+1$ различных значений, откуда на основании принципа Паули следует, что в атоме может быть самое большое $2j+1$ электронов, обладающих одинаковыми n, l и j. *Эквивалентными* электронами называются электроны с одинаковыми n и l; так как $j = l \pm \frac{1}{2}$, то очевидно, что число эквивалентных электронов не больше $2(2l+1)$. А так как далее $l = 0,\ 1,\ 2,\ \ldots (n-1)$, то наибольшее возможное число электронов с данным значением n равно

$$Z_n = \sum_{l=0}^{l=n-1} 2(2l+1) = 2n^2.$$

Таким образом, максимальное число электронов при $n=1$ равно $2 \cdot 1^2 = 2$,

„ $n=2$ „ $2 \cdot 2^2 = 8$,

„ $n=3$ „ $2 \cdot 3^2 = 18$,

„ $n=4$ „ $2 \cdot 4^2 = 32$.

Однако, из того факта, что в периодической системе в первом периоде 2 Э., во втором 8, не следует, что в третьем их должно быть 18, а в четвертом 32. Явления здесь более сложны. На самом деле в третьем периоде имеем 8 Э. (от Na до A); главному же квантовому числу $n=3$ отвечают следующие возможности:

l	j	m	
0	$^1/_2$	$^1/_2$, $-^1/_2$	Na, Mg
1	$^1/_2$ $^1/_2$, $^3/_2$	$^1/_2$, $-^1/_2$ $^3/_2$, $^1/_2$ $-^1/_2$, $-^3/_2$	Al, Si, P, S, Cl, A
2	$^1/_2$, $^3/_2$ $^3/_2$, $^5/_2$	$^3/_2$, $^1/_2$, $-^1/_2$, $-^3/_2$ $^5/_2$, $^3/_2$, $^1/_2$, $-^1/_2$ $-^3/_2$, $-^5/_2$	Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni. Cu, Zn.

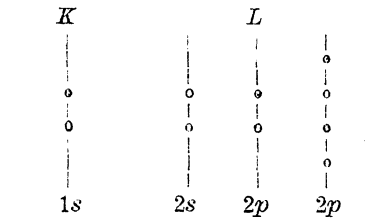
Электроны с $n=3$ образуют M-оболочку; очевидно, что квантовому числу $n=3$ (оболочке M) отвечает больше возможностей, чем имеется Э. в третьем периоде (8).

Если мы теперь перейдем к четвертому периоду (от K до Kr), то увидим, что в этом периоде 18 Э., что его Э. нарушают простоту прежних периодов (марганец в группе галоидов, медь в группе щелочных металлов, группа железных металлов и т. п.), что данный период состоит из двух рядов, при чем он начинается типичным щелочным металлом (K) и кончается типичным инертным газом (Kr). Бессмертная заслуга Бора состоит в том, что он на основании данных спектроскопии и химии дал объяснение этим фактам. Так как калий является по своим свойствам полным аналогом лития и натрия, то последнему электрону (19-му) в его атоме надо приписать те же свойства, что и последним электронам Li и Na, т.-е. 19-му электрону в атоме калия надо приписать числа $n=4$, $l=0$; другими словами, при переходе от A к K не продолжается замещение новыми электронами еще не заполненных, но возможных орбит с $n=3$, а происходит замещение орбит с $n=4$:

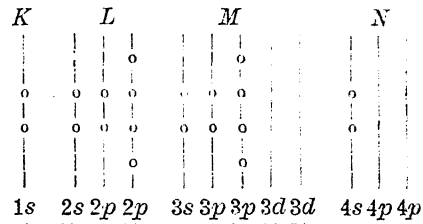
$$n=4,\ l=0,\ j=\frac{1}{2},\ m=\frac{1}{2},-\frac{1}{2}\ \text{K, Ca.}$$

В спектроскопии орбиты (уровни, термы) с одинаковыми значениями l обозначают буквами, при чем $l=0$ отвечает буква s (не смешивать с моментом вращения электрона s!), $l=1$ — буква p, $l=2$ — d, $l=3$ — f и т. д.; таким образом, $3s$ означает орбиту $n=3$, $l=0$, а $5d$ отвечает $n=5$, $l=2$.

Все указанные здесь распределения электронов можно сделать более наглядными при помощи следующих схем. Орбиты (или уровни энергии), характеризующиеся одними и теми же значениями квантовых чисел n, l, j, мы обозначаем вертикальной чертой и на ней помещаем столько кружков, сколько электронов, отличающихся друг от друга значениями m, отвечает данным n, l, j. В этом случае распределение электронов в атоме неона представится так:



а в атоме кальция так:

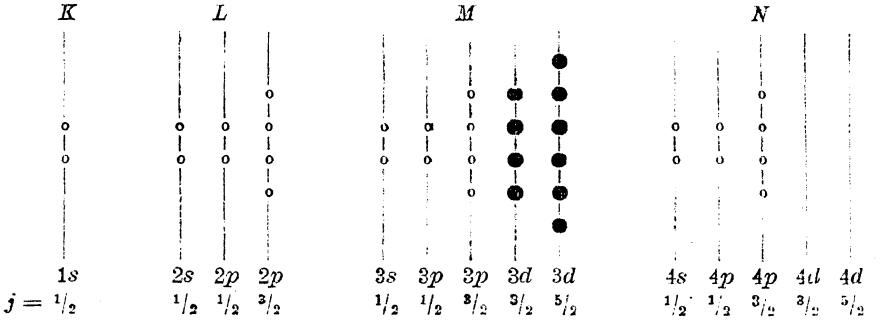


где наглядно видны незамещенные орбиты $3d$, в то время как орбиты $4s$ уже замещены. Следует отметить, что в настоящее время не делают различий между электронами p, так что вместо двух линий $2p$, $3p$ и т. д. можно ставить одну линию с шестью кружками.

Спектры следующих за кальцием Э., скандия, титана и т. д., настолько отличны от соответствующих спектров алюминия, кремния и т. д., что их (Sc, Ti, ...) нельзя считать прямыми аналогами последних (Al, Si, ...); простейшее объяснение состоит в том, что у Sc новый (21-й) электрон занимает орбиту $3d$ ($n=3$, $l=2$), лежащую глубже, нежели орбиты последних электронов калия и кальция. Такое заполнение орбит $3d$ продолжается у Э. вплоть до Zn, и только начиная с галлия идет дальнейшее заполнение орбит с $n=4$, а именно орбит $4p$:

$n=4;\ l=1,\ j={}^1/_2,\ m={}^1/_2, -{}^1/_2$
$n=4;\ l=1,\ j={}^3/_2,\ m={}^3/_2, {}^1/_2, -{}^1/_2, -{}^3/_2$
} Ga, Ge, As, Se, Br, Kr.

Криптоном заканчивается 4-ый период менделеевской системы; у него вся третья оболочка и все орбиты $4s$ и $4p$ уже заполнены; криптон—аналог аргона, и у него результирующие векторы исчезают. Схема криптона имеет вид:



Э. от Sc до Zn (им отвечают черные кружки в последней схеме) свойствен ряд особенностей: переменная валентность, окрашенность ионов, магнитные свойства и т. д.; эти особенности тесно связаны с тем, что у этих Э. идет достройка глубже лежащей оболочки M. Наши знания в этой области еще недостаточны для полного и детального описания достройки оболочки M, но все же данные спектроскопии и отчасти химии заставляют думать, что заполнение орбит $3p$ не идет строго последовательно по порядку и что вполне возможны „изомеры" атомов. В нижеследующей таблице показан наиболее вероятный порядок заполнения орбит у Э. 4-го порядка:

Таблица.

Элементы		$n=1$	$n=2$		$n=3$			$n=4$	
№	Символ	$l=0$ $1s$	$l=0$ $2s$	$l=1$ $2p$	$l=0$ $3s$	$l=1$ $3p$	$l=2$ $3d$	$l=0$ $4s$	$l=1$ $4p$
19	K	2	2	6	2	6	—	1	—
20	Ca	2	2	6	2	6	—	2	—
21	Sc	2	2	6	2	6	1	2	—
22	Ti	2	2	6	2	6	2	2	—
23	V	2	2	6	2	6	3	2	—
24	Cr	2	2	6	2	6	5	1	—
25	Mn	2	2	6	2	6	5	2	—
26	Fe	2	2	6	2	6	6	2	—
27	Co	2	2	6	2	6	7	2	—
28	Ni	2	2	6	2	6	8	2	—
29	Cu	2	2	6	2	6	10	1	—
30	Zn	2	2	6	2	6	10	2	—
31	Ga	2	2	6	2	6	10	2	1
32	Ge	2	2	6	2	6	10	2	2
33	As	2	2	6	2	6	10	2	3
34	Se	2	2	6	2	6	10	2	4
35	Br	2	2	6	2	6	10	2	5
36	Kr	2	2	6	2	6	10	2	6

Таким образом, при переходе от V к Cr и от Ni к Cu мы видим и заполнение и перемещение электронов; очевидно, что возможно и иное расположение электронов, а это и приведет к „изомерам" атомов. Если ограничиться только последними орбитами, то возможны следующие группировки:

	$3p$	$4s$		$3p$	$4s$
Cr	4	2	Cu	9	2
	5	1		10	1.

Электроны с $n=4$ образуют оболочку N, в ней возможны орбиты $4s$, $4p$, $4d$ ($l=2$) и $4f$ ($l=3$); в атоме криптона заполнены орбиты $4s$ и $4p$, но при переходе к рубидию, типичному щелочному металлу, мы должны на основании спектроскопических и химических данных заключить, что дальнейшее заполнение оболочки N прекращается, а 37-й электрон у Rb занимает орбиту $5s$, 38-й электрон у стронция также занимает орбиту $5s$:

$n=5,\ l=0,\ j={}^1/_2,\ m={}^1/_2, -{}^1/_2$
Rb, Sr.

Пятый период менделеевской системы, начинающийся рубидием и кончающийся ксеноном, полностью повторяет историю четвертого периода. А именно: в атомах от иттрия до кадмия новые электроны постепенно занимают глубже лежащие десять орбит $4d$, а начиная с индия до ксенона включительно идет замещение орбит $5p$.

Орбиты $4d$

$n=4,\ l=2,\ j=3/2,\ m=3/2, 1/2, -1/2, -3/2$
$n=4,\ l=2,\ j=5/2,\ m=5/2, 3/2, 1/2, -1/2, -3/2, -5/2$
} Y, Zr, Nb, Mo, Ma, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd.

Орбиты $5p$

$n=5,\ l=1,\ j=1/2,\ m=1/2, -1/2$
$n=5,\ l=1,\ j=3/2,\ m=3/2, 1/2, -1/2, -3/2$
} In, Sn, Sb, Te, J, X.

Распределение электронов в атомах этих Э. дано в следующей таблице, в которой опущены электроны в заполненных оболочках:

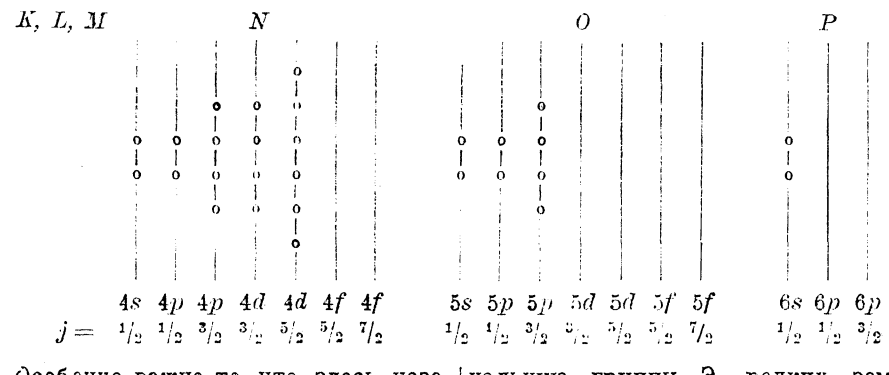
Таблица.

Элемент		4s	4p	4d	4f	5s	5p
№	Символ	Число электронов					
37	Rb	2	6	—	—	1	—
38	Sr	2	6	—	—	2	—
39	Y	2	6	1	—	2	—
40	Zr	2	6	2	—	2	—
41	Nb	2	6	4	—	1	—
42	Mo	2	6	5	—	1	—
43	Ma	2	6	(5)	—	(2)	—
44	Ru	2	6	7	—	1	—
45	Rh	2	6	8	—	1	—
46	Pd	2	6	10	—	—	—
47	Ag	2	6	10	—	1	—
48	Cd	2	6	10	—	2	—
49	In	2	6	10	—	2	1
50	Sn	2	6	10	—	2	2
51	Sb	2	6	10	—	2	3
52	Te	2	6	10	—	2	4
53	I	2	6	10	—	2	5
54	X	2	6	10	—	2	6

Обращает на себя внимание распределение электронов по орбитам $4d$ и $5s$ у элементов с № 40 — 47, особенно у палладия.

Шестой период, начинающийся цезием, значительно сложнее предыдущих двух периодов. 55-й электрон в атоме цезия — щелочного металла — занимает орбиту $6s$, 56-й электрон в атоме бария занимает вторую такую же орбиту; это с несомненностью вытекает из спектроскопических данных и вполне соответствует химическим данным. Следовательно, в атомах Э. шестого периода начинают заполняться орбиты с $n=6$, между тем как незаполненными остались орбиты $4f$ ($n=4,\ l=3$) и $5d$, $5f$ и др.

Схема атома бария имеет такой вид (здесь опущены оболочки K, L и M, как простое повторение предыдущих схем):



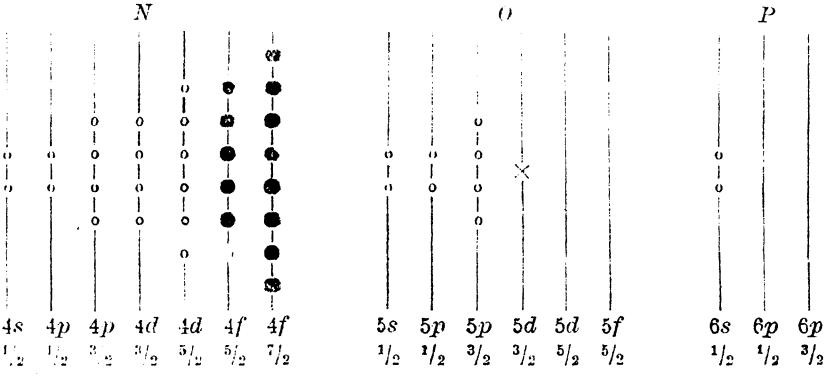
Особенно важно то, что здесь незаполненными остаются глубоколежащие орбиты $4f$. Гениальная догадка Бора состоит в том, что заполнение именно этих орбит $4f$ создает оригинальную группу Э. редких земель (*см.* XXXVI, ч. 1, 251 сл.). Э. редких земель отличаются большим сходством друг с другом, все они главным образом трехвалентны, всегда

находятся вместе, нет химических реакций (исключение составляет церий), которые позволили бы их разделять; они дают изоморфные смеси, и единственный метод их разделения и выделения — кропотливейший способ фракционированной кристаллизации. Эта чрезвычайная близость химических свойств в группе Э. редких земель всегда была большой загадкой химии; их нельзя было распределить в системе Менделеева и нельзя было решить вопроса о их числе. Строились даже догадки, что Э. редких земель суть осколки другой системы Э., остальные члены которой по неизвестным причинам исчезли с поверхности земли.

В каком порядке замещаются орбиты $4f$ в этой группе, точно неизвестно, так как соответствующие спектры плохо изучены и не расшифрованы. Мы можем только в общих чертах характеризовать их так:

$n=6, l=0, j=1/2, m=1/2, -1/2$	Cs, Ba
$n=5, l=2, j=3/2(?), m=3/2(?)$	La
$n=4, l=3, j=5/2, m=5/2, 3/2, 1/2, -1/2, -3/2, -5/2$	Ce, Pr, Nd, Il, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tu, Yb, Lu.
$n=4, l=3, j=7/2, m=7/2, 5/2, 3/2, 1/2, -1/2, -3/2, -5/2, -7/2$	

Схематически распределение электронов в атоме лютеция представится так:



Здесь последний электрон лантана занимает орбиту $5d$ (×), последующие электроны — орбиты $4f$ (●). Очередной элемент гафний получается путем введения электрона на орбиту $6p$.

В прежнее время лантан помещали в III группе, а церий и все следующие за ним Э. редких земель (цериды) — в IV группе или в одной клетке, или произвольно расставляли их в ряд без подразделения на группы; не было решительно никаких данных для того, чтобы судить о числе таких Э. Впервые закон Мозли показал, что от лантана (№ 57) до Та (73) должно быть 16 Э. и что среди уже известных нехватает двух Э.: № 61 и № 72. Поиски № 72 среди Э. редких земель не увенчались успехом, Э. же № 61 был объявлен открытым (иллиний), но, повидимому, преждевременно. Теория Бора показала, что Э. редких земель в узком смысле слова называются те Э., следующие за барием, у которых происходит достройка глубоколежащих орбит $4f$; след., таких Э. должно быть 14; вместе с тем оказалось, что Э. № 72 не может принадлежать к этой группе, а должен являться аналогом циркония. Действительно, более близкое исследование циркониевых минералов и даже уже выделенных циркониевых солей привело к открытию нового Э. № 72 далеко нередкого и названного гафнием (Hf). По своим свойствам Hf должен занимать место в IV группе, след. лантан и все остальные Э. редких земель (лантаниды) должны занимать одну клетку в III группе (VI периода).

Что же касается Э. от Hf до ртути Hg, то они являются аналогами Э. от Zr до Cd; в их атомах полностью заполнена оболочка N ($n=4$), начаты

постройкой оболочки O ($n=5$) и P ($n=6$); этим Э. отвечает замещение электронами орбит $5d$:

$n=5,\ l=2,\ j=3/2,\ m=3/2,\ 1/2,\ -1/2,\ -3/2$ | $n=5,\ l=2,\ j=5/2,\ m=5/2,\ 3/2,\ 1/2,\ -1/2,\ -3/2,\ -5/2$ | La, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg.

У ртути полностью заполнены оболочки K, L, M и N, из оболочки O замещены орбиты $5s$, $5d$ и $5p$, из оболочки P — орбиты $6s$.

Э. того же VI периода от Tl до эманации (нитона) аналогичны Э. от In до X; в их атомах новые электроны замещают орбиты $6p$:

$n=6,\ l=1,\ j=1/2,\ m=1/2,\ -1/2$ | $n=6,\ l=1,\ j=3/2,\ m=3/2,\ 1/2,\ -1/2,\ -3/2$ | Tl, Pb, Bi, Po, 85, Em.

В атоме эманации, заканчивающей собою VI период менделеевской системы, далеко не заполнены все орбиты с $n=6$ и с $n=5$, тем не менее при переходе к VII периоду мы должны приписать последнему электрону $n=7$:

$$n=7,\ l=0,\ j=1/2,\ m=1/2,\ -1/2$$

№ 87, Ra.

Э. № 87 неизвестен, но радий — аналог бария — говорит за правильность указанной концепции. В атомах дальнейших Э. можно ожидать замещения орбит $5f$ и $6d$, след., можно ожидать группу Э., аналогичных лантанидам. Однако, из скудных опытных данных следует, что в атомах актиния, тория, протактиния и урана начинается достройка шестиквантовой группы:

$$n=6,\ l=2,\ j=3/2,\ m=3/2,\ 1/2,\ -1/2,\ -3/2$$

Ac, Th, Pa, U,

след., вплоть до урана отсутствуют аналоги Э. редких земель.

Парные и непарные электроны и валентность. Можно несколько иначе использовать введенные нами квантовые числа, а именно: отказаться от вектора j и взамен его пользоваться моментом вращения электрона s. В этом случае мы принимаем, что магнитное число m может иметь значения, отличающиеся на единицу и лежащие между $+l$ и $-l$: $m=l,\ l-1,\ l-2,\ \ldots\ -(l-1),\ -l$. По этой схеме, при $n=1$, $l=0$, $m=0$, а $s=$ или $+1/2$, или $-1/2$. У гелия два электрона в нормальном состоянии атома исчерпывают обе возможности для s и образуют так называемую K-оболочку в атомах. Вращающийся электрон представляет собою магнитик, два электрона с $s=1/2$ и с $s=-1/2$ антипараллельны, действия их элиминируются, их равнодействующая равна нулю. Два электрона с одинаковыми значениями n, l и m, но разнящиеся значениями s, называются *парными*, или *согласующимися*, *электронами*. Если в двух атомах имеется по электрону, которые вместе могут составить парное сочетание, то такие атомы могут соединиться химически, другими словами: *химическая связь обусловливается парным сочетанием согласующихся электронов, находящихся в различных атомах в качестве непарных* (Лондон, 1927). Два электрона гелия (в нормальном состоянии) — согласующиеся, отсюда вытекает химическая инертность гелия.

По этой схеме для $n=2$ возможны следующие комбинации:

$$n=2,\ l=0,\ m=0,$$
$$n=2,\ l=1,\ m=1,\ 0,\ -1,$$

при чем каждая комбинация может быть двоякой с $s=+1/2$ и с $s=-1/2$. След., с $n=2$ возможны 8 электронов, удовлетворяющих принципу Паули, что и отвечает 8 Э. второго периода системы Менделеева.

У лития 3 электрона, два из них находятся в гелиевой группировке (оболочке K), третий же занимает в нормальном состоянии орбиту $2s$ (рис. 4). Как видно из рисунка, эта орбита резко отличается от орбит $1s$; третий электрон легко отщепляется, образовавшийся ион Li^+ имеет гелиевую оболочку. У бериллия два электрона занимают орбиты $2s$, у остальных Э. новые электроны занимают орбиты $3p$ (рис. 4). Две орбиты $2s$ и 6 орбит $3p$ образуют у неона замкнутую группировку или оболочку L.

По теории Лондона у фтора из 7 электронов с $n=2$ шесть электронов должны быть парными, согласующимися, и только один остается непарным, чем обусловливается одновалентность фтора. У кислорода могут быть два электрона непарными, что и вызывает двувалентность его.

Для $n=3$ возможны следующие комбинации:

$l=0,\ m=0$

$l=1,\ m=1,\ 0,\ -1$

$l=2,\ m=2,\ 1,\ 0,\ -1,\ -2,$

при чем каждая комбинация сочетается с $s=+1/2$ и с $s=-1/2$. След., в третьей оболочке M ($n=3$) возможны орбиты: две $3s$, шесть $3p$ и 10—$3d$ (рис. 4). Анализ спектров показывает, что в атоме аргона заняты орбиты $3s$ и $3p$ и что результирующие его векторы исчезают.

С точки зрения теории Лондона в третьем периоде до восьми электронов могут быть непарными. Если у данного атома (напр., хлора) все 7 периферических электронов непарны, то валентность его равна 7; если два из них парных, то валентность становится равной $7-2=5$; если четыре электрона парные, то валентность $7-4=3$ и т. д. У серы шесть периферических электронов, по этой теории валентность серы и может быть равной 6, 4 и 2. Таким путем можно подойти к объяснению, хотя и неполному, валентностей и у остальных Э.

Мультиплетность и валентность. Следя за характеристиками отдельных электронов атома, можно по мысли Бора объяснить всю периодическую систему Э. Менделеева и устранить те многочисленные недоразумения, которые возникали при чисто химическом подходе к ней. Но как ни велик этот успех, все же он является только первым шагом в теории атома. Основная задача этой теории — объяснение свойств Э. на основании его электронной структуры в целом. К решению этой сложной задачи наука идет двумя путями: опытным изучением и расшифровкой спектров (не только атомов и ионов различной значности, но и молекул) и теоретическим путем (квантовая и волновая механика).

Известно, что большинство спектральных линий в сильных приборах оказывается группами из 2, 3 и более близко расположенных линий; это явление носит название *мультиплетности* спектров (*см.* XLI, ч. 4, 62 сл.). Для ее объяснения надо рассматривать *атом в целом*, т.-е. надо знать результирующие векторы всех внешних электронов, составляющих атом. В простейшем случае щелочных металлов мы знаем, что ионы их имеют электронную группировку инертных газов, т.-е. результирующие моменты у них сходят на-нет. След., результирующие моменты l, s, j всего атома щелочного металла совпадают с таковыми последнего (самого внешнего) электрона. Последний электрон в атоме всякого щелочного металла, если атом находится в нормальном состоянии, занимает орбиту ns (n — главное квантовое число, s — означает, что $l=0$); если же атом возбужден, то этот электрон может занять любую высшую орбиту; при перескоке с высшей орбиты на одну из низших, атом дает излучение, обнаруживаемое спектральной линией. Каждой орбите отвечает своя энергия атома, свой энергетический уровень; если энергии атома, отвечающие двум орбитам, суть w_1 и w_2, то излучаемая энергия, проявляющаяся в виде спектральной линии, по закону Бора:

$$\nu h=w_1-w_2 \text{ или } \nu=\frac{w_1}{h}-\frac{w_2}{h},$$

где h — постоянная Планка, ν — частота излучения; выражение $\frac{w}{h}$ называется *термом*.

Вместо того, чтобы рисовать орбиты, принято условно изображать уровни энергии атома так, как показано на рис. 7, где нижняя линия представляет

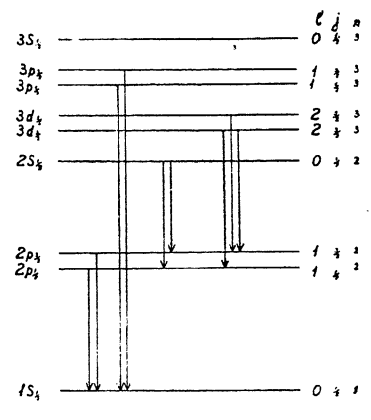


Рис. 7.

орбиту с наименьшей энергией (терм на языке спектроскопии) $1s_{1/2}$ ($n=1$, $l=0$, $j=1/2$), числу $n=2$ отвечают три

уровня (терма): $2s_{1/2}$ ($n=2$, $l=0$, $j=1/2$), $2p_{1/2}$ ($n=2$, $l=1$, $j=1/2$) и $2p_{3/2}$ ($n=2$, $l=1$, $j=3/2$) и т. д.

Энергетические уровни, различающиеся только значениями j, близки друг к другу; если электроны перескакивают с уровней $n'p_{1/2,\,3/2}$ на $ns_{1/2}$, то получаются спектральные линии весьма близкие, разлагающиеся на компоненты только в сильных приборах; такие линии называются *дублетными*. Но электрон может перескакивать с высших не только на орбиты ns, но и на любые другие. ниже лежащие, напр. с орбит $3d$ на $2p$; орбит $3d$ две: $3d_{3/2}$, $3d_{5/2}$, равным образом и орбит $2p$ две: $2p_{3/2}$, $2p_{1/2}$. след., возможны четыре близких спектральных линии:

$$2p_{3/2}-3d_{5/2},\quad 2p_{1/2}-3d_{3/2},$$
$$2p_{3/2}-3d_{3/2},\quad 2p_{1/2}-3d_{3/2};$$

однако, в силу *правила отбора* (найденного эмпирически и подтвержденного волновой механикой) реальны только те перескоки электронов, у которых $\Delta j=0$ или ± 1; след., линия $3d_{5/2}-2p_{1/2}$ не реализуется, и таким образом линия $2p-3d$ расщепляется на 3 линии; тем не менее, и эти линии носят название дублетных, так как мультиплетность спектров определяется не числом линий в группе, а тем, что их термы являются двойными, тройными и т. д.

Таким образом, щелочные металлы характеризуются дублетным характером своих спектров. Если самых внешних электронов несколько, то векторы их складываются: $l=\Sigma l_i$, $s=\Sigma s_i$ и $j=l+s$ = геометрической сумме результирующих векторов l и s, при чем они складываются так, что возможны следующие значения j целого атома:

$$j=(l+s),\ (l+s-1),\ \ldots\ldots (l-s+1),\ (l-s),$$

т.-е. число значений j равно $x=2s+1$ при $l>s$.

В случае атома гелия имеем два электрона. Пусть один остается на орбите $1s$, другой при возбуждении атома может занять любую орбиту. Так как $l_1=0$, то результирующий вектор атома совпадает с вектором l_2. Результирующий же вектор s $\left(s_1=s_2=\frac{1}{2}\right)$ может принять два значения $s=0$ и $s=1$. В первом случае, когда $s=0$, возможны уровни:

$$l=0,\ j=0$$
$$l=1,\ j=1$$
$$l=2,\ j=2.$$

Эти уровни нерасщепленные, и спектр в этом случае состоит из одиночных линий (рис. 8). Во втором случае, когда $s=1$, возможны уровни

$$l=0,\ j=0$$
$$l=1,\ j=0,\ 1,\ 2$$
$$l=2,\ j=1,\ 2,\ 3;$$

здесь, след., уровни (термы) расщепляются на три близких уровня (за исключением уровней ns), и спектры состоят из триплетных линий (рис. 8).

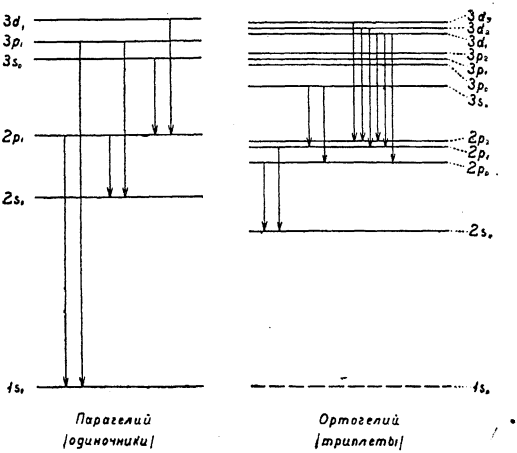


Рис. 8.

По квантовой механике переходы между одиночными и триплетными уровнями невозможны, чем объясняется двойственный характер спектра гелия, который раньше приписывали двум модификициями гелия (парагелию и ортогелию).

Понятно, что, если в атоме самых внешних электронов больше двух, то возможна и большая мультиплетность спектра; так, если при наличии нескольких электронов результирующий вектор $s=2$, то число значений j, а след. и мультиплетность спектра равна $x=2s+1=5$.

Исследование спектров различных Э.

показало, что спектры эти часто очень сложны и одновременно состоят из линий различной мультиплетности, при чем здесь имеется важная связь с положением Э. в периодической системе, а именно в спектрах:

K —	дублеты			
Ca—	одиночники	триплеты		
Sc—	дублеты	квартеты		
Ti—	одиночники	триплеты	квинтеты	
V —	дублеты	квартеты	секстеты	
Cr—		триплеты	квинтеты	септеты
Mn—		квартеты	секстеты	октеты
Fe—		триплеты	квинтеты	септеты
Co—	дублеты	квартеты	секстеты	
Ni—	одиночники	триплеты	квинтеты	
Cu—	дублеты	квартеты		
Zn—	одиночники	триплеты		

В полном согласии с теорией ионы, несущие один положительный заряд, т.-е. потерявшие один электрон, дают спектр, свойственный Э. предыдущей группы; так, Ca^+ обладает дублетами Sc^{++} – триплетами и т. д.

Замечательные результаты получены для группы Э. редких земель, у которых мультиплетность равна 4 у лантана, правильно возрастает до 11 у гадолиния, а затем падает до 4 у лютеция (кассиопея).

Сопоставляя данные химии и спектроскопии, мы видим тесную связь между спектральной мультиплетностью и химической валентностью у Э. Очевидно, что электроны, попарно связанные антипараллельными осями вращения, не принимают участия в валентности. Валентные электроны устанавливаются так, что все их векторы вращения параллельны; мы видели, что при этом состояние атома (уровень его энергии) распадается на ряд состояний, очень близких друг к другу, что и определяет мультиплетность спектра $x = 2s + 1$; если число параллельно направленных вращающихся осей электронов равно n, то $n = 2s$ $x = n + 1$; но число n определяет валентность элемента, след. *валентность на единицу меньше мультиплетности спектра*. Возьмем железо; если в нем имеется 6 одинаково направленных электронов, то

$$\Sigma s_i = 6 \cdot \frac{1}{2} = 3 = s;\ x = 2s + 1 = 7;$$
$$n = 2s = 6,$$

след. в данном случае в спектре имеются септеты, и железо — шестивалентно (железная кислота H_2FeO_4); если в атоме железа число электронов с антипараллельными осями вращения станет меньше, то и валентность соответственно уменьшится. Отсюда также вытекает правило четности или нечетности валентностей (напр. у галоидов 1, 3, 5 и 7, у серы 2, 4, 6 и т. д.). Понятно, что это только первый шаг в выяснении сущности валентности; возникают трудности в объяснении валентностей Э. редких земель (3. реже 2 и 4) при наличии разнообразных мультиплетностей (до 11 у Gd), в объяснении промежуточных валентностей, напр. у железа валентности 2, 3, 6 и т. д.

Несомненно, что самые внешние электроны играют важную роль в химических явлениях, но не только ими определяется *качественность* химического Э. Валентные электроны обусловливают сходство родственных Э., качественные же и количественные различия их (напр., K и Na) определяются и их ядрами и всеми остальными внешними электронами; роль последних особенно сказывается у Э. в атомах, в которых имеются недостроенные оболочки.

Ядра атомов, изотопия, дефекты масс. Атомами положительного электричества являются протоны; все протоны атома сосредоточены в ядре его, электроны же частью находятся в ядре, частью вне ядра (внешние электроны). Масса электрона меньше массы атома водорода в 1.844 раза точнее, если атомный вес водорода H = 1,0078, то вес электрона в атомных единицах 0,000548; в абсолютных единицах масса электрона $0{,}904 \cdot 10^{-27}$ *г* (масса $^1/_{16}$ атома кислорода — $1{,}6490 \cdot 10^{-24}$). Ядро водорода есть протон, масса протона в атомных единицах принята равной 1,0072, в абсолютных — $1{,}661 \cdot 10^{-24}$ *г*.

Основное положение теории атома гласит, что порядковое число Э. есть число положительных зарядов ядра, след. в силу нейтральности атома в целом оно равно числу внешних электронов. Можно было думать, что часть электронов находится в ядре и что масса атома почти определяется массой ядра, содержащего все протоны.

Другими словами, атомный вес Э.-изотопа (округленный) показывает число протонов в ядре (массовое число изотопа).

Атомный вес гелия по точным масс-спектрографическим данным (Астон) равен 4,00216, т.-е. в его ядре 4 протона; порядковое число гелия—два, отсюда следует, что в ядре его атома находятся два электрона, два же других электрона образуют внешнюю электронную сферу. Ядро гелия имеет состав $4h+2\varepsilon$, где h—протон, ε — электрон; это ядро несет два положительных заряда и носит название α-частицы (см. *радиоактивность*).

Так как в атомных единицах $h = 1{,}0072$, $\varepsilon = 0{,}000548$, то атомный вес атома гелия $= 4h + 2\varepsilon + 2\varepsilon = 4 \cdot 1{,}0072 + 4 \cdot 0{,}000548 = 4{,}03099$, опытный же атомный вес гелия $= 4{,}00216$; получается *дефект массы* $= 4{,}03099 - 4{,}00216 = 0{,}02883$ ат. единиц или при расчете на грамм-атом гелия 0,02883 *г*. По принципу относительности Эйнштейна эквивалентность массы и энергии выражается уравнением $mc^2 = E$, где m—масса в *г*, c—скорость света $3 \cdot 10^{10}$ *см*, E—энергия в эргах.

Мы принимаем, что атом гелия образуется из 4 протонов и 4 электронов; очевидно, что при таком допущении образование грамм-атома гелия сопровождается *превращением части массы в энергию*, т.-е. образование атома гелия из протонов и электронов есть процесс экзотермический. Количество выделяющейся при этом энергии огромно: $0{,}02883 \cdot 9 \cdot 10^{20} = 2{,}5947 \cdot 10^{19}$ *эрг* $= 6{,}2 \cdot 10^{11}$ *кал* (на каждые 4 *г* гелия). Непременным следствием потери массы (выделения энергии) является большая устойчивость ядра атома гелия (α-частицы).

Действительный атомный вес α-частицы, очевидно, равен $4{,}00216 - 2 \cdot 0{,}00548 = 4{,}00106$.

Следующий элемент—литий состоит из двух изотопов: Li_6 и Li_7, их порядковое число $Z = 3$, след. ядро первого состоит из 6 протонов и 3 электронов, второго из 7 протонов и 4 электронов. Так как α-частицы чрезвычайно устойчивы и при распаде атомов радиоактивных Э. выделяются не протоны, а α-частицы, то надо думать, что протоны и электроны в ядрах атомов организуются в α-частицы; в этом случае ядро Li_6 состоит из одной α-частицы, двух свободных протонов и одного свободного электрона, т.-е. формула этого ядра: $\alpha + 2h + \varepsilon$, формула ядра Li_7: $\alpha + 3h + 2\varepsilon$.

В атоме углерода 12 протонов и 12 электронов, из них 6 в ядре и 6 во внешней сфере. Очевидно, что ядро атома углерода $(12h + 6\varepsilon)$ можно считать состоящим из трех α-частиц, т.-е. его формула 3α. При образовании атома C из $12h$ и 12ε получаем атомный вес $1{,}0072 \times 12 + 0{,}000548 \times 12 = 12{,}0930$, опытный же вес равен 12,0036; след., получаем дефект массы в 0,0894 атомных единицы, т.-е. на *г*-атом C дефект 8,9 *мг*. Состав атома C можно считать $3\alpha + 6\varepsilon$; приняв действительный ат. вес α-частицы 4,00106, получаем ат. вес C: $4{,}00106 \times 3 + 0{,}000548 \times 6 = 12{,}0065$, след. даже при образовании атома C из α-частиц и электронов получается дефект массы 12,0065—12,0036 = 0,0029 *г*, или 2,9 *мг*.

Дефекты масс растут с атомным весом и доходят до 1,768 *г* на *г*-атом у урана, при рассчете же на образование из α-частиц дефекты растут до Э. с порядковыми номерами ок. 50, а у более тяжелых Э. уменьшаются; так, такие дефекты у C—2,9, у Sn_{122}—169, у Ra—27 *мг* на *г*-атом; очевидно, что устойчивость более тяжелых атомов меньше, чем легких (радиоактивность).

Если Z—порядковое число Э., N_h—число протонов в ядре его (или изотопа), т.-е. округленный атомный вес его, то число α-частиц в ядре $n = \frac{1}{4} N_h$, число всех электронов в атоме $N_\varepsilon = N_h$, в ядре $N'_\varepsilon = N_h - Z$, число электронов, связанных в α-частицах, отсюда число свободных электронов в ядре $n_\varepsilon = N_h - Z - 2n$. Число свободных протонов в ядре равно остатку от деления N_h на 4, след. равно 1, 2 или 3; в связи с этим все Э. и изотопы могут быть разбиты на 4 группы, атомные веса которых $N_h = 4n$, $4n+1$, $4n+2$ и $4n+3$.

Важнейшие и наиболее распространенные в природе Э. и изотопы принадлежат к классам $4n$ и $4n+3$. Кроме этого, можно отметить еще следующие эмпирические правила. Гаркинс (ср. *электронная теория*, LII, 210) установил, что чаще всего встречаются Э. с четными порядковыми числами; он же нашел, что у 97½% всех атомов в земной коре и у 97% в каменных метеоритах число ядерных электронов четное. Оказывается далее, что Э. с нечетными порядковыми числами или являются чистыми Э., или имеют два изотопа, атомные веса которых N_h нечетны и отличаются друг от друга на два (напр., хлор $Z=17$; Cl_{35} и Cl_{37}; сурьма $Z=51$; Sb_{121} и Sb_{123}; серебро $Z=47$; Ag_{107} и Ag_{109}, и т. д.). Э. же с четными порядковыми числами имеют много изотопов (олово—11, ксенон—9 и т. п.).

Для объяснения этих и ряда других правил необходима теория атомного ядра; таковая только начинает строиться (Джерней, Кондон, Гамов). Проблема ядра много сложнее проблемы внешней оболочки атома; на самом деле, радиус ядра атомов $r_0=1{,}21\cdot10^{-13}A^{1/3}$ *см*, где A—атомный вес, след. поперечник ядра атома урана ок. $15\cdot10^{-13}$ *см* и в нем умещается 238 протонов и 146 электронов. Очевидно, что α-частицы в ядре тесно сжаты, очевидно также, что на таких чрезвычайно близких расстояниях одноименно заряженные частицы не отталкиваются, а притягиваются. Из опытов рассеяния α-частиц при прохождении их через вещества следует, что до расстояний порядка 10^{-12} *см* сохраняет силу кулонов закон, т.-е. до таких расстояний потенциал ядра равен его заряду, деленному на расстояние. На более близких расстояниях силы отталкивания начинают превращаться в силы притяжения так, что в общем случае потенциальная энергия ядра и α-частицы, находящихся на расстоянии r:

$$U=-\frac{2Ze^2}{r}+\frac{A}{r^k},$$

где Z—порядковое число элемента, e—заряд протона, A и k—постоянные. На чрезвычайно близких расстояниях в ядре превалирует второй член в этом выражении энергии; для алюминия критическое расстояние, на котором притяжение начинает превышать отталкивание, равно $r_0=3{,}44\cdot10^{-13}$ *см*. На рис. 9 показан общий ход потенциальной энергии ядра и α-частицы

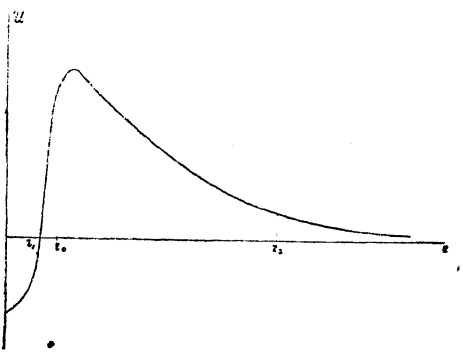


Рис. 9.

в зависимости от расстояния; по мере уменьшения r сила отталкивания возрастает, но она возрастает только до некоторого критического расстояния r_0, на более же близких расстояниях эти силы круто спадают; очевидно, что внутри ядра энергия α-частиц значительно меньше, чем на расстоянии r_0, другими словами: *ядро окружено особым потенциальным барьером*, который является сильным препятствием как для внедрения, так и для вылета α-частицы из ядра. Так, у алюминия высота барьера ок. $15\cdot10^{-6}$ эргов, энергия α-частиц даже тяжелых радиоэлементов от 6 до $14\cdot10^{-6}$ эргов, энергия же своих α-частиц значительно меньше. Тем не менее, из факта радиоактивности и возможности расщепления элементов вытекает, что α-частицы могут перескакивать через такие барьеры. Если полная энергия частицы в ядре E, а потенциальная энергия барьера U, то всегда $E<U$; разность $E-U$ есть кинетическая энергия; для того, чтобы частица могла вылететь из ядра, ее кинетическая энергия должна была бы быть отрицательной, а, след., скорость мнимой.

Однако, современная волновая механика приводит к возможности таких перескоков, подобно тому как волновая оптика показывает возможность отклонения светового луча от прямолинейного пути. Напр., мы знаем, что пучек лучей при падении на границу двух сред под углом полного внутреннего отражения по законам геометрической оптики полностью отражается, между тем как по волновой теории света потоки световой энергии заходят и во вторую среду, хотя в ничтожно малом количестве. Нечто аналогичное происходит и в ядре по волновой механике, по которой всякая движущаяся частица связана с волной (волной материи), распространяющейся со скоростью u, большей скорости света; по уравнению де-Бройля $h\nu = mc^2$, где h—квант действия, ν—частота колебаний, m—масса частицы, c—скорость света. Здесь мы должны различать две скорости: механическую скорость частицы v и скорость волны ее u; эти две скорости связаны друг с другом соотношением $uv = c^2$, след., чем медленнее движется частица, тем больше скорость ее волны; из этих формул следует, что $\lambda = \frac{c^2}{uv}$, или $\lambda = \frac{h}{mv}$. Волны материи не являются энергетическими волнами, но они имеют центры энергии, каковыми являются протоны и электроны. Для α-частицы и в ядре атома, движущейся со скоростью, равной $\frac{1}{20}$-ой скорости света, длина ее волны около $6 \cdot 10^{-13}$ *см*, т.-е. порядка величины самого ядра.

Волны частиц в ядре падают на потенциальный барьер и отражаются, в результате образуются приближенно стоячие колебания волн, но частью эти волны проникают через барьер, что и обусловливает возможность перескока частицы через барьер. Наглядно этот процесс не может быть описан, как и не может быть объяснен физически смысл мнимой скорости во время перехода через барьер; скорость приобретает реальный характер только после такого перехода. Волновая механика показывает не только возможность такого перескока, но и вычисляет вероятность его. Эта вероятность выражается уравнением $p = e^{\gamma}$, где $\gamma = -\frac{4\pi}{h}\int_{r_1}^{r_2}\sqrt{2m(U-E)}\,dr$, где r_1 и r_2—пределы области мнимой скорости, остальные буквы имеют прежние значения; если это выражение помножить еще на частоту обращения α-частицы, т.-е. на 10^{21} (радиус ядра порядка 10^{-12}, скорость движения α-частицы порядка 10^9 *см/сек*), то мы получим постоянную радиоактивного распада. То, что γ является степенью e, объясняет, почему при сравнительно небольших отличиях в значениях U и E периоды полураспада Э. меняются в столь громадных пределах: для RaC′ — 10^{-8} *сек*, для U — $5 \cdot 10^9$ лет. Результаты подсчетов вполне удовлетворительны, и этот факт подает большие надежды на дальнейшее развитие теории.

Искусственное расщепление атомов. Рэзерфорду удалось бомбардировкой атомов легких Э. быстрыми α-частицами некоторые из них разбить (см. *радиоактивность*), при чем из разбитого ядра вылетают h лучи, т.-е. протоны с большой скоростью. Такое расщепление ядра удается только у Э. более легких, чем аргон и не принадлежащих к классу $4n$. Расщепление атомов может быть запечатлено на фотографии; изучение таких фотографий показало, что в каждом случае имеются следы выбитого протона, отскочившего остатка ядра и налетающей α частицы до столкновения, но не после столкновения, откуда следует, что α-частица застревает в ядре, из которого она выбила протон. Таким образом в результате столкновения происходит выбивание протона (убыль ат. веса на 1) и застревание α-частицы (прирост ат. веса на 4) в ядре, след. из данного Э. получается другой, более тяжелый; так, из азота образуется изотоп кислорода O_{17}, из фтора изотоп неона Ne_{22}. Всегда ли α-частица застревает в ядре—неизвестно. Понятно что перед теорией ядра здесь встает обратная

задача, показать как α-частица перескакивает через барьер внутрь ядра. Тот факт, что расщеплению подвергаются более легкие Э., нетрудно понять, так как у них более низкий барьер и след. имеется значительно большая вероятность проскакивания через него. Однако, ряд других моментов ставит теорию ядра в очень трудное положение, из которого пока еще выхода не найдено. Достаточно указать, что в связи с этими задачами опять поднимается вопрос о статистическом смысле закона сохранения Э.

Следует еще упомянуть, что теория предвидит большую эффективность столкновений протонов (h-частиц) с ядром атомов. Быстро летящий протон значительно легче может проникнуть в ядро и выбить из него α-частицу. Экспериментальная трудность состоит в получении мощных пучков протонов.

Дальнейшие исследования по облучению различных Э. α-лучами привели к поразительным результатам, выдвинув проблему атомного ядра и ядерных реакций на первое место в этом отделе физики. В период 1930—1932 гг. было доказано, что под влиянием бомбардировки α-лучами литий и особенно бериллий испускают потоки особых частиц, обладающих массой, весьма близкой, а м. б. и тождественной с массой протона, но не несущей заряда; эти частицы были названы *нейтронами* (обозначение n_0^1). Отсутствие заряда объясняет огромную проникающую способность этих частиц; они обнаруживаются не непосредственно, а по вторичному явлению: ускорению ядра, с которым столкнулся нейтрон, и последующей ионизации газа.

Вторым крупнейшим открытием, которое было сделано в последние годы при изучении действия космических лучей на вещества с помощью камеры Вильсона, было открытие *позитрона* — положительного электрона $\overset{+}{e}$, т.-е. частицы, равной по массе электрону и несущей тот же заряд, что и обычный электрон, но положительного знака.

Одновременно удалось развить технику получения мощных потоков протонов, ныне обозначаемых через H_1^1, а также и дейтонов H_1^2. Обширные исследования по облучению различных Э. α-лучами (они же He_2^4-частицы), протонами, дейтонами и нейтронами привели к открытию большого ряда ядерных реакций, из которых в качестве примеров приведем следующие:

$$Li_3^7 + He_2^4 \rightarrow B_5^{10} + n_0^1$$
$$Li_3^7 + H_1^1 \rightarrow 2He_2^4$$
$$Li_3^7 + H_1^2 \rightarrow 2He_2^4 + n_0^1$$
$$N_7^{14} + n_0^1 \rightarrow B_5^{11} + He_2^4.$$

Особенно многочисленны реакции, протекающие между нейтронами и ядрами всех других Э., так как наличие зарядов у других частиц (He_2^4, H_1^1, H_1^2) ограничивает их возможность проникновения в ядра более тяжелых элементов, обладающие значительными потенциальными барьерами.

При этих опытах И. Кюри и Жолио открыли искусственную радиоактивность, состоящую в том, что Э. продолжают излучать потоки частиц и после прекращения облучения. Рядом остроумных опытов было доказано, что в результате бомбардировки, скажем, алюминия α-лучами сначала образуется изотоп фосфора:

$$Al^{27} + He^4 \rightarrow P^{30} + n^1;$$

неустойчивый изотоп P^{30} со строго определенным периодом полураспада разлагается на кремний и позитрон:

$$P^{30} \rightarrow Si^{30} + \overset{+}{e}.$$

Открытие искусственной радиоактивности привело к новому источнику получения позитронов, а открытие нейтрона резко изменило взгляды на строение атомных ядер. Хотя еще далеко не закончены споры о составных частях ядра и о первичных частицах, т.-е. о том, является протон нейтроном + позитрон, или нейтрон есть протон + электрон, однако большинство исследователей склоняется к мысли о первичном характере нейтрона. С этой точки зрения в ядрах нет электронов, последние образуются вблизи ядра в его сильном поле. Подобно тому, как квант лучистой энер-

гии (фотон) не входит в состав атома, а рождается, когда энергия атома падает с одного уровня на другой, так и электрон (и позитрон) рождается при переходах ядра из одного состояния энергии в другое. Возможно, что при этом выделяются γ-лучи, которые в силовом поле ядра „материализуются" в электроны.

В ядерных реакциях надо учитывать не только характер ядер и частиц, но и их энергию. Подсчет энергетических балансов в ряде случаев приводил к противоречиям, и в конце концов возникло подозрение в правильности определения изотопических весов. Действительно, в 1935 г. Астон печатно сообщил, что его точный масс-спектрограф дает систематическую ошибку и что найденные им изотопические („точные") веса неправильны. В настоящее время (1936) ведется особая работа по вычислению весов изотопов на основании изучения энергий частиц, выделяющихся из ядра при его превращениях. Вообще, надо сказать, что теория ядра только начинает создаваться, и пока еще прочно установленных положений нет.

Ядра атомов в двухатомных молекулах. Молекулам свойственны полосатые спектры (*см.* XLI, ч. 4, 45), анализ которых в настоящее время привел к ряду весьма важных заключений. Ядра двухатомов в молекуле находятся на определенном расстоянии, и молекула вращается около оси, перпендикулярной к линии, соединяющей ядра, вследствие чего получается момент инерции молекулы. Этот момент инерции определяется разностью длин волн двух соседних линий одной и той же полосы; зная же момент инерции и массы атома, нетрудно вычислить расстояние между ядрами в молекуле; так, ядра атомов водорода в его молекуле находятся на расстоянии 0,75 Å (онгстрем, *см.* XLI, ч. 4, 41) друг от друга; это расстояние в 1,4 раза больше нормального радиуса водородного атома. В молекуле иода ядра находятся на 2,66 Å. Для ряда случаев установлена периодичность расстояний между ядрами в зависимости от ат. веса Э. Тот же анализ некоторых ненормальностей спектра привел к открытию изотопов кислорода O_{17} и O_{18} (см. выше), а анализ характерных оптических частот молекулы дал доказательства того, что определенное число электронов является общим для обоих ядер.

Но наиболее интересные результаты получены путем рассмотрения явления резонанса с точки зрения волновой механики. Известно, что, если два колебания одинаковой частоты связаны между собой, то возникают так называемые биения, вызывающие смещение чисел колебаний, в результате чего получаются два различных колебания, из которых у одного частота больше, у другого меньше, чем у исходных колебаний. Волновая механика принимает, что такое же явление имеет место, если какие-либо силы действуют между двумя одинаковыми частицами (электронами, протонами или ядрами).

Так, в атоме гелия имеются два внешних одинаковых электрона; в силу резонанса следует ожидать двух систем уровней энергии (термов), а не одной, как у водорода (см. выше о спектрах парагелия и ортогелия). В случае атомов с большим количеством электронов такая связь между ними вызывает распадение системы уровней энергии на несколько частичных систем. Самое интересное это то, что между этими системами могут возникать слабые комбинационные линии только при наличии соответственного вращения электрона. Такие слабые комбинационные линии найдены у гелия, и это служит опытным доказательством собственного вращения электрона.

Явлением резонанса объясняется чередование интенсивности линий в полосатых спектрах двухатомных молекул: в них или выпадает каждая вторая линия, или же слабые и сильные линии правильно чередуются. Это—результат резонанса между одинаковыми атомными ядрами в молекулах Э. (H_2, O_2, N_2, ...), при чем если ядра не вращаются, то имеет место выпадение линий; если ядра обладают собственным вращением, то наблюдается чередование интенсивностей линий. Оказалось, что

ядра гелия и кислорода не вращаются (вокруг собственных осей), ядра же водорода и азота вращаются.

У Э. с атомным весом $4n$ (He, O, ...) в ядрах имеется четное число протонов и электронов, и в них всегда возможно полное взаимное элиминирование противоположно направленных вращений. У Э. других классов возможны нечетные числа протонов и электронов в ядре (напр., у H, N), и след. такого взаимного уничтожения вращений может и не быть.

Пара- и ортоводород. Если ядра атома водорода (протоны) обладают собственным вращением, то при соединении двух атомов водорода в молекулу (H_2) очевидно возможны два случая: в одном оба протона в молекуле вращаются одинаково, т.-е. являются параллельными магнитиками, в другом случае они вращаются в противоположных направлениях и являются антипараллельными магнитиками. Первый случай отвечает ортоводороду, второй—параводороду. Волновая механика показывает (Деннисон), что обычный водород представляет смесь обоих водородов, при чем ортоводорода в три раза больше, чем параводорода, а также, что оба водорода различаются электрами, теплоемкостями и теплопроводностью и что при понижении температуры ортоводород должен медленно превращаться в параводород.

Эйкену, применившему высокие давления, и Бонгофферу и Гартеку, применившим в качестве катализатора древесный уголь, удалось при 20° абс. получить водород, состоящий на 99,7% из параводорода. Оказалось, что последний обладает высшей упругостью пара и низшей точкой плавления, нежели обычный водород.

Орто- и парамодификации молекул свойственны всем тем двухатомным молекулам с одинаковыми ядрами, у которых последние обладают собственным вращением. Спектроскопически найдены две модификации у фтора, азота, хлора и иода. Так как ядро атома кислорода не вращается, то аномалии в его спектре поглощения могут быть объяснены только тем, что наряду с атомами O_{16} имеются атомы O_{17} и O_{18} (см. выше).

Происхождение Э. Факт распада радиоэлементов с образованием свинца привел к мысли, что все нерадиоактивные Э. суть продукты распада радиоактивных Э., более тяжелых, чем уран (трансуранов), ныне уже не существующих. Однако, физика, химия и астрономия ставят такие крупные вопросы, что вопрос о трансуранах, родителях нынешних Э., отпадает. Почему смешанные Э., независимо от источника их получения, представляют смесь одного и того же состава, почему 95% нашей вселенной построено из очень немногих Э. (водорода, кислорода, кремния и железа), откуда звезды черпают почти бесконечные количества энергии и т. д.?

Конечно, попытки дать ответы на эти вопросы остаются только попытками, но все же и интересными и ценными. Важнейшие физические данные, на которых базируются эти ответы, относятся к космическим лучам и к теории строения атома. Космические лучи—сильно проникающая радиация—идут к нам из глубин вселенной и состоят из лучей с длинами волн 0,0131, 0,029 и 0,161 Å (Милликен и Камерон). Каковы те процессы, которые могут дать радиации со столь короткими волнами? Первый возможный процесс—взаимное уничтожение протона и электрона, полный их переход в энергию электромагнитных волн. По формуле Эйнштейна-Планка $h\nu = (p + \varepsilon)c^2$ (где h—постоянная Планка, равная $6{,}55 \cdot 10^{-27}$ *эрг. сек.*, ν—число колебаний $= \frac{c}{\lambda}$, λ—длина волны, p—масса протона, ε—масса электрона, c—скорость света) следует, что длина волны в этом случае $0{,}013 \cdot 10^{-11}$ *см.*, т.-е. совпадает с наиболее короткими космическими лучами. Другие радиации отвечают образованию гелия из протонов и электронов, а по Милликену и атомов кислорода, кремния и, быть может, железа. Следует заметить, что остаются совершенно непонятными те условия, при которых происходит взаимное уничтожение протона и электрона, так как мы знаем, что в ядрах атомов они могут существовать на

чрезвычайно близких расстояниях друг от друга.

Равным образом неизвестны еще пути образования, скажем, ядра атома гелия из протонов и электронов или нейтронов. Одновременная встреча четырех протонов и двух электронов или двух протонов и двух нейтронов весьма мало вероятна; более вероятно проникновение протонов в готовые ядра Э.; проникшие протоны могут внутри ядра, взяв электроны из внешней оболочки, образовывать α-частицы с испусканием космических лучей; но вопрос о первоначальном механизме образования ядер атомов остается открытым. Повидимому, это—процесс очень сложный, так как постоянный состав смешанных Э. говорит за одновременное образование изотопов по определенному закону; едва ли можно допустить независимое образование изотопов и последующее тщательное их смешение в пределах, скажем, солнечной системы или даже огненно-жидкой земли. Все эти вопросы еще ждут новых материалов и дальнейшей разработки теории.

Литература: *Д. И. Менделеев*, „Основы химии", изд. 10-е; *F. Ephraim*, „Anorganische Chemie" (готовится русск. пер.); *Л. А. Чугаев*, „Периодическая система химических элементов" (1913); *A. Eucken*, „Lehrbuch der chemischen Physik" (Leipzig, 1930, готовится русск. пер.); *H. Moissan*, „Einleitung der Elemente" (Berlin, 1904); *C. Schmidt*, „Das periodische System der chemischen Elemente" (Leipzig, 1917); *M. Boll*, „Cours de Chimie" (I и II т., Paris, 1927—1928); *J. W. Mellor*, „Modern Inorganic Chemistry" (London, 1927); *H. Remy*, „Lehrbuch der anorganischen Chemie" (Leipzig, I и II B., 1931); *А. Ладенбург*, „История развития химии" (Одесса 1917); *A. B. Стьюарт*, „Новые идеи в физической и неорганической химии" (Лен., 1931); *Р. Шварц*, „Успехи неорганической химии" (Лен., 1931); *H. Lessheim* und *R. Samuel*, „Die Valenzzahl und ihre Beziehungen zum Bau der Atome" (Berlin, 1927); *G. N. Lewis*, „Valence and the structure of Atoms and Molecules" (New-York, 1923); *N. V. Sidgwick*, „The Electronic theory of Valency" (Oxford, 1927); *A. Зоммерфельд*, „Строение атома и спектры" (М., Лен., 1926); *Н. Бор*, „Три статьи о спектрах и строении атомов" (М., 1923); *Ф. В. Астон*, „Изотопы" (М., 1923); *Э. Резерфорд*, „Бомбардировка атомов и разложение азота"; *Г. А. Гамов*, „Атомное ядро и радиоактивность" (М., 1930); *A. Гаас*, „Волны материи и квантовая механика" (М. 1931); *A. Гаас*, „Квантовая химия" (М., 1931); *С. Е. Фриш*, „Современная теория спектров" (1931); *J. D. Main Smith*, „Chemistry and atomic Structure" (London, 1925); *E. N. da C Andrade*, „The Structure of the Atom" (London, 1927); „Quantentheorie und Chemie. Leipziger Vorträge" (1928); *R. Mecke*, „Bandenspektra und ihre Bedeutung für die Chemie" (Berlin, 1929); *L. Brillourn*, „L atome de Bohr" (Paris, 1931); *С. Э. Фриш*, „Атомные спектры" (1933); *А. К. Вальтер*, „Атомное ядро" (1935); *Л. В. Мысовский*, „Новые идеи в физике атомного ядра" (1935); *И. В. Курчатов*, „Расщепление атомного ядра" (1935); *М. Н. Корсунский*, „Нейтрон" (1935); *Э. П. Жузе*, „Тяжелый водород" (1935); *М. П. Бронштейн*, „Атомы, электроны, ядра" (1935); *М. П. Бронштейн*, „Строение вещества" (1935).

А. Раковский.

Элементы гальванические, см *гальванизм*, XII, 426 сл., и *электрохимия*.

Элеми (Resina Elemi, *смола оливкового дерева*). смолы, получаемые гл. образом из некоторых видов сем. Burseraceae (Icica, Canarium), затем из видов Amyris (сем. рутовых). Э. при вытекании богаты эфирными маслами и имеют вид терпентина (бальзам), но затем по мере испарения этих масел густеют и твердеют. Твердая смола бол. частью пронизана кристаллами. Цвет смолы обыкновенно желтоватый или зеленоватый, запах сначала терпентинный, затем своеобразный, напоминающий запахи укропа, тмина, фенхеля, апельсина; вкус пряно-горький. Твердость близка к твердости жировика. Смола начинает размягчаться при 80°, плавится при 120°, хорошо растворяется в хлороформе, бензоле, серном эфире, горячем алкоголе, слабо в холодном алкоголе. Химич. состав: 20—25% кристаллич. амирина (смесь 2 изомерных спиртов $C_{30}H_{49}OH$), 30—35% резена, 13—16% свободных Э.-кислот $C_{35}H_{56}O_4$. Горькое начало—1% бриоидина, кристалл. вещества фор. $C_{20}H_{38}O_3$. Лучшими сортами считается *манильская Э.* с Филиппин, получаемая из Canarium commune, современем темнеющая; затем идут: *юкатанская Э.* от Amyris Plumier, *мексиканская* от A. elemifera, делающаяся впоследствии мелоподобной, *гвианская* от Icica viridifera, волокнистая, снаружи чернеющая и пр. Употребляется для приготовления спиртовых лаков, давая лаку блеск и мягкость, и не вызывает трещин, в литографии, в шляпном деле для придания твердости в аптекарском деле для приготовления пластыря (Balsamum Arcaei) для ускорения созревания нарывов.

М. Н.

Эленшлегер (Oehlenschläger), Адам Готлоб, крупнейший датский романтический поэт (1779 — 1850), *см.* XVII, 602.

Элеолит, мутная легкоплавкая разновидность нефелина (*см.*) с жирным блеском (у собств. нефелина блеск стеклянный), встречается сплошными массами и крупными зернами, окрашенными в зеленый, красный и бурый цвет. Как и нефелин собств., образует существенную составную часть некот. горных пород, но в то время как нефелин собств. входит в состав фонолитов и многих базальтов, Э. играет большую роль в древних силикатовых породах — сиенитах и сиенитовых порфирах. Чаще, впрочем, теперь э-овые сиениты называют нефелиновыми сиенитами. Распространение их в СССР весьма значительно: Кольский полуостров (Хибинские горы), Урал (Ильменские горы, в породе миаскит), Приазовье (Мелитопольский район), Енисейский край, Туркестан, Сахалин и пр. Нефелиновые сиениты представляют большой практический интерес, давая сырой материал для изготовления стекла высокой прочности.

Элеонора Аквитанская, дочь и наследница Вильгельма X, последнего герцога Аквитании, в 1137 г. вышла замуж за Людовика VII, короля Франции, который развелся с нею в 1151 г. из-за слишком бурного ее поведения. Он надеялся, что ее наследственные земли перейдут к ее дочерям, но надежды его были обмануты. Э. уже через шесть недель после развода вышла замуж за Генриха Анжуйского, решившего, очевидно, что из-за Пуату и Гиени можно пренебречь дурной репутацией невесты. Владения Э. перешли к английской короне, когда Генрих в 1154 г. стал королем Англии (Генрих II, *см.* XIII, 177). Когда сыновья Э., Генрих и Ричард, в 1173 г. подняли восстание против отца, Э. их поддерживала, была заключена под стражу (до 1183 г.), а когда Ричард Львиное Сердце вступил на престол, она постоянно мирила его с братом. Вообще Э. играла большую роль в царствование обоих сыновей, которым ее связи на континенте были очень полезны. Ум. в 1202 г.

Элеоптен, см *эфирные масла.*

Элевзина (Eleusine), см. *дагусса.*

Элефанта (*Слоновый остров*), небольшой остров в 10 *км* от Бомбея, туземное название Gharapuri. Свое название Э. получил от португальцев по гигантскому изображению слона, высеченному в скале и в 1864 г. перевезенному в Бомбей. Э. известен комплексом пещерных индийских храмов. Повидимому, большинство строений Э. относится к середине VIII в. н. э. Все помещения Э. посвящены Шиве. Всемирной известностью пользуются скульптурные украшения Э. и в частности т. наз. Тримурти (трехголовое соединение Брамы, Вишну и Шивы), на самом деле — изображение Шивы в форме Махеши (трехликий Шива), огромный трехголовый бюст (вышина больше 4 *м*). Этот памятник представляет собой один из наиболее ярких образцов индийской пластики эпохи преобладания брахманизма. Типологически мы имеем тут дело с совершенно иными идеалами, нежели поздние буддийские скульптуры. Тип лица так наз. Тримурти дравидический. Из других скульптур Э. следует отметить рельефы, изображающие свадьбу Шивы и Парвати и Шиву, исполняющего ритуальный танец (Натараджа). Для пластики Э., как и для других произведений эпохи, характерна передача мощного стремительного движения, которое налицо в большинстве рельефов. Согласно обычной традиционной условности, наблюдаемой в искусстве этого времени, масштаб изображенных персонажей вытекает из занимаемого ими места в пантеоне. Отсюда по сравнению с другими непомерно большие изображения Шивы. Э. является одним из наиболее посещаемых туристами мест в Индии. *А. Стрелков.*

Элефантиазис (*слоновость*), стойкое увеличение размеров какой-либо части тела вследствие изменений в подкожной клетчатке и коже. Чаще всего поражаются нижние конечности и наружные половые органы. Увеличение органа происходит гл. обр. за счет задержки в подкожной клетчатке и коже тканевых соков (лимфы) и вторично — уплотнения клетчатки. Отток тканевых соков при Э. затруднен изменениями лимфатических сосудов (см. *лимфатическая система*). Э. может возникнуть

в результате повторных заболеваний рожей (*см.*), ведущих к уплотнению клетчатки и расширению лимфатических сосудов.

В тропических странах причиной Э. часто бывает закупорка лимфатических сосудов особым паразитом, глистою filaria sanguinis (см. *тропические болезни*, XLI, ч. 9, 321). Утолщение пораженного органа может принять громадные размеры, обезображивая наружные формы. Увеличенная нижняя конечность, благодаря нависающим складкам огрубелой и утолщенной кожи напоминает несколько ногу слона: отсюда и название. Лечение хирургическое. Оно состоит или в частичном иссечении кожи (в виде длинных вертикальных полос), или в отводе тканевых соков в неизмененные глубокие лимфатические сосуды.

А. Мартынов.

Элефантина (др.-египет. Эбу, араб. Джезире), остров на Ниле в Верхнем Египте, у первых порогов, против Ассуана (*см.*), на границе с Нубией, длиной в 1,5 *км*, шир. 0,5 *км*. В древности важный пункт меновой торговли между Египтом и Нубией, позднее пограничная крепость Римской империи. На Э. теперь пальмовые рощи, две деревни и соврем. европейский отель для туристов. Э. известна двумя храмами, построенными в эпоху 18-й династии Аменофисом III и Тутмесом III и посвященными Хнуму (божеству с головой барана, охранителю порогов и источников Нила), а также древним нильским водомером времен Птолемеев, описанным еще у Страбона. В 1905/06 гг. немецкие ученые произвели раскопки большей части древнего города и одного из храмов (они были разрушены ок. 1820 г.), при чем найдены ценные папирусы, освещающие историю находившейся здесь иудейской колонии и тогдашних международных культурных сношений.

Элея (лат. Velia), в древности город с гаванью на Тирренском море, в ю. Италии (Лукания), в 30 *км* к ю. от древнего Пестума. Э.—греческая колония, основанная ок. 540 г. до н. э. фокейцами из Ионии; колыбель элейской школы (*см.*) философии. Сохранились развалины античных зданий.

Элида, др.-греч. город, столица одноименного государства, на р. Пенее, где он вступает в равнину. Осн. в 471 г. до н. э. путем синойкисма (*см.* XVI, 566), обнесен был стенами в 312 г.

Элида, самая западная область древн. Пелопоннеса, между Ахайей, Аркадией и Мессенией; равнина, орошаемая Пенеем и Алфеем, богатая земледелием и коневодством. Благодаря культу Зевса, Э. считалась у греков священной и пользовалась миром. Политически разрозненная, Э. лишь в нач. V в. до н. э. объединилась в государство с гл. городом Э. (см. выше). Большее значение имел г. Олимпия с его играми (см. *Олимпия*).

Эли де Бомон (Elie de Beaumont), Леонс, франц. геолог (1798 — 1874), с 1819 г. слушал лекции в Ecole des Mines, затем изучал в Англии горное дело, в 1829 г. проф. Ecole des Mines в Париже, в 1835 г. член академии наук, с 1856 г. главный инженер горного дела. Вместе с Дюфренуа Э.-д.-Б. производил с 1825 г. обширные геологические исследования во Франции и с 1840 г. издавал большую геологическую карту Франции с 2 т. текста (1841-78) — важнейший его научный труд. В 1829 г. в работе „Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe" Э.-д.-Б. впервые высказал теорию сжатия земной коры, которая была выведена, однако, не из наблюдений, а как следствие, вытекающее из теории Лапласа о происхождении земли. Окончательно эта теория была им сформулирована в 1852 г. в соч. „Notices sur les systèmes des montagnes". Эти взгляды Э.-д.-Б., очень близкие к современным воззрениям многих геологов, не оказали в свое время большого влияния, во-первых, потому, что Э.-д.-Б. связывал их с идеей о катастрофах, а во-вторых, по той причине, что он не был в состоянии отделаться от теории кратеров поднятия, которую выдвигал его учитель Леопольд ф.-Бух (*см.* VII, 267). Защищая в вопросе об образовании складок на земной поверхности локализацию дислокаций по геометрическим линиям, Э.-д.-Б. в 1829 г. дал свою теорию пентагональной сети, имевшую в свое время огромный успех. По его мнению

системы горных цепей пересекаются на поверхности земного шара так, что отмечают своими пересечениями вершины вписанного пентагонального додекаэдра. Гипотеза Э.-д.-Б., основанная на недостаточном его знакомстве с складчатыми областями и на несовершенстве карт того времени, теперь совершенно отвергнутая, „буквально гипнотизировала многие поколения геологов благодаря большому научному авторитету Э.-д.-Б. и его высокому официальному положению" (Ог). *М. Н.*

Элизабес (Elizabeth), портов. гор. в штате Нью-Джерси в США, пригород Нью-Йорка, значит. промышленность; 114.589 жит. (1930).

Элизиум, см. *Елисейские поля*, XX, 58.

Эликсиры (араб. el iksîr — „камень мудрецов"), жидкие фармацевтические препараты сложного состава, по б. ч. спиртные и винные экстракты из лекарственных растений с прибавлением ароматических вод (мятной, фенхелевой и пр.), эфирных масел, кислот, солей и т. п. Теперь их обыкновенно наз. сложными тинктурами (tinctura composita) или микстурами. Большинство прежних Э., имевших громкую известность в эпоху алхимии и ятрохимии, потеряло всякое лекарственное значение, и в современных фармакопеях отдел „elixiria" занимает очень немного места.

Элиминация (латинск. — устранять, исключать), в эволюц. учении, *см.* XXX, 722.

Элиот (Eliot), Джон, англ. полит. деятель (1592—1632), родом из семьи землевладельцев в Корнуоле, воспитывался в оксфордском университете, потом путешествовал по континенту. В первый раз был изобран в палату общин в 1614 г., четыре года спустя сделан баронетом, а еще через год получил должность вице-адмирала в Девоне, дававшую большие полномочия. В 1624 г. снова был избран в последний парламент Иакова I, а после смерти короля (1625) — в первый парламент Карла I, где обратил на себя внимание как оратор и упорный защитник конституционных прав парламента. Он был инициатором обвинения герцога Бекингема и лидером палаты в борьбе с королем по этому вопросу (*см.* VIII, 621/23). Эта борьба привела его в Тоуэр, откуда, впрочем, он быстро был освобожден по требованию палаты. После роспуска парламента Э. еще раз попал в тюрьму (1627) за нежелание платить по принудительным займам, но тоже просидел недолго. Избранный в парламент в 1628 г., он снова сделался вождем палаты общин в борьбе с королем, формулировал и защищал две резолюции, направленные против короля, за это был арестован в третий раз и отдан под суд. О поведении его на суде *см.* VIII, 631/32. Преследуемый свирепой личной ненавистью Карла I, Э. подвергался в тюрьме очень строгому режиму и так как систематически отказывался признать права короны так, как они понимались королем, что ставилось условием его освобождения, то умер в Тоуэре после четырехлетнего заключения.

Элиот (Eliot), Джордж, псевдоним известной англ. романистки Мэри Анны *Эванс* (1819 — 1880). Молодость ее прошла в деревне, в Уоррикшире, где отец ее управлял крупным именьем. Из этих деревенских впечатлений Э. черпала материал для творчества. В 1841 г. она переселилась с отцом в гор. Ковентри; знакомство с семьей фабриканта и свободомыслящего филантропа Брей поколебало примитивную пуританскую веру девушки; из-за отказа посещать церковь дело дошло даже до временного разрыва с отцом. С этим переходом Э. к рационализму связан ее перевод „Жизни Иисуса" Штраусса (1846) и „Сущности христианства" Фейербаха (1854). По смерти отца в 1849 г. Э. переселилась в Лондон и отдалась журнальной работе в „Westminster Review", где в 1851—53 гг. была помощником редактора; сближение с кружком Спенсера, Льюиса, Гаррисона привело Э. к принятию позитивизма (кроме его религ. положений) и эволюционной теории. С Льюисом ее связала прочная и счастливая связь на всю жизнь (брак этот не был церковно оформлен, т. к. Льюис не мог добиться развода с первой женой, и потому вызвал много нареканий со стороны чопорного англ. общества). В 1857 г., преодолевая под

влиянием мужа, недоверие к себе, Э. впервые испытала себя в беллетристике; „Сцены из жизни духовенства" имели шумный успех и за ними последовали: „Адам Бид" (1859), „Мельница на Флоссе" (1860; первая половина романа носит автобиографический характер), „Сайлас Марнер" (1861), исторический роман из эпохи Савонаролы „Ромола" (1863), „Феликс Холт, радикал" (1866; отклик на подготовлявшуюся избирательную реформу 1867 г.), „Миддльмарч" (1872), „Даниэль Деронда" (1876; протест против антисемитизма). Уже к началу 60-х годов репутация Э. установлена наравне с Диккенсом и Теккереем. По манере творчества она ближе к последнему, отличаясь от него своим оптимизмом. Диккенса она превосходит своим более правдивым и разносторонним развитием характеров и, как и он, тяготеет к мелкой буржуазии, но не лондонской, а провинциальной и деревенской. Одна из первых в англ. литературе она делает рабочего человека героем романа (плотник Адам Бид). Но Э. далека от идеи классовой борьбы; все же, помимо ее воли, ее реализм и глубочайшая искренность многократно приводили ее к изображению классовых противоречий и столкновений. Ее точка зрения моралистическая; острый наблюдатель-реалист и хороший рассказчик не вытесняют в ней моралиста, судью. Личность автора часто вторгается в рассказ в виде дидактических замечаний и рассуждений. Во вторую половину ее деятельности этот элемент ослабляет импульсивную эмоциональность, столь яркую в ее лучших ранних вещах. Некоторая противоречивость видна во всей ее природе: обилие умственных интересов, смелость мысли и поступков, сделавшая из скромной деревенской пуританки позитивистку и рационалистку, хорошо знакомую с научным движением эпохи, и при этом недоверие к своим творческим силам. В ее героинях — Дине Морис („А. Бид"), Мегги („Мельница"), Доротее („Миддльмарч") и Ромоле, с их идеями долга и самоотречения, немало личных авторских черт. Но особенно хороши некоторые эпизодические фигуры, напр. мистрис Пойзер в „Ад. Биде" и вся семья Талливеров в „Мельнице". Сила Э. в глубине психологического анализа, бытовом реализме и юморе, гораздо слабее она в общей архитектонике своих очень длинных романов и совсем слаба в стихотворных опытах: „The Spanish Gipsy" (1868) и „The Legend of Jubal" (1874). Для понимания Э. важны ее „Impressions of Theophrastus Such" (1879) и „Essays and Leaves from a Note-Book" (1884). Жизнь Э. была бедна событиями, разнообразие вносили заграничные поездки: в 1849 г. — в Швейцарию, в 1854 г. — в Берлин и Веймар, в 1860 — 61 гг. — в Италию, в 1867 г. — в Испанию. После смерти Льюиса (1878) отдалась подготовке к печати оставшихся после него неоконченных работ; в этом ей помогал старинный друг их семьи Кросс, за которого Э. вышла замуж за полгода до смерти. Кроссу принадлежит первая и важная по материалам, но односторонняя биография: *J. W. Cross*, „G. E's Life and Letters", 1884. Из многочисленной литературы о Д. Э. наиболее значительны: *L. Stephen*, „G. E." (в колл. „Engl. Men of Letters"), 1902; *Gardner*, „The Inner Life of G. E", 1912; *Haldane*, „G. E. and her Times", 1927; *Paterson*, „G. E.'s Family Life and Letters", 1928. В России Э. была очень популярна, все ее романы были переведены, некоторые по нескольку раз. Готовится к печати работа К. И. Ровда, „Д. Э. и ее оценка в России" (с исчерпывающей русской библиографией). *В. Мюллер.*

Элитры, см. *жуки*, XX, 343.

Элия Капитолина, *см.* XXII, 629.

Эллада, то же, что *Греция*. Название Э. у Гомера относится лишь к южнофессалийскому округу Фтия, затем ко всей средней Греции (в отличие от Пелопоннеса, который стали относить к Э. лишь со времени греко-персидск. войн), наконец в македонский период оно распространено было на все страны, населенные эллинами (Балк. полуостров, прилегающие острова, Черноморское побережье, берега Малой Азии, Киренаика, южная Италия и т. д.). Принятое у современных народов и происходящее, повидимому, от какого-то небольшого племени (ср. французское

обозначение всех немцев „аллеманами" по одному из германских племен) наименование Э. Грецией, а ее жителей „греками" идет от римлян (*ср.* XVI, 525), взявших это название из южной Италии, „Великой Греции" (*см.*). Нынешние греки зовут себя всегда эллинами, и официальное название их страны — Э. *П. Ш.*

Элладотерий (Helladotherium Duvenoji), наиболее примитивная форма ископаемых предков жирафов. Имел конечности почти одинаковой длины, довольно короткую шею с не очень удлиненными шейными позвонками и череп без костных выростов. Остатки Э. были найдены в верхнем миоцене в Греции, Франции, в Сиваликах (Индия).

Эллигени (Alleghany, Allegheny River), р. в штате Пенсильвания (США), лев. приток (точнее—верхнее течение) р. Огайо. Берет нач. на выс. 410 *м* с сев.-вост. предгорий Аллеганских гор. У Питтсбурга соединяется с р. Мононгаэла, также стекающей с Аллеган. Судоходна на значительном протяжении. *И. Т.*

Эллигени-Сити (Allegheny-City), гор. в штате Пенсильвания (США), расположен при слиянии рек Эллигени и Мононгаэла, образующих р. Огайо, против Питтсбурга (*см.*), к которому присоединен в 1907 г. Значительная металлургическая промышленность. В 1900 г. было 129.896 жит.

Эллентаун (Allentown), гор. в штате Пенсильвания (США), в 90 *км* к с.-с.-в. от Филадельфии, 92.563 жит. (1930). Развитая железная, красочная и шелковая промышленность.

Эллинг, см. *судостроение*, XLI. ч. 5, 340, 368. Э. для сооружения и хранения дирижаблей начали строиться в 1900 г. в Германии, после войны — в Италии, Франции, Англии и США (см. XLI. ч. 10, прил. *экономика и новейшая техника транспорта*, 709′ и 711′). В наст. время причальные мачты (см. там же, 715′) в значительной мере заменяют Э. для хранения дирижаблей.

Эллинизм, термин, со времени Дройзена (*см.*) употребляемый обычно для обозначения одной эпохи античной истории, а именно истории государств, вышедших из завоевания Александра Македонского (*см.* II, 189-91), до покорения их Римом, и вместе с тем — для обозначения совокупности политических, социальных и культурных явлений, возникших в результате распространения греческого влияния вне пределов собственной Греции еще до македонского завоевания, но в особенности в связи с ним. Э. был подготовлен состоянием Греции первой половины IV в. до н. э. Состояние это, сложившееся в результате неудачи всех предшествовавших попыток национального объединения и вызванных ими войн и переворотов, характеризуется разложением господствующей политической формы полиса, утратой лучшими элементами общества веры в непреложность и справедливость существующего уклада, распространением среди них философского скептицизма, монархических симпатий и склонности к индивидуализму, самоутверждением личности в антагонизме с обществом и его традициями, все учащающимся водворением в полисах тирании, дезинтеграцией общества, появлением повсюду массы деклассированных и в связи с этим ростом военного наемничества и огрублением политических нравов, распространением недовольства и всеобщей неуверенностью в завтрашнем дне. Отсюда—прогрессирующее ослабление греческих полисов и повсюду угроза даже независимому существованию эллинства. На западе оно отступает перед Карфагеном и италийскими племенами, на севере—перед крепнущей Македонией (*см.*) и даже на востоке — перед Персией, которая сама обнаруживает все признаки дряхлости. Уже Анталкидов мир (*см.* XVI, 607), сделавший персидск. царя вершителем внутренних отношений Греции, явился огромным шагом назад сравнительно с положением столетием раньше, а распадение второго афинского союза (*см.* XVI, 608) привело многие греческие города М.Азии к подчинению верховной власти царя или их захвату отдельными сатрапами. И в то же время наблюдается явление обратного порядка: параллельно политическому отступлению эллинства совершается культурное его наступление и

вместе передвижение людских масс за пределы собственной Греции, отчасти на запад (колонизация сицилийских городов при Тимолеоне, греческие наемники и греческое влияние в Карфагене), далее на север, где Македония представляет первый пример эллинизации чужой страны, наконец — притом в особенно сильной степени — на восток. О начавшейся эллинизации востока, в первую очередь М. Азии (помимо старинных греческих городов ее побережья), можно говорить уже задолго до собственной эпохи Э. Ближайшее окружение как персидского царя, так и его сатрапов, можно сказать, пропитывается греческими элементами. Это — врачи, художники, архитекторы, купцы, техники, военные командиры, выполняющие ответственные поручения. Некоторые из малоазиатских сатрапов уже настолько проникнуты эллинской культурой, что вместе со своими дворами являются предшественниками будущих эллинистических династов (Мавзол в Галикарнассе). Но наиболее заметным и важным по своим последствиям явлением был все более укреплявшийся обычай военной службы массы греческих наемников как у царя, так и у его сатрапов (самый значительный пример — поход 10.000 на службе у Кира Младшего).

Повидимому, причинная связь между обоими явлениями была уже ясна многим передовым умам тогдашней Греции; в распространении греков за пределы родины, в захвате новых земель и даже основании нового греческого государства на востоке они видели спасительный выход из мучивших родину неурядиц и в соответствующем смысле вели пропаганду, при чем в конце концов возможным исполнителем плана стала представляться Македония. По мысли Исократа (*см.*) вокруг царя Филиппа (*см.* XLIII, 490) должны были сгруппироваться все греческие полисы для выполнения общегреческого предприятия — войны с персами, представлявшейся как реванш за зло, сто лет назад причиненное Греции походом Ксеркса, как освобождение малоазийских братьев от персидского ига и, главное, как открытие нового поприща для приложения избытка национальных сил путем создания нового государства и заселения его выходцами из Греции. Повидимому, существовала идея распространения также и на запад; по крайней мере, соответствующие планы приписывали Александру Македонскому, которому будто бы только смерть помешала осуществить их. Однако, попытки в этом роде, конечно в гораздо меньшем масштабе, делались одновременно его зятем Александром Молосским (в 326 г.) и еще раньше Архидамом III Спартанским (в 338 г.). Об этой идее говорит и позднейшее широко задуманное предприятие Пирра. Как показал неудачный результат всех этих попыток, в движении на полуварварский запад трудностей предстояло преодолеть гораздо больше, соблазны же и выгоды в этом направлении были совершенно ничтожны сравнительно с теми манящими перспективами, которые открывал сказочный, богатый и одряхлевший восток. Как бы то ни было, это направление греческой экспансии не на запад, а на восток сыграло огромную роль в дальнейших судьбах эллинской культуры и национальности.

Политическое утверждение греков в новых областях стало в IV в. необходимо для дальнейшего их национального и культурного развития. Эта задача, непосильная какому-либо из греческих полисов, была выполнена Македонией. Однако, открытие для греков новых областей на востоке осуществилось далеко не так, как о том мечтали авторы соответствующих проектов. Объединение греков под гегемонией Македонии произошло насильственно, ценой военного разгрома и унижения независимых полисов. События, разыгравшиеся в Греции тотчас после убийства Филиппа и повторившиеся затем после смерти Александра, ясно показали, что „блага“ объединения, принесенные учреждением Коринфского союза (*см.* XVI, 611), в общем сознании не вознаграждали за горькую необходимость подчиняться чужеземному монарху. И потому вооруженный захват востока явился общеэллинским национальным подвигом скорее в торжественных реляциях самого Александра,

нежели был таковым на самом деле. Ибо военные контингенты греческих полисов в экспедиционной армии были сравнительно незначительны. Правда, завоевание уже сразу открыло новое поле деятельности для всех греков, но само по себе оно было гораздо более делом македонского царя, служившим прежде всего его собственным политическим целям.

Всемирно исторические последствия имело то обстоятельство, что предприятие, задуманное Филиппом, было выполнено его юным сыном. Существовавшие уже раньше проекты публицистов и план, составленный Филиппом и его штабом, повидимому, предусматривали захват только М. Азии и областей, непосредственно прилегающих к Средиземному морю. Результатом было бы создание нового государства, соединенного с Македонией и в своих ограниченных пределах могущего подвергнуться быстрой и основательной эллинизации. Возможно, что такое государство впоследствии оказалось бы в политическом и военном отношении гораздо более жизнеспособным и стойким, нежели многочисленные монархии, вышедшие в действительности из завоеваний Александра. Дальнейшая история показала, что прочным приобретением остались Азия до Месопотамии, Финикийско-Палестинское побережье и Египет. Земли же к востоку от Тигра, несмотря на все усилия Селевкидов удержать их, вскоре вернули себе свою самостоятельность, и тот Э., который сохранялся в них еще в течение столетий, носил поверхностный характер.

Быстрота и легкость завоевания Персидского царства свидетельствуют о гениальности Александра, но еще более о том, что центробежные силы (возраставшая самостоятельность сатрапов, стремление областей к независимости, выразившееся в восстаниях Финикии и Египта) подготовили все условия для успеха предприятия. Персия не представляла единого национального государства, и аппарат власти царя лишь механически соединял разнородные области, национальная самобытность которых была подавлена. Разбив этот аппарат, Александр поставил на его место свой собственный, и привыкшие к покорности области подчинились легко. Но Александр упрочил свою власть, выступая в старинных, имевших собственную национальную традицию государствах, как Вавилон или Египет, в качестве освободителя от чужеземного ига. Неизвестно, сумел ли бы он своей политикой слияния разнородных элементов империи преодолеть надолго те центробежные силы, которые облегчили ему его задачу. Смерть прервала его дело, а его монархия в ближайшие же годы фактически распалась, несмотря на то, что номинально она продолжала существовать под властью его слабоумного брата и младенца-сына, в действительности же — под опекой и охраной группы генералов, опиравшихся на верную династии армию. Это были Пердикка (*см.*), Антипатр (*см.*), Кратер и Эвмен. Однако, рядом с ними несколько полководцев, получивших важные сатрапии с собственными армиями, сразу стали фактически независимы. Главные из них были: Птолемей Лаги (*см.* XXXIII, 687) в Египте, Антигон в Великой Фригии, Лизимах во Фракии, а вскоре также Селевк (*см.* XXXVIII, 1) в Вавилонии.

Немедленно после смерти Александра началось освободительное движение в Греции с Афинами во главе. Оно было сломлено Антипатром на следующий же год (так называемая Ламийская война, *см.* XVI, 614), но от полного подчинения Македонии Грецию спасли междоусобия, вскоре начавшиеся в среде александровых генералов и продолжавшиеся отныне с короткими перерывами в течение сорока лет. В этой борьбе погибли члены македонской династии, а через три года после смерти последнего из них, малолетнего сына Александра Великого, сатрапы, каждый в своей области, провозгласили себя царями (306 г. до н. э.). Часть возникших таким образом царств оказалась эфемерна, и в результате борьбы династические и территориальные отношения вышли в значительной степени иными, нежели какими они складывались вначале. Из первых наследников Александра удержался в первоначаль-

но взятой им области один лишь Птолемей Сотер, сатрап, позже царь Египта. Напротив, царства, созданные для себя двумя его товарищами, Антигоном в М. Азии и Лизимахом во Фракии, оказались недолговечны. Прежде всего стремление Антигона к захватам за счет других и, может быть, к единовластию объединило против него прочих династов. В борьбе против коалиции Кассандра (сына Антипатра), ставшего царем Македонии, Лизимаха и Селевка он был разбит в сражении при Ипе (301) и погиб, а его владения были поделены между Лизимахом и Селевком. Его даровитому сыну, Димитрию Полиоркету (*см.*), удалось, опираясь то на одного, то на другого из соперничавших властителей, в течение 15 лет удерживать власть на море, над некоторыми островами и пунктами Греции и даже (после смерти Кассандра) стать царем Македонии. Однако, в конце концов он был побежден Селевком и вскоре затем умер в тюрьме. Македония досталась теперь Лизимаху, соединившему ее с Фракией и значительной частью М. Азии. Но вскоре и Лизимах был разбит Селевком (281), который непосредственно вслед за этим сам погиб от руки убийцы. Так, один за другим сошли со сцены „диадохи" (наследники) т.-е. представители старейшего поколения полководцев Александра. Азиатские владения Селевка наследовал его сын Антиох I. Еще раньше (285) Птолемей Сотер в Египте отказался от престола в пользу своего сына, Птолемея Филадельфа, а несколько позже в Македонии утвердился сын Димитрия Полиоркета, Антигон Гонат (*см.* III, 175). Так, через сорок лет междоусобий из наследия Александра окончательно выкристаллизовались три крупнейших царства: македонское с династией Антигонидов, азиатское с династией Селевкидов и египетское с династией Лагидов.

Сорокалетняя борьба в значительной степени захватывала материк и острова Греции, а также западное побережье М. Азии, при чем захват этих земель был одною из ее целей. Достигнуть обладания ими было чрезвычайно важно для каждого из боровшихся соперников. Старая Греция попрежнему являлась поставщиком обильного человеческого материала и специалистов разнообразных профессий, которые были необходимы как для заселения новых монархий, так и для их строительства. Тот, кто утверждал здесь свою политическую власть или влияние, несомненно приобретал этим огромное преимущество в смысле возможности привлечения этих нужных ему элементов именно в свои области. Помимо этого, в интересах собственной меркантилистской политики для новых монархов было важно также захватить в свои руки проходившие здесь участки мировых торговых путей с запада на восток и лежавшие на них важные пункты. Нам очень мало известна внешне-политическая история преемников диадохов, так называемых *эпигонов* (потомков), вследствие чего мы можем говорить только об основных ее линиях. Она, повидимому, надолго определилась теми взаимоотношениями, которые сложились между основателями династий, нередко в зависимости от случайных обстоятельств, но которые создали у их потомков наследственные права и притязания. Эта политика была по преимуществу династическая; она осложнялась, особенно в доме Селевкидов, фамильными драмами, борьбой между наследниками, мятежами младших членов семьи, а также отдельных сатрапов. Немаловажным фактором этой внешней политики, поскольку она разыгрывалась в Эгейском море и в М. Азии, являлось также стремление множества малых политических тел—полисов—и сравнительно мелких династов Пергама, Вифинии, Понта, Каппадокии и несколько позже также Галатии отстоять свою самостоятельность, а иногда добиться наивыгоднейших условий зависимости. Политика трех крупнейших монархий в отношении друг друга осложнялась еще теми специальными условиями, которые складывались у каждой из них на ее особых границах: у Македонии на Балканах, у Селевкидов в Азии, у Лагидов в Африке.

В какой мере и в какой форме во

внешней политике эллинистических монархов играли роль экономические интересы их государств, это при состоянии наших сведений об экономическом развитии эллинистической эпохи представляет пока еще проблему. Самая структура государств, подвластных Антигонидам и Селевкидам, не позволяет видеть ни в одной из них сильно развитых народно-хозяйственных организмов. Основное ядро первого — Македония — попрежнему представляла страну примитивного земледелия и скотоводства, которую столетием позже римляне легко могли разделить на четыре совершенно обособленные части (*ср.* XXXVI, ч. 2, 237). К этому ядру временами механически присоединялись, чтобы снова отпасть от него, отдельные пункты в Греции и на Эгейском море, при чем движущим фактором македонского империализма было, помимо династических наследственных прав и личного честолюбия монархов, стремление наполнить свою казну торговыми пошлинами с купцов и налогами с подвластного населения. Таковы же были, вероятно, и движущие мотивы империализма Селевкидов, государство которых представляло конгломерат областей, часто друг от друга экономически независимых, скорее тянущих врозь и связанных между собой только административным аппаратом и армией царя. В виду прохождения по этим областям мировых путей торговли редкими продуктами и предметами роскоши, в стремлении Селевкидов к Эгейскому морю, а также возможно дальше на восток проявлялось желание держать в своей фискальной эксплоатации возможно большее протяжение этих путей. Наиболее цельной и органически сплоченной в экономическом отношении страной был Египет (*см.* XIX, 575/78) — основное ядро царства Лагидов, — и в их политике всего легче усмотреть определенный экономический интерес, притом тоже главным образом фискальный, в связи с первенствующей ролью правительства и казны в экономике страны, о чем будет сказано ниже. Создав себе прочную базу в Египте, первый Птолемей и его сын постарались окружить ее целою цепью „доминионов" с целью, во-первых, за их счет снабжать недостающими материалами (лес и прочие материалы для постройки и снаряжения флота, металлы) свое собственное царское хозяйство в Египте, а во-вторых, обеспечить морскими и береговыми опорными пунктами собственную же царскую внешнюю торговлю, для охраны которой они и нуждались в создании талассократии. На вершине своей империалистической экспансии Лагиды владели: Киреной, Палестиной, Финикией, Койлесирией, Кипром, Киликией и рядом небольших областей и отдельных пунктов по Мало-азийскому побережью вплоть до Геллеспонта, на островах Эгейского моря и даже на материке Греции. Стремление расширить или просто удержать эти владения в Греции и в Эгейском море вызывало постоянные столкновения Лагидов с Македонией, а спор за Койлесирию, Финикию и Палестину был причиной их нескончаемых войн с Селевкидами. Параллельно все три державы соперничали между собою за обладание побережьем М. Азии. Отсюда—сложнейшая и запутанная история войн и все новых политических комбинаций между большими и малыми государствами, история, известная нам лишь частично, в которой, впрочем, для нас важны лишь общий ход и результат. В области международных отношений Э. открывает новую эру: государства выходят из своего прежнего обособления, постепенно все Средиземноморье втягивается в общий круг развития, история становится всемирной. Притом, как отметил уже современник и первый историк этой эпохи Полибий (*см.*), ее события словно в силу какого-то предопределения неуклонно направляются к одной цели. И именно то, как в этих мировых комбинациях определились судьбы эллинистических монархий, дает критерий для их оценки в качестве государственных образований.

Выше уже указано, что распространение эллинства совершалось не только на восток, но и на запад. Как бы эпилогом борьбы последних диадохов за обладание Македонией, в 280 г. до н. э.

явился поход одного из претендентов на нее, эпирского царя Пирра (*см.*) в Италию. Это была самая мощная попытка военно-политического наступления эллинства на запад: Пирр, настоящий эллинистический династ, намеревался создать себе здесь империю наподобие александровой в Азии. Противниками его оказались Карфаген и в особенности Рим, объединивший под своим главенством большинство италийских племен. О государственную твердыню Рима и разбилась эта попытка эллинистической державы на западе. Однако, после этой первой встречи запад и эллинистический восток в своем развитии разошлись почти на три четверти века. В двух гигантских войнах с Карфагеном и в борьбе с северными кельтами Рим достиг бесспорного владычества над всем полуостровом Италии и безраздельной гегемонии на западе. А в это же время на востоке происходила упомянутая выше нескончаемая борьба эллинистических держав между собою. Ни одна из них не явила собою примера, хотя бы несколько похожего на Рим в смысле роста военной и государственной мощи. Напротив, несмотря на отдельные временные успехи то той, то другой, в общем все они неуклонно спускались с той высоты, на которую при самом их основании удалось возвести каждую их первыми монархами. Царство Селевкидов, в конце IV в. равное почти всей азиатской части империи Александра, уже вскоре утратило свои земли по Инду, затем значительные владения в М. Азии, где возник ряд самостоятельных небольших царств: сначала Каппадокия и Понт, затем Вифиния и Пергам, позже Галатия. На востоке Селевкиды потеряли Бактрию и Согдиану, Парфию и Гирканию. Еще важнее было то, что и в сохранившихся еще владениях им все время приходилось бороться с отпадениями отдельных областей, в то же время ведя войны с Египтом из-за Койлесирии и Финикии, переходивших попеременно из рук в руки. Но и Египет к началу II века потерял большую часть своих „доминионов": Кирену, острова в Эгейском море, Койлесирию и Палестину. Обе державы слабели также внутренне вследствие начавшейся в них туземной реакции против владычества чужестранцев. В Европе Македония параллельно своей борьбе за гегемонию в Греции и Эгейском море в течение всего века сдерживала напор варварских племен на севере Балканского полуострова. Также и она постепенно утрачивала в Греции позиции, приобретенные вначале Антигоном Гонатом, и только в конце III в. благодаря социальным смутам в Пелопоннесе ей удалось временно восстановить здесь свое господство (*ср.* XVI, 616/17). Попытка части греческих государств избавиться от него (так назыв. Союзническая война 220–217 г.) не изменила положения, но лишь привела обе стороны к истощению. И вот теперь, вторично после Пирра, Э. в лице Македонии встретился с силами запада, на этот раз окончательно организованными Римом. Сильные только друг против друга, восточные монархии при столкновении с Римом стали падать одна за другой. В 197 г. Македония была навсегда выброшена из Греции, и ее внешнеполитическая задача отныне ограничена отражением варваров на Балканах. Спустя всего полвека и эту задачу Рим взял на себя, уничтожив Македонию как самостоятельное царство. Уже в 190 г. Рим нанес страшный удар также царству Селевкидов, выбросив Антиоха III не только из Европы, но и из Малой Азии за Тавр. По какой-то иронии истории этот же Антиох получил прозвище Великого за свои победоносные походы на восток до Индии. Но уже менее чем через полвека Селевкиды потеряли также и свои восточные владения до Евфрата; эти области вместе с знаменитой Селевкией на Тигре образовали новую парфянскую державу, которая крепла и росла параллельно прогрессирующему упадку монархии Селевкидов. Отныне последняя представляла Сирию с отвоеванными у Египта Финикией и Палестиной. Таким образом, достаточно было первого столкновения с Римом, чтобы военно-политическая роль восточных эллинистических монархий закончилась. Египет существовал отныне под протекторатом Рима. Македония и

Греция в середине II в. превратились в римскую провинцию. В 133 г. Пергам „добровольно" поступил под власть Рима. Внутренне-расстроенная Сирия была предоставлена собственным силам в ее борьбе против наступающей в лице парфян реакции востока и пробудившегося в Палестине национализма иудеев (см. *Маккавеи*). Политическая роль Э. давно окончилась, и борьба с Римом Митрадата Понтийского (*см.* XXXVI, ч. 2, 253), вначале успешная благодаря внутренним неурядицам в Италии, представляла не возобновление этой роли, но простую реакцию населения против римского ига. Эта же борьба привела к ликвидации последних эллинистических монархий востока. В 63 г. до н. э. они подпали господству Рима в форме вассальных княжеств или провинций. Номинальную самостоятельность сохранил только Египет, и даже в 30 году он не был присоединен к Риму, но от Лагидов перешел прямо в личную собственность римского императора (*см.* XXXVI, ч. 2, 261, 268).

Для собственной Греции эпоха междоусобий диадохов и последующей взаимной борьбы эпигонов оказалась временем тяжелых испытаний едва ли еще не в большей степени, нежели предшествующий период. Бедствием являлись не только военные действия, в которых принимали участие также и греческие полисы. Еще хуже было то, что при страшно обострившихся антагонизмах одним из регулярных способов ведшейся здесь борьбы стали внутренние перевороты, ибо каждый из соперничавших династов, желавший овладеть здесь городом или областью, приводил к власти партию, враждебную той, которая господствовала в данный момент. Македония, считавшая гегемонию в Греции своей монополией, неизменно опиралась в ее полисах на олигархию имущих классов или на тиранов. Поэтому ее соперники обычно выступали в качестве восстановителей греческой „свободы" и сторонников демократии. Таким образом, олигархия и демократия различных оттенков, а кое-где и тирания поочередно сменяли друг друга в полисах, и за каждым переворотом следовала беспощадная расправа с противниками и большею частью полная перестановка имущественных отношений. В этих нескончаемых смутах Спарта окончательно впала в ничтожество, Афины утратили прежний политический вес и сохранили только значение центра национальной культуры. На смену им в собственной Греции ни один полис не приобрел сколько-нибудь крупного значения. Первенствующую роль здесь вскоре начали играть прочные федерации полисов: с начала III в. Этолийский союз, с середины его также Ахейский (*см.* XVI, 615). Однако, объединить Грецию превратить ее в сильную державу, могущую играть самостоятельную роль лицом к лицу с Македонией и восточными монархиями, обе эти федерации оказались неспособны как по причине их непрерывной взаимной вражды, так и вследствие ничтожного культурного и национального значения составлявших их племен и полисов. В культурном развитии старая Греция еще продолжает играть важную роль. В развитии политическом и экономическом центр тяжести окончательно переместился в новые монархии востока.

Внутренний порядок и быт этих монархий известны нам только в самых общих чертах (всего больше данных имеется о Египте), и их изображение поневоле во многом строится на догадках. Основным фактом этого порядка во всех новых монархиях был захват политического и социального господства завоевателями и массой последовавших за ними пришельцев из Македонии и Греции. Идея предоставления туземцам равного участия в жизни и деятельности государства, которую, повидимому, намеревался осуществить Александр, диадохами была решительно отброшена. Среди чуждых и враждебных национальностей востока им нужна была надежная опора, и таковую могла дать только масса единоплеменных эмигрантов, привлекаемая выгодами безусловного господства. Интересу властителей отвечал интерес масс, искавших устойчивого и выгодного устроения, какого не давала пребывавшая в неизменно смутном состоянии родина. Отсюда

огромный приток греков и македонян на восток в конце IV, в III и отчасти даже во II вв. до н. э. При наличии этой массы пришельцев во внутреннем устройстве монархий греческие и македонские порядки, традиции и привычки сознательно и бессознательно были перенесены на новую почву и здесь соединились с местными учреждениями и бытом, все это ощупью, в виде бесчисленных отдельных мероприятий и компромиссов, при чем интерес завоевателей всегда оказывался главным направляющим фактором, хотя и делал в различных случаях большие или меньшие уступки местным условиям. Перенесение на новую почву целиком традиционной социально-политической формы Греции—полиса—всего ярче выражает сущность взаимоотношений между пришлым и туземным элементом. Первый должен был в неприкосновенности сохраняться в среде второго. Основание новых городов с греческим устройством по всей Азии, главным образом в важнейших стратегических пунктах, но также по торговым путям, было начато уже Александром и энергично продолжалось всеми диадохами. Но особенно замечательна деятельность двух первых Селевкидов, основавших вновь или заселивших греко-македонскими колонистами свыше 70 городов от Ливана до Памира (главные—Антиохия на Оронте, Селевкия в Сирии, Апамея, Лаодикея, Селевкия на Тигре). Это была величайшая планомерная колонизация материка новым населением, которая когда-либо совершалась в истории. Множество из этих городов погибло в превратностях судьбы, постигших эти местности в последующие века, но не мало процветает и до сих пор. Такова Александрия в Египте, представляющая самый яркий пример, но, на ряду с ней, также бывшие Александрии — Ходжент, Герат, Кандагар, Мерв. Основание городов, для которых выкраивалась обширная зависимая территория обычно с крепостными туземцами, предназначенными работать на землях горожан, означало настоящую экспроприацию в пользу пришельцев к великому ущербу для местного населения. В этом заключалась приманка для привлечения из Греции и Македонии масс, становившихся опорой чужеземного властителя. В интересах последнего было, чтобы греко-македонское население городов оставалось самодеятельно, крепко и жизнеспособно; отсюда—сохранение их внутренней автономии, однако под контролем царских уполномоченных и при условии нерушимости имущественных отношений. Эта охраняемая сверху устойчивость социального порядка в полисах, ставших в зависимость от власти царя, тоже представляла преимущество эллинистических монархий сравнительно с переживавшей социальные потрясения Грецией.

Колонизация востока в форме полиса дала эллинству возможность сохранить чистоту своей национальности, но в сущности она явилась скорее препятствием для слияния элементов населения, образования из них новой нации и превращения эллинистических монархий в национальные государства (в Александрии браки греческих граждан с туземцами оставались запрещенными даже в римскую эпоху; Дура на Евфрате и позже, уже при парфянском владычестве, в чистоте сохранила свое греческое право). Однако, весьма вероятно, что зажиточные элементы туземного населения либо при самом образовании городов, либо постепенно позже были включены в состав греческих полисов и таким образом мало-по-малу приобщались к греческой культуре. Этому содействовала также возможность для образованных элементов без различия национальности участвовать в различного рода ассоциациях с религиозными, культурными и экономическими целями, получивших необычайное распространение в эту эпоху, а также вступление в число граждан тех крупных землевладельцев из туземцев, земли которых приписывались к какому-либо городскому округу. Возможно, что не мало ученых, писателей и художников этой эпохи, известных нам только по имени, бывших вполне эллинами по культуре, имели в своих жилах восточную кровь. Как бы то ни было, создававшаяся культура была

чистым продолжением эллинской, туземные элементы в ней были слабы. Главное же—масса местного населения, подвластная колонистам на городских территориях, а также сохранившая свою независимость вне этих территорий, осталась лишь очень поверхностно затронутой эллинской культурой. В некоторых областях М. Азии туземный язык долго держался в эпоху римской империи (Галатия, Каппадокия), а в государстве Селевкидов реакция не прекращалась по отдельным местностям с самого его основания и уже в середине II века привела к захвату парфянами земель до Евфрата вместе с знаменитой Селевкией на Тигре. Рядом с господствующим слоем, организованным в полисах, продолжал существовать прежний порядок в виде старых городов с их собственным устройством, отдельных племен с их традиционным бытом и крупных магнатов, владевших огромными землями. Все это находилось в различной степени подчинения царю и управлялось царской администрацией. Насколько позволяют судить наши скудные данные, Селевкидам пришлось примириться с наличием во внутренних отношениях значительных элементов феодализма, существовавших здесь еще со времени Кира.

В иной форме организовался господствующий элемент пришельцев в Египте. Лагиды тоже занимались строительством городов в своих заморских „доминионах", но в самом Египте, кроме Александрии, было только три греческих города. Узкую приречную полосу, каковой являлась страна, было невозможно разобщить выделением в ней самостоятельных городских округов. Но с целью создать себе массовую опору в населении Лагиды привлекали на „землю" (chôra—в отличие от городов) массу иностранцев, преимущественно греков и македонян, которые (не говоря уже об исключительно греко-македонском составе армии) захватили все наиболее выгодные места в администрации, торговле, финансовом деле и землевладении и которые жили и действовали в Египте на льготном сравнительно с туземцами режиме. Так, вся земля, обрабатываемая туземцами, считалась собственностью царя; но пришельцам предоставлялось разрабатывать пустоши на праве эмфитевтической аренды с помощью государственных ссуд, при чем фактически арендаторы такой земли становились ее собственниками. Наследственными собственниками своих участков при условии несения военной службы делались также военные клерухи, из которых состояла египетская армия (такой же порядок был и в империи Селевкидов). Свою привилегированную обособленность на „земле" иностранцы поддерживали, организуясь в так называемые „политевматы", устройство которых не вполне ясно, но которые, несомненно, имели своих должностных лиц и учреждения. При политевматах существовали такие же как и в греческих городах гимназии, палестры и эфебии, задачей которых было поддерживать физическую крепость, а также корпоративный и национальный дух среди молодежи. Греко-македонское господство в Египте было гораздо тяжелее прежнего персидского. Оно оставляло нетронутым туземные обычаи, религию и храмовое устройство, но экономически и политически оно означало полное подчинение туземцев господствующему пришлому элементу, который забрал в свои руки высшую администрацию и все наиболее прибыльные занятия. Беспощадная эксплоатация завоеванных областей привилегированным слоем пришельцев явилась ценою, которой была обеспечена поддержка с его стороны новым династиям, основанным генералами Александра, рядом с той опорой, которую они имели в своих греко-македонских армиях.

Эллинистические монархи унаследовали от Александра и персидских царей власть, по своей идее абсолютную, тождественную с правом личной собственности на страну со всем в ней находящимся. Наиболее последовательно эта идея была осуществлена в устройстве Египта, в азиатских же монархиях она была во многом фактически ограничена особым режимом и свободами племен и сохранившимися от древности отношениями феодализма. Эллинистические монар-

хи полностью удержали религиозную санкцию власти царя как бога на земле (в Египте) или представителя бога (в Азии). Но, уже начиная с Александра, почитание царя как бога последовательно входит в отношение к нему со стороны свободных греческих полисов и через несколько поколений укрепляется в них вполне (за исключением Македонии), чтобы позднее, в римской империи, привести к культу императора, дожившему до нового времени в идее божественного помазания монарха и его власти „божией милостью".

При всемогуществе эллинистических монархов государственный порядок, однако, не сразу устроился на рациональных началах, в управлении и хозяйстве долго продолжалось смешение ведомств, царского, вотчинного и государственного, в компетенции высших сановников личные их функции смешивались с публичными. Многочисленная армия чиновников представляла из себя не категорию вышколенных профессионалов, но привилегированный класс, крепко спаянный отношениями родства и протекции, пополнявшийся из господствующей национальности, которая извлекала из своего положения огромные выгоды. Высшие и ближайшие к царю должностные лица по его примеру имели свои „дворы", свою свиту и штат секретарей (гипомнематографов, эпистолографов и т. д.) наподобие государственных. Постепенно, однако, выработался штат должностей государственных, управлявших различными ведомствами и чисто придворных, который впоследствии в процессе развития государственного порядка римской империи был заимствован ею, затем перешел в государства средневековья и нового времени. Главное ведомство представляли царские финансы (носившие соответствующее название basilikón), главным правителем был диойкет, или министр финансов. Повидимому, обогащение царской казны было важнейшей целью управления во всех эллинистических монархиях, и особенно в Египте, устройство которого в этой части известно нам лучше всего. Здесь эта цель достигалась почти всеобъемлющей системой царских монополий промышленности, торговли, транспорта и банковского дела. Эта система представляла комбинацию государственных монополий, прежних египетской и греческой, и дальнейшее развитие и усовершенствование обеих. Поскольку земледелие, промышленность и торговля не состояли в прямом управлении агентов царя, они находились под тщательным надзором власти, при чем привилегии феодалов и храмов были упразднены. Вследствие такого порядка население (за исключением привилегированных греков) в своей экономической деятельности было прикреплено к определенным функциям, главный доход от которых шел в казну. Поскольку эта система еще оставляла место для частной предприимчивости, правительство облагало налогами и пошлинами все виды доходов, при чем сверх всего население платило еще поголовную подать. Так как налоги поступали в казну одинаково в натуре и в деньгах и было необходимо приводить в соответствие денежные расчеты и расчеты натурой, обычай которых упорно держался в массе населения, то эта необходимость вызвала появление чрезвычайно развитой банковской системы, служившей потребностям казначейства и частных лиц, при чем банковские конторы покрывали всю страну вплоть до деревень, выполняя депозитные, переводные и кредитные операции как в деньгах, так и в натуре. Банковское дело тоже было монополией правительства, у которого бралось в откуп частными лицами. Благодаря налоговым поступлениям и монопольной казенной торговле хлебом, маслом, промышленными изделиями и предметами роскоши, Птолемеи сделались богатейшими монархами своего времени (ежегодный доход Филадельфа—14.800 сер. талантов и $1^1/_2$ млн. артаб хлеба). Царское хозяйство представляло собою огромный „ойкос", доходы которого потреблялись всей массой зависимых людей, двором, армией, чиновничеством, составлявшими опору царской власти в стране. Рядом существовали неизмеримо меньшие, но все же значитель-

ные хозяйства-ойкосы министров, родственников и придворных царя, кормивших собственных зависимых людей (известно хозяйство Аполлония, диойкета первых Птолемеев), а также хозяйство храмов, сравнительно с прошлым значительно урезанное новыми властителями Египта. Государственное хозяйство Селевкидов и других азиатских монархий известно нам весьма мало, но и в них, повидимому, практиковались правительственные монополии, хотя и не так широко как в Египте, а податное бремя было весьма тяжело. Налоги взимались также и с греческих полисов и являлись ценою за предоставленное им внутреннее самоуправление. Заимствованная из Азии царями Сиракуз податная система стала известна римлянам после завоевания Сицилии и была введена ими в практику их собственного провинциального управления.

Экономическое развитие эллинистической эпохи известно нам весьма недостаточно, и суждения о нем приходится составлять преимущественно на основании косвенных данных. Не подлежит сомнению, что благодаря македонскому завоеванию и пуску в ход несметных сокровищ персидского царя и храмов, лежавших дотоле мертвым капиталом, общий экономический оборот чрезвычайно усилился, торговля и промышленность поднялись, благосостояние господствующих классов возросло. Экономическому развитию в эллинистических монархиях востока должно было содействовать установление сильной центральной власти и устойчивого имущественного порядка, которого недоставало полисам старой Греции. Напротив, войны и смуты, продолжавшиеся в ней вплоть до римского господства, а также отлив населения и перемещение политического центра тяжести на восток вызвали ее полный экономический упадок. Впрочем, хозяйственные успехи в восточных монархиях означали сравнительно с прошлым скорее количественный рост, нежели качественную трансформацию хозяйственной структуры; они никоим образом не могут итти в сравнение с развитием народного хозяйства нового времени. Замечательно, что несмотря на всю заинтересованность правительства в развитии денежного хозяйства, успехи последнего были в Египте ограничены, и натуральное хозяйство всегда оставалось основой быта народных масс.

Весьма недостаточно осведомлены мы также о положении рабского труда, игравшего столь важную роль в экономике Греции V и VI вв. Повидимому, свободный труд в эпоху Э. получил значительное развитие, особенно в крупных индустриальных центрах, как Александрия. Соответственно космополитическому и более гуманному характеру эллинистической цивилизации положение рабов в общем улучшилось. Восстания рабов, о которых мы имеем лишь весьма скудные сведения, относятся преимущественно уже ко времени распространения римского владычества.

Суждение о культурном развитии Э. тоже затруднено исчезновением огромного большинства памятников письменности. Все же, повидимому, можно утверждать, что оно гораздо менее представляло восприятие и переработку новых, найденных на почве бывшей персидской монархии элементов, нежели прямое продолжение национальных начал предшествующей эпохи, правда, в соответствии с коренной переменой в окружающих условиях. Эллинистическая культура явилась посредствующим звеном между эллинством классической эпохи и нами. Благодаря изумительному прилежанию и пиетету эллинистических ученых (прежде всего александрийцев) мы имеем очищенные тексты Гомера (Зенодот и Аристарх Самофракийский), драматургов и лириков (Аристофан Византийский). частью также комментарий к ним в виде „схолий“, а также в общем весь круг известных нам классических писателей. В связи с благоговейной работой над текстами классических авторов в эту эпоху впервые возникла научная критика литературных произведений (знаменитейшим был тот же Аристарх), а также научное исследование законов языка, что выразилось в появлении первой греческой грамматики (Дионисий Фракиец), от которой ведут свое начало все евро-

пейские грамматики, не исключая и русской. Можно утверждать, что лишь благодаря Э. нам известна классическая культура эллинства, ибо только колоссальные затраты эллинистических монархов и всяческое поощрение с их стороны сделали возможной вышеупомянутую коллективную научно-литературную работу. Главную роль играет при этом александрийский Музей (своеобразная конгрегация ученых вокруг культа муз), созданный Птолемеем Сотером по совету Димитрия Фалерского, как развитие и усовершенствование уже существовавших ранее в Афинах вольных философских ассоциаций. Собрание рукописей всех специальностей (при Птолемее II Филадельфе до 500.000 свитков в конце I в. до н. э. около 700.000) и щедро оплачиваемая царями работа главных библиотекарей и прочих членов ученой коллегии исключительно содействовали как отысканию и сохранению экземпляров, так и установлению правильных текстов и их критике. Основоположным произведением явился „Каталог просиявших во всех областях образованности и всех их сочинений" в 120 книгах, составленный главным библиотекарем Каллимахом, одновременно ученым и поэтом-явившийся собственно первым историко-литературным сводом. Второе место в эллинистическом мире занимала пергамская библиотека с 200.000 томов; Селевкиды в покровительстве наукам отставали: библиотека была основана лишь Антиохом III, а музей — Антиохом XIII в начале I в. до н. э. Покровительство царских дворов содействовало также успехам точных наук,—единственная область, в которой эллинистическая эпоха является вполне оригинальной и может в своем значении для позднейшего человечества поспорить с предшествующей эпохой.

Научное движение Э., выразившееся в создании отдельных дисциплин, пришло на смену столь характерному для классической Греции философскому умозрению, которое в своем чистом виде отныне умирает (философия становится по преимуществу этической), при чем это научное движение исходит главным образом из аристотелевской школы перипатетиков (глава школы- Феофраст, 372—287, основатель ботаники). Ни раньше, ни позже, вплоть до XVI—XVII вв., точные науки не достигали такой высоты, как в сравнительно короткий период III—II вв. до н. э. Создания этой эпохи: в математике—геометрия и алгебра на геометрической основе („Начала" Эвклида в 13 кн., до сих пор служащие школьным учебником в Англии), теория иррациональных величин (Аполлоний из Перги), тригонометрия сферическая (Гиппарх) и плоская (Герон Александрийский); в астрономии и математической географии—создание гелиоцентрической системы (Аристарх Самосский) — достижение, правда, вскоре замененное геоцентрической системой Аполлония из Перги и воскресшее лишь спустя 18 веков благодаря Копернику,— вычисление окружности земли (Эратосфен) и ее расстояния от солнца и луны, а также составление первого небесного атласа с 1.000 звезд (Гиппарх); в механике—открытие системы рычагов, удельного веса, гидростатики (Архимед Сиракузский), усовершенствование гидростатики (Ктесибием), открытие давления воздуха и пара (Герон Александрийский); в анатомии и физиологии—открытие функций мозга, нервов, сердца, артерий и вен (Герофил и Эрасистрат, последний едва не открыл кровообращение); в зоологии и ботанике наука не пошла дальше систем Аристотеля в первой и Феофраста во второй. Географический кругозор был в IV в. расширен походами Александра на восток (Неарх), путешествиями массалиота Пифея на север до полярного круга и высланной Селевком экспедицией Патрокла по Каспийскому морю; итоги открытиям были подведены Дикеархом, автором первого научного труда по географии, и позже Эратосфеном, изобретшим для своей карты доныне применяемую систему меридианов и параллелей. Научное движение Э. создало основу, на которой продолжает творить новое время. Оно есть прежде всего памятник необычайного гения эллинской нации и свидетельство щедрого покровительства науке и инте-

реса к ней со стороны эллинистических династов и близких к ним кругов. Наука творилась отдельными гениальными умами, но, повидимому, не находила отклика в широких кругах, как у нас, и не отвечала их запросам и практическим потребностям. При наличии довольно развитой системы образования (гимназии для среднего, эфебии для высшего) замечательно, что на ряду с специальными школами философии (в Афинах), красноречия (в Родосе, Афинах и Пергаме), медицины (в Косе и Александрии), филологии (в Александрии и Пергаме), совершенно отсутствовали школы точных наук и особенно технические; замечательно также, как слабо применялись открытия в прикладной механике, кроме как для придворных развлечений и диковин (гидравлический орган Ктесибия, автоматы Герона). Открытие силы пара осталось без применения в технике, а между тем его результатом могла бы быть паровая машина. Знакомство с зажигательным стеклом (лупой), которым пользовались для фокусов, не привело, однако, к изобретению микроскопа и телескопа. Только гидростатика вызвала изобретение водяной мельницы (автор неизвестен), нашедшей себе повсеместное применение. Очень показательно также состояние географических знаний; открытия совершались благодаря либо почину правительства, довольно, впрочем редкому, либо инициативе отдельных смельчаков, при чем массового подражания им не наблюдается. Но что особенно замечательно, самые плодотворные открытия Пифея (*см.* LI, 466/67) не нашли себе веры, наоборот, доставили этому путешественнику репутацию лгуна. Все это показывает малую предприимчивость общества в целом, связанную, повидимому, с отсутствием массового коммерческого интереса, который явился бы стимулом все дальнейшего проникновения в неизведанный окружающий мир.

При недостатке широкого интереса и поддержки общества период научного подъема был кратковременен. Уже в I в. до н. э. он пошел на убыль, что особенно ярко сказалось в области медицины, где научные методы стали подменяться колдовством. Впрочем, даже в период подъема научный дух в эллинистическом обществе отнюдь не был безраздельно господствующим. Если прежняя умозрительная философия, с одной стороны, переродилась в ряд специальных наук, то, с другой, она развилась в чисто этические учения эпикурейцев и стоиков, целью которых было прежде всего дать нравственные опоры для сомневающихся и слабых душ. При всем своем диаметральном различии обе школы одинаково явились почти религиозными сектами, определяющими нравственное поведение человека в превратностях жизни и дающими ему удовлетворительный ответ на мучительные вопросы о смерти и потустороннем мире. Вообще же, в соответствии с бурным, полным превратностей темпом эпохи, настроение как высших кругов общества, так и широких масс тем сильнее проникалось религиозностью и суеверием. Почитание „Тихе", богини удачи, было всеобщим, а на ряду с успехами астрономии подготовлялась под влиянием Вавилона необычайная популярность астрологии, которая вскоре и начала свое победоносное распространение на запад навстречу римскому завоеванию („халден" и „математики" в римской империи). На ряду с самопроизвольно совершавшимся в массах синкретизмом эллинских и восточных верований велись также планомерные мероприятия правительств по созданию новых эллинско-восточных мистических культов. Такова деятельность элевсинского жреца Эвмолпида Тимофея по слиянию культа Деметры с культом Великой Матери богов в М. Азии и по созданию эллинизованного культа Изиды и Сарапса в Египте. В основу обоих новых культов легла (как и в элевсинском культе Деметры) идея победы человека над собственной смертью чрез посредство страданий, смерти и воскресения божества. (*См.* XXXVI, ч. 1, 421/24).

Новые мистические культы распространялись в широких массах народа. Философско-этические секты удовлетворяли духовным потребностям сравнительно небольших групп избранных.

К избранной публике обращалась также эллинистическая литература, пышно расцветшая особенно в Александрии. Литература классической эпохи и теперь находила себе восторженное признание, благодаря которому ее образцы и сохранились для нас. Она вызывала также многочисленные подражания (напр., среди трагиков особенно славилась „плеяда“ из семи самых выдающихся), однако, не только эти подражания, но и самые имена их авторов подверглись полному забвению. Иной характер носила оригинальная литература эллинистической эпохи. В отличие от своей великой предшественницы эта новая литература уже не ставила себе задачей гражданское и моральное воспитание народа, из нее исчез прежний религиозный дух, она превратилась в самодовлеющее искусство для искусства, сознающее себя таковым и в себе самом видящее свое оправдание и цель. Она обращалась не к гражданству своего полиса, но к интернациональной образованной публике и предназначалась не для произнесения перед всенародной аудиторией, как прежде, но для рассеянных по всему миру читателей. Во многих случаях для понимания и оценки произведений этой литературы были необходимы образованность и даже ученость. Знаменателен девиз корифея александрийской школы Каллимаха (ок. 310—240), одновременно ученого и поэта: „Я воспеваю только то, что могу доказать“. Отдельные виды этой поэзии были чрезвычайно разнообразны: „эпиллия“ (маленький эпос), элегия, ямб, эпиграмма и идиллия, особенно известная нам благодаря знаменитому Феокриту (ок. 305—250), который перенес ее из сицилийской деревни в Александрию, в среду придворных ценителей, не обогатив ее, впрочем, мотивами местного сельского быта и природы. Даже народный героический эпос был возрожден теперь индивидуальным поэтическим творчеством („Аргонавтика“ Аполлония Родосского). В прозе появилась беллетристика („Милетские истории“ Аристида) и позже роман („Чудеса за Фулой“ Антония Диогена). Замечательно развитие комедии. Ее средоточием были, как и в эпоху Аристофана, Афины. Но, сообразно политическому замиранию эпохи, темой „новой“ аттической комедии стала обывательщина. Из 60 ее авторов, написавших каждый в среднем до 100 пьес, лишь некоторое представление мы имеем о корифеях: Филемоне, Дифиле и особенно крупнейшем, Менандре. От последнего сохранилось в общем до 4.000 стихов; чрез посредство позднейших римских подражателей Менандр лег в основу европейской „мещанской“ комедии нового времени. В общем литературная продукция Э. была огромна количеством и богата разнообразием отдельных видов. Ее всесветному распространению содействовала фабрикация книги, облегченная широким производством писчего материала—папируса (*см.* XXIV, 367/68, прил., 1) в Египте и пергамента (*см.* XXIV, 444, прил., 8) в М. Азии. Являясь продолжением и развитием „классической“ литературы, еще полностью составлявшей достояние тогдашнего общества, источник его воспитания и наслаждения, эллинистическая литература должна была на само это общество производить огромное впечатление и внушать ему высокое мнение о самом себе и его собственной эпохе. Наше суждение здесь чрезвычайно затруднено почти полным исчезновением ее памятников. Для прозы научной и философской причина этого — небрежный и неряшливый стиль, часто умышленный. Из художественной литературы до нас дошли весьма немногие даже из лучших произведений; подавляющее большинство погибло вследствие их искусственности, натянутости и риторичности, но также вследствие невысокого уровня их основных идей и тем. Если эта эпоха создала великое в точных науках, то в том, что относится к человеку и к обществу, ее создания поразительно незначительны. Достаточно указать на полный упадок красноречия (азианский стиль) и замену его риторикой, а также на посредственность исторических произведений, каковые ни в результате грандиозных деяний Александра, ни

в связи с расширением кругозора историков до универсальности не сумели хотя бы приблизиться к уровню Фукидида. (*Ср.* XVI, 675/77).

Не менее грандиозен был размах в изобразительных искусствах. В архитектуре, где на первый план выступили светские здания (дворец, базилика, театр, рынок), великолепие, пышность, колоссальность сменили строгость и возвышенность, свойственные религиозному стилю прежних храмов. О живописи, достигшей высшего совершенства в портрете (Апеллес) и пейзаже, мы можем судить только по мозаикам и мастерским по своему реализму изображениям покойников при мумиях в Египте. Скульптура также поражает своим мощным реализмом, изобретательностью в выборе тем и их „омирщением", при чем даже в религиозные сюжеты вносится земной и чувственный элемент. Огромное распространение получают портрет и жанр, скульптурные и рельефные изображения целых групп, сцен и даже ландшафтов. В общем эллинистическое искусство — уже не ищущее, но вполне созревшее, оно переполнено сознанием своей силы и мастерства в преодолении каких угодно трудностей и разрешении новых, часто парадоксальных задач (изображение ландшафта на рельефах). При все растущем спросе на предметы искусства с огромным мастерством выполнялись также копии старых и новых шедевров, каковыми в большинстве и являются сохранившиеся до нас произведения, заполняющие ныне мировые музеи. Особенно характерным для эллинистической эпохи является превращение целых городов в творения строительного искусства (первый пример—постройка Александрии Динократом), характерным не в эстетическом только отношении, но также и особенно в социальном и бытовом. Э.—эпоха городской культуры по преимуществу, когда „город" и „горожанин" становятся понятиями не топографическими, как прежде, но в особенности культурными и социальными. В городах или поселениях городского типа обосновалось на востоке племя завоевателей и новых господ. Впервые в истории город становится в настоящем смысле владыкой и эксплоататором деревни, вся культура Э. создана за счет последней и рассчитана на вкусы и потребности городского населения. Это—культура для избранных, для тонкого слоя, для интеллигенции и в то же время это культура международная, она не считается с границами национальных государств, ибо во всех них и именно в городах тон задает одно и то же греко-македонское население. Эта культура не отражает никаких противоположностей между эллинистическими государствами, которые, однако, ведут между собою непрерывные войны и, видимо, находятся в непримиримой вражде. Никаких следов напряженности и борьбы незаметно в созданиях этой культуры, принадлежащих различным центрам. Вся она проникнута духом космополитизма и гуманности. Она аполитична и обращается не к гражданским коллективам, не к массам, но к одиночкам, которым предъявляет требования высокого развития и изощренности. Но она и не воспитывает никаких мужественных, суровых добродетелей. При всей высоте и тонкости своих достижений культура Э. ярко отразила в себе внутреннюю слабость эллинистических общественных и политических образований и в свою очередь была одним из факторов, содействовавших этой слабости. Отсюда неизменная судьба всех эллинистических государств: их крушение при столкновении с Римом.

Литература: *Дройзен, И. Г.*, „История эллинизма" (пер. М. Шелгунова, тт. I—III, М., 1891—93); *B. Niese*, „Geschichte der Griechischen und Makedonischen Staaten seit der Schlacht bei Chaeronea" (3 Teile, Gotha, 1893—1903); *Kaerst*, „Geschichte des Hellenismus" (B I, 3 Aufl., B. II, 2 Aufl., Lpz., 1926); *Beloch, J.*, „Griechische Geschichte" (B. IV, 2 Aufl., Brl., 1927); *Jouguet*, „L'imperialisme macédonien et l'hellénisation de l'Orient" (Paris, 1926); *W. W. Tarn*, „Hellenistic civilisation" (Lond., 1927); VII том „Cambridge Ancient History" (Cambridge, 1928); *Baumgarten, Poland* und *Wagner*, „Die hellenistisch-römische Kultur" (Brl., 1913, есть русск. пер.); *Жебелев*, „Древняя Греция" (ч. 2, „Эллинизм", Пгр. 1922); *Зелинский. Ф. Ф.*, „История античной культуры" (ч. IV, „Эллинистический период", М., 1915).

Д. Кончаловский.

Эллиот (Elliott), Эбинизер, англ. поэт-самоучка (1791—1849), в юности подра-

жавший Томсону и Саути. позднее перешедший к гражданским мотивам; участвовал в борьбе за избирательную реформу 1832 г., потом за уничтожение хлебных законов, в которых видел главную причину всех зол Англии (заметим, что Э. был обременен большой семьей, у него было 13 чел. детей). Враг его не капитализм — он сам владел небольшим литейным заводом, — а лэндолордизм и связанные с ним высокие цены на хлеб; поэтому он разошелся с чартистами в 1839 г., увидя, что они идут гораздо дальше него. Но несмотря на ограниченность его идеологии и дарования, песни Э. производили большое впечатление, многие распевались и звучали „предостережением богачам", вроде рождественских сказок Диккенса и „Песни о рубашке" Гуда; таковы были его „Деревенский патриарх" (The Village Patriarch, 1829), „Песни против хлебных законов" (Corn-Law Rhymes, 1831) и менее удачные вследствие нарочитой торжественности „Corn-Law Hymns" (1834). Наиболее известно стихотворение, переведенное Бальмонтом под заглавием „Семья английского пролетария". (*Ср.* III, 46). Некоторые стихи приведены в переводе Ф. Шиллера в журн. „Октябрь", 1931, № 9 (также в его же „Очерках по истории чартистской поэзии", М. 1933) или в ст. Сторженко, „Англ. поэты нужды и горя" в сборн. „Из области литературы", М. 1902. Наиболее полное изд. вышло в двух томах в 1876 г. Биография написана его зятем: *Watkins*, „Life, Poetry and Letters of E.", L. 1850. Отрывок автобиографии в „Athenaeum", 12 January, 1850. *В. М.*

Эллипс, см. XIII, прил. *основные идеи геометрии*, 6/12 и 22/24, и *высшая математика*, XII, 68/69.

Эллипсоид, см. *высшая математика*, XII, 73/74, и XIII, прил. *основные идеи геометрии*, 33/34; Э. деформации и Э. напряжений см. XLII, прил. *упругость*, 445'/46' и 448'/50'.

Эллиптические функции, группа специальных функций, появившаяся в математическом анализе в связи с т. наз. *эллиптическими интегралами*. Из интегрального исчисления известно, что интеграл вида

$$\int R\left(x, \sqrt{P(x)}\right) dx \quad \ldots\ldots\ldots (1),$$

где R—знак рациональной функции, а $P(x)$—многочлен, выражается через т. наз. элементарные функции (к ним принадлежат — рациональная. иррациональная, показательная, логарифм и тригонометрические) лишь в том случае, если степень $P(x)$ будет не выше второй; если же $P(x)$ многочлен более высокой степени, то такое интегрирование, вообще говоря, невозможно. К этой категории принадлежит в частности интеграл, выражающий длину дуги эллипса:

$$s_{\text{эллп.}} = \int_a^x \frac{(a^4 - c^2x^2)\,dx}{\sqrt{(a^2-x^2)(a^4-c^2x^2)}} \quad \ldots\ldots (2),$$

т. к. содержит корень квадратный из многочлена 4-й степени. В связи с этим название *эллиптических* получили все интегралы вида (1), когда $P(x)$ многочлен 3-й или 4-й степени (один случай переходит в другой помощью замены переменной), не имеющий кратных корней; в этом последнем случае интегрирование оказывается выполнимым, и интегралы будут *псевдоэллиптическими*. Если степень $P(x)$ выше 4-й, мы имеем *гипер-* или *ультра-эллиптические интегралы*. Интегралы вида (1) являются частным случаем более общих *абелевых интегралов* — $\int R(x, y)\,dx$, где y—алгебраическая функция, т.-е. функция, определяемая уравнением $f(x, y) = 0$, в котором f—целая функция.

Э. интегралы, как не выражающиеся через элементарные функции, следует рассматривать как новые трансцендентные функции и, для того чтобы иметь возможность ими практически пользоваться (а с Э. интегралами пришлось встретиться, в целом ряде вопросов), оказалось необходимым составить с достаточной точностью таблицы их числовых значений. Задача эта была выполнена (путем разложения подъинтегральной функции в бесконечный ряд) *Лежандром* (см.), исследовавшим новые функции (1825—28) и показавшим, что все Э. интегралы могут быть сведены к 3 стандартным

формам, из которых более важными являются интегралы *I и II рода*:

$$\left.\begin{aligned} F(k,x) &= \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)\,(1-k^2x^2)}} \\ \text{и} \qquad & \\ E(k,x) &= \int_0^x \frac{\sqrt{1-k^2x^2}}{\sqrt{1-x^2}}\,dx \end{aligned}\right\} \quad (3),$$

или в эквивалентной тригонометрической форме (после подстановки $x=\sin\varphi$):

$$\left.\begin{aligned} F(k,\varphi) &= \int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}}, \\ E(k,\varphi) &= \int_0^\varphi \sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}\,d\varphi \end{aligned}\right\} \quad (4),$$

где *модуль* k—правильная дробь, а *амплитуда* φ меняется от $-\frac{\pi}{2}$ до $+\frac{\pi}{2}$. Интеграл F, взятый в пределах от 0 до $\frac{\pi}{2}$, называется *полным* и обозначается K; если модуль k заменить на $k'=\sqrt{1-k^2}$, то соответствующий полный интеграл обозначается K'. Лежандром были составлены обширные числовые таблицы интегралов I и II рода, легшие в основание всех современных таблиц. Обычно полагают $k=\sin\vartheta$ и значения Э. интегралов располагают в виде таблицы с двойным входом, где ϑ и φ меняются в пределах от 0° до 90°.

Э. интегралы в их алгебраической форме обладают, как показали дальнейшие исследования, рядом важных функциональных свойств, и, в частности, Э. интеграл I рода, рассматриваемый в области комплексного переменного, имея для $x=\pm1$ и $x=\pm\frac{1}{k}$ критические точки, обладает двумя полярными периодами и является т. обр. функцией бесконечно-*многозначной*, подобно функции arc sin x, в которую он и переходит в предельном случае $k=0$. И подобно тому, как удобнее иметь дело не с многозначной функцией — арксинусом, а с обратной ей однозначной функцией sin x, оказывается целесообразным от многозначных Э. интегралов перейти к функциям им обратным. Эта чрезвычайно плодотворная мысль об *обращении* Э. интегралов принадлежит Абелю (1823) и Якоби (1827), пришедшим к ней независимо друг от друга (еще ранее этим вопросом занимался Гаусс). Обращение Э. интегралов и приводит нас к *Э. функциям*.

В интеграле I рода

$$u=\int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}} \quad \ldots\ldots (4)$$

нужно рассматривать верхний предел, амплитуду φ, как функцию от значения интеграла u:

$$\varphi=\operatorname{am} u \quad \ldots\ldots (5).$$

Тогда

$$\left.\begin{aligned} x &= \sin\varphi = \sin\operatorname{am} u \\ \sqrt{1-x^2} &= \cos\varphi = \cos\operatorname{am} u \\ \sqrt{1-k^2x^2} &= \sqrt{1-k^2\sin^2\varphi} = \\ &= \Delta\varphi = \Delta\operatorname{am} u \end{aligned}\right\} \quad (6),$$

что теперь записывается короче: $x=\operatorname{sn} u$, $\sqrt{1-x^2}=\operatorname{cn} u$, $\sqrt{1-k^2x^2}=\operatorname{dn} u$. При этом $x=\operatorname{sn} u$, являющийся верхним пределом Э. интеграла I рода в его алгебраической форме, оказывается, так же как и две другие функции, однозначной аналитической функцией u. Следует притом отметить, что такое обращение является возможным лишь для Э. интегралов; если степень $P(x)$ выше 4-й—однозначность нарушается. Полное доказательство этих предложений сделалось возможным лишь с дальнейшим развитием теории функций комплексного переменного (*Лиувилль, Эрмит*, см.).

Три функции sn u, cn u и dn u получили название *якобиевых Э. ф.* При $k=0$ sn u и cn u переходят в обычные тригонометрические функции синус и косинус, а dn u в 1. Функции эти, подобно тригонометрическим, периодичны, но в отличие от них обладают *двумя* независимыми периодами (отношение которых мнимое). Аналогия с тригонометрическими функциями может быть продолжена и далее. Для Э. ф. существуют также формулы сложения и приведения: sn $(u+v)$ рацио-

нально выражается через sn u, cn u, dn u и sn v, cn v и dn v; если аргумент u увеличивается на величину полного интеграла K, sn u переходит в простую функцию от cn u и dn u, при прибавлении к аргументу $2K$ — sn u меняет только знак, $4K$ является т. обр. периодом для sn u; вторым периодом служит $2iK'$ (то же с соответств. видоизменениями относится и к другим Э. ф.). Sn u оказывается нечетной функцией, а cn u (и dn u) четной. На ряду с двоякопериодичностью функции Якоби обладают другим важным с точки зрения теории функций свойством—все они имеют *полюсы* (1 порядка) и, не имея других особенных точек, суть, следовательно, функции дробные (мероморфные).

Абель и Якоби ввели также в рассмотрение особую целую трансцендентную функцию θ (встретившуюся уже ранее Фурье), определяемую при помощи бесконечного, весьма быстро сходящегося степенного ряда. Кроме этой первой *функции тэта*, Якоби ввел в дальнейшем еще три других функции тэта и положил их в основание всей теории Э. ф. Sn u, cn u и dn u весьма просто выражаются через частные функций тэта. Все функции тэта очень удобно выражаются через хорошо сходящиеся тригонометрические ряды и играют значительную роль в приложениях Э. ф.

Дальнейшее развитие теории Э. ф. связано с именем *Вейерштрасса* (см.). С точки зрения Вейерштрасса, легшей в основу современной теории функций, функция определяется не внешним, формальным заданием, а своими особенностями. Такими характерными свойствами для Э. ф. являются обладание периодами и полюсами. В современном анализе Э. ф. называется всякая *двоякопериодическая мероморфная* функция, т.-е. функция, во-первых, удовлетворяющая равенствам

$$f(u) = f(u + \omega_1) = f(u + \omega_2) \quad (7),$$

где ω_1 и ω_2—периоды, отношение которых мнимое (двух периодов, отношение которых было бы числом вещественным, а также более двух периодов однозначная функция — как показал Якоби — иметь не может), и, во-вторых, не имеющая других особенностей, кроме полюсов (периодическая функция, которая не имела бы совсем особых точек, целая, была бы всюду ограниченной и в силу т. наз. теоремы Лиувилля должна была бы сводиться к постоянному). Определенные т. обр. Э. ф. обладают, как показали работы *Лиувилля* (1844), рядом важных свойств. Число нулей Э. ф. в параллелограме периодов равно числу полюсов и не может быть меньше двух. Число это называется *порядком* Э. ф. Э. ф. n-го порядка принимает в паралл. периодов каждое значение n раз. Две Э. ф., имеющие одинаковые периоды и полюсы с одинаковыми бесконечными частями, отличаются лишь на постоянное слагаемое. Э. ф. этими данными т. обр. вполне определяется.

Вейерштрасс (1840) и поставил перед собой задачу построить Э. ф. по данным периодам и полюсам, приняв за простейшую Э. ф. функцию, имеющую 1 двойной полюс в точке $w = m_1\omega_1 + m_2\omega_2$, где ω_1 и ω_2 - выбранные произвольно периоды (с тем только ограничением, что $\frac{\omega_1}{\omega_2}$ — число мнимое). Как получить такую функцию? Если взять элементарную (целую) функцию sin u, имеющую корни в точках $v = k\pi$, то из нее можно вывести функции $\frac{(\sin u)'}{\sin u} = \operatorname{ctg} u$ и $-(\operatorname{ctg} u)' = \frac{1}{\sin^2 u}$, при чем первая из полученных функций будет иметь v простым, а вторая — двойным полюсом. Построение требуемой Э. ф. можно произвести аналогичным образом. Строится (в виде бесконечного произведения) целая функция $\sigma(u)$, имеющая корнями точки $w = m_1\omega_1 + m_2\omega_2$; далее из нее логарифмическим дифференцированием выводится функция

$$\zeta(u) = \frac{\sigma'(u)}{\sigma(u)} \quad \ldots\ldots (8),$$

и из этой функции выводится функция

$$\wp(u) = -\zeta'(u) \quad \ldots\ldots (9).$$

Полученная функция $\varphi(u)$ представляет собой искомую Э. ф. 2 порядка: имеет числа ω_1 и ω_2 периодами и один двойной полюс в точке $w = m_1\omega_1 + m_2\omega_2$.

Представляется она в виде двойного ряда:

$$\wp(u)=\frac{1}{u^2}+\sum{}'_{m_1,\,m_2}\left[\frac{1}{(u-w)^2}-\frac{1}{w^2}\right] \quad (10).$$

Если раньше построить Э. ф. $\wp(u)$, то из нее интегрированием можно вывести функции ζ и σ (этим путем и шел Вейерштрасс). Производная функции $\wp(u)$ есть также Э. ф. и между ними существует важное соотношение: $[\wp'(u)]^2=4[\wp(u)]^3-g_2\wp(u)-g_3$. (11), где инварианты g_2 и g_3 зависят от периодов. Это соотношение позволяет решить задачу об обращении Э. ф. $\wp(u)$, разрешая которую, мы приходим к *Э. интегралу в вейерштрассовой форме*:

$$u=\int_{\infty}^{p}\frac{dp}{\sqrt{4\wp^3-g_2\wp-g_3}} \quad . \quad . \quad (12).$$

Наоборот, обращение интеграла (12), рассмотрение его верхнего предела, как функции величины интеграла, приведет нас к Э. ф. Вейерштрасса — $\wp(u)$.

Три трансцендентные функции $\sigma, \zeta, \wp$ составляют основу вейерштрассовой теории Э. ф. Из них эллиптической является лишь функция $\wp$; две другие не периодичны, но при прибавлении к аргументу чисел ω_1 и ω_2 испытывают незначительные изменения (функция ζ приобретает постоянное слагаемое, а функция σ — постоянный множитель); кроме того, функция σ, как мы видели, целая, а ζ имеет 1 простой полюс. Функция $\wp$ четная, а две другие нечетные. Любую Э. ф. оказывается возможным выразить либо через функцию $\sigma(u)$, либо через ζ и ее производные (формула Эрмита), либо через $\wp(u)$ и $\wp'(u)$. Через функции Вейерштрасса выражается и интеграл от Э. ф., вообще не являющийся сам Э. ф. Для вейерштрассовых функций существует также ряд формул сложения и приведения, как и для якобиевых; при этом Э. ф. $\wp(u)$ обладает алгебраической *теоремой сложения*, т.-е. $\wp(u_1+u_2)$ алгебраически выражается через $\wp(u_1)$ и $\wp(u_2)$. Этим свойством обладает всякая Э. ф. (Вейерштрасс показал, что всякая однозначная трансцендентная аналитическая функция, обладающая теоремой сложения, будет либо рациональной функцией от показательной, либо Э. ф.). Функции Якоби и Вейерштрасса просто между собой связаны. Так, между $\wp(u)$ и $\operatorname{sn} u$ существует соотношение:

$$\wp(u)=A+\frac{B^2}{\operatorname{sn}^2(Bu)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13),$$

где A и B постоянные, зависящие от инвариантов. На ряду с функцией σ, во многих отношениях сходной с функцией ϑ Якоби, оказывается целесообразным ввести еще три функции σ_i $(i=1,2,3)$, аналогичные функциям тета.

Теория Э. ф. более стройно развертывается на основе функций Вейерштрасса, в приложениях же более значительная роль принадлежит Э. ф. Якоби.

Введение Э. интегралов и функций, усилив аппарат интегрального исчисления, значительно обогатило средства математического анализа. С Э. ф. и интегралами приходится иметь дело во многих вопросах прикладной и чистой математики. Так, Э. ф. встречаются в механике при изучении движения маятника, простого и сферического; ими пользуются при интегрировании уравнений движения твердого тела, в некоторых вопросах теории упругости и теории потенциала. К Э. интегралам и функциям приводят задачи нахождения длины дуги эллипса, гиперболы, лемнискаты, геодезических линий на поверхностях 4-го порядка и пр.; с помощью Э. ф. разрешается проблема униформизации (параметрического представления) кривых 3-го порядка и вообще кривых I рода. В Э. ф. интегрируются дифференциальные уравнения Пикара, в частности уравнение Ламе; ими пользуются в некоторых вопросах алгебры (уравнения 5-й степени) и теории чисел (вопрос о разложении числа на сумму квадратов). В теории конформного отображения с помощью Э. ф. производится отображение многоугольных областей на верхнюю полуплоскость. Методами теории конформных преобразований можно также воспользоваться для изучения свойств Э. ф.; с другой стороны, рассмотрение этих преобразований для некоторой группы отображений приводит к интересной категории функций с „естественной границей", не могущих быть аналитически продолженными на всю комплексную плоскость (*см.* XLV, ч. 2, 46).

*

к открытым *Клейном* (1890) *модулярным* Э. ф.

Литература: *A. M. Legendre*, „Traité des fonctions elliptiques et des intégrales Eulériennes", 1825—28; *C. G. J. Jacobi*, „Fundamenta nova theoriae functionum ellipticarum", Königsberg, 1829; *K. Weierstrass*, „Mathematische Werke, V-VI—Elliptische Funktionen", 1915. *C. Briot et J. C. Bouquet*, „Theorie des fonctions elliptiques", 2 éd., P., 1875; *G. H. Halphen*, „Traité des fonctions elliptiques", P., 1886; *P. Appell et E. Lacour*, „Principes de la theorie des fonctions elliptiques", P., 1897 (нов. изд. 1922); *A. G. Greenhill*, „The Applications of Elliptic Functions", L.—N-Y., 1892; *A. Cayley*, „Elliptic Functions", 1895; *A. Enneper u. F. Müller*, „Elliptische Funktionen", 1892; *F. Klein u. R. Fricke*, „Theorie der elliptischen Modulfunktionen", 2 B., Lpz., 1890, 1892; *R. Fricke*, „Die elliptischen Funktionen", v. I—1916, v. II—1923; *A. Hurwitz u. R. Courant*, „Funktionentheorie", 3 Aufl., 1929 (русск. пер. в двух отдельных книгах: *А. Гурвиц*, „Теория аналитических и эллиптических функций", Л.-М., 1933, и *Р. Курант*, „Геометрическая теория функций комплексной переменной", Л.-М., 1934); *A. Krazer*, „Lehrbuch der Thetafunktionen", B., 1930; *М. А. Тихомандрицкий*, „Теория эл. интегралов и Э. ф.", Х., 1895; *Д. Граве*, „Элем. теория Э. ф.", 1910.—См. также общие курсы: „Cours de M. Hermite", rédigé en 1882 par M. Andoyer (4 éd., P., 1891; русск. пер.—*Ш. Эрмит*, „Курс анализа", М.-Л., 1936); *E. Goursat*, „Cours d'Analyse mathématique", t. II, 5 éd., P., 1927 (русск. пер. 1933); *E. F. Whittaker and G. N. Watson*, „A course of modern analysis", Cambridge, 4-th ed., 1927 (русск. пер., ч. II, Л.-М., 1934); *В. И. Смирнов*, „Курс высшей математики", т. III, М.-Л., 1933.—Таблицы Э. ф. и интегралов см., напр., *Jahnke u. Emde*, „Funktionentafeln", Lpz., 1923; по-русски—*С. П. Глазенап*, „Математические и астрономич. таблицы", Лнг., 1932; *Я. Н. Шпильрейн*, „Таблицы специальных функций", ч. II, М.-Л., 1934.

А. Школьник.

Эллиптический циркуль. Простейший способ вычерчивания эллипса — посредством нити, закрепляемой в фокусах и натягиваемой острием карандаша, способ, опирающийся на основное свойство эллипса (см. XIII, прил. *осн. идеи геометрии*, 10/11) — является в большинстве случаев недостаточно точным. В чертежной практике для вычерчивания эллипсов непрерывным движением пользуются специальным инструментом — Э. ц. Основная идея этого прибора следующая. Если отрезок AB постоянной длины движется так, что концы его остаются на двух взаимно перпендикулярных осях OX и OY (черт. 1), то любая точка внутри этого отрезка или на его продолжении описывает эллипс. Действительно, если взять, напр., точку M (на продолжении отрезка AB) и обозначить $BM = a$, а $AM = b$, то

$$|x| = a\cos\varphi \text{ и } |y| = b\sin\varphi,$$

откуда, исключая φ, получаем:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$ — каноническое уравнение эллипса.

Самый Э. ц. обычно состоит из металлической крестовины (черт. 2), в

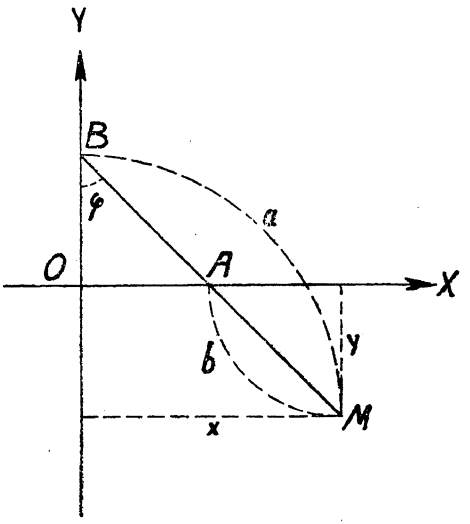


Рис. 1.

которой сделаны два прореза под прямым углом. В прорезах движутся ползунки A и B, к которым на шарнирах

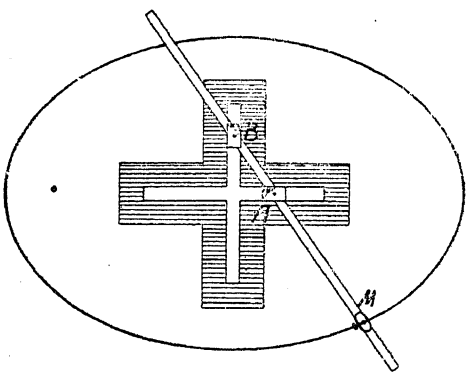


Рис. 2.

прикреплена линейка. На линейке помощью передвижной муфты M укрепляется карандаш или перо (в других конструкциях пишущее острие закрепляется наглухо на конце линейки). Э. ц. прикрепляется к бумаге, и при движении линейки острие M описывает эллипс. Меняя расстояния AM и BM, будем получать эллипсы различ-

ной величины и формы. — Для вычерчивания эллипсов малой величины (при помощи обычного Э. ц. нельзя вычертить эллипсы с осями меньшими длины прореза) употребляются специальные более сложные инструменты — *эллипсографы*.

Если обратить действие Э. ц., т.-е. закрепить линейку, а подвижной сделать крестовину, далее в точке *M* прикрепить резец, а к крестовине — патрон с обтачиваемой вещью, то резец будет обтачивать по эллипсу. В этом сущность т. наз. патрона Леонардо да Винчи, употребляемого для обточки эллиптических колес. *А. Ш.*

Эллис Айленд (Ellis Island), небольшой остров в бухте Нью-Йорка, в двух *км* от Мэнгэттэна, пункт проверки иммигрантов (карантин, проверка документов и обеспеченности).

Эллора (Ellora), деревня в Гайдерабаде (Британск. Индия), распол. в западном Декане. Известна комплексом семи брахманских, двенадцати буддийских и пяти джайнских храмов. Наиболее знаменитый среди них брахманский храм Кайласанатха, построенный между 757 и 783 гг. н. э., целиком высеченный из массива скалы, как и известный джайнский храм Э. Индра Сабха (ок. 850 г. н. э.). Остальные храмы Э. относятся к храмам пещерного типа. Кайласанатха по замыслу является скальным повторением храма Папанатха в Паттакадале (ок. 730 г. н. э.). Главная часть его покрыта перекрытием типа шикхара (сферическая четырехребрая пирамида) и имеет шестнадцатиколонную притвор-галлерею с плоской крышей. По обеим сторонам храма симметрично высятся два четырехгранных столба. Обильно декорированные внешние стены сооружения перегружены скульптурой и архитектурно-декоративными деталями и производят барочное впечатление, особенно в тех своих частях, где сверху наметились массивные, давящие карнизы. Храм знаменит своими скульптурами и особенно изображением Шивы и его жены Парвати на Кайласе, под которой находится их враг, демон Равана. Пластика эта отличается исключительным сочетанием натуралистических черт с глубокой абстрактивностью. Характерной чертой этой скульптуры является также мощная передача движения, столь типичная для всего периода индийского искусства времени преобладания брахманизма. В Э. есть также росписи, датируемые VIII, XII и XV вв. н. э. Буддийские и джайнские храмы до сих пор плохо обследованы. У индусов Э. считалась одним из главнейших культурных центров, куда совершались многочисленные паломничества. Ср. XXI, прил. *индийское искусство*, 9/10.

А. Стрелков.

Элогим, см. *Иегова*, XXII, 573.

Элодея (Elodea), род из сем. водокрасовых, многолетние подводные растения с сильно ветвящимися стеблями, мутовчатыми листьями и многобрачными цветами. Мужские цветки почти сидячие по 1 — 3, с 3 — 9 тычинками, для оплодотворения достигают поверхности воды, или отделяясь от материнского растения, или развивая длинные цветоножки. Женские цветки одиночные, на длинных цветоносах, часто с 1—3 staminodиями. Двуполые цветы похожи на женские, но с 3 — 6 тычинками. Чашелистики овальные, лепестки почти круглые. Плоды удлиненные, почти 3-угольные, малосеменные. 5 видов, распространенных в умеренной и тропической Америке. Водяная чума, E. Canadensis, стебель до 3 *м* длины, листья по 3 - 4 в мутовке, цветы красные. В Америке обитает от Канады до южных штатов. Появилась в 1836 г. в Ирландии, повидимому в одном женском экземпляре, в следующем году замечена была в Германии и затем, размножаясь исключительно вегетативным путем, распространилась по всей Европе, а в 1892 г. найдена была и за Уралом. В некоторых местах она размножилась в таком невероятном количестве, что представила затруднения судоходству и рыбной ловле. Но теперь распространение ее приостановилось, вероятно в связи с истощением извести в воде. Представляет, как и более крупные виды, E. densa и E. crispa, превосходное растение для аквариумов (*см.*). *М. Н.*

Элонгация (астр.), обычно видимое угловое удаление (расстояние) на небесном своде какой-либо планеты от Солнца, т.е. угол между направлениями

от земли на планету и на Солнце; у нижних планет (см. *планеты*) наибольшая Э. меньше 180°, у внешних она может достигать 180°. Реже наибольшей Э. (но чаще наибольшей дигрессией) называется наибольший азимут какой-либо околополярной звезды, т.-е. наибольшее удаление ее от меридиана.

Элсбери (Aylesbury), гл. гор. графства Бекингем в Англии, 13.382 жит. (1931). Распол. на р. Тэм, притоке Темзы. Значительная торговля сельскохозяйственными продуктами.

Эль-ариш, см. *Ариш.*

Эль, *см.* XXXII, 162.

Эль-Амарнская переписка (Телль-эль-Амарнская переписка), *см.* IV, 110, 114, 115.

Эльба (нем. Elbe, чешск. *Лаба*, лат. Albis), р. в Чехословакии и Германии. Дл. 1.154 *км*, басс. 147.744 *кв. км*. Бер. нач. на чешской стороне Исполиновых гор, с зап. склона Шнеекоппе, на абс. выс. 1.397 *м* и течет на ю. порожистым горным потоком до Гоэнэльбе (484 *м*), где выходит из гор; минуя Иозефов и Кралове-Градец и выше г. Пардубиц поворачивает под прямым углом на запад. От Колина Э. принимает в общем с.-з. направление, делая при этом большие излучины; у Мельника сливается с подходящей слева Молдавой, превосходящей здесь Э. размерами и водоносностью. Ниже, приняв слева р. Эгер и извиваясь между Рудными и Лужицкими горами, Э. течет на с.-з. От Дрездена долина р. расширяется, и от Мейсена Э. выходит в Сев.-Германскую равнину. Приняв справа Черный Эльстер, Э. поворачивает сперва на з., а затем на сев.-з., огибая возвышенность Флеминг, принимает здесь слева рр. Мульде и Заале; у Магдебурга Э., прорезав последний раз выходы скал, отклоняется на сев.-вост. и затем на сев., а от впадения справа Гавеля окончательно принимает с.-з. направление, к Немецкому морю. От Гамбурга начинается устье Э., открывающееся в Гельголандскую бухту у Куксгафена. Шир. Э. у Мельника — 130, Дрездена — 150, Магдебурга — 240, Гамбурга — 500, Бланкенезе 3.570 *м*; у Куксгафена — 15 *км*. Глубина в прилив у Гамбурга 7 — 9 *м*, в равнинной части — 3 *м*. Ср. высота прилива в Гамбурге 1,8 *м*, у Куксгафена 3 *м*. Прилив распространяется от устья вверх на 165 *км*. Ср. расход Э. на гран. прилива 700 *куб. м*/сек. Долина Э. подвержена частым и внезапным наводнениям, вызываемым как самой Э., так и ее притоками. Начатое с нач. XIX в. регулирование Э. еще не закончено. Э. судоходна для малых судов от Мельника (346 *км*), для больших от Пирны, для морских от Гамбурга (142 *км* от устья). Ледяной покров длится у Мельника в средн. 42, Дрездена — 24, Магдебурга и Гамбурга — 23 дня. В устьевой части сообщение поддерживается круглый год с помощью ледоколов. Каналы, идущие в обе стороны, связывают Э. с Везером, Одером, Вислой и Балт. морем. Важнейшие: сооруженный в настоящ. время Mittelland Kanal и вблизи устья — Кильский канал. Э. интернационализована, и судоходство по ней подчинено международн. совету в составе: 4 представителя Германии, 2 — Чехословакии и по одному Англии, Франции, Италии и Бельгии.

Литература: „Der Elbstrom", 1899, 3 B-de, Tabellenband und Atlas; *R. Linde*, „Die Niederelbe", 6 изд., 1924; *Mörtzsch*, „Zur Geschichte der Elbschiffahrt", 1922.

И. Тихомиров.

Эльба (Elba), самый большой (223 *кв. км*) из островов Тосканского архипелага в северной части Тирренского моря, в 50 *км* от Корсики, проливом в 10-12 *км* отделен от Пьомбино на берегах Италии. 27.795 жит. (1921). Административно входит в состав провинции Ливорно (Италия). Э. перерезана горной цепью (вершина Монте Капанни, 1.019 *м*), богата залежами железной руды (Монте Каламита), берега очень сильно изрезаны, много хороших гаваней. Климат мягкий. Лесов почти нет. О-в покрыт зарослями дикого кустарника, свободно растут южные фруктовые растения, агавы и т. д. Население занимается садоводством, виноградарством и рыболовством (сардины, тунцы), но гл. обр. — работой на железных рудниках и отчасти на разработках мрамора и каолина. Железная руда (ср. содержание металла — 60%) почти целиком идет на вывоз. Гл. город Порто Феррайо (на сев. берегу, прекрасная гавань), на вост. бер. — крепость Порто Лонгоне и Рио Марина, на южн. бер. — Мариана ди Кампо. Стратегическое

значение Э. заключается в обороне северного прохода в Тирренское море, для чего возведены укрепления.

В древности Э. у греков называлась Aethalia, у римлян — Ilva, и уже у них славилась своими богатыми железными рудниками (упом. у Вергилия). В X в. Э. принадлежала пизанцам, в 1290 г. перешла к Генуе, затем к испанцам, флорентийцам и в 1736 г.—к Неаполю; 26 августа 1802 г. была присоединена к Франции. После первого отречения Наполеона Э. была отдана ему в суверенное владение и являлась местом его первой ссылки (с 3 мая 1814 г. по 26 февраля 1815 г.). По решению Венского конгресса отошла к Тоскане, в 1860 г.—к Пьемонту.

Эльберфельд (Elberfeld), гор. в Рейнской провинции, 167.577 жит. (1925), тянется на 5 *км* по берегам р. Вуппер, непосредственно примыкая к Бармену (*см.*; 187.099 жит., 1925). В 1929 г. был образован гор. Бармен-Эльберфельд, в 1930 г., после присоединения нескольких мелких городов переименованный в *Вупперталь* (Wuppertal), 416.000 жит. Начало текстильной пром. Э. было положено колонией белильщиков, в нач. XVI в. получившей монопольное право на беление пряжи в р. Вуппер, вода которой была особенно для этого пригодна. В XVIII в. развиваются хлопчатобумажная и шелко-ткацкая, с начала XIX в.—ситцепечатная пром. В настоящее время Э. вместе с Барменом является главным центром германской хлопчатобумажной промышл., очень развита шерстяная, шелковая, а также химическая, металлургическая, бумажная и ковровая пром. Многочислен. учебные заведения.

Эльберфельдская система, см. *призрение общественное*, XXXIII, 445.

Эльбеф (Elbeuf, в древности Elbovium), гор. во франц. департаменте Нижней Сены, 18.379 жит. (1931), распол. на лев. бер. Сены, жел.-дор. узел, значительное производство сукон: занято около 25.000 рабочих, живущих в Э. и окрестностях (Кодебек).

Эльбинг (Elbing), гор. в Вост. Пруссии (до 1920 г.—в Западн. Пруссии, в округе Данциг). 71.986 жит. (1933). 2 судостроительные верфи, паровозо- и машиностроительные фабрики, чугунолитейные заводы, производство с.-хоз. машин и т. д. Распол. на небольшой, но судоходной р. Эльбинг, вытекающей из оз. Драйзен и впадающей в Фриш-Гафф. Соединенная Эльбинг-Оберландским каналом с внутренними озерами Вост. Пруссии, она имеет большое значение для внутренней торговли.

Эльбрус, см. *Кавказ*, XXIII, 50, 54.

Эльбурс, см. *Персия*, XXXI, 635; ср. *Азия*, I, 487.

Эльвенд (*Оронт* древних), горная цепь в Персии к югу от Хамадана, достигает 3.800 *м* высоты.

Эльгин (Elgin), Томас Брус, граф, англ. дипломат (1766–1842). В бытность свою послом в Константинополе (1799—1802) занимался изучением памятников греческого искусства и вывез целый ряд их в Англию. Его пользующаяся мировой известностью коллекция греческих художественных произведений — так наз. „Elgin Marbles" — находится с 1816 г. в Британском музее.

Эльгиншир (Elginshire), или *Морэ*, графство в Шотландии, на южном берегу залива Морэ-ферс; 1.234 *кв. км*; 40.805 жит. (1931), говорящих на английском и на гэльском языках. Главные занятия: скотоводство и переработка шерсти, земледелие, производство виски и рыболовство. Адм. центр — гор. *Эльгин* (7.776 жит.), с развалинами знаменитого готического собора и некоторых других средневековых зданий.

Эльдорадо (El Dorado), гор. в южн. части штата Арканзас (США), очень быстро вырос за годы до кризиса в 1920 г. было 3.887 жит., в 1928 г.—30.000, в 1930—16.421. Значительная нефтяная промышленность.

Эльзас (географию Э. *см.* XLIV, 497 и след.). Первые известия об Э. говорят о том, что он был населен кельтами, в римские времена принадлежал к одному из разделений провинции Галлии, а в эпоху переселения народов вошел в состав территории аллеманов. Около 500 г. он был присоединен к Франции, по верденскому договору отошел к Лотарю, а в 870 г. стал частью Швабии. При Фридрихе Барбароссе распался на Нижний и Верхний Э., при чем последний достался Габсбургам по одному из многочисленных брачных договоров, непрерывно окру-

главших территорию „счастливой“ Австрии. В Тридцатилетнюю войну Э. был занят Францией и закреплен за нею по Вестфальскому миру. Те куски Э., которые еще оставались во владении Священной Римской империи, были присоединены к Франции при Людовике XIV (1681—Страсбург) и во время буржуазной революции конца XVIII в. После франко-прусской войны Э. вместе с „немецкой“ Лотарингией был уступлен по Франкфуртскому миру Германской империи (не Пруссии) и сделался „непосредственным“ имперским владением (Reichsland). Политические права жителей при этом были ограничены, против чего они не уставали протестовать. Основное их требование заключалось в том, чтобы Э. и Лотарингия были признаны полноправным союзным государством (Bundesstaat). Немецким властям приходилось считаться с оппозицией эльзасского населения вплоть до империалистической войны, которая и вернула Э. Франции по Версальскому миру.

Эльзас-Лотарингия, см. *Франция*, XLIV, 497/505; *ср.* XLVI, 18/19.

Эльзевиры (Elzevier, Elsevir, латинизир. Elsevirius), семья голландских книгопечатников, работавшая в XVII в. в Лейдене, Гааге, Утрехте, Амстердаме. Родоначальник их, *Луи* Э. (1540—1617) — антверпенский переплетчик и книгопродавец. После него работало три поколения Э.-печатников, пока род не вымер (1719). Мировое имя Officina Elsevirorum приобрела, когда во главе ее стоял *Бонавентура* Э. (1583 — 1652) с племянником своим Абраамом. Установлено 1.608 томов, изданных Э. за столетие с небольшим. Греч. и еврейские „эльзевиры“ слабее „альдин“ (см. *Мануций*) и „эстьенов“ (см. *Эстьены*), зато маленькие издания в 12-ю, 16-ю, 24-ю долю листа отличаются тонким четким шрифтом особого рисунка и хорошей бумагой. Особенно славятся: серия „Respublicae variae“ (или „Petites Républiques“) в 35 томиках (описание разных государств), затем серии лат., франц. и итал. классиков, а также Corpus juris 1663 г. (2 тома). Об Э. см. *Alphonse Willems*, „Les Elzéviers“, 1880, и дополнение к этой книге *Berghman*'а (Стокгольм, 1897).

Эльма св. огни, световое явление электрического характера, наблюдаемое в нижних слоях атмосферы в виде языков тихого сияния, преимущественно на выдающихся предметах. Это явление бывает всегда при высоком напряжении электрического поля, около 100.000 v/*м* и более, часто наблюдается в горных странах, где падение потенциала атмосферного электричества на единицу расстояния по вертикали особенно велико (см. *атмосферное электричество*). В тропических странах огни св. Э. наблюдаются и на море, при чем тогда все снасти корабля покрываются светящимися языками.

Явление это было известно и в древности под названием огней Кастора и Поллукса, в средние века его стали называть огнями San Elmo. Немецким физикам Эльстеру и Гейтелю принадлежат наиболее полные и систематические наблюдения над огнями Э. Последние наблюдаются исключительно при облачной погоде зимой и летом, особенно часто во время дождя, гроз и метелей. По характеру явления можно судить о знаке электричества. При положительном—языки сияния широки и интенсивны, имеют красноватую окраску, при отрицательном—голубоватую, и явление менее резко. При грозах часто замечается перемена знака, а вместе с ним и окраски. Во время дождя и пылеобразном снеге наблюдаются огни отрицательного знака, а при крупе, граде, крупных хлопьях снега—положительного. В горах, при сильном развитии явления огней Э., наблюдается истечение электричества не только из отдельных выдающихся предметов, но все кругом покрывается огнями, светятся скалы, стены, а у людей усы, брови, волосы и т. п. При явлении огней Э. иногда слышатся звуки, как при тихом разряде электростатической машины, и наблюдаются огненные шарики (шаровые молнии).

Литература: *А. И. Воейков*, „Метеорология“ (1904); *В. Н. Оболенский*, „Основы метеорологии“ (1931); *Hann u. Süring* „Lehrbuch für Meteorologia“ (1926); статьи в журналах: Physicalische Zeitschrift, Meteorologische Zeitung, Метеорологический вестник и др.

Д. Н.

Эль-Обеид, см. *Обеид*.

Эль-Пазо (El Paso), гор. в штате Техас (США), на границе со штатом

Новая Мексика и с Мексикой, против мексиканск. гор. Хуарес. 102.421 жит. (1930). Расположен на реке Рио Гранде дель Норте. Жел.-дор. узел. Скотоводство, торговля с Мексикой.

Эль-Пуэрто, см. *Пуэрто де Санта Мария*, XXXIV, 229.

Эль-Риад, см. *Риад*.

Эльстер (Elster), две р. в центр. Германии, бассейна р. Эльбы. 1) *Белый* (*Большой*) *Э.*, дл. 195 *км*, бер. нач. с Эльстергебирге в Чехии, на границе с Саксонией. Направляясь с ю. на с., проходит Плауэн, Геру, Лейпциг, где принимает справа свой наибол. приток р. Плейссе и поворачивает на з. Впадает в р. Заале между гг. Мерзебургом и Галле. Несудоходен. 2) *Черный* (*Малый*) *Э.*, дл. 150 *км*, бер. нач. в Верхних Лужицах, к ю. от Эльстры, прорезает Саксонию в с.-в. направлении и впадает справа в Эльбу, выше г. Виттенберга. *И. Т.*

Эльстер, Людвиг, нем. экономист, см. XLVIII, прил. *указатель современных деятелей науки*, 95.

Эльстер, Христиан, норвежск. пис., см. *Скандинавия*, XXXIX, 200.

Эльтон (*Алтан-нор*, *Елтон*), самосадочное соленое озеро Прикаспийской полупустыни, лежит на выс. 14,7 *м* ниже ур. моря, в 1,5 *км* от ст. Ряз.-Ур. ж. дор. того же имени и в 150 *км* к ю.-в. от г. Камышина, имеет правильную овальную форму. Дл. оз. с з. на в. от низм. берега, где наход. поселение и пристань Э., до противоположн. возвышенного берега, где поднимается гора Улаган, 19,5 *км*; наиб. шир. 15 *км*; глубина ничтожна. Водная масса Э. представляет слой рапы, толщиною от 0,7 *м* весною до 0,1 *м* летом. Благодаря отсутствию резко выраженной южн. и ю.-зап. береговой линии, заболоченной и при высок. стоянии рапы, заливающейся на значит. расстояние, площадь озера весьма изменчива. При длине береговой линии в 55,8 *км* она определ. кругло в 220 *кв. км*. В оз. с с.-в. и ю.-в. впадает 7 речек, все с горько-соленой водой; из них Улан-заха и Б. Сморогда пересыхают только в сам. сухое лето и то ненадолго; остальные пересыхают ежегодно. Берега Э. состоят из песчано-глинистых четвертичных арало-каспийских отложений. Состав соли Э. по Ефремову (1919): 97,89% NaCl; 0,38% $CaSO_4$; 0,31% $MgCl_2$; 1,39% H_2O и 0,11% нерастворим. остатка. Э. богаче горькими солями, чем соседний Баскунчак. Горькие соли образуют под рапой слой „пикоти“, затем идет „новосадка“, ниже слой грязи „батпак“, под ним слой крепкой чистой соли „бузун“, а с глуб. 4 *м*—неразведанной мощности слой старой соли „корень“. Запасы соли Э. в одном только поверхностном слое толщ. в 4 *м* исчисляются в миллиард тонн.

Литература: *К. Марков*, „Поваренная соль в Астрах. губ.“, Естеств. Произв. Силы России, т. IV. Полезные ископаемые, 35 Каменная соль и соляные озера. Акад. н. 1924; „Справочник по водным ресурсам СССР“, т. IV (Л., 1934); сборник „Оз. Э.“ (Сталинград, 1935). *И. Тихомиров.*

Эльфы (пра-герм. alb, англосакс. aelf, англ. elf), по общегерманским верованиям — сверхъестественные существа, выступающие то в виде второстепенных божеств, не прикрепленных к какой-либо стихии, то в виде стихийных духов. Старо-скандинавские мифографы различают „альфов света“, обитающих в небесном чертоге Альфхейме, и „альфов тьмы“, живущих под землею (Снорри). В песнях Эдды „альфы“ никогда не смешиваются с „карликами“, но знаменитый кузнец Волунд назван „властителем альфов“; с другой стороны, один из карликов немецких сказаний (Нибелунги, Ортнит) зовется Альберихом (Оберон), то-есть „властителем альбов“; с карликами сближает Э. еще то, что живут они в холмах, скалах и курганах (Скандинавия, Голландия) и являются искусными оружейниками и ювелирами. В древнейших англосаксонских глоссах (X—XI в.) встречаются также лесные и водяные Э.; некоторые английские баллады помещают все царство Э. под водой. В отношении к людям альбы то добросердечны (помогают при родах, дарят чудодейственные предметы), то злокозненны: болезни скота приписываются стрелам Э. (Норвегия), у немцев „альп“ по ночам душит человека (Alpdruck—кошмар), дует на него вредоносным дыханием, у англичан Э. похищают или превращают детей. Культ Э. заключается в жертвоприношениях, т.-е. оставлении для них пищи в особых местах, напр. в выемках

скал (Швеция). Э. бывают обоего пола; они вступают в браки между собой (для чего иногда пользуются людскими жилищами), а иногда женщины - Э. влюбляются в смертных мужчин; давящий альп, надо полагать, был прежде инкубом. Внешность Э. разнообразна: в нем. заговоре XI—XII в. встречается „альп с крючковатым носом"; чаще Э. (в особенности женские Э.) изображаются в виде прекрасных существ. Это—легкие, изящные создания, порою крылатые; в Англии на них наслоилось пришедшее из восточных романов представление о девах, живущих в чашечках цветов (встреч. уже в средневек. романе об Александре Великом). Это последнее представление легло в основу современного литературного образа Э., начиная с Шекспира (см. *Пук*). Немецкое слово Elf заимствовано из анг. яз. и введено в немецкую литературу Виландом; затем образ Э. сильно привился в немецкой романтической школе, а оттуда перешел и в русскую поэзию.

Эль-Хаса, см. *Хаса.*

Эльче (Elche), гор. в Испании, пров. Аликанте, 33.167 жит. (1920), распол. на р. Биналопо и жел. дор. Аликанте-Мурсия.

Элювий, см. *выветривание,* XI, 600.

Эмали (франц. émail, итальянск. smalto, от верхне-немецк. smelzen—плавить), легкоплавкие, большею частью непрозрачные, реже прозрачные, окрашенные или неокрашенные стекла, затвердевшие из расплавленного состояния на поверхности черепка, металла или стекла в виде тонкой пленки или тонкого слоя. По применению Э. представляют собою или защитные (напр., технич. Э.), или декоративные (художественные) средства. По химическому составу Э. являются стеклами, состоящими из силикатов натрия, калия, кальция, алюминия, свинца и т. д. Кроме того, в состав их входят бораты (борнокислые соли) и фтористые соединения вышеперечисленных металлов; отчасти также несвязанные, только суспендированные окиси олова, сурьмы, циркона и т. д.

Сырые материалы, употребляемые для приготовления Э.: для введения *кремнезема* (SiO_2): кремнезем в чистой форме (кварцевый песок, кристаллический кварц, инфузорная земля, кремень) и богатые кремнеземом природные минералы (полевой шпат, пегматит, каолин, богатые песком глины и т. д.); для введения *борного ангидрида* (B_2O_3): бура (борнокислый натрий), боранит (борнокислая магнезия), борокальцит (борнокислые натрий-кальций), борная кислота; для введения *калия* (K_2O): поташ (не вполне чистый углекислый калий), калиевая селитра (азотнокислый калий), полевой шпат (кремнекислое глиноземкали); для введения *натрия* (Na_2O): бура, сода (углекислый натр), сульфат (сернокислый натрий), поваренная соль (хлористый натрий), криолит (фтористый натрий-алюминий), а также полевой шпат; для введения *извести* (CaO): мрамор, известняк, мел (разной степени чистоты), гипс (сернокислый кальций); для введения *магнезии* (MgO): тальк (кремнекислый магний), магнезит (углекислый магний), доломит (смесь углекислых кальция и магния); для введения *бария* (BaO): тяжелый шпат (природный сернокислый барий), витерит (углекислый барий); для введения *окиси свинца* (PbO): свинцовый глет (окись свинца), свинцовый блеск, сурик (Pb_2O_4), перекись свинца, кальцина (зола, содержащая окиси олова и свинца); для введения *глинозема* (Al_2O_3): полевой шпат, глины и другие глиноземистые материалы, наконец, криолит. Из этих веществ одни употребляются как флюсующие вещества, т.-е. вещества, способствующие плавкости, напр. борный ангидрид, бура, сода, поташ, селитра, окись свинца, фтористые соли и т. д.; другие же надо рассматривать как огнестойкие вещества, напр. кремнезем, окись алюминия, отчасти полевой шпат, криолит; наконец, некоторые вещества, вводимые в Э., играют специальную роль, напр. окись кобальта, перекись марганца, окись хрома, окись железа и т. д.—это окрашивающие окислы; окись олова, сурьмы, лейконин - для сообщения Э. белизны (глухоты, непрозрачности); вместо окиси олова для той же цели употребляют криолит и фтористый кальций; глина при помоле сплавленной массы для Э. вводится

для загустевания, т.-е. поддержания массы в водном растворе во взвешанном состоянии.

Приготовление Э. вообще. Тонко размолотые материалы тщательно смешиваются и сплавляются или на поду пламенной печи, или в капселях, или в тиглях, смотря по размеру производства (для получения сплава художественной Э. пользуются тиглями). При сплавлении происходит соединение составных частей в сложный силикат с улетучиванием воды (влажности и гидратной), углекислоты, пятиокиси азота (N_2O_5), кислорода (напр., из перекиси марганца), а отчасти и фтора, если употребляются фтористые соединения. Сплав в расплавленном состоянии выливается в воду, где он гранулируется (т.-е. распадается на небольшие кусочки или зерна). Гранулированная масса тонко измельчается с 40% воды в шаровых мельницах или на бегунах. Для технической Э. (идущей для эмалирования чугуна или железа) при помоле прибавляют 6—10% глины (пластичной) для удержания массы перемола с водой в взвешенном состоянии. Этому же способствует прибавление некоторых веществ в малых количествах, напр. соды, буры, горькой соли, нашатыря и т. п. в концентр. растворах. При помоле прибавляются окрашивающие вещества, или простые, как окись олова, железа, или особо приготовленные. Правильно приготовленная Э. в водном растворе образует густое тесто (эмульсию).

Процесс эмалирования железных и чугунных изделий в большинстве случаев выполняется так. Соответственно подготовленные предметы погружаются в эмалевое тесто (или смесь), которое при поворотах в ванне равномерно распределяется на них. Иногда Э. можно намазывать кистью, распределять опылением или опрыскиванием. Влага испаряется на воздухе или в теплом месте. После предметы ставятся в шамотный муфель, нагретый до 600—1200°. Здесь отдельные частицы сплавляются между собою и пристают к металлу в виде покровного слоя. Этот процесс расплавления продолжается несколько минут. Он оканчивается, как только покрывающий слой обнаруживает равномерный блеск. Когда этот момент будет достигнут, предмет вынимается из печи и охлаждается.

К *техническим* Э. относятся Э. по чугуну, железу, меди и ее сплавам (латуни, томпаку). Это - защитные Э., для предохранения металла от окисления, ржавления, потускнения под действием атмосферных влияний, от действия жидкостей и т. д. Для эмалирования предметы предварительно подготовляются так, чтобы поверхность их была чистая, не имела пятен жира, масла, ржавчины и т. д. Если дело идет о чугунном или железном предмете (напр., посуде), то эмалируемый предмет предварительно прокаливают в закрытых железных ящиках или цилиндрах, затем очищают железной щеткой от нагара и протравляют разбавленной соляной или серной кислотами, удаляют кислоту промывкой водою, сушат и на предмет наносят два состава Э., из которых первый, наносимый непосредственно на металл, называется *основной массой* (грунт-Э.); он не плавится при нагревании до 950—1000°, а только спекается; на этот слой наносят второй состав, называемый *покровной массой*, или покровной Э., которая при нагревании плавится и покрывает предмет блестящим слоем. Цель предварительного покрывания чугуна или железа грунт-Э. заключается в том, что покровная Э. и железо (чугун) имеют очень различные коэффициенты расширения от тепла и потому без посредствующего слоя грунт-Э. покровная Э. не могла бы держаться. Грунт-Э. имеет такой состав, что при нагревании до температуры 950—1000° получается очень тугоплавкое вещество, которое при закреплении его огнем на предмете не плавится, а только спекается и потому сохраняет пористость. Вследствие этого, приставая к железу (чугуну) и к покровной Э., грунт-масса в то же время сохраняет некоторую возможность сжиматься и расширяться без разрушения, т.-е. обладает эластичностью. Трудноплавкость грунт-Э. достигается прибавкой к ней глины при помоле. На чугун иногда грунт-

массу наносят без предварительного сплавления ее, иногда же сперва ее сплавляют (фриттуют) и потом, измельчив и смешав с глиной, наносят на чугунное изделие. По нанесении на чугун часто закрепляют ее огнем до покрытия покровной Э., но иногда, по нанесении, ее не вжигают, а, покрыв слоем покровной Э., закрепляют сразу и то и другое огнем. Тот способ считается лучшим, когда и грунт-массу, и покровную Э. наносят на предмет отдельно, и каждую из них раздельно закрепляют на огне.

Химический состав грунт- и покровной Э. очень различен. Так, по Fröhlich'у, для железной жести толщиной от 0,4 до 0,8 *мм* процент флюсов в грунт-массах лежит в пределах 33—35% и в покровных массах—38—40%. Если принять добавки при помоле в виде глины и олова, то эти цифры тогда снизятся до 31—33% и 33—36%.

Пределы колебаний составов различных Э. при определенном количестве флюсов.

	Грунт-масса	Полупаковые Э.	Полубелые покровные Э.	Белые покровные Э.
SiO_2	51,0 — 53,3 — 51,5	43 — 49	48,0	46,7 — 46,0
K_2O *)	7,0 — 7,0 — 7,0	5,6 — 6,8	7,0 — 5,6	7,0 — 5,6
Al_2O_3	6,5 — 7,5 — 8,5	8,1 — 6,3	6,0 — 8,1	6,0 — 8,1
Na_2O *)	16,6 — 16,0 — 14,6	11,4 — 15,0	11,6 — 14,4	4,9 — 8,4
B_2O_3 *)	10,4 — 7,6 — 12,4	9,0 — 10,2	10,4 — 9,0	10,4 — 9,0
CaO	1,0 — 1,0 — 2,0	1,3 — 1,9	2,0 — 1,3	2,0 — 1,9
CaF_2 **)	— — 5,5 — —	— — 5,9	6,0 — 5,3	6,0 — 5,3
Криолит *)	— — —	16,0 — 4,0	8,0	16,0 — 16,0
MgO	2,0 — 0,5 — 1,0	0,3 — 0,9	1,0 — 0,3	1,0 — 0,3
ZnO	4,0 — — — 2,0	5,3 — —	—	—
Закрепит. окислы (окиси кобальта и никкеля)	1,9 — 1,0 — 1,0	—	—	—
% флюсов	34	38 — 38,5	38 — 38,5	38 — 38,5
Коэффициент расширения	316, 329, 308	333 — 371	329 — 350	329 — 348

Примечание к таблице: составные части, отмеченные одной звездочкой, — флюсы полностью, а отмеченные двумя звездочками — флюсы частично.

К грунт-массам прибавляется всегда некоторое количество окисей кобальта-никкеля. Цель прибавки: 1) окись кобальта-никкеля дает превосходное средство обжиговому мастеру для отметки конца обжига, именно: обжигают до того момента, когда исчезает голубой или бурый цвет Э.; 2) при содержании этих окислов Э. лучше пристает к железу или чугуну.

Вот пример одной Э., которая наносится на раскаленную чугунную вещь, напр. ванну, в распыленном виде.

1) Грунт ванный: песка 39,2 в. ч., буры 28,5 в. ч. и полевого шпата 32,3. Сплавить; сплав измельчить в порошок сухим путем.

2) Покровная ванная Э.: полевого шпата 14,40 в. ч., буры 42, 4в. ч., плавикового шпата 6,06 в. ч., соды 2,2 в. ч., натриевой селитры 6,06 в. ч., песка 21,2 в. ч., металлической сурьмы 3,03, криолита 4,54 в. ч. Все сплавить и перемолоть сухим путем.

Примеры грунт- и покровной Э. по железному жестяному товару. Грунт Э. 44,5 в. ч. полевого шпата, 114,6—буры, 18,2—плавикового шпата, 125,92—кремнезема, 54,33—каолина, 53,60—соды, 1,08—окиси кобальта, 1,66 — окиси марганца. Сплавить и измельчить в порошок.

Покровная Э.: полевого шпата — 10,55 в. ч., каолина—14,00, кварца — 35,19, криолита — 19,24, буры—25,45, соды—5,89. Сплавить и измельчить в порошок.

Для окрашивания Э. употребляются следующие вещества: для белого цвета - окиси олова, сурьмы, циркония, церия, фосфорная к., мышьяковая к., фтористые соединения и глинозем; для желтого цвета: окись титана, сернистый кадмий, окись урана, свинцовый хромат и др.; для коричневого цвета: окись железа и никкеля; для зеленого: окись меди и хрома; для красного: селенистая кислота, окись висмута, окись золота; для синего: окись кобальта; для фиолетового: окись марганца и смесь голубых и красных

красок; для черного: смесь кобальтовой, марганцовой, хромовой, медной, никкелевой окисей с большим количеством окиси железа в соответственной комбинации.

Белая Э. по меди и ее сплавам (томпак, нейзильбер и т. д.), серебру и золоту имеет особое значение для эмалирования циферблатов. Лучшие Э. такого состава: кварца 32,8—38,8 в. ч.; полевого шпата 1,3—1,3; свинцовых белил 62,0—64,2; калиевой селитры 3,2—3,2; соды 1,9—1,9; мышьяка (As_2O_3) 5,2—5,2; поташа 2,3—2,3; натриевой селитры 2,7—2,7. Вообще для циферблатов требуется эмалевая фритта низкоплавящаяся, содержащая значительное количество свинца и бедная кремнекислотою.

Художественные Э. (для меди, ее сплавов, золота и серебра). Так как эти металлы не содержат углерода, то для них не требуется грунт-Э. Покровная Э. непосредственно наплавляется на очищенную металлическую поверхность. Рецептура художественных Э. практически держится в капиталистических странах как торговый секрет. Вот два состава для получения пригодных бесцветных прозрачных Э. (по Миннеману): 1) селитры (калиевой)—10 в. ч., свинцовых белил—12,9 в. ч. и кварца—8,0, 2) селитры 10 в. ч., свинцовых белил—12,9 в. ч. и кварца—12,0 в. ч. Первая масса отвечает Э. состава:

$$\left.\begin{matrix}0{,}5PbO\\0{,}5K_2O\end{matrix}\right\} 1{,}5SiO_2.$$

вторая:

$$\left.\begin{matrix}0{,}5PbO\\0{,}5K_2O\end{matrix}\right\} 2SiO_2.$$

Первый флюс выдерживает сравнение с более мягкими продажными флюсами, второй же оказался более твердым благодаря более высокому содержанию кремнезема.

Эти флюсы должны выдерживать следующие испытания: 1) прочность, с какой держится Э. на пластинке; для этого проба в раскаленном докрасна состоянии бросается в холодную воду, и эмалевидная поверхность исследуется под лупой на присутствие трещин; эта же проба должна служить на прочность пристава́ния Э. к медной пластинке; 2) сопротивляемость относительно влияния воздуха определяется осаждением пробы на 24 часа под действием паров соляной кислоты под стеклянным колпаком; при этом пробы не должны разъедаться или становиться матовыми. Вышеупомянутые два флюса Миннемана вполне удовлетворяют предъявленным к ним требованиям. Для введения во флюс красителя при получении цветной Э. надо вводить окрашивающий окисел только в эквивалентном количестве оснований. Для получения опаковой Э. надо прибавлять незначительное количество окиси олова.

Литература: *Fröhlich*, „Praktische Emailwissenschaft“ (1924); *Stuckert*, „Die Emaillfabrication“ (Berl. 1929, есть русск. пер.); *Орлов, Е. И.*, „Глазури, керамические краски и массы“ (2-ое изд., 1931); *Локшин, В. Я.*, „Производство эмалированных изделий“ (1932).

Е. Орлов.

Эмаль художественная. Этим термином обозначается: 1) стеклянная цветная полива, наносимая в расплавленном виде на металлическую поверхность с целью украшения предмета, и 2) само художественное произведение, исполненное при помощи этого сплава. В соответствии с основным различием в технике производства Э. распадаются на два типа—на Э. инкрустированные (incrustés) и на Э. росписные (peints). Инкрустированные Э. делятся по свойству сплава—на прозрачные и непрозрачные, по способу приготовления металлической основы—на выемчатые (champlevés) и перегородчатые (cloisonnés, Zellenemail). В выемчатых Э. в металлической основе (медной, бронзовой, золотой пластинке) делаются углубления, которые заливаются расплавленным составом. В перегородчатой Э. к пластинке припаиваются ребром тонкие ленточки. Они образуют контуры кружков, узоров, цветов, птиц, зверей, лица и фигуры человека. Пространство между перегородочками заполняется эмалевым составом. К Э. клуазонне примыкает филигранная Э.; разница между ними только в том, что в клуазонне и металлическая пластинка, и клетки заполняются (покрываются) Э. хотя бы различных цветов; в филигранной же Э. заполняются только клетки, образуемые проволокой, а самая пластинка остается свободной. Росписные Э. изготовляются при помощи особых огнеупорных красок с неоднократным об-

жигом. Работа эмальера очень сложна, тонка и кропотлива. Она требует большой изощренности глаза, исключительной тренировки руки, особой тщательности. Все это приобретается только очень долгим опытом.

Эмалевое производство художественных вещей насчитывает свыше трех с половиной тысяч лет своего существования. Древний Египет знал изготовление выемчатых Э., как показывает золотое ожерелье царицы Ахотпу (матери фараона XVIII династии Агмоса I), в котором выемки в золотых головах копчиков заполнены голубою бирюзового оттенка Э. В более позднее время эмалевое производство в Египте было развито широко, и через посредство финикиян эмалевые изделия и производство проникли в Азию не только по берегам Средиземного моря, но и глубже — до Персии и в Европу (Грецию и Италию). Греческая уточка из гробницы Таманского полуострова и голубки Артюховского кургана также свидетельствуют о высоком состоянии Э. Наиболее употребительна была у древних Э. белая, встречаются голубая, бирюзовая и изумрудная. В IV в. н. э. производство Э. оказывается разнесенным по средней и южной Европе, по Галлии, по Рейну и Дунаю. Здесь появились так наз. варварские Э., которые изготовлялись на бронзе и служили главным образом для украшения предметов убора. Один из лучших образцов этой Э.—узда, найденная в Калужской губ. в мосальском у., в 1888 г., с резьбой и Э. красного и синего цвета в выемчатых лоточках. В начале средних веков в Персии, которая в это время была очагом восточного искусства, стали изготовлять прозрачную перегородчатую Э. Из Персии Э. перешла в Индию, Китай и Японию и на запад—в Византию, которая в VII и VIII вв. развила это производство и в IX и X вв. подняла его на такую высоту, что у нее не было в этой области соперников. Э. в Византии получила широкое распространение, применялась для украшения корон, жезлов, посохов, икон, крестов, церковной утвари, оплечий, уборов, столовой утвари и лошадиной сбруи. Императорская казна и ризницы столичных церквей изобиловали эмалевыми изделиями. Они были у ювелиров и менял. Эмалевое производство не было исключительно дворцовым. Им владели многочисленные ремесленники-мастера, они освоили все виды перегородчатой Э., развернули чрезвычайное разнообразие цветов и достигли необычайной гармонии красок и особой чистоты тонов. Произведения византийских эмальеров высокого качества мы находим в верхнем ряду передней стороны иконы за главным алтарем собора Марка в Венеции, которая была заказана в 976 г. в Константинополе дожем Пьетро Орсеоло I, в золотом ларце собора в Лимбурге на Лане и в ряде круглых медальонов святых из собрания А. Звенигородского. Из Византии этот вид разошелся по Европе, в Россию и на Запад. Другим центром эмалевого производства в Европе с XII в. делается южная Франция, в ней—Лимож, изготовляющий преимущественно на меди выемчатую и перегородчатую Э. Лимож снабжал своими изделиями всю Европу, сначала церковную, а потом светскую знать. Особенностью поздних лиможских Э. было то, что фигуры оставались не эмалированными, а покрывались Э. только фоны. Этот стиль XIV в. ярко показан в мощехранительнице аббатства Марциала в Лиможе 1360 г. С XV в. Э. в Лиможе пошла по новому пути. Вместо того, чтобы заливать цветным составом углубление, лиможские эмальеры, заполнив лоток эмалевым грунтом, наносили с помощью кисти краски и рисовали в серых тонах с золотой штриховкой портреты и целые картины. Эта техника расписных Э. развилась в XVI в. Полное овладение мастерством принадлежит Леонарду Пенико (ок. 1505—ок. 1577), прославившемуся особенно портретами, лучшие из которых в музее Клюни и в Лувре. Наиболее видные мастера-лиможцы: Жан Пенико, Пьер Реймон, Пьер Куртейс. Изобретение ювелиром Ж. Тутеном (1613-1640) огнеупорных красок привело к замене сложной техники более простой, к широкому использованию этих красок для украшения медальонов, табакерок, крышек от часов. Из Западной Европы эта расписная Э. в первой

половине XVIII в. перешла в Россию и привилась в Ростове Ярославском (см. ниже). Но наибольшего успеха достигла в последней четверти XVII и в течение всего XVIII в. перегородчатая Э. в Китае, перешедшая туда из Персии и Индии и нашедшая применение в орнаментации бронзовых изделий. В это время Китай занял первое место по художественности и технической утонченности Э. Значительно в это время развернулось распространение китайской Э. и за пределами Китая. Но в XIX в. китайское эмалевое производство стало клониться к упадку. Такой же упадок в эмальерном деле в XIX в. замечается и в Европе. В начале XX в. грабительский вывоз из Китая значительного количества старых китайских эмалевых изделий в Европу дал толчок к оживлению интереса к Э. Во Франции и Англии в ответ на спрос стали изготовлять на фабриках напоминающие китайские Э. подставки под лампы и вазы. Создалась особая отрасль промышленности. Появление в Европе спроса заставило Китай возродить забытую отрасль искусства. В XX в. сделаны были попытки возрождения эмалевого производства во Франции, в Австрии и России. На ряду с этим явились попытки подменить рукодельное мастерство эмальера машинным изготовлением. Ни то, ни другое пока не поднялось до художественной высоты.

Литература: *Labarte, J.*, „Recherches sur la peinture en émail dans l'antiquité et au moyen âge“ (1856); *его же*, „Histoire des arts industriels“ (т. III, 2-е изд., 1875); *Brocher*, „Geschichte der technischen Künste“ (Bd. I, 1875); *Molinier, E.*, „Dictionnaire des émailleurs“ (1884); *его же*, „L'Emaillerie“ (1890); *Lushmer, F.*, „Das Email“ (1892); *Кондаков, Н.*, „История и памятники византийской эмали“ (1892); *Mayer, A.*, „L'art de l'émail de Limoges, ancien et moderne“ (1896); *Brinkley, F.*, „Japan and China“ (v. VII, 1904); *Bushell, S. W.*, „Chinese Art“ (v. II, 1919); *Marquet de Vasselot, J.*, „Les émaux limousins de la fin du XV siècle et de la première partie du XVI siècle“ (1921).

История русской Э. На Руси название Э. не употреблялось до XVIII в. Оно заменялось названием *финифть* (изменение греческ. *химевтон*, которое было переиначено первоначально в *химипет*, а затем в *финипт* и *финифть*). Оно перешло на Русь из Византии одновременно с переходом производства, когда русские князья завязали прочные отношения с византийским двором и придворными кругами, которые для украшения различных предметов широко использовали стоящее на высокой ступени в это время искусство византийских эмальеров. Русские князья перенесли такое употребление Э. в свои резиденции. Летопись XII в. свидетельствует, что в. кн. Андрей Боголюбский в Боголюбове, кн. Роман Ростиславич в Смоленске, кн. Владимир Василькович в Чернигове и Любомле украшали церкви „златом и финиптом“. Свидетельство летописи дополняют клады, отысканные под Рязанью в 1822 г., под Владимиром в 1868 г., под Киевом в 1824, 1876 и 1884 гг. Предметы этих кладов указывают, что Э. применялась князьями и для украшения княжеских уборов, как мужских, так и женских. В кладах были найдены украшенные Э. бляхи для одежд, ожерелья, диадемы, серьги. Анализ этих предметов приводит к заключению, что в Киевском, Рязанском и Владимирском княжествах в XI — XIII вв. были свои финифтяники. Они изготовляли украшения из перегородчатой прозрачной Э. как для церковных, так и для церемониальных служебных целей. Цаты (подвески) и образки из рязанского клада 1822 г. и женская диадема из киевского клада 1889 г. показывают ту высоту техники, до которой Э. поднималась у русских мастеров. В них видны умелое сочетание ярких красных, синих или зеленых цветов, желтых и голубых, прочность эмалевой массы, твердость рисунка и хорошая шлифовка. Надпись русскими буквами на диадеме доказывает, что эта работа вышла из рук хорошего русского эмальера. Этого типа перегородчатая Э. существовала у нас до конца XV в. С усилением сношений и связей с Западной Европой московский великокняжеский, а затем царский двор начал вызывать для финифтяного своего дела выезжих мастеров с Запада, и с ними появилась выемчатая Э. Расцвет финифти при царском дворе относится к XVII в. В Москве жили не только выезжие немецкие, но и греческие мастера серебряного и золотого дела. Финифтяное дело в это время не было обособленным видом мастерства. Оно

неразрывно связывалось с делом металлическим спайщиков, чеканщиков и басменников. Искусство этих мастеров предназначалось по преимуществу для возвеличения царского сана созданием исключительного благолепия. Финифтью искусною и дорогою украшали государственный жезл, государеву державу, диадему „против образка греческого императора Константина", царскую шапку, седло, саадак (чехол на лук), саблю, братины, золотые тарелки, пуговицы. Из немецких мастеров лучшими были: Мартин Ердингер, Кондратий Фрик, Яков Гаст Они выполняли ряд изделий с высокой техникой, с свободным рисунком, с выпуклыми рельефными изображениями, фигурами. Из греческих мастеров выдавались: Константин Мануилов, Филипп Павлов, Леонтий Константинов и Иван Юрьев, давшие ряд работ прозрачной Э. с затейливым рисунком, с травами, тюльпанами, розами, с красивым сочетанием финифти зеленой, синей и светлокоричневой. От заезжих мастеров осваивали технику русские мастера. Но даже лучшие из них, ученики немцев Василий и Федор Ивановы, ученики греческих мастеров Ларион Афанасьев, Лука Мымрин, Филат Фомин и Семен Федоров, брали только самые простые приемы. Они укрепляли Э. сканными разводами, налагали Э. довольно тонко; на большей части их изделий, особенно на иконных окладах, эта финифть не отличается особой чистотой и блеском. В свой заимствованный от старых византийцев способ налагать финифть по сканому разводу русские мастера XVII в. внесли немецкий прием украшать финифть крапинами из финифти другого цвета, на белую ставить точки черного цвета, на бирюзовую—желтого. У немцев же они усвоили живописную финифть и стали расписывать цветами, травами и разными изображениями чашки, чарки, расцвечивать посредством металлических красок мелкие финифтяные изделия цветами и листьями. В XVII в. в качестве живописца, работавшего на финифти, был известен Степан Пятницкий В большом количестве изготовлялись русскими мастерами и медные изделия—кресты, иконки с выемчатой финифтью белого, синего и зеленого цвета. Некоторые изделия—коробочки и чернильницы—свидетельствуют о значительных успехах в этом роде финифти. Центром финифтяного производства в Москве была серебряная, золотая и алмазная палаты при царском дворце. Здесь иногда собиралось до 40 мастеров. Здесь для производства были устроены отдельные избы с горнами. Кроме того, были дворы серебряников с особыми горнами в Кадашевской, Гончарной, Барашевской и других слободах Москвы. Были также мастера и вне Москвы—в Витебске, Полоцке, Смоленске, Ярославле, Нижнем-Новгороде, Казани, Астрахани, Сольвычегодске. Из этих городов Москва иногда вызывала к себе мастеров для окладов икон и других поделок. Самым видным местом развития финифтяного производства вне Москвы в XVII в. был Сольвычегодск — центр большого хозяйства торгового и промышленного дома гостей Строгановых. У Строгановых работали мастера из Западной Европы и Украины. В Сольвычегодске сложилось особое производство, известное под названием „усольское дело". До нас дошли главным образом от последней четверти XVII в. серебряные ножи и вилки с черенками, наведенными финифтью, чарки, чашки, коробочки для румян, ларцы для туалетной мелочи, пуговицы, почти сплошь залитые росписью с тонким рисунком, с яркими красками, с изображениями тюльпанов, аллегорий в роде „пяти чувств", „четырех времен года", „истории Ноя", с лицами мужчин и женщин. В сюжетах и манере рисунка видно в них родство с западной и юго-западной графикой. Эта финифть усольского дела показывает высокую технику. Она отличается своеобразным подбором красок и их сочетанием. На белоснежном поле даны ярко-синие, голубые, нежно-желтые и зеленые тона, путем соответствующей разбелки доходящие до тончайших нюансов.

В XVIII в. финифтяное производство отделилось от металлического мастерства и стало самостоятельною отраслью искусства. Москва не проявила себя ничем в области финифти. Сольвычегодск держался заведенного Строгановыми производства и изготовлял

финифть на золоте и меди. Он вырабатывал белую Э. с штампованными серебряными накладками. Часто вместо накладок делался по белому фону росписной орнамент желто золотистого и зеленых тонов. До конца XVIII в. в Сольвычегодске продолжалось финифтяное производство. Вещи, выпускаемые сольвычегодскими мастерами, по свидетельству летописца XVIII в., ценились „не только гражданами, дворянами и чиновниками, но и знатными персонами". Соперником Сольвычегодску в XVIII в. стал Великий Устюг. Во второй половине XVIII в. устюжская канцелярия требовала, чтобы в ее ведение были переданы находящиеся в Сольвычегодске финифтяные и серебряные мастера „для защищения, содержания, размножения и приведения того художества в лучшее совершенство". В Великом Устюге в XVIII в. возникла фабрика Афанасия Попова, которая выпускала в значительном количестве предметы домашнего обихода для высших слоев общества: тарелки, соусники, блюда, бокалы, чайники, сахарницы, солонки. На этой фабрике приготовлялись также табакерки и туалетные коробки. Эти предметы покрывали то белой Э., то в одноцветную белую или синюю Э. вделывались серебряные и золотые украшения, по фону пускали серебряные разводы из стеблей с листьями, плодами, птицами и вазами, вставляли изображения Орфея, гербов, французские, итальянские, немецкие сценки. На ряду с этими городами получил некоторое значение в финифтяном производстве Ростов Ярославский. Туда в царствование Анны Ивановны приехал итальянский мастер. Он нашел в Ростове в это время мастеров, умевших писать по финифти так, как это практиковалось в XVII в. Он дал новое направление и усовершенствовал приемы. На этой основе иконное росписное финифтяное производство достигло в Ростове значительного развития. Своими работами в XVIII в. был известен мастер Буров. Ведущую роль, какую играла Москва в XVII в. в финифтяном деле, получил в XVIII в. Петербург. В новой столице при дворе развился новый особый вид финифтяной живописи — портретный (см. *миниатюра*, XXIX, 56[1]). К концу первой четверти XIX в. интерес к финифти в этих кругах ослабел, усилился спрос на миниатюру. Финифтяное производство в Петербурге почти перестало существовать. Наоборот, в Ростове в 30—40 годах XIX в. иконописное финифтяное производство поднялось. При поддержке Спасо-Яковлевского монастыря, связанного в это время с аристократическими кругами, заказы, шедшие через него, произвели значительное оживление финифтяного иконописного производства в Ростове. Хорошо оплачиваемые мастера изготовляли на хорошей финифти пунктирной манерой образки высокой тонкости, достигая необычайной отчетливости рисунка и тщательности письма. Среди ростовских мастеров-финифтяников особенно славился своей работой Метелкин. Произведения этих мастеров имели значительный спрос со стороны многочисленных богомольцев, посещавших монастырь. По заказам образки отправлялись большими партиями в разные концы России. Но во второй половине XIX в. монастыри перестали привлекать знатных и богатых богомольцев. Казначеи монастырей, расчитывая на мелкое купечество, мещанство и крестьянство, делали большие заказы на самые дешевые сорта предпринимателям, у которых в светелках работало по 20—30 человек финифтяников. Хозяйчики передавали заказы по частям мастерам-кустарям, снижая оплату труда до последней степени. Мастерам приходилось писать в день по 600—800 образков, чтобы заработать себе пропитание. В таких условиях падало искусство финифти. Только очень редкие исключения в роде свободного художника Н. Л. Сальникова и фирмы Шапошникова, существовавшей с 1813 г., в 80-х годах XIX в. могли изготовлять более значительные портреты и иконы на финифти. В самом конце XIX в. конкурентом ростовской финифти выступило фабричное изготовление чрезвычайно дешевых образков на жести, начатое московскими фабриками. В 1909 г. работало по финифти в Ростове 54 человека, и оборот был около 50.000 р.

Во второй половине XIX в. Москва снова приобрела первенствующее поло-

жение в финифтяном производстве. Развитие крупной торговли и промышленности, значительное накопление средств в руках крупной и средней буржуазии, националистические тенденции реставраторского порядка в верхах дворянства в связи с широко практиковавшимися в это время подношениями по всяким случаям серебряных и золотых вещей (братин, блюд, чернильниц, икон, ларцов, альбомов, сервизов, солонок) повело к возрождению финифтяного производства. Удовлетворяя широкий спрос, фабрики серебряных и золотых дел Овчинникова, Хлебникова, Немирова-Колодкина, Лорье организовали мастерские эмальеров, которые изготовляли в значительном количестве предметы с прозрачной и непрозрачной, перегородчатой и выемчатой, гладкой и росписной Э. В распоряжении этих фабрик были художники, компановавшие рисунки для Э. на основе изучения старых образцов, гл. обр. XVII в. В области живописной Э. приобрел известность Ф. И. Рюккерт своими портретами и видами. Были и хозяйчики, которые делали кустарям заказы и скупали у них финифть их производства. Эти русские финифтяные изделия привлекали внимание иностранцев, охотно их покупавших. Так было и в XX в. Революция положила конец этому реставраторскому движению и дала новые формы организации производства Э. Вместо прежних фабрик и хозяйчиков явились новые предприятия, организованные на новых началах. Основными такими предприятиями в области эмальерного дела являются ленинградская артель „Эмальер“, и эмальерно-филигранная мастерская „Всекохудожника“ в Москве. Перед ними стоит задача не повторения старого, а разработки нового в связи с новыми запросами.

О русской Э.: *Забелин, И.*, „Историческое обозрение финифтяного и ценинного дела в России“ (1853); *Гитов, А.*, „Очерк живописи на финифти в Ростове“ (1861, и в Трудах по исследованию кустарных промыслов в России, в. VI, 1880); *его же*, „Финифтяники в г. Ростове“ (1901); *Гаршин, М.*, „Очерк истории русской живописи на финифти“ (Вестник изящных искусств, 1886, в. I); *Кондаков, Н.*, „Русские клады“ (т. 1, 1896); *Врангель, Н.*, „Очерки по истории миниатюры в России“ (Старые годы, 1909, № 10); *Троицкий, В.*, „Эмалевые изделия XVIII в.“ (Золотое руно, 1909, № 10); *Соколов, А.*, „Финифтяный промысел в г. Ростове“ (Кустарная промышленность России, т. I, 1913); *Померанцев, Н.*, „Финифть усольского дела“ (Сборник Оружейной палаты, 1925).

Н. Тарасов.

Эманация (от латинск. emanare — истекать), философск. термин, обозначающий происхождение всего индивидуального из единого универсального основного начала путем истечения (излучения), при котором происходит постепенное ухудшение, так как сторонники учения об Э. мыслили себе ее как отпадение от божественного начала. Теорию Э. проводили неоплатоники, гностики, средневековые мистики, из философов XIX века — Шеллинг (см.).

Эманация радия, см. *радиоактивность.*

Эмансипация, латинск. emancipatio — выход из-под опеки; Э. детей от отцовской власти см. *римское право*, XXXVI, ч. 2, 317/18, ср. также *дети*, XIX, 289 сл.; Э. женщин см. *женский вопрос*, XX, 162 сл. и XX, прил. к стб. 175/76, *женское движение и положение женщин в главных странах*; ср. также *равноправие*, XXXV, 312/13, *супруги*, XLI, ч. 5, 484 сл.

Эмар (Aimard; настоящее имя Olivier Gloux), Гюстав, французский писатель (1818 - 1883), долгие годы путешествовал по Сев. и Южн. Америке, изучал быт и нравы индейцев разных племен, что дало ему возможность написать множество романов, героями которых являются индейцы, то находящиеся в дружественных отношениях с белыми, то—это чаще—в жестокой борьбе с ними. Одно время (1858—1870) романы Э. пользовались огромной популярностью, выходили каждый во многих изданиях, переводились на все языки (на русском языке в 70-х и 80-х годах появилось все лучшее, что писал Э., и еще перед самой войной собрание сочинений Э. было дано в качестве приложения к одному из журналов для юношества). Когда началась война с Пруссией в 1870 г., Э. стал во главе отряда вольных стрелков и удачно сражался с немцами. В стилевом отношении Э. является подражателем Фенимора Купера в индейской серии и Мариетта — в флибустьерской, но он никогда не мог подняться до свежей непосредственно-

сти первого и до правдивого реализма второго. Увлекательность, сложный авантюризм с ярким бульварным привкусом, острая мелодраматическая экзотика — вот те „достоинства", которые создали Э. успех у французской буржуазии эпохи второй империи и частью у европейской мелкой буржуазии. Романы Э. сосредоточены в серии. Центральными фигурами лучшей из них являются индейский вождь Курумилла и французский авантюрист Валентин Гиллуа, героем другой — мексиканский авантюрист Чистое Сердце, героями третьей—ряд французских флибустьеров XVII века. Количество романов Э. исчисляется десятками. Те, которые написаны после франко-прусской войны, в значительной степени повторяют более ранние романы, из которых Э. переписывает иногда целые главы. *А. Дэс.*

Эмба (у казахов *Джем*), р. в Казахстане. Дл. 661 *км*, басс. 39.960 *кв. км* (по Шокальскому). Берет начало несколькими истоками с зап. склона Мугоджар, немного севернее линии Самаро-Златоустовской жел. д. и вблизи вершины Айрюк. Направляясь на юго-зап., Э., будучи в верхнем своем течении пресной рекой, принимает слева ряд речек с пресной водой, стекающих с Мугоджар, справа—свой наибольший приток р. Темир, также пресноводный, а несколько ниже, слева, р. Алты-Джаксы. Далее, сохраняя юго-западное направление, Э. течет по засоленной полупустыне. Ниже урочища Молла-куль-джар вода Э. становится солоноватой, но она все же преснее соседних рек: Сагиза и Уила. Притоков с постоянным стоком здесь Э. уже не имеет, а боковые овраги, открывающиеся в русло Э., заполняются водой лишь во время весеннего половодья. Сама же Э. имеет сплошное течение лишь в весеннее половодье или в случае дождливой осени, а в прочее время года она распадается на ряд плесов со стоячей водой. Выходы каменных пород на дне оврагов и в русле самой Э. образуют местами пороги высотою до 1 *м*. Ширина Э.—до 60 *м*, глубины на плесах достигают в отдельных ямах 10 и более *м*. От урочища Кандаралы Э. поворачивает на зап. и сохраняет это направление до устья, состоящего из двух рукавов и находящегося в сев.-вост. углу Каспийского м. у Жилой Косы. Воды Э. достигают Каспия лишь в весеннее половодье и, м. б., в дождливые осени. В остальное время года они теряются в прибрежных грязях (сорах), болотах, зарослях камышом. и озерах дельты Э. и сливающейся с ней с сев. обширной дельты р. Сагиза. Колебания уровня Э. невелики (ок. 1 *м*), ледяной покров держится 3—4 месяца. Сколь-либо надежных сведений о водоносности пока не имеется. Э. изобилует рыбою.

П. Тихомиров.

Эмбарго (испанск.), задержание иностранной собственности (обычно торговых судов, иногда вместе с грузами) правительством порта их местонахождения вследствие войны или по другим политическим основаниям. Э. считается видом репрессалий, т.-е. неправомерного причинения вреда одним государством другому или его гражданам, в порядке самопомощи. Э. в отношении судов надо отличать от arrêt de prince (задержание по приказу государя; теперь шире — arrêt de puissance, задержание властями), т.-е. запрета судну выхода из порта, чтобы помешать ему распространить известие, которое желательно сохранить в тайне. Э. надо отличать и от ангарии, т.-е. реквизиции судов для нужд публичной службы. За ангарию государство обязано заплатить возмещение, как за использование чужой собственности, но за Э. (или за arrêt de prince), как за чистые акты власти, политического или полицейского порядка, государство не платит.—Э. практиковалось со средних веков и до наших дней. В XIX в. Франция и Англия, чтобы заставить Голландию признать независимость Бельгии, согласно договору 1831 г. наложили в 1832 г. Э. на суда, принадлежащие голландцам; в ответ Голландия изгнала из своих портов и перестала допускать в них все суда Англии и Франции, пока те не будут свободно допускать в свои порты суда голландские; эти взаимные репрессалии были отменены договором сторон 1833 г.; войны между ними не было, не было даже приостановки диплома-

*

тич. сношений.—В 1854 г. Э. было применено Францией, Англией и Россией, и то же повторено было в 1859 г. в отношении Греции. Э. практиковали Франция и Пруссия в начале войны 1870—71 г. Накануне войны 1912 г. Турция наложила Э. на греческие суда в Дарданеллах и Босфоре; протест Греции был поддержан послами великих держав в Турции. — Перед мировой войной считали, что право Э. потеряло силу обычного права („est tombé en désuetude"; Fauchille, II, 1921, § 1399). Институт межд. права в 1898 г. осудил Э.; 6-я конвенция 1907 г. в Гааге поддержала это, признав „желательным", чтобы торговым судам, застигнутым войною в неприятельских портах или входящим в них, не зная о войне, предоставлялось выйти и укрыться в безопасном месте, — для чего даются грационные льготные дни (индульт); конфискация не допускается, реквизиция подлежит оплате, а задержание не оплачивается, но допустимо лишь до конца войны; все это не имеет силы для торговых судов, обратимых по своей конструкции в военные.— Однако, мировая война показала, что эти нормы далеко не надежны. Сперва было колебание: Англия указом 4/VIII 1914 г. обещала применить к неприятельским судам вышеприведенные правила, дав судам срок на выход в море (индульт) до 14/VIII, но под условием взаимности, полученной до 7/VIII; Германия также 4/VIII заявила Англии (а также Франции. России и Бельгии), что она отпустит английские суда (соотв. французские, русские и бельгийские), если в 48 часов будет гарантирована взаимность, на что Англия ответила согласием, но, как говорят, в силу недоразумения при обмене телеграмм, английский указ не мог быть осуществлен в назначенный им срок; поэтому Англия наложила Э. на 445 германских торговых судов (с водоизмещением в 1.004.826 *m*), а Германия — на 79 английских судов (172.988 *m*). В этом различии ожидаемых потерь, б. м., и лежит причина указанного „недоразумения". То же произошло между Канадой и Германией. Напротив, Австро-Венгрия и Англия взаимно использовали обоюдный индульт. их суда благополучно ушли из портов и в море захвачены не были. Франция и Германия с Австро-Венгрией наложили Э. на суда друг друга, хотя первоначально Франция дала индульт в 7 дней. Бельгия с Германией обменялись индультом.— Италия, вступив в войну в 1915 г., отказала в индульте судам Австро-Венгрии и Германии. подвергнув их секвестру и применив к германским грузам 6-ю конвенцию. США, вступив в войну 6/IV 1917 г., реквизировали 12/V германские суда в портах США. Если бы, впрочем, Италия и США отпустили „враждебные" суда в море, то они все равно были бы захвачены „владычицей морей" Англией и ее союзниками, т.-е. фактически германские суда в Италии и США были омертвлены флотами союзников к 1917 и даже к 1915 г., так что Э. лишь превратило факт в право; к тому же суда эти за время с начала войны прекратили свои торговые операции, пользуясь лишь убежищем от захвата в море.— Россия указом 28/VII задержала неприятельские суда, застигнутые войною в русских портах, а суда, по своей конструкции предназначенные для обращения в военные, были конфискованы как призы. Всех судов было около ста. Предложение Германии о взаимном индульте было отклонено Россией, судов которой в Германии было меньше.—В чистом виде Э. было применено в 1914 г. Антантой в отношении Греции, чтобы вынудить у нее благоприятное отношение к союзным державам: они несколько раз налагали в своих портах Э. на греческие суда, в частности Англия задержала на несколько дней в Мальте греческие пароходы с зерном и другими грузами.— Франция и Англия принуждали и нейтральные страны налагать Э. на некоторые грузы, вывозимые в неприятельские страны, объявляя эти грузы контрабандой.

В последнее время понятие Э. значительно расширилось в связи с послевоенной широкой практикой мер, граничащих с экономической войной. Об Э. говорят при всякого рода ограничениях и запретах ввоза иностранных товаров и валютных ценностей, особенно в ожесто

ченной, часто обостряющейся борьбе капиталистического мира против СССР. Эта борьба в США достигает апогея в 1930 г. Успехами пятилетки и всеобщим кризисом капитализма порождена кампания против СССР и обвинения в применении „демпинга" и „принудительного труда". Отсюда распоряжение мин. фин. США 23/V 1930 г. облагает советские спички специальной пошлиной на основании акта — демпингового закона 1921 г.; затем аналогичные запреты налагаются на ввоз советского марганца и асбеста, а также на ввоз с европейского севера СССР досок и балансов, обработанных якобы принудительным трудом. Э. на советский лес дважды то налагалось, то снималось: 18/VI 1930 г. был утвержден новый тарифный закон США, а 3/VII подверглись Э. грузы леса двух советских пароходов; затем мин. фин. то приостанавливает, то налагает свое Э., окончательно утвержденное 20/II 1932 г., но теперь отпавшее в виду восстановления отношений СССР с США и заключения первого торгового соглашения СССР с США 13 августа 1935 г. Аналогично Франция издает 3/X 1930 г. декрет о лицензиях на советский импорт под давлением французских лесовладельцев, льноводов и др.; декрет был отменен 16/VII 1931 г. после контр-мер советского правительства от 20 октября 1930 г.; особенно резкую форму получило Э. на советский импорт в Англии. После разрыва торговых сношений Англии с СССР в 1927 г. отношения восстановились в 1929 г., и 16/IV 1930 г. заключено было временное торговое соглашение, после которого торговля между СССР и Англией стала быстро развиваться. Но и здесь вспыхнула борьба с советским импортом в форме денонсирования (отказа) 16/X 1932 г. временного торгового соглашения, срок которому истекал 16/IV 1933 г., а затем 6/IV 1933 г. английский парламент принял билль об Э. на основные статьи советского импорта в Англию, охватывающие 80% этого импорта („акт о русских товарах 1933 г."), явившийся актом открытой экономической войны. Предлогом к этому закону явился суд над английскими инженерами-вредителями в Москве, а самый закон был как бы актом интервенции Англии в пользу подсудимых; формальным основанием закона был § 21 англо-канадского соглашения в Оттаве, направленный против СССР; фактической же его базой — борьба двух систем: успехи пятилеток и кризис капитализма. Закон подводит советские товары под таможенный закон 1876 г. разд. 42 этого закона говорит о товарах вредных, ядовитых, зараженных, испорченных и т. д., которые подлежат аресту и уничтожению таможенными властями. При этом закон освобождает англичан-покупателей от ответственности по искам СССР, вытекающим из закона об Э. Орган НКВТ, „Вн. Торговля" указывал, что английский закон как бы говорит своим гражданам: „Можете не брать купленных товаров, можете не платить обещанных денег", что не имело прецедентов в международной торговле. Чтобы держать СССР под постоянной угрозой, закон давал право правительству издавать на три месяца распоряжения об Э. на определенные товары. Контр-меры, которые немедленно принял СССР и которые сразу уронили вывоз из Англии в СССР товаров и фрахтование английских пароходов, настолько существенно отразились на экономике Англии, что уже к 1/VII 1933 г., т.-е. через $2^1/_2$ месяца, билль об Э. был отменен Англией, и она приступила к переговорам с СССР о заключении нового торгового договора, который и был заключен 16 февраля 1934 г. — В 1934 г. особого типа Э. применил Китай в т. н. „серебряной войне" в виду того, что США, в широком масштабе скупали серебро повышая его цену. Китай ввел „фактическое Э." на вывоз серебра, повысив пошлину на вывозимое серебро до 10% его цены (вместо $2^1/_2$%), и сверх того ввел особый сбор в размере разницы между мировой ценой серебра и курсом китайского доллара. Сомнительны результаты этого Э., которое влечет усиленный контрабандный вывоз серебра, отрыв курса доллара от мировой цены серебра и дезорганизацию валютного рынка в Китае. Во время империалистической войны 1914 — 1918 г.г. Э. широко применялось странами Антанты как мера экономического воздействия

на Германию. Подробные правила этого воздействия были установлены на парижской экономической конференции стран Антанты (14—17 июня 1916 г.).

В настоящее время Э. является одним из видов санкций, предусмотренных ст. 16 устава Лиги Наций в отношении государства, начинающего войну с нарушением статей 12, 13 или 15 этого устава, т.-е. являющегося агрессором (определение агрессора, предложенное СССР и положенное в основу трех конвенций, заключенных им в 1933 г. с соседними ему государствами и с Малой Антантой, пока еще Лигой Наций не принято). Во время итало-абиссинской войны (1935—1936) против Италии применялись санкции, основанные на указанной выше статье 16 и введенные с 18 ноября 1935 г. Эти санкции включали наложение Э. на оружие и военное снаряжение, предназначенное для Италии, а равно на некоторые продукты (в число которых не входят нефть и уголь), могущие служить военным целям этой страны. Кроме того, запрещался ввоз итальянских товаров и кредитование Италии и фирм, находящихся на ее территории.

Э. как акт государственной власти является проявлением „непреодолимой силы" и в частном праве является основанием для прекращения обязательств, принятых по договорам. Например, по германскому праву стороны в договоре о морской перевозке (в чартере) могут каждая (фрахтователь и судовладелец) отказаться от договора без возмещения убытков другой стороне, если до начала рейса судно подверглось Э., аресту, ангарии или если оно встречает препятствия к своему рейсу и к доставке груза вследствие блокады, войны, влекущей опасность для судна и груза, или если имеется на лицо запрет торговли, ввоза и вывоза, установленный на длительное время (§ 629 герм. торг. уложения).

Литература: *P. Fauchille*, „Traité de droit international public", t. I. 1922,8 éd., 298[10]; t. I (3), 1926, 985; t. II, 1399 suiv. 1490, 1588[25]; *G. Rippert*, „Droit maritime", t. III., 1930, 2655 bis, 2814, 2820; *Берельс*, „Совр. морское межд. право", I, 1881, 295—303; Изв. м-ва ин. дел, 1916, II, 67—76; *Strupp*, „Wörterbuch des Völkerrechts und der Diplomatie" (т. III, 1927); *Schaps*. „Seerecht" (т. II, 1921); *Лист-Грабарь*, „Международное право" (Л., 1926); *Е. Б. Пашуканис*, „Очерки по международному праву" (М. 1935); ред. *М. Ю. Тайца*, „Внешняя торговля СССР" (М.-Л., 1935).

Я. Магазинер.

Эмбах (эст. Emajõgi), р. в Эстонии. Дл. 212 *км*, басс. 10.246 *кв. км*. Верхнее течение Э.—малый Э.. 83 *км* дл.—берет начало на возвышенности Оденпе, из оз. Пюхаярви, течет сперва на юг, затем поворачивает на сев. и впадает в низких, затопляемых берегах в вытянутый южный конец оз. Вирц-Ярви. Общее падение мал. Э.—85 *м*, скорость течения весьма значительна. Сплав россыпью на 34 *км* от устья (от д. Сонье); судоходен до д. Напасте (4 *км* от устья). Нижний (Великий) Э., или просто Э., вытекает из оз. Вирц-Ярви на восток, принимает по пути ряд притоков (наиб. р. Пэддэ 118 *км* дл., с притоком Обер-Пален, 126 *км* дл.) и, пройдя 96 *км*, впадает в 40 *км* ниже г. Тарту (Юрьев), среди болот, в Чудское оз., разветвляясь при этом на несколько рукавов. Общее падение Н. Э. 5.2 *м*; шир. в сред. ок. 50 *м*, в устье 90 *м*; наибольшая скорость течения 0,5 *м*/сек. Расход воды: наиб. 382, наим. 20, ср. годовой 78 *куб. м*/сек.; берега Э. и озер его бассейна в общем низменны и болотисты. Они становятся возвышенными на коротком протяжении только у г. Тарту. Здесь Э. замерзает сам. ран. 24/X, сам. позднее 10/XII, вскрывается соответственно 23/II и 9/IV. Свободен от льда от 185 до 252 дней.

И. Тихомиров.

Эмбенский уезд, см. *темирский уезд*, XLI, ч. 7, 299.

Эмбии, см. *ложносетчатокрылые*, XXVII, 331.

Эмбинский нефтяной район (назыв. в настоящее время Урало-Эмбинским) в Казахстане, общ. площадь ок. 80 *кв. км*, граничит на ю.-з. с Каспийским морем, на з. с Астраханскими степями и рекой Уралом, на с. с водоразделом р. Илека и Уила, на с.-в. с линией Оренбургско-Ташкентской жел. дор., на в. с Мугоджарскими горами и на ю. с параллелью 46° сев. шир. Нефть в районе добывается на двух промысловых площадях—Доссор и Макат. *Доссор* известен с средины семидесятых годов прошл. века, но промышл. добыча нефти началась после 1911 г. Доссор расположен в 120 *км* к в.-с.-в. от г. Гурьева и

представляет собою впадину, дно которой ниже уровня Каспийского моря на 2 фута. На площади установлено наличие четырех нефтяных горизонтов, из которых эксплоатируется второй (на 120—140 *м* от кровли нефтяной свиты) и третий (на 190—210 *м*); запасы нефти прибл. 3,5—5 млн. *т*. *Макат* расположен в 30 *км* к с.-в. от Доссора. На площади намечается шесть нефтяных горизонтов. Нефть первых четырех горизонтов тяжелая (уд. вес до 0,903), двух низших более легкая (шестого—0,861—0,892). Почти вся макатская нефть получается из верхних горизонтов. Площадь начала эксплоатироваться с 1915 г.

При ничтожном выходе бензина эмбинские нефти дают беспримерно богатые выходы смазочных масел. В дореволюционное время добыча доходила до 272 тыс. *т* (в 1914 г.), во время гражданской войны она упала, а затем вновь поднялась до 340 т. *т* в 1929/30 г., в последние годы несколько упала. В 1933 г. здесь добыто 193,4 т. *т*. Бурение в районе за 1933 г. выразилось 36.335 *м*, в том числе на новых площадях разведочным бурением пройдено 23.924 *м*.

Кроме эксплоатируемых Доссора и Маката, в Урало-Эмбинском районе насчитывается свыше 60 нефтяных месторождений, ожидающих промышленной разведки и разделяющихся на три группы: 1) юго-западная, в которой расположены Доссор и Макат, 2) центральная и 3) северо-восточная. К Урало-Эмбинскому району относится и Мангышлакский полуостров. Кроме этого, западнее р. Урала, между этой рекой и линией жел. дороги Саратов-Астрахань расположен целый ряд месторождений природной нефти. Запасы нефти в недрах района, несомненно, огромны (геолог. учр. США принимает их в 250 млн. *т*).

Развитию добычи нефти в Урало-Эмбинском районе препятствуют неблагоприятные условия транспорта. В настоящее время осуществляется сооружение нефтепровода к г. Орску, где одновременно сооружается нефтеперегонный завод. *В. Фролов.*

Эмблема (греч. ἐμβλῆμα), в древности довольно толстая металлическая пластинка с рельефными изображениями, впаянная для украшения в сосуды из иного металла (более тонкие пластинки назывались crustae). Позднее этим же словом обозначали мозаичные украшения полов (emblemata vermiculata), а затем и всякие вещи из разнородного материала. В XVI в. слово Э. стало означать условное изображение абстрактного представления живописными или пластическими средствами. Особенно большое распространение Э. получила в геральдике.

Эмболит, минерал, изоморфная смесь хлористого и бромистого серебра, оливково-зеленого цвета, уд. в. 5.8. Месторожд. в Чили и Мексике.

Эмболия (от греч. ἔμβολος — клин). При заболеваниях сердечнососудистой системы в тех или иных ее местах нередко образуются тромбы, напр. на сердечных клапанах при эндокардитах, особенно острых, при воспалениях вен и тромбозе сосудов (см. *тромбоз сосудов*); тромбы в начале их развития представляются рыхлыми; от них могут отрываться кусочки, заноситься в различные органы и застревать в мелких сосудах; такие застрявшие кусочки называются *эмболами;* в результате может получиться разрыв сосуда от напора крови, дальнейшее продвижение которой затруднено, а кровь, излившаяся в ткань, ведет к ее разрушению, при чем размеры разрушения в значительной степени зависят от объема кровотечения. Но даже если и не произошло кровотечения, все же часть ткани, снабжавшаяся кровью чрез закупоренный сосуд, теперь лишается притока крови и имеющихся в ней питательных материалов; развившееся расстройство питания ткани ведет к ее распаду. Кроме того, если эмбол оторвался от воспаленного, resp. инфицированного очага, он может внести в орган инфекцию. Такие закупорки с последующим разрушением тканей органа на том или ином протяжении и называются Э. Опасность зависит от жизненного значения данного органа и от размеров захваченного участка; опасны эмболы в почках, легких и пр., тем более, что вокруг эмбола (в особенности если он инфицирован) нередко развивается вос-

палительный процесс (пневмония в легких, нефрит в почках, абсцесс в том или другом органе); особенно опасны эмболы в головном мозгу, где они могут повести к тяжелым расстройствам в различных органах, а нередко и к быстрой смерти. *Н. Кабанов.*

Эмбриология (греч. ἔμβρυον — зародыш, λόγος — учение), наука о развитии особи, об индивидуальном развитии организма после того, как он обособился от материнского. При половом размножении отправным пунктом развития является яйцеклетка, при бесполом или вегетативном—различные многоклеточные зачатки (почки кишечнополостных, мшанок), группы недифференцированных, эмбриональных клеток (интерстициальные клетки хобота гидромедуз, археоциты в геммулах губок, статобласты мшанок) и даже одиночные эмбриональные клетки (необласты в зонах деления малощетинковых кольчатых червей и т. п.). В последнем случае кардинальное отличие от яйцеклетки заключается в отсутствии редукционного деления, которое при половом размножении всегда налицо, хотя бы в рудиментарной форме (при партеногенезе). Завершением развития особи считают обычно наступление половой зрелости, но если не говорить даже о таких исключительных случаях, как диссогония гребневиков, у которых половая зрелость наступает дважды, или как довольно распространенный педогенез (размножение в молодом возрасте, в личиночном, например, состоянии), то и тогда придется признать, что с наступлением половой зрелости развитие не заканчивается; некоторые членистоногие продолжают, например, линять после спаривания. Быть может было бы правильнее под развитием особи понимать весь период жизни, до естественной смерти; но практически эмбриолога занимает обычно период наиболее интенсивного формирования (морфогенеза), приходящийся на развитие „в яйце" и нередко сверх того на „постэмбриональное" развитие, если последнее сопровождается глубокими изменениями („метаморфозом" личинки).

Э. нельзя целиком отнести к области морфологии или к области физиологии, так как на ряду с морфологическим подходом к изучению развития особи (описательная, сравнительная, филогенетическая Э.) существует и физиологический, выясняющий экспериментальными методами физиологические причины индивидуального развития (механика или физиология развития, экспериментальная морфология). Из других биологических дисциплин Э. имеет тесное соприкосновение с филогенетикой, с генетикой и с учением об эволюции. Связь с филогенетикой, изучающей пути эволюционного развития организмов, восстанавливающей их родословную, осуществляется в силу того, что по ходу зародышевого развития можно до известной степени судить об истории происхождения данного организма: зародышевое развитие является как бы историческим документом для филогенетики. Связь с учением о наследственности, генетикой, осуществляется через посредство *феногенетики*, изучающей физиологию развития тех признаков, изучение закономерностей наследования которых составляет задачу генетики. Наконец, изучение соотношения между индивидуальным развитием и развитием историческим, эволюционным имеет не только значение подсобное для филогенетических построений, как это всеми, к сожалению, считается, но и гораздо более широкое и глубокое значение в смысле выяснения закономерностей эволюции вообще.

История Э. Из авторов древнего мира наибольший интерес представляет Аристотель (384—322 г.г. до н. э.); его разработка вопросов размножения животных имела важное значение для развития Э. Аристотель различал три способа возникновения особей: самопроизвольное зарождение, бесполое размножение и половое. При самопроизвольном зарождении одухотворенная природа создает низших животных из гниющих веществ, например комаров и стрекоз из ила; при бесполом размножении новые особи возникают путем почкования. Половое размножение сопровождается участием

двух особей—мужской и женской; последняя, менее совершенная, дает лишь материал для построения зародыша; ее „семя“ (менструальная кровь) не достигает той ступени развития, как семя мужской особи; последнее одухотворяет материю, предоставляемую женской особью, дает ей движение и форму; часть семени остается неизрасходованной на формирование зародыша и сохраняется у зародыша, чтобы впоследствии служить для размножения по достижении половой зрелости. Наиболее совершенно развитие прямое, свойственное млекопитающим; акулы, образующие яйца, развивающиеся в теле матери, стоят уже ниже; откладывающие яйца птицы и пресмыкающие занимают на лестнице еще более низкое положение; далее идут костистые рыбы, лягушки, головоногие моллюски, яйца которых не столь совершенны, как у предыдущих животных, и развитие продолжается по выходе из яйца и, наконец, ниже всего стоят насекомые, которые откладывают даже не яйца, а личинок, лишь потом превращающихся в яйца (окукление).

Огромный период от Аристотеля и кончая средними веками мало дал для развития науки вследствие религиозной нетерпимости, препятствовавшей не только дальнейшему изучению природы, но и использованию наследия до-христианских авторов.

В эпоху Возрождения вопросы размножения животных живо интересовали исследователей, но наибольшее развитие проблема получила только у Гарвея (1578—1657; *см.*), которому принадлежит знаменитое изречение „все из яйца“. Гарвей старался отыскать начало, отправный пункт индивидуального развития животных; при этом он не ограничивался изучением авторитетов древности, подобно весьма многим ученым своей эпохи, но обратился к самостоятельным обширным исследованиям развития крупного яйца и зародыша млекопитающего (косули). В результате, в молодом зародыше млекопитающего, развивающемся в матке, он признал образование, соответствующее яйцу птиц. Развитие высших животных сопровождается дифференцировкой первоначально однородной материи (*эпигенез*), у низших же животных развитие заключается лишь в развертывании готовых зачатков (выход насекомого из куколки, которую принимали за яйцо). Зарождение самопроизвольное, не из яйца, Гарвей все-таки допускал для самых низших животных. Некоторые идеи Гарвея были разработаны Граафом (1641—1673), исследовавшим строение половых органов. В то время как относительно яичников птиц давно уже было известно, что в них образуются яйца, яичники млекопитающих считались семенниками, а относительно „женского семени“ существовали противоречивые представления. Грааф обосновал взгляд своего учителя Ван-дер-Горна, что фолликулы (Граафовы пузырьки) суть яйца, назвал „женский семенник“ яичником, а открытые Фаллопием протоки (Фаллопиевы трубы) признал за яйцеводы, констатировав, что по ним яйца проходят в матку.

Что касается спермы, то весьма долгое время ученые считали совершенно невероятным, чтобы ограниченное количество жидкой материи могло из влагалища или клоаки проникнуть до мест нахождения молодых яиц и оплодотворить последние. Поэтому большим распространением пользовалось исходившее от Аристотеля представление о том, что сперма, как материя, в оплодотворении не играет роли, но она порождает некое духовное начало, проникающее в яйцо, хотя бы последнее находилось далеко и было покрыто оболочками. Лишь в 1677 г. применение шлифованных линз для изучения невидимых глазу объектов привело Левенгука и Гамма к открытию в семенной жидкости сперматозоидов, обладающих активным движением, но это открытие еще далеко не означало, что роль сперматозоидов в оплодотворении получила общее признание.

Наблюдения первых микроскопистов (Мальпиги, 1628—1694, Сваммердам, 1637—1680) над строением личинок и куколок насекомых, над строением зародышей позвоночных (цыпленка в яйце) обнаружили неожиданно боль-

шую сложность этих объектов. Подобная же, но лишь невидимая сложность была приписана и недавно открытым спермиям: раз они двигаются, они должны обладать мускулатурой, нервной системой и т. п.

Обсуждение накопившихся наблюдений в течение XVIII века привело, в связи с влияниями со стороны некоторых философских учений, к концепции *преформизма*: в материальном зачатке, из которого развивается особь, все предобразовано, и развитие заключается лишь в развертывании и росте существующих уже частей. Завершением этой точки зрения было представление о вложении в зародыша зародышей всех будущих поколений; некоторые объекты первых микроскопистов (напр., Volvox), казалось, давали фактическое подтверждение этой гипотезе. Но где находится преформированный зародыш: в яйце или в мужском семени? Большинство (овисты: Грааф, Мальпиги, Валлиснери и др.) склонялось к первому предположению, и спермии рассматривались в таком случае как случайные обитатели семенной жидкости, как паразиты; с точки зрения других (анималькулистов: Левенгук, Гартсекер, Андри и др.), зародыш заключен в сперматозоиде, а яйцо служит лишь питательной средою. Открытие партеногенеза у тлей (Бонне) поддержало позицию овистов. Лишь в конце XVIII века опытами Спаланцани с фильтрацией спермы было положено начало взгляду о материальном значении спермы, ее сперматозоидов в процессе оплодотворения.

Против теории преформизма выступил в 1759 г. Каспар Фридрих Вольф (*см.*) в своей работе „Theoria generationis"; основываясь на наблюдениях над развитием цыпленка в яйце, Вольф утверждал, что развитие сопровождается новообразованиями, что сложный дифференцированный организм формируется из однородного зачатка под влиянием питания и роста, что до начала развития яйцо вообще даже не имеет никакой структуры, являясь однородной массой. Эта эпигенетическая точка зрения, доведенная у Вольфа до крайности, не имела успеха у современников, но в истории Э. сыграла свою роль (ср. *анатомия*, II, 601/02).

Среди естествоиспытателей XVII, XVIII и начала XIX в. широко было распространено учение о „серии" или „лестнице" организмов, о том, что все растения и животные располагаются по степени сложности и совершенства в один непрерывный ряд. Это учение, распространенное в разные времена и во многих странах, в указанный выше период особенно развилось под влиянием идеи о непрерывности всего сущего, развитой в философии Лейбницем (1646–1716) и Робине (1735—1820). Наиболее ярким представлением теории лестницы организмов в XVIII веке является Бонне (1720—1793), у которого самые нижние ступени лестницы занимают огонь, воздух, вода и земля, а самые высокие — четвероногие, человек, чины небесной иерархии и, наконец, бог. Возникшее в последнем десятилетии XVIII века и широко распространенное в первой четверти XIX века натурфилософское направление в биологии восприняло идею лестницы и распространило ее на зародышевое развитие: зародыш высшего животного последовательно проходит в своем развитии через состояния, соответствующие взрослым состояниям современных низших животных, стоящих ниже его на лестнице (теория параллелизма; Меккель, Окен, Серр, Ратке и многие другие). Если в Э. идея непрерывности нашла свое выражение в теории параллелизма, то в сравнительной анатомии она вела к теории единого плана строения у всех животных (Э. Жоффруа Сент-Илер), а в систематике—к отрицанию реальности не только систематических групп высшего порядка, но и видов: нет ничего, кроме непрерывной цепи особей. Развитие науки привело к крушению всех этих идей, к утверждению постоянных видов (Линней, 1735), постоянных типов (Кювье, 1812), господствовавшему до Дарвина.

В области Э. с теорией параллелизма было покончено главным образом благодаря классической работе Бэра (*см.*), вышедшей в 1828 г. Бэр явился обоснователем теории типов в Э., так же как Кювье — в сравнительной

анатомии; тот и другой установили одни и те же 4 типа: позвоночных, членистых, моллюсков и лучистых. Каждому из этих типов соответствует, по Бэру, и особый тип зародышевого развития; у позвоночных прежде всего развивается спинная сторона тела с зачатком нервной системы в виде борозды; у членистых, наоборот, брюшная сторона с находящейся на ней нервной системой формируется раньше, а спинная сторона замыкается позже; у моллюсков рано появляется зачаток раковины; у лучистых—лучевая симметрия тела. Далее, Бэр пришел к выводу, что принадлежность животного к определенному типу выявляется у зародыша очень рано; вследствие этого зародыш позвоночного вовсе не проходит в своем развитии через низшие типы. Вообще никакого прохождения через взрослые состояния низших животных нет, но имеет место последовательное обособление зародыша от стадии, свойственной всему данному типу, к стадии, типичной для класса, потом для отряда и т. д. Зародыш человека сперва является только зародышем позвоночного, потом зародышем, имеющим аллантоис, потом зародышем млекопитающего и т. д., последовательно обособляясь сперва от остальных трех типов животных, потом от жаберных позвоночных, потом от Sauropsida и т. д. Расхождение зародышей возрастает, таким образом, с ходом развития. Зародыш может быть похож только на зародыш другой группы, но никогда не на взрослое животное. Сходство между зародышами больше, чем между взрослыми формами, и тем больше, чем более ранние стадии сравниваются.

Широкое распространение явлений зародышевого сходства было выдвинуто Дарвином в „Происхождении видов“ (1859) в качестве доказательства эволюции. Дарвин нашел „закону зародышевого сходства“ естественное объяснение с точки зрения эволюционной теории: эволюция связана с изменениями в ходе зародышевого развития; эти изменения впервые появляются обычно не на самых ранних стадиях: ранние стадии остаются, таким образом, незатронутыми и сохраняют сходство с развитием предков.

После появления „Происхождения видов“ исследователи стали обращаться к изучению родственных отношений между группами, к выяснению их родословных, путей их эволюции, с целью укрепления эволюционной идеи в период борьбы за дарвинизм и дальнейшей разработки эволюционной теории. Пионером этого филогенетического направления, широко распространившегося в семидесятых и восьмидесятых годах, явился Фриц Мюллер (1821—1897, один из первых сторонников Дарвина, в 1864 г. опубликовал „Für Darwin“, где обратил внимание на филогенетический закон), занявшийся филогенией в группе ракообразных, но пришедший к гораздо более широким и важным выводам, относящимся к вопросу о соотношении индивидуального развития и эволюции. Фриц Мюллер, принимая вместе с Дарвином, что эволюционные изменения индивидуального развития впервые проявляются не на самых ранних стадиях, пришел к выводу, что эти изменения могут наступить либо до достижения животным состояния взрослых родителей, либо непосредственно после; во втором случае к конце развития прибавляется новая стадия, и вследствие этого в развитии потомков проходятся стадии, бывшие у предков достоянием взрослого организма (1864).

Значение изучения зародышевого развития для понимания истории происхождения данного животного особенно пропагандировалось Гэккелем (*см.*) в 1866 и в 1874 гг., выдвинувшим тезис о повторении „онтогенией“ „филогении“ и возведшим это положение в „основной биогенетический закон“. Задавшись целью выяснить родословную человека путем изучения его зародышевого развития, Гэккель очень скоро натолкнулся на такие черты зародышевого развития, которые никоим образом не могли считаться свидетельствами об историческом прошлом, не могли быть приписаны предкам. В виду этого, Гэккель пришел к совершенно правильной мысли о том что в развитии особи имеются черты палингенетические (см. *ценогенетические признаки*), имеющие значение исторических документов, и черты

ценогенетические, искажающие, стирающие историческую верность онтогенеза. Однако, отсутствие точных и продуманных формулировок привело к тому, что вопрос о том, какие признаки в каждом конкретном случае считать палингенетическими и какие ценогенетическими, сделался объектом произвола исследователя. Тезис Гэккеля о том, что филогенез является „механической причиной" онтогенеза, также имел немало дурных последствий; стали представлять себе, что новообразования в эволюции появляются сперва во взрослом состоянии, а потом сдвигаются на все более ранние стадии зародышевого развития, изменяя ход последнего. После Гэккеля теория рекапитуляции стала привлекать к себе большое внимание исследователей, при чем постепенно выявились два основных учения: одни исследователи возвращаются назад, к Бэру, скептически относятся к возможности надставок новых стадий и к рекапитуляции признаков взрослых предков (О. Гертвиг, Нэф и др.), другие, наоборот, разрабатывают дальше положения Фрица Мюллера и Гэккеля (Вейсманн, Северцов, Франц и др.).

Особенно основательной переработке эти положения подверглись со стороны А. Н. Северцова, который на основании обширных исследований по развитию позвоночных в ряде работ (начиная с 1910 г.) обосновал учение о филэмбриогенезах. По Северцову, эволюционные изменения хода индивидуального развития впервые появляются не во взрослом состоянии, когда развитие в основном уже закончено, а именно во время самого развития, в период энергичного формирования, что и ведет к изменению признаков взрослых животных; для того, чтобы изменился признак взрослого животного, нужно, чтобы изменился ход развития этого признака. Какие-либо „сдвигания" признаков от взрослого состояния в зародышевое развитие и не доказаны, и не нужны. Не все то, что ново, что недавно изменило ход зародышевого развития, является ценогенезом; ценогенезы суть такие изменения зародыша или личинки, которые на взрослом состоянии не отражаются, для эволюции взрослых форм значения не имеют. Если же изменение зародыша ведет к изменению взрослого животного, то это не ценогенез, а филэмбриогенез, т.-е. филогенетическое изменение зародышевого развития, на котором строится эволюция.

Влияние филогенетического направления на развитие Э. было весьма значительно; сравнительная Э. особенно продвинулась вперед благодаря работам русских исследователей: И. И. Мечникова (1845—1915) и А. О. Ковалевского (1840—1901). Много внимания было уделено Э. беспозвоночных, и представление Бэра о том, что самые первые стадии развития у всех животных одинаковы, а за ними следуют стадии, совершенно несравнимые в различных типах, было оставлено. Прогрессивное для своего времени, периода борьбы с теорией параллелизма, учение Бэра о постоянстве четырех типов было отвергнуто с победой эволюционной теории. Возросший в связи с филогенетическим направлением интерес к эмбриологическим исследованиям привел к накоплению огромного фактического материала в различных областях Э.

Первые стадии развития. При половом размножении многоклеточных животных развитие особи начинается с деления, или, как говорят обычно, с дробления яйца; это дробление отличается от обыкновенного клеточного деления тем, что оно не связано с ростом получающихся в результате дробления клеток, так называемых бластомеров, и последние с каждым новым делением становятся все более мелкими. Яйцеклетка содержит обычно запас питательных веществ, идущих на питание развивающегося зародыша и называемых желтком; количество и в особенности расположение желтка в яйцеклетке оказывает значительное влияние на ход дробления, так как желток представляет собою балласт, задерживающий дробление тех частей яйца, в которых он сосредоточен (сф. *животные*, XX, 233/34).

Различают яйца *гомолецитальные*— с не очень большим количеством равномерно распределенного по плазме желтка (многощетинковые, иглокожие.

млекопитающие); яйца *телолецитальные*—с большим количеством желтка, оттесняющего активную, образовательную плазму к одному полюсу—анимальному, противоположному богатому желтком вегетативному полюсу (рыбы, амфибии, рептилии, птицы);

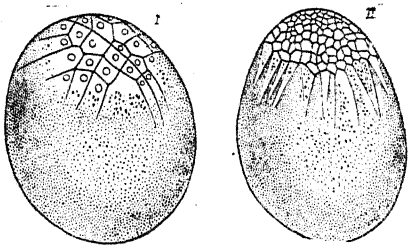


Рис. 1. Дискоидное дробление у моллюска.

свойственные большинству насекомых *центролецитальные* яйца имеют скопление образовательной плазмы в центре (где лежит ядро) и по самой периферии, желток же помещается в промежуточных областях плазмы.

Когда содержание желтка в яйце достигает известных пределов, яйцо уже не может дробиться полностью и части его, особенно богатые желтком, не разделяются или запаздывают с разделением на бластомеры; такое дробление называется частичным. Частичное дробление называется *дискоидальным*, если яйца телолецитальны, и дроблению подвергается в первую очередь лишь анимальный полюс, покрывающий дисковидной шапочкой остальную богатую желтком массу яйца (рис. 1); оно называется поверхностным у центролецитальных яйц, у которых ядро, находящееся первоначально в центре, делится несколько раз, дочерние ядра выходят в поверхностный слой плазмы, и в последнем разыгрываются ближайшие последующие этапы развития (рис. 2). Полное дробление наблюдается у гомолецитальных яиц и у телолецитальных; в последнем случае оно является неравномерным, так как бластомеры получаются неодинаковой величины: более быстро делящиеся бластомеры анимального полюса получаются мельче (микромеры), чем бластомеры вегетативного полюса (макромеры, см. рис. 3). Полное равномерное дробление см. *животные*, XX, табл. 5, рис. 3.

Кроме классификации явлений дробления в зависимости от желтка, различают еще типы дробления по признаку направления оси веретена деления ядра, по расположению бластомеров друг относительно друга. При радиальном, или лучевом, типе дробления вследствие деления яйца по меридиональным плоскостям, проходящим через вертикальную ось яйцеклетки, бластомеры располагаются в радиальных направлениях вокруг этой оси (рис. 4). Двусторонний тип дробления характеризуется тем, что яйцо разделяется плоскостью дробления на две симметричные половины, в каждой из которых дальнейшие этапы дробления протекают одинаково. При спиральном типе дробления бластомеры располагаются радиальных направлениях вокруг

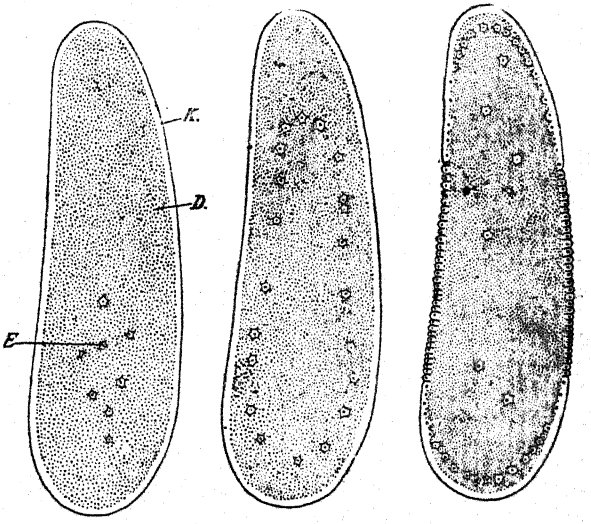


Рис. 2. Поверхностное дробление у жука. водолюба (Hydrophilus).

оси. но в вертикальном направлении они лежат при этом не друг над другом, а чередуясь (рис. 5).

В результате дробления чаще всего образуется зародыш, представляющий собою округлую группу клеток, располагающихся вокруг центральной поло-

сти в один слой; эта стадия называется бластулой, а полость — бластоцелем (см. *животные*, XX, табл. 5, рис. 4). Реже получается не бластула, а морула, или бластопором. Слой, одевающий зародыш снаружи, называется эктодермой; такие клеточные зародышевые слои вообще носят название *зародышевых листов*, или *пластов*. В тех случаях, когда бластула состоит из макро- и микромеров и лишена полости, инвагинация невозможна, и двуслойность получается в результате обрастания эпиболии быстрее делящимися микромерами инертных макромеров; получается зародыш с энтодермой из макромеров внутри и эктодермой из микромеров снаружи, но без гастроцеля.

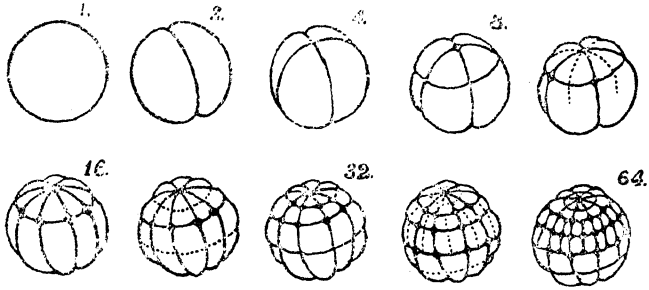


Рис. 3. Полное неравномерное дробление у лягушки.

отличающаяся отсутствием полости и расположения бластомеров в один слой. Бластоцель может быть также не выражен вследствие впячения в него крупных макромеров вегетативного полюса или заполнения его неразделившимся желтком (ср. *животные*, XX, 234/36).

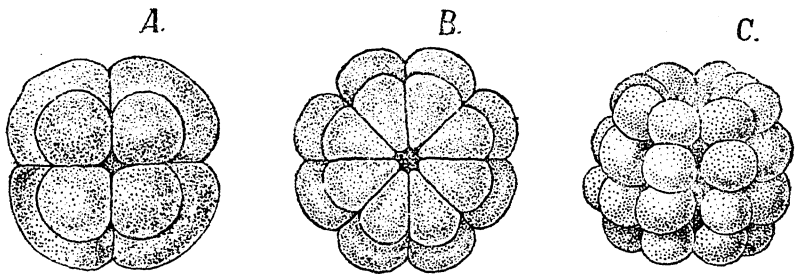


Рис. 4. Схема радиального дробления.

Бластула является однослойным зародышем; в дальнейшем зародыш переходит в двуслойную стадию — гаструлу (см. *животные*, XX, табл. 5, рис. 5). Гаструляция осуществляется довольно разнообразными способами. Способ инвагинации заключается в том, что на вегетативном полюсе стенка бластулы впячивается внутрь; этот впяченный внутренний слой называется энтодермой и окружает первичную пищеварительную полость, открывающуюся наружу отверстием, называемым гастропором, эти отделившиеся внутрь клетки и образуют энтодерму. При иммиграции часть клеток стенки бластулы покидает

Деляминацией называется такой способ гаструляции, при котором клетки бластулы, делясь, отделяют от себя дочерние клетки внутрь бластоцеля;

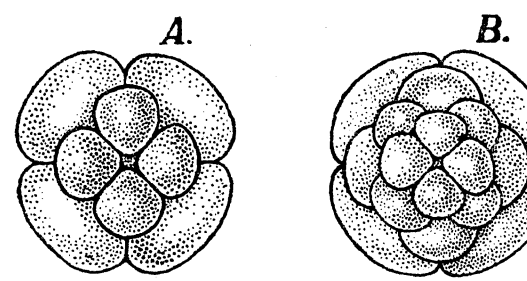


Рис. 5. Схема спирального дробления.

свои места и погружается в бластоцель, образуя там энтодерму. Нередки переходы и комбинации между различными способами гаструляции.

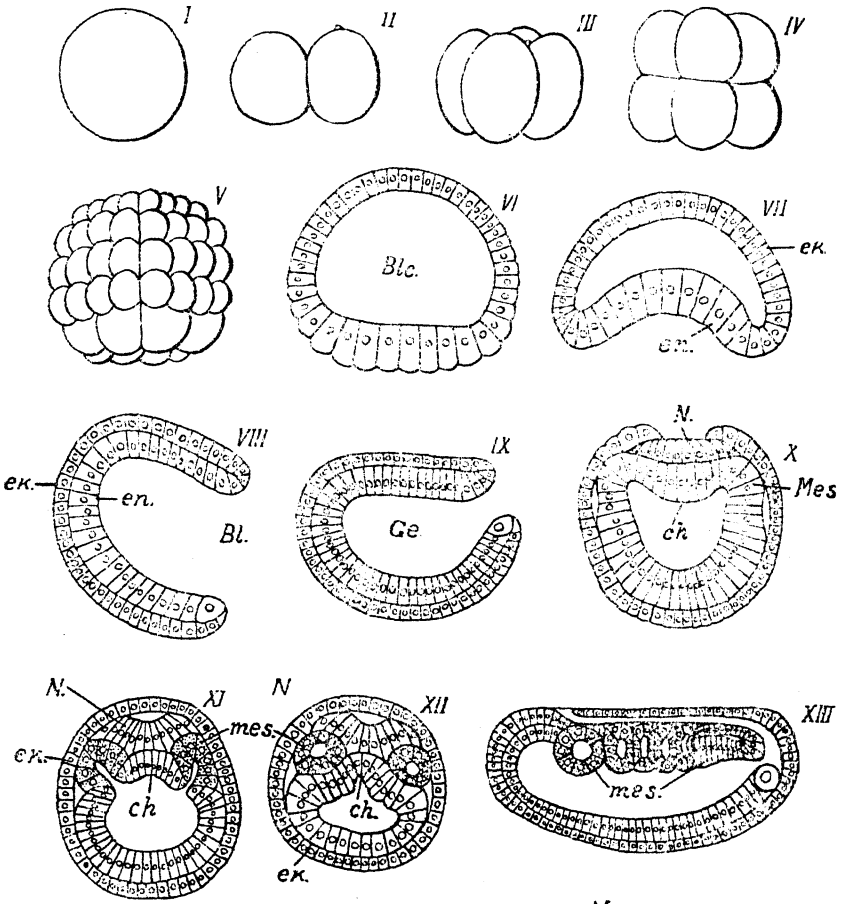


Рис. 6. Развитие ланцетника.

Из эктодермы развивается однослойный кожный эпителий у большинства животных и многослойный эпидермис у высших хордальных; различные кожные железы, кутикулярные образования, панцыри, раковины, перья, волосы, когти, копыта и т. п., будучи производными кожи, также развиваются преимущественно из эктодермы. Из эктодермы же развиваются нервная система и органы чувств, по крайней мере наиболее существенные — воспринимающие части последних; так, например, у хордальных центральная нервная система закладывается в виде кожного желобка вдоль спинной стороны тела зародыша, потом этот желобок погружается и замыкается в трубку, полость которой сохраняется во взрослом состоянии в форме спинномозгового канала и желудочков головного мозга (рис. 6,

N). Сетчатка глаза хордальных возникает как выпячивание стенки головного мозга, внутреннее ухо обособляется от кожи в виде слухового пузырька. Энтодерма образует внутреннюю выстилку кишечного канала, большей частью на значительном его протяжении; так, у хордальных лишь небольшая часть ротовой полости и задней (прямой) кишки выстланы эктодермой, заворачивающейся снаружи, от кожного покрова. Различные придаточные полости и органы, возникающие у зародыша как выросты энтодермальной части кишечника, также, конечно, являются производными энтодермы; у хордальных такими производными являются легкие и пищеварительные железы.

Большинство животных трехслойно и, кроме экто- и энтодермы, имеет еще средний зародышевый слой, или *мезодерму*, возникающую обычно в той или иной связи с энтодермой. У хордальных мезодерма образуется в виде мешковидных выростов первичного кишечника, симметрично расположенных справа и слева от него (рис. 6, X—XII). Эти выросты отшнуровываются, превращаясь в полые пузыри, так называемые *сомиты*. Сомиты правой и левой стороны, разрастаясь и встречаясь друг с другом в плоскости симметрии тела (сагиттальной), заполняют все пространство между кожей и зачатком кишечного канала; их полости превращаются во вторичную полость тела или целом, в котором лежат внутренние органы; их наружные стенки, примыкающие изнутри к эктодерме (соматический листок), дают соединительнотканный слой кожи (cutis, или дерма); их внутренние стенки (висцеральный листок), прикладывающиеся снаружи к зачатку кишечника, образуют соединительнотканную и мышечную обкладки кишки, а также мезентерий, на котором кишечник подвешен к стенке тела; выстилающий полость тела перитонеальный эпителий также происходит из мезодермы (рис. 6, XIV). Но этим роль мезодермы в эмбриогенезе, особенно хордальных, далеко не ограничивается; из мезодермы возникает мускулатура, кровеносная система, мочеполовая система, скелет. У низших хордальных скелет представлен хордою, плотной осью клеточного строения, которая тянется вдоль тела под нервной трубкой и над кишечником и в эмбриональном развитии отделяется от первичного кишечника (рис. 6, X—XIV); у высших хордальных (позвоночных) хорда имеется у зародыша, но на более поздних стадиях заменяется, вытесняется позвонками, хрящевыми или костными, мезодермического происхождения. Из других типов животных мезодермический скелет имеют иглокожие. О развитии человеческого зародыша см. *зародыш*, XX, 612/19.

Механика развития. С конца XIX в. в Э. начинает получать широкое распространение экспериментальное направление, известное под различными наименованиями: „механика развития," „экспериментальная морфология", „экспериментальная Э.", „физиология развития"; из этих названий наиболее распространенным и укрепившимся является первое. Основоположником этого направления считается германский анатом Вильгельм Ру (1850—1924) основавший журнал „Архив механики развития организмов" в 1894 г. Задачей механики развития является выяснение физиологических причин развития особи путем экспериментального анализа.

Достигнутые результаты побуждают смотреть на организм, как на расчлененное целое, части которого находятся в связи и взаимодействии, как на сложную систему, развивающуюся во взаимодействии с окружающей средою; старый спор об эпигенезе или преформизме в развитии особи в значительной мере снимается в свете новых данных.

Разнообразные опыты с дробящимися яйцеклетками, произведенные Ру, Гертвигами, Дришем, Бовери, Морганом и другими (разделение первых бластомеров, изоляция отдельных бластомеров и их групп, изменение расположения бластомеров, перетяжка яйца, умерщвление части бластомеров и т. п.), показали, что яйцеклетка является отнюдь не массой однородного вещества, но обладает такой структурой плазмы, которая обусловливает первые этапы развития. Эта структура не заложена в яйцеклетке с самого начала в готовом виде, но сама развивается

в яйце; дробление застает эту структуру у разных животных то более, то менее сформированной. Поэтому у одних животных один из первых двух или четырех бластомеров, будучи изолирован, развивается как целое яйцо, т.-е. дает нормальный зародыш; у других животных структура плазмы яйцеклетки складывается раньше, и изолированный бластомер дает лишь то, что он дал бы, находясь в составе целого: половинный, четвертной зародыш или, по крайней мере, половинное развитие некоторых органов. В первом случае яйца называются *регуляционными* и встречаются у гидромедуз из кишечнополостных и у вторичноротых (иглокожие, амфибии) трехслойных животных; во втором случае яйца называются *мозаичными* и свойственны гребневикам из кишечнополостных, а из трехслойных — первичноротым (кольчатые черви, моллюски). Оба типа яиц и дробления нерезко разграничены и возможны переходы; второй тип дробления называют также *детерминированным*, так как к моменту изоляции бластомеров путь их развития уже оказывается определен, детерминирован.

Изучение дальнейших стадий зародышевого развития, закладки систем органов и отдельных органов и их частей экспериментальными методами (главным образом методом пересадки, трансплантации зачатков у амфибий) показало, что развитие одних частей зародыша происходит при участии влияний со стороны других частей, что самодифференцировка зачатка в то же время является до известной степени зависимой дифференцировкой. Так, например, по данным Шпемана, Мангольда, Бауцмана и др., зачаток центральной нервной системы у амфибий развивается, испытывая какое-то стимулирующее влияние со стороны подстилающей его снизу мезо-энтодермы, дающей впоследствии хорду, мезодерму и спинную стенку кишечника; если же проследить, откуда берет начало эта стимулирующая часть зародыша, то оказывается, что таким местом является зона, примыкающая к бластопору со спинной стороны; она является организатором или организационным центром по отношению к зачатку центральной нервной системы и, будучи пересажена в необычное место зародыша, может вызвать образование нервной системы в эктодерме данного участка, может детерминировать эктодерму, направив ее развитие по пути образования нервной системы. Нервная система дифференцируется на отделы; так называемый промежуточный мозговой пузырь образует два боковых пузыреобразных выпячивания—зачатки глаз; глазные пузыри путем вдавления обращенной кнаружи стенки превращаются в двуслойные бокалы, и, когда бокал вплотную подходит к коже зародыша, он стимулирует образование хрусталика, последний же после своего отделения от кожи индуцирует превращение кожи в роговицу. Так. обр. намечается целая цепь процессов развития, все более и более специальных, при чем опережающие в развитии части определяют направление развития некоторых более поздно развивающихся зачатков, детерминируют, организуют те зачатки, развитие которых должно быть с ними согласовано. Зависимая дифференцировка не ограничивается зародышевым периодом развития, но и в течение постэмбрионального развития моменты энергичного формообразования сопровождаются стимуляцией одних частей тела со стороны других. В настоящее время целый ряд тем из огромной области индивидуального развития уже успел подвергнуться основательной разработке с точки зрения механики развития. Упомянем выяснение причин клеточного деления; открыто особое излучение, так называемые *митогенетические лучи*, представляющие собою ультрафиолетовые лучи короткой длины волны, продуцируемые организмами и могущие стимулировать клеточные деления в других организмах; по вопросу о митогенетическом излучении имеется уже обширная литература, и многочисленные исследователи занимаются им у нас и за границей. Метаморфоз, особенно амфибий, давно уже является объектом экспериментальных исследований; выяснено, что метаморфоз зависит от деятельности желез внутренней секреции, в особен-

ности от щитовидной железы (Гудернач и др.), гормон которой стимулирует превращение. Процессы линьки птиц и млекопитающих изучаются с точки зрения зависимости их от гормональных воздействий (линька птиц под влиянием гормона щитовидной железы) и от воздействий химических веществ. Окраска животных, зависящая от пигментации покровных образований (кожи, перьев, волос), стоит в связи с температурными условиями, световыми и гормональными влияниями. Если у горностаевого кролика выщипать или выбрить волосы в том месте тела, где шерсть белая, и поместить затем животное в пониженную температуру, то новые волосы вырастают черного цвета (В. Шульц и др.). Гормон подмозговой железы—гипофиза—влияет на окраску кожи амфибий; после удаления гипофиза наступает побледнение окраски вследствие сжатия содержащих пигмент клеток, которые со временем уменьшаются и в числе. Большие дозы гормона щитовидной железы вызывают депигментацию перьев птиц, отрастающих после линьки. Развитие признаков пола также является предметом изучения механики развития (см. *феминизация*, XLIII, 141, и *раздельнополость*, XXXV, 477/82).

Обширной главой механики развития является учение о *регенерации* (см.). В течение развития особи регенерация осуществляется тем легче, чем моложе стадия; у высших животных (членистоногие, высшие хордальные) способность к регенерации значительно более ограничена, чем у более низко организованных (многие кишечнополостные и черви, иглокожие, оболочники), но простой связи между высотою организации и регенеративной способностью все же нет; весьма низко организованные губки обнаруживают малую способность к регенерации; близко стоящие в системе малощетинковые кольчатые черви и пиявки весьма различны в отношении регенерации, сильно развитой у первых и весьма слабой у вторых; гребневики из кишечнополостных обладают небольшой регенерационной способностью. Установлено влияние нервной системы на процесс регенерации. Так, отрезанный передний конец у земляного червя не регенерирует на своем месте, если нервную цепочку удалить на некотором протяжении (Морган); регенерация конечностей у амфибий невозможна в отсутствии нерва. Одновременная регенерация в нескольких местах (например, более чем одного луча у морской звезды, двух ран на хвосте одного головастика) происходит быстрее, чем в одном месте.

Наконец, процессы развития особи зависят и от внешних условий, и эта сторона вопроса является предметом изучения механики развития. В силу наличия у особи наследственных факторов и вследствие того, что внутренние факторы развития связаны в систему, саморазвитие, независимость выступает здесь с особой резкостью; но детерминация направления развития возможна и здесь извне, как о том свидетельствует, например, развитие из яйца пчелы и матки и рабочей особи.

Литература: 1) Учебники и сводки по Э.: *К. Н. Давыдов*, „Курс Э. беспозвоночных“ (1914); *А. Заварзин*, „Краткое руководство по Э. человека и позвоночных животных“ (1929); *Г. Г. Щеголев*, „Краткий курс Э. человека“ (1926); *C. Dawidoff*, „Traité d'embryologie comparée des invertebrés“ (Paris, 1928); *O. Hertwig*, „Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbeltiere“ (Jena, 1915); *Corning*, „Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen“ (1921). 2) История Э.: *А. Д. Некрасов*, „Оплодотворение в животном царстве“ (1930); *Burckhardt*, „Geschichte der Zoologie“ (Lpz., 1921); *Carus*, „Geschichte der Zoologie“ (Münch., 1872); *Nordenskiöld*, „Geschichte der Biologie“ (Jena, 1926); *Radl*, „Geschichte der biologischen Theorien“ (Lpz., 1913). 3) Теория рекапитуляции: *Бэр*, „Избранные работы“ (пер. с прим. Ю. А. Филипченко, 1924); *Фриц Мюллер*, „За Дарвина“ (пер. с прим. Н. П. Ежикова, 1932); *А. Н. Северцов*, „Этюды по теории эволюции“ (1912); *V. Franz*, „Ontogenie und Phylogenie“ (Berl., 1927); *De Beer*, „Embryology and Evolution“ (Oxford, 1930); 4) *Э. Конклин*, „Наследственность и среда“ (1928); *М. М. Завадовский*, „Динамика развития организма“ (1931); *Ю. А. Филипченко*, „Экспериментальная зоология“ (1932); *П. Трендленбург*, „Гормоны“ (т. I. 1932); *А. Г. Гурвич*, „Митогенетическое излучение“ (1932); *H. Przibram*, „Experimental-Zoologie“ (Bd. I—V, Lpz.-Wien, 1907—1914); *T. Morgan*, „Experimental Embryology“ (New-York, 1927); *B. Dürken*, „Lehrbuch der Experimentalzoologie“ (Brl., 1928); *W. Schleip*, „Die Determination der Primitiventwicklung“ (Lpz., 1929); *E. Korschelt*, „Regeneration und Transplantation“ (B. I. Brl., 1927).

П. Ежиков.

Эмбриотомия, акушерская операция раздробления плода в утробе ма-

тери, с последующим извлечением его по частям. Эта операция была известна и в глубокой древности и широко применялась, особенно в средние века. Причина частого применения Э. заключалась в том, что до XVI в. большинство врачей считало роды возможными только в том случае, если плод идет головкой вперед, при всех же других положениях плода родоразрешение считалось невозможным. В XVI в. хирург Амбруаз Паре ввел в акушерскую практику поворот на ножку, что значительно уменьшило количество производимых Э. Изобретение и пользование акушерскими щипцами и развитие научного акушерства почти совсем изгнали Э. из акушерского обихода, и в данное время Э. является очень редкой операцией. Однако, и в настоящее время могут создаться такие условия, когда Э. будет являться операцией выбора. Иногда отдаленность или полная недоступность квалифицированной врачебной помощи, при недостаточной опытности повивальных бабок, или слишком позднее обращение роженицы за помощью к врачу, — поведут к тому, что удобный момент для поворота будет упущен и только Э., своевременно произведенная, еще может спасти жизнь матери. В данное время самым частым поводом для Э. служит запущенное поперечное положение плода, реже — патологическое увеличение размеров плода, как это наблюдается при сросшихся двойнях или при развитии врожденных опухолей плода. Обычно, по истечении вод, при таком запущенном поперечном положении выпадает ручка плода, матка же, сильно сократившись, плотно охватывает тело плода. В этих условиях поворот уже невозможен, попытки же поворота могут повести к разрыву матки, инфецированию матери и гибели ее. При недоношенном или гнилом (мацерированном) плоде иногда возможны самопроизвольные роды, но если плод доношен, то при описанном выше состоянии мать, как правило, умирает, не разрешившись, от общего гнилостного заражения. Обычно ребенок бывает уже мертв, но если он еще жив, а у роженицы появляются первые симптомы общего заражения (высокая t°, озноб и т. д.), приходится итти на Э. живого ребенка, во имя спасения жизни матери, так как дальнейшее промедление с родоразрешением уже не спасут ни матери, ни ребенка, даже если произвести кесарево сечение у уже значительно инфецированной матери. По технике выполнения раздробление плода для уменьшения его размеров предпринимается в той области тела, которая наиболее доступна руке оператора. Если доступнее головка — производят отделение головки от туловища, декапитацию (обезглавливание), при помощи особого крючка Брауна для вывихивания шейных позвонков. Или же прорезают ножницами отверстие в грудной или брюшной полости и вытягивают пальцами грудные и брюшные внутренности (экзентерация, эвисцерация), вследствие чего уменьшаются объемные размеры плода и так или иначе удается извлечь его. Нередко приходится добавить спондилотомию — перерезать или переломить позвоночник. — Смертность после Э. достигает 20%, что следует объяснить не столько трудностью самой операции, сколько общим тяжелым состоянием рожениц, находящихся в громадном большинстве случаев в состоянии тяжелейшего общего заражения (сепсиса). *П. Мелихов.*

Эмден (Emden), самый западн. портовый гор. Германии (Восточн. Фрисландия, пров. Ганновер), 31.734 жит. (1930). Располож. в 4 *км* к сев. от устья р. Эмс, впадающей в залив Долларт, и в 50 *км* от открытого моря, у каналов Эмс-Ядэ и Дортмунд-Эмс. Жел.-дор узел. Развита судостроительн. промышл., значительн. рыбн. промыслы. Многочисленные каналы, прорезающие Э., делают его похожим на голландские города; многочисленные старинные постройки также носят старо-голландский стиль. Впервые Э. упоминается в XI в. (Emathon, Amuthon), в 1442 г. значится городом, был местом продажи награбленной добычи витальйцами (*см.*) и с этого времени стал значительным торговым центром, почему его и захватил Гамбург в 1402 г. В конце XV в. стал независимым городом и сильно возрос со времени нидерландской революции когда с

1503 г. в Э. прибыло много религиозных эмигрантов. В 1751 г. стал своб. гор. Пруссии, в 1810 г.—гл. гор. франц. департ. Вост. Эмс, в 1814 г. перешел к Пруссии, в 1815 г. был передан Ганноверу.

Змеза, древн. назв. гор. Хомс (*см.*).

Змери (Amery), Леопольд Чарльз, английск. полит. деятель, *см.* XLVII, прил., 91.

Эмеритура и пенсии, см. *эмеритура и социальное обеспечение.*

Эмеритура и социальное обеспечение. I. *Эмеритура.* Эмеритальными назывались при царском строе пенсионные кассы гражданского и военного ведомства. Участниками этих касс могли быть только чины этих ведомств. Право на пенсию приобреталось в них при наличии у участника не менее 20—25 лет участия в кассе. Средства касс черпались в основном за счет вычетов из жалования самих участников. Деятельность этих касс регулировалась специальными законоположениями, и участие в кассе было обязательным. Заведывание делами касс было сосредоточено исключительно в руках чиновников соответствующего ведомства, назначенных в ведомственном порядке без какого-либо вмешательства со стороны участников этих касс. Таких касс было шесть в гражданском ведомстве и две в военно-сухопутном и морском ведомстве.

Взносы участников касс колебались от 3 до 6% заработка. Пенсии выплачивались как самим участникам, так и членам семей участников, потерявшим кормильца. Размеры пенсии устанавливались в зависимости от длительности участия в кассе и продолжительности непрерывной службы в данном ведомстве, из расчета полного оклада пенсии. Полный оклад пенсии фиксировался по чину участника кассы к моменту наступления права на пенсию.

Примерная схема размеров пенсии эмеритальных касс в долях от полного оклада пенсии

Продолжительность службы	Число платежных лет участия в кассе			
	I разр. 20—25 л.	II разр. 26—30 л.	III разр. 30—35 л.	IV разряд. Выше 35 л.
35 л. и выше (I кат.)	5/8	6/8	7/8	Полные оклады
25—35 л. (II кат.)	5/12	7/12	7/12	Полные оклады

Абсолютные размеры полного оклада месячной пенсии колебались от 179 р. для генерала или действительного статского советника до 27 руб. для прапорщика или коллежского регистратора. Членам семьи участников пенсия назначалась в зависимости от размера пенсии, причитавшейся самому участнику. Размеры пенсии членам семьи колебались от полной пенсии участника кассы для вдовы с детьми, до $^2/_3$ пенсии для одной вдовы и $^1/_2$ пенсии участника для единственного сына (дочери). Самим участникам пенсия выплачивалась при условии ухода в отставку или продолжения службы без оклада содержания, но независимо от пенсии, получаемой участником от казны за выслугу лет.

Членам семьи участников, потерявшим кормильца, пенсия выплачивалась независимо от наличия у них других источников дохода. Размеры пенсии, условия приобретения права на пенсию и порядок выплаты пенсии различались по отдельным ведомствам в зависимости от финансовой устойчивости, числа участников и роста числа обеспечиваемых кассы, но в основном они регулировались указанными нормами. Участники эмеритальных касс получали пенсию эмеритальную, покоившуюся на взносах участников, наряду с пенсией, получаемой от казны за выслугу лет исключительно за счет государственных средств без всяких взносов со стороны обеспечиваемых.

Эмеритальные кассы стали создаваться еще в 1861—62 г., но деятельность их по обеспечению участников стала развертываться лишь через 15—25 лет после организации, когда первые участники накопили необходимый стаж участия в кассе. Эмеритальн-

ные кассы были фактически ликвидированы Октябрьской революцией, а формально — лишь в 1918 г. декретом советской власти от 31/X „о социальном обеспечении".

Кроме эмеритальных касс для части гражданского и военного чиновничества, при царском правительстве еще до закона о страховании рабочих был издан ряд законов о пенсионном обеспечении отдельных групп рабочих и служащих железных дорог, горнозаводских предприятий Урала и Царства Польского и казенных предприятий. Так, законом 1861 г. была предусмотрена организация горно-заводских товариществ, одной из задач которых являлось „попечение о рабочих в болезни, старости и при домашних несчастьях, призрение вдов и сирот рабочих". Всего таких товариществ на Урале, по данным за 1907 г., числилось 15 с числом участников 19.589 чел., в том числе 3.399 пенсионеров. Средства товариществ черпались в основном за счет штрафных сумм с рабочих и взносов заводоуправлений. Но бюджеты этих товариществ были крайне незначительны. Так, за 1906 г. приход составил 294 т. руб., а расход на выплату пенсий 116 т. р., что дает в среднем на 1-го пенсионера 34 руб. в год или 3 рубля в месяц.

В б. Царстве Польском на отдельных горных предприятиях еще на основании указа Александра I от 1817 г. действовали так называемые „Братские кассы". Кассы не имели никаких уставов, и управление делами касс было большей частью сосредоточено в конторах предприятий. Средства касс составляли: вычеты из заработка рабочих (1—3%), взносы владельцев предприятий в размере $^1/_3$—$^1/_2$ от суммы вычетов с рабочих и штрафы, взимаемые с рабочих же. Организация касс была факультативной. Поэтому даже и эта пародия на страхование рабочих привилась, по данным за 1911 г., лишь на 16-ти предприятиях и охватила 27.000 участников. За год бюджет касс составлял по приходу 419 т. р., расходы на пособия по болезни 92 т. р., на погребение 18.300 р., на выплату пенсий 2.365 пенсионерам 181 т. р. и на врачебную помощь 72.400 руб. Эти кассы нередко брали на себя и оказание врачебной помощи рабочим и обеспечение увечных рабочих, которые даже по царским законам должны были целиком производиться за счет предпринимателей.

Таким образом, бремя расходов, которые даже по царским законам должны были покрываться за счет предпринимателей, перекладывалось последними на плечи рабочих.

Специальным законом от 8 окт. 1862 г. регулировалось обеспечение пострадавших рабочих предприятий морского ведомства и семейств рабочих, потерявших кормильца от несчастного случая.

Законом от 10 мая 1888 г. были определены общие положения о сберегательно-вспомогательных и пенсионных кассах частных железных дорог, а 3 июня 1894 г. было издано положение о пенсионной кассе служащих на казенных железных дорогах. Общее число участников железнодорожных касс достигало (по данным за 1909 г.) 330.000 чел. Средства касс черпались в основном за счет удержаний из заработка участников, штрафных сумм и доплат управлений дорог. Участие в кассах было обязательным, но управление делами касс было сосредоточено в руках ж.-д. администрации без участия самих членов кассы. Кроме законов об обязательном или факультативном страховании на случай инвалидности и потери кормильца, в отношении отдельных групп рабочих и служащих до 1912 г. были изданы два закона общего характера, касающиеся обеспечения по инвалидности, вдовства и сиротства. Первый закон от 8 июня 1901 г. касался пособий больным и увечным рабочим и их семействам за счет штрафных капиталов, взысканных с рабочих же. По данным фабричной инспекции за 1904 г. в среднем штрафы на одного рабочего составляли 40 коп., столько же приходилось и пособий на одного рабочего.

Таким образом, обеспечение проводилось исключительно за счет рабочих без каких-либо затрат со стороны предпринимателей и государства. Второй закон, от 2 июня 1903 г., о вознаграждении потерпевших вследствие

несчастных случаев рабочих и служащих, а равно членов их семейств в предприятиях фабрично-заводской, горной и горно-заводской промышленности установил материальную ответственность предпринимателей за несчастные случаи с рабочими в предприятиях, признав этим, что за несчастные случаи, вызванные в результате производственных причин, отвечает производство же в лице владельца предприятия. Но и этот закон далеко не гарантировал рабочему, ставшему инвалидом от увечья, получение пенсии, так как или предприятие могло оспаривать право рабочего на пенсию, доказывая, что увечье явилось в результате „злого умысла" рабочего, или предприниматель мог разориться и первым потерпевшим оказывался увечный рабочий, да и самый размер пенсии установлен был незначительный: не свыше $^2/_3$ заработка рабочего из расчета 260 рабочих дней в году при полной инвалидности и нуждаемости пенсионера в постороннем уходе.

Закон от 2 июня 1903 г. касался рабочих частных предприятий. Законы от 15 мая 1901 г., от 9 июня 1904 г., от 6 июня 1905 г., от 19 дек. 1905 г., от 6 марта 1906 г. и от 19 апр. 1906 г. регулировали порядок и размер обеспечения рабочих казенных предприятий, получивших увечье или повреждение здоровья. Таким образом, до 1912 г. обеспечение рабочих и членов семей последних через пенсионные кассы или через предприятие распространялось, как система, лишь на случаи инвалидности или смерти, вызванной несчастным случаем в связи с работой на производстве.

В 1912 г., в результате упорной борьбы рабочих, буржуазно-помещичья 3-я Государственная дума утвердила куцый закон о страховании рабочих на случай болезни через больничные кассы и на случай инвалидности или смерти, вызванной трудовым увечьем, через страховые товарищества.

Страховые законы 1912 г. коснулись всего 2,5 млн. рабочих и служащих, занятых в частных предприятиях фабрично-заводской и горной промышленности, подчиненных фабричной инспекции. Рабочие казенных предприятий остались вне этих законов. Средства больничных касс на 60% черпались за счет вычетов из зарплаты рабочих и лишь на 40% за счет предпринимателей.

Пособия по болезни выдавались участникам больничных касс лишь с 4-го дня болезни и беспрерывно не долее 26 недель, хотя бы болезнь продолжалась и далее этого срока. Размер пособия не превышал $^2/_3$ заработка для семейного рабочего. Работницам пособие выдавалось в течение 2-х недель до родов и 4-х недель после родов в размере от половины до полного заработка. Управление делами больничных касс находилось в руках делегатского собрания, причем на этом собрании предприниматель пользовался $^2/_5$ голосов, а в правлении имел лишь одним голосом меньше рабочих.

Что касается страховых товариществ, то они по существу производили не страхование рабочих, а страхование предпринимателей от материальной ответственности, предусмотренной законом от 2 июня 1903 г. По закону от 23 июня 1912 г. страховые товарищества осуществляли обеспечение рабочих на случай инвалидности и потери кормильца, вызванных несчастным случаем в связи с производством. Обеспечение предусматривалось в размерах, установленных еще законом от 2 июля 1903 г. за счет взносов предпринимателей. Управление делами страховых товариществ целиком находилось в руках предпринимателей без какого-либо участия рабочих.

Особая система обеспечения чиновничества, а в некоторых государствах и обеспечение рабочих некоторых государственных предприятий через эмеритальные кассы существует во всех почти буржуазных странах. Только в СССР ликвидировано в корне выделение служащих государственного аппарата в какое-то особое „сословие", обеспечиваемое на привилегированных условиях, отдельно от всей массы трудящихся. В СССР существует единая система обеспечения в порядке социального страхования всех рабочих и служащих, занятых в социалистическом секторе или занятых по найму

в частных предприятиях и хозяйствах. Обеспечение оказывается во всех случаях нетрудоспособности, временной или постоянной (инвалидности), за счет страховых взносов, уплачиваемых предприятиями, учреждениями и хозяйствами, в которых заняты рабочие и служащие, без каких-либо вычетов из заработка последних. Ср. *социальное страхование* и цикл *рабочий класс*.

II. *Организация социального обеспечения в СССР* (на конец 1936 г.) А. *Обеспечение в порядке соцстрахования* (действующее законодательство). 1. *Обеспечение при временной нетрудоспособности* всех работников социалистического сектора, работников по найму в частных предприятиях и хозяйствах и учащихся курсов по повышению квалификации, по переквалификации и по подготовке кадров, работавших непосредственно до поступления на курсы в качестве рабочих или служащих, регулируется постановлениями ЦИК и СНК СССР от 23 июня 1931 г. („С. З." за 1931 г., № 41, ст. 283) и секретариата ВЦСПС от 5/XI 1933 г. („правила о пособиях по соцстраху", Профиздат, 1933). Обеспечение осуществляется в порядке социального страхования низовыми профсоюзными организациями по месту службы или работы работника путем выдачи денежных пособий. Пособие выдается при болезни, связанной с утратой трудоспособности или переводом на нижеоплачиваемую работу, при беременности или после родов, при карантине и при заболевании члена семьи. В последнем случае пособие выдается лишь при необходимости ухода за заболевшим, отсутствии в семье другого лица, могущего ухаживать за больным, помимо работника, и невозможности помещения заболевшего в больницу. При заболевании ребенка до 2-хлетн. возраста мать освобождается от работы для ухода и получает пособие, хотя бы в семье был другой человек, могущий ухаживать за ребенком. В перечисленных выше случаях пособие выдается независимо от длительности трудового стажа до утраты трудоспособности, если только последняя наступила в период работы, включая и время испытания, или в день увольнения работника. Исключение составляют лишь сезонные работники лесозаготовок, сплава и совхозов, которые получают право на пособие при наличии у них ко дню наступления нетрудоспособности трехмесячного трудового стажа в течение последнего года или шестимесячного трудового стажа в течение последних двух лет, а также женщины, работающие по найму в частных предприятиях и хозяйствах, и сезонные работницы и служащие: они получают право на пособие по беременности при наличии 6-месячного непрерывного трудового стажа ко дню освобождения от работы по беременности.

Пособие по временной нетрудоспособности выдается по представлении больничного листка, выданного советским леч. учреждением:

а) *по болезни* и *увечьям* — со дня освобождения от работы до дня выздоровления или наступления инвалидности, за исключением случаев заболевания от общих причин у временных рабочих, у рабочих и служащих, занятых на сезонных работах, а также у рабочих строителей, проработавших менее 10 месяцев за последний год до дня заболевания. В последнем случае пособие выдается не далее 75 календарных дней, если нет особого постановления фабзавместкома об удлинении срока выплаты пособия; инвалидам, состоящим на работе, пособие при общем заболевании выдается не свыше двух месяцев подряд и не больше трех месяцев в календарном году; б) *по беременности* и *родам*—в течение 56 дней до родов и 56 дней после родов, как работницам физического труда, так и женщинам, занятым умственным или конторским трудом (постановление президиума ВЦСПС от 29/VI 1936 г.); в) *по карантину* — в течение всего периода изоляции органами санитарного надзора; г) *по случаю ухода за заболевшим* членом семьи—в течение всего срока отсутствия другого лица, могущего ухаживать за заболевшим, и при невозможности помещения последнего в больницу, а при уходе матери за заболевшим ребенком пособие выдается в течение всего срока ухода. Пособие выдается за пропущенные на работе рабочие дни. Пособие

исчисляется из расчета того среднего заработка, который работник имел ко дню освобождения от работы по временной нетрудоспособности, независимо от размера этого заработка. Лишь для некоторых категорий служащих максимальный размер месячного пособия не может превышать трехсот рублей.

Размеры пособия по временной нетрудоспособности различаются по отдельным категориям работников в зависимости от социального положения, стажа, ударности работы на производстве, профсоюзного членства и рода производства, в котором занят работник.

Размеры пособий по временной нетрудоспособности (болезнь, трудовое увечье, роды, карантин и уход за заболевшим членам семьи) рабочим социалистического сектора (в процентах к средн. зараб. работника)

Категории	Состоящие членами профсоюзов				Не состоящие членами профсоюза
	Прор. до наступл. врем. нетруд. свыше 8 лет в общей сложности и из них не менее 2 лет непрерывно на данном предприятии	Прор. до наступл. врем. нетрудосп. менее 3 лет в общей сложности, но имеющим не менее 2 лет непрерывного стажа работы на данном предприятии	Прор. до наступл. врем. нетруд. непрерывно от 1 до 2 лет на данном предприятии	Прор. до наступл. врем. нетруд. непрерывно менее 1 года на данном предприятии	
	1	2	3	4	5
А. а) Рабочие и служащие цеховых контор промышленных предприятий, железных дорог, водного и местного транспорта, МТС, совхозов, колхозов, производственных предприятий связи и коммунальных предприятий, а также работники фабрик-кухонь б) педагогический, медицинский, ветеринарный, агротехнический и зоотехнический персонал на селе и в рабочих поселках; в) инженерно-технические работники и прочие категории, приравненные к членам ИТС, независимо от места работы	100%, начиная с первого дня	3/4 за первые 20 календарных дней и полностью за остальное время	2/3 за первые 20 календарных дней и полностью за остальное время	2/3 за все время нетрудоспособности	50% за первые 30 календарных дней и 2/3 за все остальное время
Б. Работники, работающие в конторах, перечисленных в п. „А" предприятий и пр.	2/4 за первые 5 календарных дней и полностью за остальное время	3/4 за первые 20 календарных дней и полностью за остальное время	2/3 за первые 20 календарных дней и полностью за остальное время	2/3 за все время нетрудоспособности	50% за первые 30 календарных дней и 2/3 за все остальное время
В. Горнорабочие, паровозные работники и строители	100%, начиная с первого дня	3/4 за первые 20 календарных дней и полностью за остальное время	3/4 за первые 20 календарных дней и полностью за остальное время	2/3 за первые 20 календарных дней и полностью за остальное время	50% за первые 30 календарных дней и 2/3 за остальное время
Г. Рабочие и служащие учреждений и предприятий не промышленного характера (кроме отнесенных к категории „А")	3/4 за первые 15 календарных дней и полностью за остальное время	3/4 за первые 20 календарных дней и полностью за остальное время	2/3 за первые 20 календарных дней и полностью за остальное время	2/3 за все время нетрудоспособности	50% за первые 30 календарных дней и 2/3 за все остальное время
Д. Подростки в возрасте до 18 лет, независимо от места работы	100%, начиная с первого дня	100%, начиная с первого дня	100%, начиная с первого дня	3/4 за первые 20 календарных дней и полностью за остальное время	50% за первые 30 календарных дней и 2/3 за все остальное время

Лица, награжденные орденом СССР или одной из союзных республик, получают пособие по временной нетрудоспособности в размере полного заработка независимо от стажа работы.

Рабочие и ИТР, признанные стахановцами ударниками и имеющие общепроизводственный стаж не менее года, рабочие и ИТР, занятые на подземных работах и перевыполнившие план, два месяца подряд получают пособие по временной нетрудоспособности в размере полного заработка, начиная с 1-го дня нетрудоспособности. Рабочим и служащим частных предприятий и хозяйств пособие выдается в следующих размерах: имеющим профсоюзный стаж свыше года — $^2/_3$ заработка за первые 20 дней нетрудоспособности и полный заработок за остальное время; имеющим профсоюзный стаж менее года — $^2/_3$ заработка за все время нетрудоспособности; не членам профсоюза — 50% заработка за все время нетрудоспособности. Пособие по временной нетрудоспособности при переводе на более легкую работу выдается в таком размере, чтобы вместе с заработком по новой работе оно не превышало полного заработка заболевшего до наступления временной нетрудоспособности. По данным за 1936 г., общее число работников, подлежащих социальному страхованию, достигло свыше 25 млн. На каждые 100 застрахованных в 1935 г. пришлось 750 оплаченных по временной нетрудоспособности всех видов дней. На 1936 г. ассигновано было по бюджету соцстраха на выплату пособий 1938,5 млн. р.

2. *Пенсионное обеспечение* рабочих и служащих в порядке соцстрахования различается по след. основным видам: 1) инвалидность, 2) старость, 3) выслуга лет, 4) обеспечение героев труда, 5) на случай потери кормильца. Все виды пенсионного обеспечения в порядке соцстрахования назначаются областными и краевыми межсоюзными организациями (советами профсоюзов) по месту жительства пенсионера (постановл. секретариата ВЦСПС от 16/II 1934 г., „Бюллетень ВЦСПС" 1934 г., № 3—4).

Пенсионное обеспечение по инвалидности, по старости и по случаю потери кормильца семьи в основном регулируется постановлениями ЦИК и СНК СССР от 23/VI 1931 г. и Союзного Совета соц. страхования от 29/II 1932 г. („Изв. НКТ", 1932 г., № 15).

а) *Обеспечение по инвалидности.* Пенсионное обеспечение по инвалидности распространяется на всех рабочих и служащих и в основном оказывается путем выплаты денежных пенсий. Наличие инвалидности (стойкой нетрудоспособности), дающей право на пенсию, устанавливается врачебно-экспертной комиссией в составе врачей и представителя соответствующей профсоюзной организации. Пенсия по инвалидности, как и по другим основаниям, назначается соответствующей профсоюзной организацией по месту работы пенсионера до наступления инвалидности и выплачивается через почтовые учреждения по месту жительства. Нетрудоспособность работника считается стойкой, если врачебная экспертиза признает, что трудоспособность полностью восстановлена быть не может, или считает, что у него нет оснований ожидать полного восстановления трудоспособности в некоторый, хотя бы длительный, промежуток времени.

По степени стойкой утраты трудоспособности инвалиды делятся на три группы: 1) 1-я группа: инвалиды, утратившие трудоспособность полностью и нуждающиеся в постоянном уходе за собою. 2) 2-я группа: инвалиды, утратившие способность полностью к профессиональному труду как по своей, так и по какой-либо иной профессии. 3) 3-я группа: инвалиды, не способные к систематическому труду по своей профессии в обычных условиях, но могущие использовать остаточную трудоспособность по своей профессии на нерегулярной работе или сокращенном рабочем дне, либо по другой профессии со значительным понижением квалификации.

Условия, определяющие право на пенсию по инвалидности, различны в зависимости от причин наступления последней. Инвалидность, вызванная общим заболеванием, старостью или бытовым увечьем, дает право на пенсию при условии наличия трудового стажа определенной длительности

на работах, проходящих по полному страхованию. Лица, занятые на сезонных работах, проходящих по частичному страхованию, не могут получать пенсию по инвалидности от общих причин. В зависимости от возраста и вредности работ предусмотрена следующая длительность трудового стажа:

Возраст	Стаж		
	Рабочие на подземн. раб. и на других вредн. работ.	Остальные рабочие	Служащие
До достиж. 20 л. . . .	Независимо от продолжительности работы		
Свыше 20 до 22 л. . .	1	2	2
„ 22 „ 25 „ . .	2	2	2
„ 25 „ 30 „ . .	3	3	4
„ 30 „ 40 „ . .	4	5	6
„ 40 „ 50 „ . .	5	7	9
„ 50 лет	6	8	12

Лицам, награжденным орденом Союза ССР, стаж работы или службы, дающий право на пенсию, сокращается на $^1/_3$ (пост. ЦИК и СНК СССР от 30/IV 1932).

Инвалидность, вызванная трудовым увечьем или профзаболеванием, дает право на пенсию, независимо от длительности трудового стажа, как на работах, проходящих по полному страхованию, так и на работах, проходящих по частичному страхованию. Инвалидность как от общих причин, так и от трудового увечья или профзаболевания дает право на пенсию лишь при условии, если она наступила или установлена в период работы или не позже 2-х лет со дня прекращения работы. Увечье, полученное рабочим или служащим, признается трудовым, если оно получено во время выполнения обычных служебных обязанностей, при совершении действий в интересах предприятия или учреждения, хотя бы работа эта была выполнена без поручения администрации, по дороге на работу или с работы домой. Трудовому увечью лиц медперсонала приравниваются заболевания холерой, тифом, скарлатиной, проказой, сибирской язвой, малярией или эпидемическим энцефалитом, полученными во время работы на эпидемии. У лиц ветеринарного персонала к трудовому увечью приравниваются заболевания сапом, бешенством или сибирской язвой. Под профессиональным заболеванием понимается такое заболевание, которое появляется в результате действий определенных профессиональных вредностей. Советским законодательством установлен самый обширный перечень (какого нет в социальном законодательстве ни одной буржуазной страны) профвредностей, при наличии которых то или другое заболевание (для примерного перечня профессий) считается профессиональным.

Однако, и при наличии всех указанных выше условий пенсия все же не может быть назначена, если инвалид лишен избирательных прав приговором суда. В указанном случае пенсия не может быть назначена лишь на срок, установленный приговором суда.

Пенсия по инвалидности, как общее правило, исчисляется из расчета среднего месячного заработка до перехода на пенсию, но не свыше, чем из расчета 300 рублей. Только рабочим и ИТР, занятым на подземных работах в угольной промышленности, если последняя подземная работа продолжалась непрерывно на одной шахте не менее 2-х лет и оставлена не ранее 1/VII 1933 г., а также лицам летно-подъемного состава и лицам по испытанию гражданских воздушных судов в воздухе при утрате трудоспособности в связи со служебным полетом максимум месячного заработка, из расчета которого исчисляется пенсия, повышается до 450 рублей. Нормы и размеры пенсии по инвалидности установлены в зависимости от группы инвалидности, причины наступления инвалидности, значения отрасли народного хозяйства, в которой работает инвалид, трудового стажа и вредности работ. С изменением группы инвалидности соответствующим образом изменяется размер пенсии. Установленный в одном месте размер пенсии не изменяется с переездом инвалида в другое местожительство.

Размеры пенсии по инвалидности в % отношении к среднему заработку за последний до наступления инвалидности год.

Категории работ		От общих заболеваний или не трудового увечья			От трудового увечья или проф. заболевания		
		1 гр.	2 гр.	3 гр.	1 гр.	2 гр.	3 гр.
I. Рабочие и ИТР подзем. и пр. вредн. работ. (вредн. работы по особ. перечню).	а) со стаж. до 10 л.	69	49	35	100	75	50
		—	—	—	—	75	—
	б) со стаж. 10—18 л.	Плюс 2% зараб. за кажд. год стажа сверх 10 лет до 18 л.			100	75	51% при наличии 18-летнего стажа.
	в) со стаж. выше 18—23 л.	Дополнительно 3% заработка за каждый год стажа сверх 18 л. до 25 лет.			100	Дополн. 3% за каждый год стажа свыше 21 г. до 23 л.	Дополнительно 3% зараб. за кажд. год стажа свыше 18 до 23 л.
II. Рабочие и ИТР ведущих отраслей промышленности.	а) со стаж. до 10 л.	68	48	34	100	75	50
	б) со стаж. 10—18 л.	Дополнительно 1% зараб. за каждый год стажа св. 10 л. до 18 л.			100	75	50
	в) со стаж. 18—25 л.	Дополнит. 2% зараб. за каждый год стажа свыше 18 л. до 25 л.			100	75	Дополнительно 2% за кажд. год стажа свыше 22 л. до 25 лет.
	Стаж свыше 25 лет не меняет размера пенсии.						
III. Рабочие и ИТР прочих отраслей промышленности и все служащ., занятые непосредственно на производстве.	а) со стаж. до 18 л.	67	47	33	100	75	50
	б) со стаж. 18—31 г.	Дополнит. 1% заработ. за каждый год стажа свыше 18 л. до 31 г.			100	75	50
	Стаж свыше 31 года не меняет размера пенсии.						
IV. Все прочие служащие.	а) со стаж. до 18 л.	67	47	33	100	75	50
	б) со стаж. 18—34 г.	Дополнит. ½% заработка за каж. год стажа свыше 18 л. и до 34 л.			100	75	50
	Стаж свыше 34 лет не меняет размера пенсии.						

Размеры месячной пенсии не могут превышать (в % к среднему заработку).

Категории работ	При инвалидности от общих заболеваний			При инвалидности от трудового увечья или профзаболевания		
	I гр.	II гр.	III гр.	I гр.	II гр.	III гр.
	В процентах					
I кат. . .	100	80	66	100	80	66
II кат. . .	90	70	56	100	75	56
III кат. . .	80	60	46	100	75	50
IV кат. . .	75	55	41	100	75	50

Размер месячной пенсии не может быть ниже для рабочих (с 1/IV 1932 г.).

	В ведущих отраслях промышленности		В прочих отраслях промышленности	
	I гр.	II гр. инв.	I гр.	II гр. инв.
Со стаж. не менее 10 л.	35 р.	25 р.	30 р.	20 р.
Со стажем 10 л. и выше	40 „	30 „	35 „	25 „

Если после назначения пенсии инвалид продолжает работать, то через

каждые два года работы пенсия повышается в соответствии с изменением трудового стажа. При назначении пенсии стахановцам и ударникам из числа рабочих и ИТР пенсия за каждый год ударной работы повышается на 3%, при чем это повышение может иметь место сверх максимума пенсии, указанного выше. Ударничество определяется профсоюзной организацией и администрацией по месту службы или работы. Инвалидам от общих заболеваний надбавка к пенсии за длительность трудового стажа назначается лишь при условии, если последняя до перехода на пенсию работа длилась непрерывно два года в одном предприятии или учреждении.

Инвалидам, работающим в качестве рабочих или служащих, пенсия выплачивается в таком размере, чтобы последняя вместе с заработком не превышала в общей сложности заработка инвалида до перехода на пенсию, независимо от размера последнего заработка, хотя бы он и превышал 300 р. в месяц.

Пенсия по инвалидности выплачивается со дня обращения за пенсией до дня смерти инвалида или до дня восстановления трудоспособности. На 1. VII 1935 г. инвалидов, получающих пенсию в порядке соцстраха, состояло по СССР 799.908, из них инвалидов I группы—5,5%, II группы—41,5% и III группы—52,6%.

б) *Пенсионное обеспечение по случаю потери кормильца.* Пенсия по случаю потери кормильца назначается семьям рабочих, служащих и пенсионеров независимо от причин потери кормильца (смерти или безвестного отсутствия). Семьи же работников, занятых на сезонных работах (сплавщики, рубщики леса, сезонные рабочие совхозов и т. п.) пользуются правом на пенсию лишь в случаях, когда потеря кормильца вызвана трудовым увечьем или профзаболеванием.

Правом на пенсию по случаю потери кормильца пользуются лишь следующие члены семьи, состоявшие на иждивении кормильца: 1) дети, братья, сестры и усыновленные, не достигшие 16-летнего возраста; 2) нетрудоспособные дети, братья, сестры, утратившие трудоспособность по достижении ими 16-летнего возраста; 3) родители, супруг, усыновители, нетрудоспособные или достигшие: мужчины 60-летнего возраста, а женщины—55-летнего возраста; 4) родители, супруг и усыновители, хотя и трудоспособные, но занятые уходом за детьми, братьями и сестрами кормильца, не достигшими 8-летнего возраста. Если дети находились на иждивении обоих родителей, то пенсия назначается по случаю потери каждого из родителей, независимо от степени иждивенства. Если же другие члены семьи находились на иждивении нескольких лиц, то пенсия назначается только по случаю потери того лица, на преимущественном иждивении которого член семьи находился.

Потеря кормильца от общих причин дает право на получение пенсии при наличии у кормильца трудового стажа той же длительности, какая требуется для получения права на пенсию по инвалидности от общих причин. Потеря кормильца от трудового увечья или профзаболевания дает право на пенсию независимо от длительности трудового стажа кормильца. Трудовой стаж кормильца исчисляется в том же порядке, как трудовой стаж инвалидов труда. Потеря кормильца независимо от причин дает право на пенсию, если потеря наступила в период работы, в период обеспечения по временной нетрудоспособности, в период обеспечения по инвалидности или не позже одного года со дня оставления работы или прекращения выплаты пособий по временной нетрудоспособности.

Безвестное отсутствие кормильца дает право на пенсию, если оно было установленно судом и если ходатайство в суд о признании безвестно отсутствующим имело место не позже двух лет со дня, по который кормилец получил зарплату, пособие или пенсию. Пенсия по случаю потери кормильца взрослым членам семьи может быть назначена, если обращение за пенсией имело место не позже двух лет со дня смерти или установления безвестного отсутствия кормильца. Пенсия младшим членам семьи может быть назначена, если обращение имело место до достижения ими 16-летнего

(или 18-летнего для учащихся) возраста.

Пенсия нетрудоспособным членам семьи назначается при условии наступления нетрудоспособности не позже двух лет со дня потери кормильца и отнесении их к одной из первых трех групп инвалидности.

Из престарелых членов семьи правом на пенсию, независимо от степени трудоспособности, пользуются лишь достигшие—мужчины 60 лет, а женщины 55 лет ко дню потери кормильца (смерти или установлению безвестного отсутствия).

Размеры пенсий по случаю потери кормильца установлены в зависимости от размера пенсии, на которую имел бы право кормилец семьи, как инвалид 2-ой группы, к моменту смерти или безвестного отсутствия, и числа нетрудоспособных членов семьи, подлежащих обеспечению. Пенсия по случаю потери кормильца назначается единая для всех членов семьи. В случае раздельного жительства членов семьи пенсия между ними делится поровну.

Размеры пенсий по случаю потери кормильца (в % отношении к размеру пенсии по 2 гр. инвалидности, на которую имел бы право кормилец семьи к моменту смерти или установления безвестного отсутствия).

Число членов семьи	Размеры пенсий
1	50%
2	75%
3	100%
4 и свыше	125%

Размер пенсии, на которую имел бы право кормилец семьи, устанавливается в зависимости от стажа работы, категории работы, на которой кормилец был занят, размера его заработка и причины смерти или безвестного отсутствия (общее заболевание, трудовое увечье или проф. заболевание). На 1/VII 1935 г. общее число семей, потерявших кормильцев и получающих пенсию в порядке социального страхования, достигло 681 тысячи.

в) *Пенсия по старости.* Правом на пенсии по старости, независимо от того, потеряна ли трудоспособность или нет, пользуются: 1. Рабочие всех отраслей народного хозяйства, в том числе рабочие учреждений. 2. Выдвиженцы и рабочие, перешедшие на должность служащих по выборам, если выдвижение или выборы произошли не ранее, чем за 5 лет до обращения за пенсией. 3. Инженерно-технические работники. 4. Летно-подъемный состав гражданского воздушного флота (летчики, летчики-наблюдатели, борт-механики и аэросъемщики). 5. Из служащих только те, которые занимали должности, дающие право на пенсию по старости наравне с рабочими (по особому списку).

Пенсия по старости назначается: а) рабочим, занятым на подземных или иных вредных работах, по достижении ими 50-летнего возраста при наличии у них 20-летнего стажа работы, в том числе не менее 10 лет на подземных или иных вредных работах; б) остальным рабочим и приравненным к ним: 1) мужчинам по достижении 60 лет при наличии 25-летнего стажа работы, 2) женщинам по достижении 55-летнего возраста при наличии 20-летнего стажа работы. Пенсии по старости выдаются в следующих размерах:

Категории работ	Размеры пенсий
I	60% заработка
II	55% „
III	50% „

Все лица, приравненные к рабочим, но не отнесенные к I и II категориям, получают пенсии по старости в размере 50% заработка.

Лицам, получающим пенсии по старости или имеющим право на такую пенсию и проработавшим после 1 марта 1931 года не менее 2 лет на работах, дающих право на пенсию по старости, пенсия повышается на 20%.

Деление пенсионеров по старости на категории, максимальный заработок, из расчета которого исчисляется пенсия по старости, надбавки за ударную работу и учет заработков пенсионеров старости производятся по тем же правилам, которые применяются к пенсионерам по инвалидности.

На 1/VII 1935 г. число рабочих и служащих, получающих пенсию по старости, составило 91 тысячу.

г) *Пенсионное обеспечение за выслугу лет* в порядке социального страхования регулируется постановлениями ЦИК и СНК СССР от 3/VII 1929 г., от

25/IX 1929 г., от 23/VII 1930 г. и 17/X 1933 г. („Соб. зак.", 1929 г., № 46, ст. 396, „Соб. зак.", 1932 г., № 63, ст. 582, „Соб. зак.", 1930 г., № 37, ст. 401, „Соб. зак.", 1933 г., № 63, ст. 378). Пенсионное обеспечение за выслугу лет распространяется на работников просвещения, на медицинских и ветеринарных работников, на агрономов сельских местностей и на работников летно-подъемного состава гражданского воздушного флота.

Из работников просвещения правом на пенсию за выслугу лет пользуются: 1) учителя школ I ступени и школ повышенного типа, 2) руководители изб-читален и библиотекари, 3) учителя низших сельско-хозяйственных школ в сельских местностях, 4) педагогический персонал детских домов и дошкольных учреждений, 5) преподаватели техникумов и профессионально-технических школ и учебно-производственных мастерских, 6) инструктора производственного обучения техникумов, профессиально-технических школ и учебно-производственных мастерских, 7) учителя учреждений по ликвидации неграмотности (школ, курсов и т. п., 8) районные и участковые инспектора, 9) преподаватели произв.-политехн. курсов и рабоче-технических школ, 10) зав. уч. частью, методисты и референты заочных курсов и 11) секретари райсоветовкульстроительства, школьные и дошкольные инструктора.

Из числа медицинских и ветеринарных работников пенсионное обеспечение за выслугу лет распространяется на занятых в учреждениях сельской медицинской и ветеринарной участковой сети: 1) врачей медицинских, зубных и ветеринарных, 2) фельдшеров медицинских и ветеринарных, фельдшериц и фельдшериц-акушерок, 3) медицинских сестер, окончивших медицинские техникумы или нормальные школы сестер Красного креста. Из числа агрономов пенсионное обеспечение распространяется: 1) на тех из них, которые оставили работу в сельской местности после 10/X 1930 г. Из числа работников летно-подъемного состава пенсионное обеспечение за выслугу лет распространяется на: 1) командиров воздушных судов и объединений, 2) пилотов всех категорий, 3) летчиков-наблюдателей, аэросъемщиков, аэронавигаторов, штурманов, бортовых механиков, мотористов и радистов. Из числа членов семьи лиц, пользующихся правом на пенсию за выслугу лет, правом на аналогичную пенсию пользуются те же, которые пользуются правом на пенсию по случаю потери кормильца.

Условия приобретения права на пенсию за выслугу лет. Как самим указанным работникам, так и их семьям, потерявшим кормильцев, пенсия за выслугу лет назначается после 25-летней службы этих работников, в том числе не менее 10 лет при советской власти, в перечисленных выше просветительных учреждениях или учреждениях сельской, медицинской и ветеринарной участковой сети. Стаж этот не должен быть непрерывным, а может складываться из отдельных периодов работы в указанных учреждениях, отделенных друг от друга значительными промежутками времени.

В 25-летний срок службы засчитываются также: 1) время пребывания в рядах Красной армии и флота, 2) время состояния на выборных советских и профессиональных должностях, 3) время отбывания наказания (на каторге, в ссылке, в тюрьме или крепости) по политическим преступлениям в дореволюционное время, а также время отстранения в дореволюционное время от педагогической работы за антиправительственную деятельность до поступления на другую работу, 4) время получения пособия по временной нетрудоспособности и безработице.

При исчислении стажа, дающего право на пенсию за выслугу лет, каждый год службы в отдаленных местностях, начиная с 1 октября 1927 г., работников, направленных туда на службу из неотдаленных местностей, приравнивается: а) в отдаленных местностях первого пояса—к одному году и восьми месяцам, б) в отдаленных местностях второго пояса—к одному году и трем месяцам.

Обращение за пенсией за выслугу лет никаким предельным сроком со дня оставления службы или накопле-

ния 25-летнего трудового стажа законом не ограничено.

Пенсия за выслугу лет работникам просвещения, медицинским, ветеринарным работникам и агрономам назначается в размере 50% их среднего месячного заработка за последние, до перехода на пенсию, 12 месяцев работы, но не свыше 150 руб. в месяц.

Медицинским, ветеринарным работникам, агрономам и работникам просвещения, продолжающим работу после 25 лет службы, пенсия за выслугу лет сокращается до такого размера, чтобы сумма пенсии и заработка не превышала средней месячной зарплаты пенсионера за последние 12 месяцев до назначения пенсии, однако, пенсионерам, остающимся на работе, дающей право на пенсию за выслугу лет, пенсия не может быть сокращена свыше чем на половину.

Работникам, направленным из неотдаленных местностей и прослужившим, начиная с 1 октября 1927 г., в отдаленных местностях 1-го пояса не менее 10 лет, пенсия выплачивается в двойном размере, а прослужившим, начиная с 1-го октября 1927 г., в отдаленных местностях второго пояса не менее 15 лет, — в полуторном размере.

Пенсия работникам летно-подъемного состава назначается при наличии стажа не менее 20-ти лет летно-подъемной службы ко дню увольнения из гражданского воздушного флота, независимо от того, переходит ли работник на другую работу или нет. В стаж летной работы включается время срочной или сверхсрочной службы в летно-подъемном составе военно-воздушных сил РККА из расчета 1 месяц службы за 2 месяца, а 1 месяц службы на театре военных действий засчитывается за 3 месяца. Время службы в гражданском воздушном флоте засчитывается в стаж, дающий право на пенсию, на следующих основаниях в зависимости от числа летных часов в течение года и рода авиации:

I. 1 год службы засчитывается	II. При наличии летных часов в течение года: а) на воздушных линиях	б) в летных отрядах тренировочных уч. заведений	в) в с.-х. авиации	г) на аэрофотосъемочных работах
1) за год	до 99 летн. час.	до 74 летн. час.	до 49 летн. час.	до 49 летн. час.
2) „ 1,25 г.	100—199 „ „	75—149 „ „	55—99 „ „	—
3) „ 1,5 „	200—299 „ „	150—299 „ „	100—199 „ „	50—99 „ „
4) „ 2,0 „	400 и свыше „	300 и свыше „	200 и свыше „	100 и свыше „

Один год службы в качестве летчика сдатчика или приемщика воздушных судов, а также один год службы летчика в научно-исследовательских учреждениях засчитывается в стаж за 2 года. Пенсия за выслугу лет летному персоналу назначается в следующих размерах: 1) при наличии 20-ти лет летной службы—50% средне-месячного заработка за последние 12 месяцев летной службы; 2) за каждый год летной службы сверх 20-ти лет пенсия повышается на 4%; 3) за каждый год летной службы сверх 25 лет пенсия повышается на 6%; 4) при наличии 30-ти и свыше лет летной службы пенсия выплачивается в размере 100% средне-месячного заработка до перехода на пенсию, исчисленного указанным выше порядком.

Пенсия за выслугу лет членам семей назначается в следующих размерах: 1) супругу 50% полной пенсии, которая причиталась бы самому кормильцу, а каждому из прочих членов семьи—25% этой пенсии. Но в общей сложности размер пенсии на всю семью не может превышать 100% полной пенсии, которая причиталась бы за выслугу лет самому кормильцу. Члену семьи, получающему пенсию и поступившему на работу, выплата пенсии

приостанавливается, если пенсия и заработок суммарно превышают 75 руб. в месяц.

Пенсия за выслугу лет назначается теми же органами, что и пенсия по инвалидности, за счет средств соц. страхования.

На 1/VII 1935 г. получали пенсию за выслугу лет 52,8 тыс. работников.

д) *Пенсионное обеспечение героев труда.* Пенсия в порядке страхования назначается за выслугу лет тем героям труда, которые утверждены в этом звании президиумом ЦИК СССР или ЦИК'ом соответствующей союзной республики по ходатайству ВЦСПС или соответствующего республиканского профсоюзного центра. В случае смерти или безвестного отсутствия героя труда пенсионное обеспечение за выслугу лет распространяется на тех же членов семьи его, которые пользуются правом на пенсию по случаю потери кормильца. Пенсия героям труда, имеющим 35-летний трудовой стаж, назначается в порядке соцстрахования, независимо от возраста, степени трудоспособности и имущественного положения, в размере $^3/_4$ среднего месячного заработка героя труда до перехода на пенсию. Героям труда, проработавшим по найму менее 35 лет, пенсия в указанном размере назначается лишь при условии отнесения их к одной из первых трех групп инвалидности. Героям труда, продолжающим работу по найму, пенсия выплачивается в половинном размере. Семье героя труда, потерявшей кормильца, пенсия выплачивается в зависимости от числа членов семьи в следующих размерах: при одном члене семьи—$^1/_3$ полной пенсии, причитавшейся самому герою труда, при двух членах семьи—$^1/_2$ полной пенсии, а при трех или более членах семьи—$^2/_3$ полной пенсии. Средний месячный заработок, из расчета которого исчисляется пенсия героям труда, устанавливается путем деления на три общей суммы заработка за три месяца до присвоения звания героя труда или до оставления работы по найму, если присвоение звания героя труда имело место после оставления работы по найму.

Обращение за пенсией для героев труда не ограничено никаким предельным сроком со дня присвоения звания героя труда.

Пенсия героям труда в полном или половинном размере выплачивается без учета их доходов и заработков, каковы бы ни были размеры и источники этих доходов и заработков. Пенсия героям труда назначается пожизненно со дня присвоения звания героя труда. Герой труда с момента лишения его этого звания ЦИК'ом СССР или ЦИК'ом союзных республик лишается права на пенсию. Пенсия героям труда назначается по месту их жительства и выплачивается в том же порядке, какой установлен для выплаты пенсии инвалидам труда.

Пенсионное обеспечение героев труда регулируется пост. ЦИК и СНК СССР от 27/VI 1927 г. ("Собр. зак.", 1927 г., № 45, ст. 456), 16/XII 1929 г. („Собр. зак.", 1930 г., № 1, ст. 1) и 22/VI 1930 г. („Собр. зак.", 1930 г.) и постан. Союз. Сов. Соц. Страхования от 10/V 1928 г., № 327 („Изв. НКТруда, 1928 г., №№ 22—23). На 1/VII 1935 г. обеспечивались пенсиями 2.338 героев труда.

Всего на выплату пенсий по линии социального страхования ассигновано на 1936 г. 1250,0 млн. руб.

3. *Обеспечение по безработице.* С Октябрьской пролетарской революции до 1930 года советское законодательство предусматривало широкое обеспечение безработных: денежное, натуральное и трудовое. С 1930 г., в виду полной ликвидации безработицы в СССР, законодательство по обеспечению безработных полностью отпало.

Б. Пенсионное обеспечение за счет соцстрахования и госбюджета.

а) *Персональные пенсии.* Обеспечение персональными пенсиями регулируется постановлениями ЦИК и СНК СССР от 30/V 1928 г. („Собр. зак.", 1928 г., № 35, ст. 315) и 20/IX 1929 г. („Собр. зак.", 1929 г., № 63, ст. 577), Положением ВЦИК и СНК РСФСР от 20/V 1930 г. („Собр. узак., 1930 г., № 25, ст. 325) и постановлением ЦИК и СНК СССР от 17 ноября 1933 г. (Собр. зак., 1933 г., № 67, ст. 403).

Персональные пенсии назначаются за особые заслуги перед республикой

в области революционной, военной, государственной, профессиональной, хозяйственной или культурной деятельности, советского строительства или в области науки, искусства и техники, а в случае смерти этих лиц—членам семьи. Безусловное право на персональные пенсии имеют: а) члены революционных партий, активно боровшихся за власть пролетариата; б) лица, удостоенные за свои героические подвиги или исключительные труды одного или нескольких орденов, установленных правительством СССР или союзной республики; лица, получившие от СНК звание народного артиста республики или заслуженного деятеля науки, искусства и техники.

Персональные пенсии могут назначаться: а) лицам, подвергавшимся репрессиям от царского или капиталистического правительства за активную подпольную революционную работу при условии, если эти лица не выступали против власти пролетариата; б) особо выдающимся деятелям в области военной, государственной, общественной, научной, технической и изобретательской деятельности, внесшим своей работой, произведениями и изобретениями особо ценный вклад в советскую культуру, науку и технику и содействовавшим укреплению советского государства; в) героям труда, удостоенным этого звания по постановлению президиума ЦИК СССР или союзных республик.

Персональные пенсии, как общее правило, назначаются особыми комиссиями при СНК союзных республик в составе председателя—наркома социального обеспечения, и членов—персонально утверждаемых СНК. В исключительных случаях персональная пенсия утверждается СНК СССР непосредственно. Персональные пенсии лицам нач. состава и рядового состава сверхсрочной службы РККА и курсантам школ военно-воздушных сил РККА назначаются НК Обороны совместно с ВКФ СССР.

Персональная пенсия назначается лицам, имеющим особые заслуги, при наступлении инвалидности одной из первых трех групп или по достижении мужчинами 55-летнего возраста, женщинами—50-летнего возраста. Размер персональной пенсии устанавливается в каждом отдельном случае в зависимости от степени нетрудоспособности пенсионера и числа находящихся на его иждивении членов семьи и от обычного заработка пенсионера до утраты трудоспособности. Однако, размер персональной пенсии не может превышать 500 руб. в месяц. Семьям персональных пенсионеров, потерявшим кормильца, пенсия также устанавливается индивидуально в каждом отдельном случае, но не свыше в общей сложности 500 руб. в месяц. Персональные пенсии нетрудоспособным пенсионерам назначаются пожизненно, несовершеннолетним — до достижения ими 18 ти лет, а учащимся до окончания учения, но не далее достижения ими 25-летнего возраста. При наличии у пенсионера заработка, превышающего вместе с пенсией 500 руб. в месяц, размер персональной пенсии соответственно понижается.

Расходы по персональным пенсиям, назначаемым СНК, покрываются за счет госбюджета. Персональные пенсии, назначаемые СНК СССР лицам, имеющим право на пенсию в порядке социального страхования, на 50% покрываются за счет средств соц. страхования. Расходы по персональным пенсиям, назначаемым СНК союзных республик, покрываются на 50% за счет республиканского бюджета и на 50% за счет средств соцстрахования.

б) *Академические пенсии.* Научные работники, преподаватели ВУЗ'ов, ВТУЗ'ов, рабфаков и приравненные к ним пользуются правом на пенсию за выслугу лет при наличии у них преподавательского или научного стажа не менее 25 лет или по достижении 65-летнего возраста и при наличии 10-летнего преподавательского или научного стажа. При наличии указанных условий пенсия назначается в размере оклада, установленного для штатных преподавателей с автоматическим повышением по мере повышения тарифа. Пенсия выплачивается пожизненно, независимо от наличия иных заработков у пенсионера. В случае наступления у преподавателей и научных работников инвалидности до достижения

65-летнего возраста, пенсия назначается в половинном размере при наличии 15-летнего стажа и в полном размере при наличии 20-тилетнего стажа преподавательской или научной работы. Пенсия за выслугу лет назначается пожизненно со дня обращения за пенсией и выплачивается без какого-либо учета доходов и заработков пенсионера. Тем работникам, на которых пенсионное обеспечение за выслугу лет впервые распространено с 1 октября 1929 г. при обращении за пенсией до 1 января 1930 г., последняя назначается с 1 октября 1929 г.

Пенсия за выслугу лет назначается членам семьи, потерявшей кормильца, со дня потери, если обращение имело место до истечения трех месяцев со дня потери, и со дня обращения, если последнее было по истечении трех месяцев с указанного дня. Несовершеннолетним членам семьи пенсия назначается до дня совершеннолетия (18 лет), а взрослым членам семьи пожизненно. Работники, получающие пенсию за выслугу лет, при наступлении инвалидности могут переходить на пенсию по инвалидности. Семьи, получающие пенсию за выслугу лет, могут в любое время переходить на пенсию по случаю потери кормильца.

Пенсия за выслугу лет научным работникам и преподавателям ВУЗ'ов, ВТУЗ'ов республиканского значения назначается комиссиями по персональным пенсиям при НКСО союзных республик. Расходы по этим пенсиям покрываются на 50% за счет средств соцстрахования и на 50% за счет госбюджета. Пенсия за выслугу лет научным работникам ВУЗ'ов, ВТУЗ'ов и научных учреждений союзного значения назначается НКФ СССР по представлению тех ведомств, в ведении которых указанные учреждения находятся.

Обеспечение научных работников за выслугу лет регулируется пост. ЦИК'а и СНК СССР от 21/XII 1928 г. („Собр. зак.", 1929 г., № 3, ст. 20), положением СНК РСФСР от 16/III 1930 г. („Собр. зак.", № 16, ст. 200) и инструкцией НКФ СССР от 17/I 1929 г., № 253 („Инстр.", № 17).

В. *Обеспечение трудящихся за счет госбюджета.*

а) *Пенсионное обеспечение писателей и работников изобразительных искусств* (Пост. ВЦИК и СНК РСФСР от 30/XI 1930 г. и от 30/XI 1931 г.). Правом на пенсию как писатели и работники изобразительных искусств пользуются: состоящие членами профсоюзов авторы художественных, литературных или музыкальных произведений, литературные и художественные критики, искусствоведы, авторы произведений и деятели изобразительных искусств.

Пенсия назначается при наличии следующих условий: 1. Наступлении стойкой нетрудоспособности или достижении 60-летнего возраста. 2. Наличии не менее 10 лет творческой деятельности при советской власти, являющейся главным источником средств к существованию. В отношении авторов произведений изобразительных искусств требуется еще наличие общего стажа художественной работы не менее 20 лет.

Писателям и работникам изобразительных искусств, ставшим нетрудоспособными до истечения 10 лет творческой деятельности, пенсия назначается при наличии у них стажа творческой деятельности не менее 5 лет, если ими созданы произведения, являющиеся ценным вкладом в советскую художественную литературу, изобразительные искусства или музыку.

Если инвалидность писателя или работников изобразительных искусств вызвана увечьем, возникшим в связи с творчеством, то пенсия назначается независимо от длительности стажа творческой деятельности. Пенсия назначается в размере среднего месячного заработка за последние три года до возникновения права на пенсию, при чем размер этот не может превышать 150% размера месячной зарплаты по высшей ставке ответполитработников по первому тарифному поясу.

В случае смерти или безвестного отсутствия писателя или работника изобразительных искусств правом на пенсию пользуются те же члены семьи, какие указаны выше в отношении потерявших кормильцев членов семей рабочих и служащих. Пенсия супругу

назначается в размере 50%, прочим в размере 25% оклада пенсии, которую получал или на которую имел право кормилец семьи, причем общая сумма пенсии всех членов семьи не может превышать 100% полного оклада умершего кормильца. Пенсия назначается Комиссией при НКСО по назначению пенсии научным работникам по заявлению заинтересованных лиц или общественных организаций советских писателей или работников изобразительных искусств через НКПрос, который со своим заключением направляет эти заявления в НКСО.

б) *Обеспечение начальствующего состава и рядового состава сверхсрочной службы в РККА и военизированной охраны.* Обеспечение пенсиями и пособиями лиц начальствующего и рядового состава сверхсрочной службы РККА и военизированной охраны осуществляется народным комиссариатом обороны в порядке и по нормам, предусмотренным постановлениями ЦИК и СНК СССР от 21/II 1931 г. („Собр. зак.", 1931 г., № 11, ст. 118—119) и от 13/VIII 1931 г. („Собр. зак.", 1931 г., № 59, ст. 533).

В порядке этих постановлений обеспечиваются: а) лица начсостава и сверхсрочной службы в РККА, состоявшие в кадрах или в резерве на 1/I 1931 г. или после этого срока, ставшие инвалидами в связи с выполнением обязанностей военной службы в сборах, проводимых после 1/I 1931 г., или получавшие к 1/I 1931 г. уже пенсию; б) лица военизированной охраны (сторожевой и пожарной), состоявшие на службе в охране к 1/I 1932 г. или после этого срока; и в) семьи указанных лиц.

Пенсионное обеспечение оказывается: а) по инвалидности, б) за выслугу лет, в) по случаю потери кормильца и г) за особые заслуги.

Пенсия по инвалидности назначается: а) независимо от причин потери трудоспособности, но при наличии 10-летней выслуги в рядах РККА или военизированной охраны, если инвалидность отнесена к одной из первых 4-ех групп.

б) При инвалидности не ниже 4-й группы и отсутствии 10 лет выслуги лишь в случаях потери трудоспособности в связи с прохождением службы в рядах РККА или военизированной охраны. Пенсия по инвалидности выплачивается в следующем размере (в %% к основному и дополнительному окладам):

Причина инвалидности	Группа инвалидности: I	II	III	IV
1. Инвалидность в связи с прохождением службы	100%	75	50	25
2. Инвалидность, не связанн. с прохождением службы	70%	50	35	25

Если инвалидность наступила в период службы в кадрах или резерве при наличии 10 лет выслуги в рядах РККА или военизированной охраны, пенсия повышается на 10% основного и дополнительных окладов. За каждый год выслуги сверх 10 лет пенсия повышается на 1%, сверх 15 лет—на 2%, сверх 20 лет—на 4% и сверх 25 лет—на 6% основного и дополнительного окладов. В отдаленных местностях республики пенсия дополнительно повышается на 10% окладов.

Размер пенсий по инвалидности не может быть ниже:

Группы инвалид.	В отдаленных местностях	В прочих местностях
I	50 р. в м-ц	40 р. в м-ц
II	40 „ „ „	30 „ „ „
III	30 „ „ „	20 „ „ „

Пенсия за выслугу лет в РККА и военизированной охране назначается уволенным в долгосрочный отпуск, в запас или вовсе от службы при наличии ко дню увольнения выслуги в РККА или военизированной охране 20 и более лет.

При исчислении сроков выслуги 1 месяц службы считается: а) в отрядах и дружинах Красной гвардии за 4 месяца; б) в РККА на театре военных действий, при ликвидации контрревол. выступлений и бандитизма, в красных партизанских отрядах или органах ВЧК во время гражданской войны за три месяца; в) в частях РККА в особо отдаленных местностях, в летно-подъемном составе, в химических частях, в заставах пограничных войск и в частях, несущих пограничную службу, в траншеях и подводных лодках или в качестве водолазов — за два месяца; г) в ча-

*

стях РККА в отдаленных местностях или в пограничных войсках НКВД на должностях выше начальника заставы — за полтора месяца. Лицам, награжденным орденом Союза ССР или почетным революционным оружием, каждые 8 месяцев выслуги считаются за год. Пенсия лицам, имеющим выслугу в 20 лет, установлена в размере 50% основного и дополнительного окладов. За каждый год выслуги сверх 20 лет размер пенсии увеличивается на 4%, а за каждый год сверх 25 лет — на 6% оклада, но в общей сложности пенсия не может превышать 100% оклада. Военнослужащие старой армии, поступившие в РККА не позднее 31/XII 1918 г. на должности нач. состава и прослужившие до 1/I 1931 г., в случае увольнения до 1/I 1932 г. и достижения 50-летнего возраста получают пенсию в размере 50% оклада; в случае увольнения после 1/I 1932 г. получают дополнительно за каждый год службы после 1931 г. 3% оклада. Если указанные лица к 1/I 1931 г. не достигли 50 лет, то пенсия за выслугу назначается в размере 40% оклада; за каждый год службы после 1/I 1932 г. пенсия в течение 5 лет повышается на 2%, а за каждый год последующей службы сверх пяти—на 4% оклада.

Пенсия по случаю потери кормильца назначается тем же членам семьи начсостава и рядового состава сверхсрочной службы в РККА и военизированной охране, которые указаны выше в отношении потерявших кормильца семей рабочих и служащих. С особого разрешения наркома обороны пенсия может назначаться детям, братьям и сестрам умершего кормильца после достижения ими 18-летнего возраста, если они не имеют права на пенсию в порядке соцстраха.

Размер пенсий в зависимости от числа членов семей, срока выслуги умершего кормильца, условий и причин смерти колеблется от 100% основного и дополнительных окладов содержания кормильца на трех и более членов семьи при наступлении смерти кормильца в связи с прохождением военной службы или после выслуги 25 и более лет, до 35% окладов содержания на одного члена семьи, если смерть кормильца не была связана с прохождением военной службы.

Все виды пенсий лицам начсостава и сверхсрочной службы в РККА и их семьям назначаются Главным управлением РККА, при чем тем военнослужащим, право которых на пенсию установлено одновременно с увольнением из рядов РККА, а также семьям умерших в рядах РККА пенсия назначается без заявления с их стороны.

в) *Обеспечение инвалидов гражданской войны и военной службы в рядах РККА.* Пенсионное обеспечение инвалидов войны и военной службы, а также семей этих лиц, потерявших кормильца, проводится за счет средств местного бюджета местными органами социального обеспечения и регулируется постановлением ЦИК и СНК СССР от 31 янв. 1937 г. („Соб. зак.", № 9, 1937 г., ст. 30) и законодательством союзных республик.

Пенсия назначается: а) инвалидам гражданской войны и лицам, утратившим трудоспособность вследствие заболевания, полученного при прохождении ими военной службы в РККА, если только инвалидность наступила не позднее года со дня увольнения с военной службы; б) лицам командного состава РККА, участвовавшим в гражданской войне, красногвардейцам и красным партизанам, независимо от времени и причины наступления нетрудоспособности.

Денежная пенсия выдается инвалидам первых 2-х групп инвалидности. Размеры месячных пенсий различаются для лиц, имеющих сельское хозяйство, и для лиц, не имеющих сельского хозяйства.

По случаю потери кормильца пенсия назначается тем же иждивенцам кормильца, какие указаны выше в отношении членов семей рабочих и служащих, потерявших кормильца.

Инвалиды-пенсионеры получают семейную надбавку: при наличии 1-го нетрудоспособного иждивенца пенсия повышается на 20%, 2-х — на 30%, а 3-х и более иждивенцев — на 40%.

С 1 января 1937 г. установлены следующие нормы пенсий:

	не имеющим сельского хозяйства	имеющим сельское хозяйство
I. Инвалидам:		
а) 1-й группы	45 рублей	40 рублей
б) 2-й „	45 „	25 „
II. Семьям, потерявшим кормильца:		
а) с 3-мя и более нетрудоспособными членами семьи	45 „	25 „
б) с 2-мя нетрудоспособными членами семьи	35 „	20 „
в) с 1-м нетрудоспособным членом семьи	25 „	15 „

Указанные размеры пенсий в связи с отменой хлебных карточек включают и надбавку. Семейные надбавки выплачиваются инвалидам-пенсионерам лишь в тех случаях, когда нетрудоспособные члены семьи состоят на их иждивении и проживают совместно с ними. Инвалидам из числа бывших красноармейцев и красных партизан и членам их семей указанные размеры пенсий могут быть повышены на 25% комиссиями по назначению пенсий при горсоветах и райисполкомах.

Г. *Обеспечение трудящихся в порядке взаимного страхования и взаимопомощи.* В СССР в порядке взаимного страхования и взаимопомощи обеспечиваются участники промкооперации теми же видами пособий и пенсий, какими обеспечиваются рабочие и служащие в порядке социального страхования, за счет взносов, уплачиваемых артелями за своих членов без вычета из заработка последних. Только кустари-одиночки, не состоящие членами артелей, уплачивают страховые взносы за счет своего заработка.

I. По временной нетрудоспособности пособия участникам промкооперации выдаются в тех же случаях, как рабочим и служащим. Пособие выдается, независимо от длительности стажа работы, при временной нетрудоспособности, вызванной болезнью, карантином или уходом за больным членом семьи, за исключением участников, занятых на сезонных работах. Последним при временной нетрудоспособности, вызванной общим заболеванием, пособие назначается лишь при наличии трехмесячного стажа работы до заболевания. Пособие по временной нетрудоспособности в связи с беременностью и родами назначается участницам промкооперации лишь при наличии 6-месячного непрерывного стажа работы до дня освобождения от работы по беременности. Пособие по временной нетрудоспособности выдается участникам и участницам промкооперации в течение тех же сроков, какие указаны нами выше для рабочих и служащих. Пособие исчисляется из расчета месячного оклада, установленного для оплачиваемого повременно участника ко дню утраты нетрудоспособности; из расчета фактического заработка за два последних календарных месяца до месяца утраты трудоспособности, если участник или участница промкооперации оплачивается сдельно или аккордно. Полное поденное пособие (100%) устанавливается путем деления указанного выше заработка на число календарных рабочих дней в течение срока, за который взят заработок участника. Пособие выдается за все пропущенные на работе календарные рабочие дни вследствие

временной нетрудоспособности. Пособие выдается в следующих размерах (в % к среднедневному заработку участника):

Категория участников	Продолжительность трудового стажа				
	Свыше 3-х лет	Свыше 2-х лет	Свыше 1½ л.	Свыше 1 года	Менее 1 г.
1) Кооперированные кустари, занятые в коллективизированном производстве физическим трудом	100% — с первого дня нетрудоспособности	75% за первые 15 календарных дней и 100% за остальные дни	67% за первые 20 календарных дней и 100% за остальные дни	67% за все время нетрудоспособности	50% за первые 30 календарных дней и 67% за остальное время
2) Кооперированные кустари, занятые в коллективизированном производстве не физическим трудом или в неколлективизированном производстве любым трудом	75% за первые 15 календарных дней и 100% за остальное время	75% за первые 15 календарных дней и 100% за остальное время	67% за первые 20 календарных дней и 100% за остальное время	67% за все время нетрудоспособности	50% за первые 30 календарных дней и 67% за остальное время
3) Некооперированные кустари, страхующиеся в кассе взаимного страхования и взаимопомощи	67% за все время нетрудоспособности	67% за все время нетрудоспособности	67% за все время нетрудоспособности	67% за все время нетрудоспособности	50% за первые 30 календарных дней и 67% за остальное время

II. Пенсионное обеспечение: а) *Пенсия по инвалидности* назначается при условии отнесения врачебной экспертизой участника промкооперации к одной из первых трех групп инвалидности и наличии у кооперированного кустаря стажа работы физическим трудом в коллективизированном производстве не менее:

Возраст	До 20 лет	20—22	22—25	25—30	30—35	35—40	40—45	45—50	Свыше 50 лет
Стаж работы	Независ. от стажа	1 г.	2 г.	3 г.	4 г.	5 лет	7 лет	9 лет	10 лет

Пенсия по инвалидности, вызванной трудовым увечьем или профзаболеванием, назначается всем участникам промкооперации, независимо от длительности стажа работы.

При исчислении стажа работы для назначения пособия или пенсии и определения размера последних за основу исчисления берется месяц физической работы в коллективизированном производстве, причем месяц физической работы в коллективизированном производстве: в возрасте до 18 лет, в важнейшем промысле, по ведущей профессии любого промысла, на подземных и особых работах или работы ударником приравнивается к 1,5 мес. работы. Каждые 1,5 мес. работы умственного и конторского труда и каждые 2 месяца работы некооперированного, но застрахованного кустаря приравниваются к 1 мес. физической работы. Однако, работа некооперированного кустаря не включается в стаж при назначении пенсии.

Размеры пенсии установлены следующие (в % отношении к среднему за последние 12 месяцев до наступления инвалидности месячному заработку участника):

Категории участника	Группы инвалидности					
	От общих причин			От увечья или профзаболевания		
	I гр.	II гр.	III гр.	I гр.	II гр.	III гр.
1. Со стажем до 10 лет физического труда в коллективизированном производстве . . .	66	48	35	100	75	50
2. Со стажем свыше 10 лет, но менее 18 лет	За каждый год стажа свыше 10 лет пенсия повышается на 1% заработка.					
3. Со стажем свыше 18 лет	За каждый год стажа свыше 18 лет пенсия повышается на 2% заработка.					

б) *Пенсия по старости* назначается лишь участникам промкооперации, занятым физическим трудом в постоянно действующем коллективизированном производстве и приравненным к рабочим в отношении льгот специальными постановлениями правительства, и отдельным категориям трудящихся (члены ИТС, главные бухгалтера или заменяющие их старшие бухгалтера и т. п.), по достижении мужчинами 60 лет, а женщинами 55 лет, при наличии стажа работы не менее 25 лет для мужчин и 20 лет для женщин. Пенсия по старости выдается в размере 55% заработка, при чем за каждый год стажа сверх 25 лет в ведущей профессии прибавляется 1%, а на подземных работах 2%, но общий размер пенсии не может превышать 55% заработка для занятых в ведущих профессиях и 60% для занятых на подземных работах. Участникам промкооперации, занятым физическим трудом в течение 35 лет, в том числе не менее 10 лет в постоянно действующем предприятии коллективизированного производства, и признанным соответствующими инстанциями героями труда промкооперации, назначается пенсия в размере 75% заработка без ограничения максимума.

в) *Пенсия по случаю потери кормильца* назначается членам семей участников промкооперации, получавших пенсию или имевших ко дню смерти право на пенсию по инвалидности, в следующих размерах (в % отношении к среднему заработку кормильца):

Колич. член. семьи	При смерти от общ. причин	При случаях смерти от увечья или профзаболевания
1	25%	30%
2	40%	65%
3	50%	75%
4 и более	65%	90%

Максимальный размер среднего месячного заработка, из расчета которого исчисляются размеры пенсий, не может превышать 300 руб. Размеры пособий и пенсий, подлежащих выдаче участникам промкооперации, занятым в неколлективизированном производстве, или их семьям, потерявшим кормильцев, снижаются на 10%, а в отношении некооперированных кустарей и их семей снижаются на 20%. Пособия участникам промкооперации назначаются и выплачиваются артелью по месту работы участника, а некооперированным кустарям—районной страхкассой по месту жительства. Пенсия всем участникам назначается и выплачивается районной или межрайонной кассой по месту жительства.

На 1934 г. по бюджету касс взаимного страхования предусмотрено было на выплату пособий по временной нетрудоспособности 36 млн. руб., на выплату пенсий—6,5 млн. руб., на дополнительные пособия—4,9 млн., на медицинскую и профилактическую помощь—61,9 млн. руб. и на соц.-бытовое обслуживание застрахованных и их детей—41,8 млн. руб.

Обеспечение участников промысловой кооперации регулируется постановлением президиума совета взаимного страхования и взаимопомощи

промысловой кооперации от 19 апр. 1933 г., № 1 („Положение о денежных видах обслуживания, предоставляемых в порядке взаимного страхования и взаимопомощи участникам промкооперации", издание Всесоюзного Кооперативного Издательства, 1934).

Все пенсионеры, обеспечиваемые в порядке соц. страхования, гособеспечения, взаимного страхования или взаимопомощи, пользуются правом на дополнительные пособия по случаю рождения ребенка и на случай смерти по установленным для каждой категории нормам.

Пенсионеры, имеющие право на пенсионное обеспечение по нескольким основаниям, могут получать лишь одну пенсию по выбранному ими основанию.

Справочная литература: „Справочник по соц. страхованию" (изд. 2-е. Издательство Ленсовета. 1934); „Назначение и выдача пособий по соцстраху" (Профиздат, 1934); „Правила о пособиях по соцстрахованию" (Профиздат, 1934); „Законодательство по социальному обеспечению" (Издание НКСО РСФСР, 1934); „Положение о денежных видах обслуживания, предоставляемых в порядке взаимного страхования и взаимопомощи участникам промкооперации" (Всесоюзное Кооперативное Объединенное Издательство, 1934, Москва); „Пособия и пенсии по взаимному страхованию" (издание 1934 г., Всесоюзное Кооперативное Объединенное Издательство). „Пенсии по социальному страхованию", составили *Р. Кац* и *Н. Сорокин* (1935); „Социальное страхование", составили *Р. Кац* и *Н. Сорокин* (1936); „Пособия и пенсии по взаимному страхованию", *В. Караваев* и *Р. Кац* (1934); „Денежные виды обслуживания в системе взаимного страхования и взаимопомощи промкооперации", *Р. Кац* (1934). *Б. Гутерман.*

III. *Финансовая система социального страхования в капиталистических странах.* 1. Общие основы. Математико-страховые обоснования. Математико-страховые обоснования бюджета отдельных отраслей социального страхования в разных странах не имеют строго выдержанной научной системы. Частично эти построения базируются на математико-страховых основах, заимствованных из учения о частном страховании. В большинстве более новых исследований и руководств, посвященных страховой математике, делаются попытки провести линию водораздела между теорией частного и социального страхования с точки зрения математических вычислений, но они оказываются несостоятельными. Наиболее важными моментами, отличающими социальное страхование от частного, с точки зрения страховой математики, являются: а) принцип принудительности, обязательности; б) бессрочно-долгий, практически - „вечный" период существования социального страхования на будущее время и вытекающие отсюда возможности переложения тяжести обязательств на будущие поколения: в) большой круг обеспечиваемых, создающий значительно более прочную базу для страхования, чем это имеется в частном страховании, и в то же время вынуждающий отказаться от индивидуальных счетов отдельных застрахованных лиц (вследствие, будто бы, невозможности их вести для многомиллионных масс) и от далеко идущей дифференциации страховых премий по возрастам и степеням риска, в связи с состоянием здоровья и пр. В действительности, однако, эти основные отличия социального страхования от частного с точки зрения математики не выдерживают критики. Соц. страхование охватывает большой круг обеспечиваемых и создает, конечно, своеобразие всей финансовой системы страхования. Но этот момент не является принципиально присущим только социальному страхованию в отличие от частного. Достаточно указать на громадную армию застрахованных в частных обществах страхования жизни в США. Невозможность вести личные счета из-за слишком большой дороговизны аппарата при миллионных массах застрахованных в социально-страховых учреждениях также не может служить аргументом; в крупнейших больничных кассах Германии сложность делопроизводства с индивидуальным начислением взносов и с ведением личных карт каждого застрахованного практически опровергает это утверждение. Наиболее существенным является признание обязательного и „вечного" характера социально-страховых институтов. Но и в этом отношении нет никакой гарантии незыблемости финансовой системы социально-страховых институтов капиталистического мира.

С точки зрения математики соц. страхования отдельные отрасли его представляют собою весьма значительные различия. Сравнительно элементарными, несложными являются построения, требующиеся для обоснования финансовой системы обеспечения по временной нетрудоспособности (болезнь, роды). В этой отрасли приходится иметь дело с кратковременными „рисками", завершающимися, как правило, в пределах одного года. В противоположность этому математико-страховые обоснования финансовой системы страхования инвалидности и старости весьма сложны и ответственны и связаны с построением гипотез развития численности застрахованных на несколько десятилетий вперед. Что касается страхования на случай безработицы, то в этой отрасли теоретическая математико-страховая база проработана очень слабо (о чем свидетельствует последний, X-ый междунар. конгресс актуариев в Риме в мае 1934 г.). Слабость теоретической базы заключается не в недостатке актуарных возможностей, а в непонимании действительной природы безработицы в условиях капитализма.

В большинстве капиталистических стран соц. страхование вводилось в жизнь постепенно, по отдельным отраслям. Для математико-страховых обоснований финансов проектируемого соц. страхования в данной стране отсутствуют необходимые статистические данные о размерах „социального риска" для всей массы, подлежащей страхованию. Поэтому страховая математика вынуждена пользоваться в своих построениях для законопроекта либо наблюдениями, почерпнутыми в частном страховании в добровольных страховых институтах той же страны, либо в специальных действующих уже для отдельных категорий аналогичных страховых учреждениях, напр. пенсионных кассах железнодорожников, горнорабочих в данной стране. Наконец, в странах, где вводится социальное страхование с большим опозданием, актуарии пользуются материалом из практики другой страны, в которой накоплены многолетние наблюдения в социально-страховых органах. Так, французский проект 1923—1928 гг. базируется на материалах австрийской статистики заболеваемости и германской статистики инвалидности. Равным образом, польский проект пенсионного страхования (1934) базируется на германских данных. Вполне понятно, что при таких предпосылках актуарные построения, как бы они ни были тонко разработаны, не могут претендовать на большую точность. Фактическое развитие финансов соц. страхования обычно более или менее значительно отклоняется от математико-страховых исчислений.

Финансовый строй соц. страхования по временной нетрудоспособности, по безработице, на случай смерти обычно базируется на „раскладочной" системе покрытия средств; наоборот—в страховании инвалидности, старости, вдовства и сиротства обычно применяются капитализационные системы. Во французском законодательстве имеется даже соответствующая терминология: риски распределения (годичной раскладки) и риски капитализации. Однако, это не является ни теоретически, ни практически общим правилом.

I. Временная нетрудоспособность (болезнь и материнство). Для построения бюджета соц. страхования на случай болезни требуется определить: а) средне-годовую сумму денежных пособий, б) стоимость врачебной помощи (медиц. помощи) и в) стоимость административного аппарата. По данным фактического страхового бюджета Германии денежные пособия, медицинская помощь и административный аппарат имели такой удельный вес в общем расходном бюджете страхования на случай болезни:

	1929 г. % к итогу:	1933 г. % к итогу:
Денежные пособия по болезни, материнству и смерти	41,5	28.3
Медиц. помощь застрахованным и членам семей	51.0	61,0
Администр. и проч. расходы . . .	7,5	10,7
Всего . .	100,0	100,0

В 1933 г. соотношения из-за кризиса и небывалого нажима на законодательные нормы пособий не характерны. Но и в 1929 г., при более нормаль-

ных условиях, оказывается, что денежные пособия в социальном страховании на случай болезни в Германии берут всего около 40% расходного бюджета, а медпомощь свыше 50%. В британском соц. страховании соотношения существенно иные:

	Состав расходов 1929 г. 1933 г. Включая пенсии инвалидам		В %% к итогу 1929 г. 1933 г. без пенсий инвалидам	
Денежные пособия	61,9	58,5	53,3	50,4
Медпомощь	25,5	26,6	30,5	31,7
Администр. расход	13,5	14,9	16,2	17,9
	100,0	100,0	100,0	100,0

В британском страховании на случай болезни, которое организационно объединено со страхованием длительно болеющих и обеспечением инвалидности, денежные пособия составляют около 60% расходного бюджета, медиц. помощь около четверти и администр. расход 14—15%. Если даже исключить пенсии вместе с пособиями длительно болеющих свыше 26 недель (они неотделимы одни от других), то расход на денежные пособия превышает 50% всего расходного бюджета, медпомощь берет 31—32%, администр. расход достигает 16—18%. Нормы денежных пособий в отношении к зарплате в Британии еще ниже, чем в Германии. Поэтому высокая доля расходов по денежным пособиям и низкий % расходов на медиц. помощь в Британии должны быть объяснены значительно худшей постановкой врачебн. помощи в Англии и большей ее дороговизной в Германии. Все эти обстоятельства плохо учитываются (или не могли быть учтены) страховыми математиками буржуазной актуарной науки.

Для определения потребных средств на денежные виды обеспечения (денежные пособия) при заболеваниях с утратой трудоспособности страховая математика должна опираться на коэффициенты заболеваемости с утратой трудоспособности по возрасту (и полу), выраженные в днях нетрудоспособности на 1 застрахованного в соотв. возрасте в год (K_x). Существует множество таблиц возрастной заболеваемости (в днях), построенных страх. математиками (начиная с английских таблиц 1824 года, построенных на базе англ. добровольных обществ — Highland Society).

При построении математических обоснований английского законопроекта по страхованию болезни (акт 1911 г.) для расчетов сумм пособий по временной нетрудоспособности были применены так наз. таблицы манчестерских обществ взаимопомощи 1893/97 гг., при чем показатели нетрудоспособности даны в неделях на 1 застрах. в год (вместо дней на 1 застрах., принятых во всех других странах). С добавлением сделанного нами пересчета на дни эта таблица имеет след. вид:

Возраст	На 1 застрах. мужск. пола приходится в год нетрудоспособности: Недель	Дней (рабочих)
16—19	0,92	5,52
20—24	0,79	4,74
25—29	0,80	4,80
30—34	0,85	5,10
35—39	0,94	5,64
40—44	1,07	6,42
45—49	1,23	7,38
50—54	1,47	8,82
55—59	1,83	10,98
60—64	2,30	13,80

При построении расчетов для французского закона о социальном страховании (1928—1930 гг., вошедшего в силу с 1930 г.) процедура исчислений расходов по временной нетрудоспособности сводилась к следующему: а) установлена общая численность застрахованных (8,7 млн. чел.); б) сделано распределение этого числа по полу и возрасту на основании имеющихся сведений (демографические материалы); в) исчислена средняя зараб. плата застрахованных, и выведен фонд зараб. платы (в начале парламентской дискуссии он определен на 1923 г. в размере 38,3 млрд. франков и в такой сумме и положен в основу расчетов; на 1930 г. он установлен сенатск. комиссией в 55 млрд. фр.); г) размеры риска установлены по австрийским таблицам 1906—1910 гг., так как только этот материал давал массовые современные наблюдения в возрастном разрезе. Показатели заболеваемости, принятые в основу французского законопроекта, таковы (число дней на 1 застрахов. в год):

Возраст	Мужчины	Женщины (без родов)	Оба пола (средняя взвешенная)
До 20 л.	8,0	7,0	7,6
20—24	7,7	8,0	7,8
25—29	7,8	8,4	8,0
30—34	8,3	8,5	8,4
35—39	8,9	8,7	8,8
40—44	9,6	9,2	9,5
45—49	10,9	10,5	10,8
50—54	12,4	11,9	12,2
55—59	14,8	12,6	14,0

д) при помощи этих показателей и опираясь на исчисленное абсолютное количество застрахованных соотв. возраста, установлено абсолютное число дней болезни, подлежащих оплате в год — 77,9 млн. дней; стоимость пособия по этим дням болезни, исходя из соответств. данных о зар. плате, определяется в 570 млн. франков в год, что по отношению к фонду зарплаты 38,3 млрд. фр. составит 1,49%; е) но австрийское законодательство обеспечивает пособие с 3-го дня, французское же с 6-го дня болезни; скидка на 3-й, 4 и 5-й дни, согласно имеющихся таблиц, определяется в 10% и, так. обр., ставка взноса по отношению к зарплате должна быть снижена: 1,49—0,15 = 1,34%. За этой скидкой 3—5 дня болезни абсол. число оплачиваемых дней болезни вместо 77,9 млн. определится в 70,1 млн. дней, что по отношению к 8,74 млн. застрахованных дает 8,0 дней на 1 застрах. в год, подлежащих оплате по франц. закону. Так как норма пособия составляет 50% зарплаты, то на 1 застрах. в год получается $8{,}0 \times 0{,}5 = 4{,}0$ дня оплаты полным 100% заработком; по отношению к 300 рабочим дням получаем $4 \times 100 : 300 = 1{,}33$%, т.-е. почти ту же величину, что показана выше (1,34%); ж) надлежит еще установить стоимость натуральных пособий. Французские актуарии за отсутствием чего-либо лучшего применили нормы стоимости медиц. помощи эльзас лотарингских страх. учреждений (наследованных от германского соц. страх.) и приняли расход на медпомощь в 9 франков за день болезни; помножение этой ставки на число дней болезни самих застрахованных и членов их семей (всего 100,5 млн. дней) дает сумму затрат на медпомощь 904,4 млн. фр., что по отношению к фонду зараб. платы (38,3 млрд. фр.) составляет 2,36%. Но так как франц. закон предусматривает оплату самим заболевшим застрахованным 15% стоимости медпомощи, то на долю бюджета соц. страхования остается 85% от исчисленной ставки 2,36% к зарплате на медпомощь, т.-е. 2,0% к заработку; з) так. обр. суммарный расход на пособия денежные и натуральные определяется в $1{,}34\% + 2{,}0\% = 3{,}34\%$ зарплаты (не считая админ. расходов и некот. других надбавок).

Среди таблиц заболеваемости по возрасту и полу в капиталистич. странах, которые могут быть применяемы для математико-страховых построений, следует отметить: а) лейпцигские таблицы 1887—1905 гг., б) шведские таблицы; в) чехословацкие 1929—1930 гг., г) английские 1921—1927 гг., д) германские 1930—33 гг. и др.

Таблицы заболеваемости по возрасту и полу. Число дней нетрудоспособности на 1 застрахованного соотв. возраста в год.

1. Лейпциг 1887—1905 гг.

Возраст	Мужчины		Женщины	
	Обязат. страх.	Добров. страх.	Обязат. страх.	Добров. страх.
До 15 л.	5,95	16,39	5,36	14,98
15—19	6,17	28,37	7,54	23,75
20—24	6,57	42,33	9,55	23,89
25—29	7,08	26,58	12,05	23,67
30—34	8,14	21,15	13,95	26,27
35—39	9,41	22,94	14,65	24,53
40—44	10,88	24,88	14,53	23,23
45—49	12,43	28,93	14,98	20,27
50—54	14,56	31,42	14,90	23,34
55—58	17,05	36,42	14,56	26,68
60—64	20,69	41,49	16,32	31,55
65—69	27,60	43,58	23,73	31,53
70—74	34,56	45,17	25,31	35,95
75 и выше	40,43	45,60	25,12	45,75

Примечание. В учет входят оплаченные рабочие дни болезни. Добровольно страхуемые имеют высокие показатели заболеваемости вследствие отбора в этой группе неблагоприятных рисков (больные хронически и т. д.). Дни родов у женщин не включены.

2. Англия 1927 г.

Возраст	Мужчины		Женщины			
			Одинокие		Замужние	
	а	б	а	б	а	б
16—19 л.	4,62	0,62	5,94	1,08	36,04	3,72
20—24	4,56	1,48	6,30	3,06	23,40	6,67
25—29	4,44	2,00	6,68	4,89	17,71	6,88
30—34	4,80	2,63	6,61	7,09	16,64	8,07
35—39	5,04	3,42	6,70	8,24	15,32	9,80
40—44	5,52	4,63	7,52	9,59	14,69	13,28
45—49	6,62	5,32	8,28	11,50	15,30	15,72
50—54	8,04	8,00	9,83	14,82	15,91	23,21
55—59	9,84	13,59	10,82	20,08	14,82	30,37
60—64	12,90	23,51	12,96	32,71	17,47	41,47

Примечание. Под буквой а показаны дни болезни по заболеваниям с утратой трудоспособности длительностью до 26 нед.; под буквой б — длительностью свыше 26 недель (включая постоянную не-

трудоспособность). Дни родов не включены. В учет входят рабочие дни, начиная с 4-го дня.

3. Чехословакия.

Возраст	1929 год Мужч.	Женщ.	1930 год Мужч.	Женщ.
До 20 лет	7,55	6,60	7,98	6,25
21—30	10,64	9,93	10,72	10,20
31—40	11,06	12,35	11,88	12,43
41—50	12,29	12,59	13,02	12,74
51—60	15,35	15,43	16,15	15,18
60 и б.	20,45	18,60	20,33	20,86
В средн.	10,66	9,92	11.33	10.10

Примечание. Календарные оплаченные дни болезни с утратой трудоспособности, начиная с 4-го дня нетрудоспособности (закон 8.XI 1928 г.). Максимум до 1 года.

4. Германия. 1930 г.

Возраст	Мужчин	Женщин (без родов)
До 19 л.	7,71	7.71
20—24	9,63	10.72
25—29	10,80	11,80
30—34	11,92	12,45
35—39	12.67	12,12
40—44	13,16	12,09
45—49	14,11	12.41
50—54	16,05	13.51
55—59	20,45	13,94
60—64	24.99	14.75
65—69	21.12	12,79
70 и б.	15.82	12,35
В средн.	12,73	11,25

Примечание. Дни болезни — с утратой трудоспособности,— т. е. календарные оплаченные дни. Согласно германск. законодательству пособие оплачивается за все календ. дни болезни, начиная с 4-го дня болезни, а с середины 1930 г., по зак. 26/VII 1930 г., начиная с 4-го дня нетрудоспособности (максимум 26 недель).

Функциональная зависимость заболеваемости в днях болезни от возраста выражена весьма резко. Поэтому актуарные исчисления бюджета страхования на случай болезни стремятся учесть возрастный фактор. Тем не менее следует особенно подчеркнуть, что не существует никаких „абсолютных" или общих законов возрастной динамики заболеваемости, которая складывается под влиянием сложных взаимодействующих (производственные · профессиональные, бытовые, социально-экономические условия, законодательные и организационные условия и пр.). Математико-страховые исчисления обычно не учитывают более глубоких влияний социально-экономических и законодательных условий на высоту страхового риска. Между тем 50-летние наблюдения германского соц. страхования показывают, что до войны число оплачиваемых дней болезни на 1 застрахованного непрерывно и интенсивно нарастало, а в годы кризиса (1930—33) резко упало вследствие сложной совокупности причин: сокращения норм пособий, укорочения длительности выплаты, введения платности больничного листка и пр. и падения обращаемости за пособием.

Германия. Число дней болезни в год на 1 застрахованного об. пола.

Годы.	Оплаченные рабочие дни	Год	Календарные оплач. дни
1885—89	5,65	1928	13,6
1890—94	6,11	1929	14,0
1895—99	6,20	1930	11,6
1900—04	7,07	1931	10,7
1905—09	8,01	1932	9,2
1910—13	8,40	1933	9,3

Аналогичное положение наблюдается и в Австрии, где в годы кризиса также произошло резкое искусственное понижение дней болезни, оплаченных пособием.

II. Инвалидность и старость. Математико-страховые обоснования социального страхования или обеспечения инвалидности и старости требуют довольно сложных построений в зависимости от финансовой системы покрытия по этому виду социального риска. В капиталистических странах страховые органы по понятным причинам должны обладать замкнутой финансовой системой, работающей бездефицитно. В случае нарастания дефицитности и исчерпания резервов приходится прибегать к дотациям из госбюджета или же к снижению норм пенсии и снятию определенных категорий пенсионеров с пенсий (что в широком масштабе применено фашизированными правительствами Германии). В противоположность обеспечению по временной нетрудоспособности, где речь идет о „раскладке" годичной суммы расхода, пенсионное обеспечение имеет дело с длительными случаями (средняя продолжительность пребывания на пенсии в Германии равна приблизительно 9 годам). В течение определенного периода в несколько десятилетий от начала введения пенсионного страхования в жизнь наблюдается обычно непрерывное нарастание наличной инвалидной массы, после чего устанавливается „равновесие" (Beharrungszustand) в численности пенсионируемой массы, когда годичный приток новых пенсионеров примерно равен годичной убыли из всей наличной массы их. Отсюда возникает

проблема покрытия все более растущих из года в год расходов. Рассмотрение по существу финансовых систем покрытия пенсионных расходов в соц. страховании не может быть здесь подробно изложено, так как представляет собой самостоятельную проблему. В основном дело сводится к следующему.

а) Система годичных раскладок в чистой форме, без накопления капиталов; при этой системе для пенсионного обеспечения неизбежно постоянное и быстрое увеличение ставки взносов в виду того, что расходы для данного контингента застрахованных должны нарастать в течение ряда десятилетий и годичная нарастающая сумма расходов покрывается только за счет новых поступлений от взносов данного года. По исчислениям германских актуариев годичный расход на пенсии, составляющий в 1935 г. 1,7 млрд. марок, должен будет дойти до 3 млрд. марок в 1975 г. при численности застрахованных, не только не увеличивающейся к тому времени, но даже и снижающейся (с 18 до 16 млн. чел.). Естественно, что при системе годичных раскладок такого расхода пришлось бы, как показывают теоретические расчеты, поднять взносы с 6,5% намеченных на 1935 г. до 15,1% (на одно только пенсионное обеспечение!) в 1975 г. Разумеется, что такие перспективы не приемлемы ни с чьей точки зрения в условиях капиталистического соц. страхования. Иное дело при таком бурном развитии численности застрахованных, какое происходило в СССР в 1928—33 гг., когда число застрахованных более чем удвоилось за пять лет и, несмотря на значительный абсолютный рост наличной инвалидной массы, удельный ее вес в составе пролетариата сильно у п а л.

Так как средняя продолжительность пенсионирования инвалида или пенсионера старости длится несколько лет (8—9 лет в Германии), то в случае внезапного прекращения действий страхового учреждения наличные пенсионеры при раскладочной системе оказываются необеспеченными на остающиеся годы их жизни. Это соображение, весьма существенное для страхования в частных обществах, практически отпадает в социальном страховании, функционирующем „вечно". Раскладочная система в чистой форме имеет то кажущееся „тактическое" преимущество, что позволяет приступить к введению пенсионного страхования с пониженной ставкой взноса.

б) При изложенных в пункте „а" недостатках раскладочной системы теория пенсионного страхования стремится найти правильное решение проблемы финансов этой отрасли страхования в капитализационной системе. Капитализационная система в свою очередь имеет несколько вариантов: 1) стоимость пенсий, назначенных в каждом данном году, капитализируется, иначе говоря: определяется, какую сумму нужно внести на сложные проценты для того, чтобы обеспечить каждому новому пенсионеру выплату ее пенсии до конца жизни; капитализированная стоимость пенсии определяется, исходя из средней длительности пенсионирования и из расчетов нарастания внесенной суммы по определенной ставке сложных процентов на капитал. При неизменном числе застрахованных и приблизительно у с т о й ч и в о й в о з р а с т н о й и х с т р у к т у р е, при более или менее устойчивом новом притоке инвалидов, пенсионеров старости и пенсионеров сиротства и при неизменности норм пенсий система капитализированных взносов создает устойчивый, мало меняющийся ежегодный расход. В самом деле, прогрессирующее накопление наличной инвалидной массы при этой системе не ведет к росту расходов, так как при правильных расчетах каждый из наличных пенсионеров с самого начала как бы обеспечен капитализированной суммой. Однако, при изменении возрастной структуры страхуемых в сторону постарения при усиливающемся поэтому годичном притоке новых пенсионеров на 1.000 застрахованных, при увеличении размера пенсий в связи с длительностью стажа—простая система капитализированных пенсий не гарантирует неизменности расходов на 1 застрахованного и ведет к росту взносов; 2) более совершенная капита-

лизационная система — это так наз. система средних премий (Prämiendurchschnittsverfahren, Anwartschaftsdeckungsverfahren), имеющая в свою очередь разновидности. На основании математических расчетов устанавливаются взносы в таком размере, чтобы они покрывали в будущем нарастающие количества новых притоков пенсионеров и учитывали увеличение размеров (норм) самих пенсий в результате накопления стажа застрахованных в будущие годы. При этой системе в первые годы накапливаются капиталы (резервы), вследствие того, что ставка взносов рассчитана в таком размере, что годичные поступления в начальном периоде превышают годичные расходы по вновь возникшим пенсиям и накопленный капитал вместе с текущими неизменными взносами всех последующих лет дает сумму доходов, покрывающую растущие расходы. Есть еще ряд промежуточных форм: раскладки с частичным формированием фондов, капитализированные пенсии с твердой ставкой взносов на ограниченные отрезки времени в 5—10 лет с периодическим пересмотром и поднятием их и т. д.

Капитализационные системы имеют ряд существенных недостатков. Не говоря уже о том, что при любом совершенстве математических расчетов они не гарантируют обещанной безусловной устойчивости финансов, они обладают тем коренным пороком, что при наступлении инфляции уничтожаются для застрахованных преимущества, купленные ценой долголетних жертв в форме повышенных взносов.

Для обоснования капитализационных систем необходимы более или менее сложные построения демографического и математико-страхового характера. В старых работах учет динамики численности застрахованных на будущее делался слишком грубо и элементарно (напр., по единообратному коэффициенту увеличения, в геометрич. прогрессии, по гипотезе Эйлера и т. п.). Тем более элементарны в старых расчетах и предположения о сдвигах в составе застрахованных по возрасту и полу. Часто возрастные сдвиги вовсе не предусмотрены в построениях. В новейших работах гипотезам развития численности застрахованных уделяется значительно больше внимания. Тем не менее, и в таких наиболее проработанных материалах, как перспективы динамики численности и состава застрахованных в Германии на 1930—1970 гг. или в Швеции на 1925—2025 гг., учтены, конечно, только возрастно-половые сдвиги, исходя из чисто демографических предпосылок. Структурные же сдвиги состава пролетариата (по отраслям народн. хоз. и производствам) в капиталистических странах недоступны для перспективных расчетов или для построения гипотез, так как актуарии оперируют только с демографическими явлениями, а не с социально-экономическими. В германском построении 1930—1970 гг. (обоснование закона 7/XII—1933 г.) удельный вес пролетариата в составе населения производительного возраста намечен стабильным до 1970 г. Общая численность застрахованных „запроектирована" со снижением с 18,1 млн. в 1930 г. до 16,0 млн. в 1970 г. Возраст же застрахованных на протяжении этих 40 лет значительно повышается. То же самое и в ряде других аналогичных построений (Швейцария, Швеция и др.).

Основным материалом для математико-страховых построений в обеспечении инвалидности и старости являются так наз. биометрические функции: a) таблицы инвалидизации активного застрахованного населения, определяющие ежегодный новый приток инвалидов, b) таблицы выбытия инвалидов (пенсионеров) с пенсии вследствие смерти, восстановления трудоспособности и др. причин, c) таблицы смертности „активных", d) таблицы семейного состава активных и пр.

Таблицы инвалидности (вероятность стать инвалидом) строятся обязательно по возрасту, так как вероятность инвалидности, ничтожная в цветущих возрастах, очень резко растет в пожилых и старческих возрастах. Актуарии очень смело применяют таблицы вероятности инвалидизации одной среды застрахованных к другой, одной страны к другой стране и пр., создавая этим как бы абсолютное значение показателей инвалидизации вне време-

ни и пространства. В действительности же показатели инвалидизации весьма сильно зависят не только от производственно - профессиональных условий, но главным образом от экономической обстановки. Неблагоприятная экономическая конъюнктура, длительные глубокие кризисы и вообще экономика послевоенного развития империализма (рационализация) приводят к усиленному выталкиванию инвалидизированных работников на пенсию. Инвалидность не только биологическое, но и социально-экономическое явление.

Старые таблицы инвалидизации приведены во всех основных руководствах по страховой математике (Zimmermann, Amtmann, Loewy, Малешевский-Савич и пр.).

Для германского наиболее раннего законопроекта по соц. страхованию инвалидности рабочих (1888/89) построения сделаны по таблицам Behm'a.

Возраст	Вероятность инвалидизации в год	На 1.000 застрахов. соотв. возраста инвалидизируется в год
20—25 л.	0,0002465	0,25
25—30	0,0005043	0,50
30—40	0,0014569	1,45
40—50	0,0059041	5,90
50—60	0,0235550	23,55
60—70	0,0858106	85,81
70 и б.	0,3939844	393,98
В среднем	0,0096521	9,65

Фактическая инвалидизация рабочих в Германии в период 1925—1930 гг. значительно превышала эти показатели, как видно из новых таблиц вероятности инвалидизации, приложенных к обоснованию закона 7/XII 1933 г.

Показатели инвалидизации в Германии на 1.000 застрахованных соотв. возраста в год (по наблюдениям 1925—1930 гг.).

Возраст	Мужчины	Женщины
20 - 25 л.	0,99	1,22
25—30	3,15	4,07
30—35	5,37	6,50
35—40	5,81	7,83
40—45	7,38	13,40
45—50	9,97	18,24
50—55	17,57	36,24
55—60	34,72	66,36
60—65	86,70	141,68
65 лет	775,60	843,61

Высокий показатель для возраста 65 лет объясняется тем, что в германском законе для этого возраста установлено право на старческую пенсию (без освидетельствания трудоспособности). Следует иметь в виду, что все западно-европейские таблицы инвалидизации исходят из понятия полной стойкой нетрудоспособности, т.-е. утраты трудоспособности по кр. мере от 67% и выше (частичная стойкая нетрудоспособность признается только для увечных инвалидов в страховании несчастных случаев).

Эти коэффициенты инвалидизации приняты в актуарных построениях в Германии на 1930—1970 гг. как с т а б и л ь н ы е на весь период.

Германия. Таблица выбытия для пенсионеров по возрасту и году после зачисления (пенсии по инвалидности и старости). Выравненные величины по данным 1920 — 1930 гг.

Возраст к моменту назначения пенсии	Вероятность выбытия с пенсии в течение: того же года, в котором назнач. пенсия	последующих за годом назначения лет: 1-го	2-го	3-го	4-го	5-го	6-го	7-го	8-го	9-го	10-го
22 г.	0,2609	0,3013	0,2196	0,1760	0,1318	0,0965	0,0745	0,0590	0,0475	0,0395	0,0340
27 „	0,2100	0,2100	0,1553	0,1204	0,1050	0,0840	0,0670	0,0551	0,0465	0,0390	0,0350
32 „	0,1590	0,1550	0,1189	0,0920	0,0765	0,0641	0,0560	0,0481	0,0420	0,0373	0,0350
37 „	0,1416	0,1400	0,1067	0,0865	0,0725	0,0620	0,0515	0,0440	0,0390	0,0370	0,0360
42 „	0,1386	0,1360	0,1024	0,0840	0,0701	0,0594	0,0510	0,0470	0,0430	0,0395	0,0375
47 „	0,1291	0,1170	0,0915	0,0735	0,0616	0,0565	0,0565	0,0463	0,0428	0,0405	0,0382
52 „	0,1095	0,0962	0,0776	0,0651	0,0580	0,0515	0,0473	0,0440	0,0410	0,0391	0,0397
57 „	0,0817	0,0754	0,0607	0,0507	0,0463	0,0442	0,0425	0,0405	0,0412	0,0422	0,0440
62 „	0,0592	0,0582	0,0499	0,0469	0,0442	0,0440	0,0470	0,0510	0,0547	0,0605	0,0660
67 „	0,0259	0,0470	0,0510	0,0547	0,0605	0,0660	0,0727	0,0806	0,0890	0,0972	0,1056
72 „	0,0373	0,0727	0,0866	0,0890	0,0972	0,1056	0,1154	0,1264	0,1371	0,1478	0,1602
77 „	0,0528	0,1154	0,1264	0,1371	0,1478	0,1602	0,1746	0,1896	0,2042	0,2183	0,2319
82 „	0,0801	0,1746	0,1896	0,2042	0,2183	0,2319	0,2443	0,2545	0,2739	0,2881	0,3024

Примечание: Вероятность выбытия исчислена для первого года после назначения пенсии и для всех последующих лет по отношению к остатку инвалидов на 1-е января соотв. года наблюдения. Таблица дает вероятности выбытия по всем причинам.

Для определения убыли инвалидной массы строятся таблицы выхода с пенсии по возрастам и последовательным годам после зачисления. Старые таблицы см. у Amtmann'a и др. Приведем здесь новейшие германские таблицы выбытия по годам, представляющие большой теоретический и практический интерес (см. стр. 637/38).

При наступлении инвалидности в молодых возврастах причиной инвалидизации являются обычно тяжелые формы заболеваний (туберкулез, поражения центральной нервной системы), и поэтому в первые же годы по назначении пенсии вымирает значительное число пенсионеров; после отбора наиболее тяжких случаев, закончившихся смертью в первые же годы, в дальнейшем вероятность выбытия с пенсии постепенно снижается. Наоборот, в престарелых возрастах инвалидизация вызывается преимущественно общей изношенностью организма, склерозом сердечно-сосудистой системы, болезнями сердца, одряхлением и пр., и потому в первые годы вероятность выбытия престарелых инвалидов с пенсии оказывается умеренной и нарастает в дальнейшие годы.

На основе таблиц инвалидизации по возрастам и выбытия инвалидов с пенсии германские актуарии построили вероятную динамику наличных контингентов пенсионеров до 1980 г. Техника вычислений сводится к следующему. Наличный контингент пенсионеров по общей инвалидности на 1/VII 1931 г. в Германии определяется в 2,1 млн. чел. Пользуясь таблицами выбытия, исчисляется, каково будет постепенное уменьшение этого наличного состава в последующие годы:

На 1 июля	1931 г.—2,13	млн.	чел.
„ „ „	1935 г.—1,60	„	„
„ „ „	1940 г.—1,05	„	„
„ „ „	1945 г.—0,62	„	„
„ „ „	1950 г.—0,35	„	„
„ „ „	1955 г.—0,18	„	„
„ „ „	1960 г.—0,10	„	„
„ „ „	1965 г.—0,05	„	„
„ „ „	1970 г.—0,03 и т. д.		

Полное вымирание этой массы инвалидов наступит после 1980 г. Затем, при помощи стабильных показателей инвалидизации для каждой возрастной группы (см. табл. вероятностей инвалидизации) исчислены количества ежегодного нового притока инвалидов:

1930 г.—263,2	тыс.	чел.	
1935 г.—287,9	„	„	
1940 г.—310.9	„	„	
1945 г.—313.4	„	„	
1950 г. - 322,6	„	„	
1955 г.—333,6	тыс.	чел.	
1960 г.—350,5	„	„	
1965 г.—371.0	„	„	
1970 г.—390 0	„	„	
1980 г.—342,1	„	„	

Несмотря на стабильность коэффициентов инвалидизации и почти стабильное в первые десятилетия, а потом понижающееся число застрахованных, абсолютные числа ежегодного притока должны будут нарастать, так как в возрастной структуре застрахованных все больший удельный вес будут приобретать старшие возрасты, в которых особенно высок уровень инвалидизации. Для исчисленных ежегодных новых контингентов прослежена их судьба в последующие годы по таблицам выбытия с пенсии. Путем суммирования остатков старого контингента из наличной массы 1931 г. с остатками новых накапливающихся притоков определена общая сумма наличных контингентов на будущие годы:

Германия. Вероятная численность наличных пенсионеров-инвалидов (от общих заболеваний) и пенсионеров старости к концу соотв. года

Год				Год			
1931	2,4	млн.	чел.	1955	4,0	млн.	чел.
1935	2,8	„	„	1960	4,2	„	„
1940	3,2	„	„	1970	4,4	„	„
1945	3,6	„	„	1980	4,1	„	„
1950	3,8	„	„				

При количестве застрахованных в 1931 г. в 18,0 млн. чел. число наличных инвалидов достигает 2,4 млн., или 13,4%, а в 1970 г. при ожидаемом числе застрахованных в 16,0 млн. чел., т.-е. при снижении числа работающих на 2 млн. (независимо от вопроса о безработице), численность инвалидной массы достигнет 4,4 млн. чел., или 27,5% работающих; таковы перспективы, намеченные актуариями гитлеровской Германии. Для вдовьих пенсий соответствующие исчисления дают повышение числа их с 0,7 млн. до 1,5 млн. к 1960 г. и затем постепенное снижение.

Для сиротских пенсий запроектировано снижение численности с 0,6 млн. в 1931 г. до 0,3 млн. в 1980 г.

Для определения размеров предстоящих обязательств (платежей) по пенсиям исчислены средние размеры пенсий у новых притоков инвалидов

с учетом ожидающегося накопления страхового стажа в будущие годы, благодаря чему увеличивается средний размер пенсии из-за надбавок по стажу. Средний размер пенсий остатков старого контингента от 1931 г. принят стабильным на все будущее время. Помножением средних взвешенных пенсий на наличные контингенты будущих лет получены абсолютные суммы платежей (в миллиардах марок):

Год	а) по нормам законодательства до фашизации	б) по „пессимистич. варианту" и по гитлеров. законодат.
1935	1,67	1.17
1940	2,04	1,32
1950	2,58	1,57
1960	2 88	1,58
1970	2.99	1,48
1980	2,83	1,21

Отсюда, между прочим, выявляется, что совокупным влиянием кризисных условий и законодательного нажима в предстоящие годы ежегодная „экономия" или ограбление пролетарской массы на инвалидных пенсиях достигало бы при незыблемости гитлеровского режима не менее $1^1/_2$ млрд. мар. ежегодно (разница между 2-м и 3-м столбцом в 1960 19:0 гг).

Для установления необходимых размеров ставки взносов проделаны исчисления по дисконтированию платежей (обязательств) и поступлений из 5 и из 4% дисконта.

Для варианта, исходящего из состояния законодательства до открытой фашизации и из докризисных экономич. условий дисконтирование дало на 1/1 1933 г. такой результат:

Актив:	Миллиарды марок Из 5% нормы	Из 4% роста
Взносы	21,6	26.4
Дотации госбюджета	8,9	11,4
Доход с капитала	1.2	1.2
Всего	31,7	39.0
Пассив	**Миллиарды марок Из 5% нормы**	**Из 4% роста**
Пенсии инвалидам	38,2	48.9
„ вдовам	8.4	10,9
„ сиротам	1.7	2.2
Админ. расход и пр.	2,4	3,0
Всего	50,7	64,7

Дефицит определился в 19 млрд. марок при норме роста на капитал в 5% и 25,7 млрд. марок при норме роста в 4%. Для того, чтобы привести баланс в равновесие, по этому варианту потребовалось бы немедленно увеличить взносы с нынешних 5% к зарплате до 9,4—9,9% зарплаты в зависимости от нормы роста, если перейти на систему капитализации по средним премиям. Фактически в основу расчетов положен, однако, более умеренный вариант, исходящий из сильно урезанных норм современного гитлеровского законодательства и из сниженной зарплаты, дающей более низкие размеры пенсий.

Дисконтирование и математико-страховой баланс в миллиардах марок

Актив	Из 5% нормы	Из 4% роста
Взносы	20.2	24.8
Дотации госбюджета	9,7	12,2
Доход с капитала	1,2	1,2
Всего	31,1	38,2
Пассив	**Из 5% нормы**	**Из 4% роста**
Пенсии инвалидам	25.9	32,8
„ вдовам	3,8	4.7
„ сиротам	1,0	1,3
Проч е пенсии	1,4	1.8
Администт. расходы	2,4	3.0
Всего	34,5	43,6

Дефицит здесь определяется в 3.5—5,4 млрд. Дисконтированная стоимость взносов определена в 24,8 млрд. (при дисконте 4%). Она соответствует нынешней ставке взносов в 5% от зарплаты. Следовательно, на 1% зарплаты приходится 24,8 : 5 = 4,96 млрд. дисконтированной суммы. При дефиците 5,4 млрд мар., очевидно, надо поднять ставку взносов на 1,1% зарплаты. Но учитывая, что рост капитала в 4% может оказаться нереальным и что в построениях возможны просчеты, авторы законопроекта предлагают принять необходимую надбавку не в 1,1%, а в 1,5% зарплаты и таким образом довести взносы с 5% до 6,5% от зарплаты. Следует отметить, что сюда входит и обеспечение по старости, т. к. по германскому закону страхование инвалидности покрывает и старч. пенсии в возрасте от 65 лет.

Математико-страховые обоснования к французскому законопроекту 1923—1928 гг. (к закону, вступившему в силу с 1930 г.) гораздо более элементарны в части, касающейся пенсионного страхования. Все построения сводятся к следующему. Возрастный состав страхуемого населения установлен по демографическим данным. Перспектив-

ных сдвигов французские актуарии не предусматривают. Коэффициенты инвалидизации взяты из опыта германского пенсионного страхования по наблюдениям к 1914 г. По германским таблицам инвалидизации определены (помножением застрахованных в соотв. 5-летних возрастных группах на коэфф. инвалидизации) абсолютные числа нового притока в год:

Возраст	Число застрахован. (стабильное) в млн. чел.	Коэффициент инвалидизации на 1.000 в год	Ожидаемое число новых пенсионеров инвалидности в год (единиц)
До 20 л.	1,83	1,46	2.676
20—24	1,57	1,50	2,346
25—29	1,24	2,87	3.553
30—34	0,92	3,59	3.314
35—39	0,79	4,52	3,571
40—44	0,74	6,55	4,827
45—49	0,66	11,80	7,778
50—54	0,54	21,15	11,527
55—59	0,45	42,57	19,370
Всего .	8,74	—	58,965

Таким образом, годичный новый приток инвалидов установлен в 59.000 единиц. Современная стоимость пенсии инвалиду, которая, как известно, равна $a^i_x = \frac{N^i_x}{D^i_x}$, исчислена для соотв. возрастов по материалам эльзас-лотарингского страхования, при чем норма роста капитала принята в $3^1/_2{}^0/_0$. Капитализированная стоимость ренты в 100 фр. для соотв. возрастов принята в таких величинах:

до 20 л.	—505 фр.	40—44	—771 фр.
20—24	—568 „	45—49	—734 „
25—29	—643 „	50—54	—804 „
30—34	—694 „	55—59	—790 „
35—39	—736 „		

Отсюда определен общий годичный расход по капитализированным пенсиям в 778,5 млн. фр., что по отношению к фонду зарплаты в 38,3 млрд. фр. составляет $2{,}03^0/_0$, не считая обеспечения по старости, на которую требуется, согласно дальнейшим исчислениям, около $4^0/_0$ зарплаты.

Обширные математико-страховые построения содержатся в обоснованиях пересмотра законодательства по пенсионному страхованию всех граждан в Швеции. В этом материале продемонстрированы исчисленные результаты функционирования различных финансовых систем (раскладочной без фондов, с фондами, капитализационной системы средних премий), и в приложениях даны богатые табличные материалы по динамике и возрастной структуре населения до 2025 г.: таблицы дожития l_x и $^a l_x$, таблицы смертности, таблицы возрастной инвалидизации i_x, таблицы активности и пр., далее таблицы коммутационных чисел для активных ^aD_x и ^aN_x (дисконтированные числа доживающих активных), тоже для инвалидов ^iD_x и ^iN_x и т. д. Здесь же приведены ценные таблицы выбытия инвалидов с пенсии по годам после зачисления и возрастам (см. указатель литературы) Любопытно математическое построение к швейцарскому закону о всеобщем обеспечении (страховании) старости в возрасте 65 лет и более. Задача сводится прежде всего к определению пропорции стариков от 65 лет к числу лиц в возрасте 20—64 года (плательщиков премий). На основании ряда демографических предпосылок получены такие соотношения:

На 100 застрахованных в возрасте 20—64 г. приходится лиц в возрасте 65 лет:

год	мужч.	женщ.
1920	9,35	11,34
1930	10,39	12,18
1950	13,92	15,13
1970	15,82	19,02
2000	15,60	17,96
∞	15,89	18,55

При системе чистой раскладки текущих платежей по пенсиям приведенные показатели определяют и рост расходов на 1 застрахованного. Если годичная рента составит все время 100 франков, то на 1 застрах. мужск. пола в год придется, очевидно, 9,35 фр. в первом году и 15,89 фр. в год установления равновесия (∞). В самом деле: на 100 застрах. надо в первом году выплатить 9,35 пенсий, каждая из которых = =100 фр., итого 935 фр. на всех застрахованных, или 9,35 на 1, и т. д. При проведении чистой системы капитализированных пенсий получается также рост расходов. Капитализир. стоимость пожизненной пенсии в 1 франк для старика 65 лет равна (на базе швейцарск. таблиц смертности) 8,24 фр.; пожизненная пенсия в 400 фр. в год требует капитала 3.296,80 фр. Помножение этих капитализированных рент на новые притоки стариков, достигаю-

щих возраста 65 лет, определяет суммы платежей в первом году 31.2 млн. франков и в году равновесия 62,82 млн. фр. (после 2000 года). По разделении этих величин на число плательщиков получается квота на 1 застрахованного 29,5 фр. в 1920 г. и 48,15 фр. после 2000 года. Рост расходов при капитализационно-раскладочной системе здесь обусловлен большим постарением населения в будущие годы.

Страхование на случай безработицы в математико-страховом отношении наиболее слабо освоенная отрасль по вполне понятным причинам. Размеры „социального риска" в этой отрасли подвержены особенно сильным колебаниям и трудно поддаются исчислениям. Английская статистика безработицы дает возможность проследить колебания среднегодичного уровня безработицы с 1860 г. до наших дней, т.-е. за 75 лет. В довоенный период с 1860 по 1914 г. циклические колебания безработицы имели большой размах. Спускаясь до 1—2% в годы подъема народно-хоз. конъюнктуры, показатель безработицы достигал в годы кризисов 10—11%.

Докладчик по вопросу о страховании безработицы на римском X междун. конгресе актуариев (V. 1934). Форхгеймер, сделал вычисления средних для последовательных циклов:

1860—1868 3,97%	1898—1903 3,35%
1869—1879 3,86%	1904—1908 5,59%
1880—1886 5,57%	1909—1914 4,23%.
1887—1897 5,11%	

Средние для циклов колеблются, так. обр., в пределах от 3,3 до 5,6%. Общая средняя всего периода 1860—1914 гг.= = 4,4%. Отсюда Форхгеймер заключает, что если округлить этот показатель до $4\frac{1}{2}$% и считать, что пособие по безработице должно составлять около $\frac{1}{3}$ заработка, то взносы должны определяться, исходя из английских наблюдений, при раскладочной системе в $4{,}5 \times 0{,}33 = 1{,}5$%. Прибавляя сюда 10% на администрат. расходы, получаем около 1,7% с возможностью накопления небольшого резерва. В годы войны безработица в Англии была очень низка (военная конъюнктура), а в 1919—1929 гг., до мирового кризиса, в среднем 10%. В годы кризиса безработица в Англии достигала более 20%, в Германии до 44% полных безработных и 23% частично безработных.

При таком необычайно высоком уровне безработицы раскладочная система покрытия рессурсов страхования безработицы потребовала бы в Германии в 1932 г. при норме пособий в $\frac{1}{3}$ зарплаты не менее 16—17% взносов, а в Англии—7%. Форхгеймер считает, что если бы в Англии страхование безработицы было введено с 1860 г. по системе накопления резервов (средние премии) с установлением взноса в 2% (вместо 1,7% по раскладочной системе с самого начала), то накопившиеся резервы выдержали бы будто бы даже испытания мирового кризиса. Фактически в годы кризиса страхование безработицы в главнейших капиталистических странах, разумеется, не справилось со своей задачей. „Выход" был найден в том, что: а) взносы экстренно повышались (в Германии вместо 3% до кризиса—6,5% в годы кризиса); б) нормы пособия снижались, в) сроки выплаты пособий укорачивались; г) значительные массы длительно безработных переводились на „кризисные", „переходные" пособия, для которых средства доставлял госбюджет, а не страховой фонд; д) производилось снятие безработных с пособия вообще (введение принципа нуждаемости, лишение пособия одного из двух одновременно безработных супругов и пр.).

На том же X междун. конгрессе актуариев в Риме (1934) докладчик Ван-Мюлдерс (Van Mulders) сделал попытку дать общие математико-страховые обоснования по страхованию безработицы (см. Communicazioni. I Assicurazionecontrola disoccupazione). Обоснования финансовой системы германского законодательства по страхованию безработицы (к основному закону 1927 г.) носят чисто эмпирический характер: отправляясь от опыта, введенного ранее временного обеспечения безработных, сделаны исчисления доходов на 1 застрахованного и определены поступления, которых можно ожидать при 1% и 3% взносе. Эти суммы поступлений сопоставлены с ожидаемым уровнем безработицы того времени. Английское страхование без-

*

работицы 1911 г. приняло систему средних премий с образованием фондов в годы благоприятной конъюнктуры для покрытия повышенных расходов в годы кризисов. Тем не менее, кризис 1930—1933 гг. заставил и английское страхование прибегнуть к целой серии экстраординарных мер.

2. Фактическое состояние бюджета соц. страхования и соотношения взносов на соц. страхование с зараб. платой. Материалы о фактическом размере соц.-страхового бюджета публикуются более или менее регулярно во всех странах, где функционирует соц. страхование. Не для всех стран представляется, однако, возможным дать сводную картину расходов по соц. страхованию вследствие раздробленности социально-страховых учреждений. Что касается размеров взносов по отношению к зараб. плате, то формальное определение его не представляет трудностей, так как обычно норма взносов указывается в законодательстве. Но фактическая величина взносов отклоняется от формальной по целому ряду причин. Кроме того в некоторых законодательствах, как, например, в британском, взносы по закону установлены в виде твердых ставок (определенное число пенсов в неделю на одного застрахованного), независимо от уровня действительной зарплаты. Поэтому для Великобритании законодательная норма взносов не выражает конкретного соотношения соц. страхового бюджета с заработком для всей массы застрахованных. Для выявления фактической величины расходов соц.-страховых учреждений в % к зараб. плате приходится пользоваться специальными исследованиями. Для этой цели служит: а) сопоставление всего суммарного соц.-страхового бюджета с фондом заработной платы и б) изучение данных о фактической зарплате в комбинации с вычетами на соц. страхование и приплатами нанимателей на ту же цель (такого рода материалы имеются, напр., по Германии).

1. *Великобритания.* В Великобритании соц. страхование имеет след. отрасли: а) страхование на случай болезни, материнства и общей инвалидности (и смерти); б) страхование на случай старости, вдовства и сиротства; в) страхование на случай безработицы; г) государственное обеспечение стариков (для всех граждан с определенным максимумом дохода). Кроме того, существует ответственность нанимателей при несчастных случаях. Финансовая отчетность по этой последней отрасли не полна.

Число страхуемых в страховании на случай болезни, с одной стороны, и в страховании на случай старости и потери кормильца, с другой — почти одинаково. В страховании же на случай безработицы, вследствие изъятия из этого страхования сельско-хоз. рабочих и значительных категорий лиц нефизического труда, число застрахованных значительно ниже.

Великобритания и Ирландия.
Число застрахованных в млн. человек.

	На случай болезни и общей инвалидности	На случай старости, вдовства и сиротства	На случай безработицы	Ответственность нанимателей при несч. случаях
1929 г.	18,1	18,5	12,1	7,6
1932 г.	18,9	19,1	12,8	6,7
1933 г.	18,9	19,2	12,9	—

Сводный бюджет соц. страхования в Великобритании представляется в следующем виде (расходный бюджет в миллионах фунт. стерл.):

Годы	Страхование болезни, материнства, инвалидности от общ. причин	Страхование старости*), вд ва, сиротства	Страхование от безработицы	Итого соц. страх бюдж. в собств. смысле	Гос. обеспечение старости**)	Ответ. нанимателей по несч. случаям	Всего
1928	38,4	12,2	53,7	104,3	35,4	6,5	146,2
1929	40,7	24,3	51,4	1 9 4	36,2	6,6	162,2
1930	39,3	27,0	101,3	167 6	38,0	6,4	2 2 0
1931	39,5	35,3	122,8	197,6	38,1	6,1	242 8
1932	38,3	41,7	117 8	197,8	41,0	5,6	244,4
1933	38,3	43,3	103,0	184,6	41,6	6,0	231,6

*) В возрасте 65 — 75 лет. **) В возрасте свыше 70 лет.

Рост общего сводного бюджета соцстрахования в Великобритании до 1932 года обусловлен главным образом колоссальным увеличением расходов по обеспечению безработных, при чем с 1930/31 фин. года значительную часть средств для выплаты пособий безработным доставляет не страхование за счет взносов, а ассигнования по госуд. бюджету. С 1932/33 фин. года расход по обеспечению безработных сокращается. Второй фактор роста страх. бюджета—быстрое увеличение расходов по вновь введенной по закону 1925 г. отрасли—страхованию старости (в возр. 65—70 лет) и потери кормильца. По основной же отрасли соц. страхования—на случай болезни и инвалидности от общих причин — расход все время с 1929 года идет на снижение. В вышеприведенной табличке расход этот показан со включением админ.-организ. расходов и потому темп падения его показан не вполне четко. При рассмотрении же расходов по пособиям и по управлению в расчлененной форме фонд страхования на случай болезни и общей инвалидности обнаруживает такие изменения:

Расход в млн. фунт. стерл. (Великобрит. и сев. Ирл.)

Годы	Пособия по болезни	Пособия по материнству	Пенсии по общей инвалидности	Врачебн. помощь	Прочие пособия	Итого пособий	Админ. расход.
1927	13,4	1,8	7,4	9,8	4,1	36,5	5,3
1928	11,6	1,8	6,4	10,1	3,1	33,0	5,4
1929	13,5	1,8	6,1	10,4	2,8	35,2	5,5
1930	1 ,4	1,8	6,6	10,3	3,1	33,5	5,6
1931	11,3	1,8	6,3	10,9	3,4	33,7	5,8
1932	11,3	1,8	6,5	10,2	2,9	32,6	5,7
1933	11,5	1,6	6,3	10,4	2,6	32,5	5,8

Пособия и пенсии по общей инвалидности сокращаются, административный же расход увеличивается, в результате при суммировании получается затушевывание темпа фактического падения страхового бюджета по основной отрасли соц. страхования Великобритании. Надо иметь в виду при этом, что численность застрахованных все время увеличивается (с 18,1 млн. в 1929 г. до 18,9 млн. в 1933 г.).

Источники для покрытия соц. страхования в Великобритании в различных отраслях страхования складываются своеобразно.

Доходный бюджет соц. страхования и госуд. обеспечения в Великобритании и сев. Ирландии 1932/33 г. Миллионы фунтов стерл.

Отрасли соц. страхования и обеспечения \ Источники покрытия (поступления)	Взносы: Застрахованных	Взносы: Нанимателей	Дотации из госбюджета	Доходы с капиталов	Всего
1. Страхование на случай болезни и общей инвалидности	12,5	13,0	6,3	6,3	38,1
2. Страхование старости, вдовства и сиротства	11,2	12,1	10,3	2,2	35,8
3. Страхование на случай безработицы и обеспечение безработных	19,1	19,1	79,7	—	117,9
4. Госуд. обеспечение старости (в возрасте свыше 70 лет). . . .	—	—	41,0	—	41,0
5. Ответственность нанимателей за несчастн. случаи с рабочими	—	5,6	—	—	5,6
Всего . . .	42,8	49,8	137,3	8,5	238,4
% к итогу в 1932/33 г.	18,0	20,9	57,5	3,6	100,0
% то же в 1929 г. . .	25,4	31,6	37,9	5,1	100,0

Свыше половины (58%) средств на соц. страхование и обеспечение в Великобритании в 1932/33 г. покрывалось дотациями госуд. бюджета. Взносы рабочих и нанимателей дают около 40% в общей сложности и распределяются приблизительно поровну. Что касается доходов с капиталов, то они в приведенной сводке учтены неполностью, так как по некоторым отраслям поступления от % % с капитала не публикуются. Следует отметить, что роль госбюджета как источника поступлений по соц. страховому бюджету в годы

кризиса оказывается гипертрофированной за счет перевода пособий по затяжной безработице из собственно-страхового фонда в фонд обеспечения из государств. средств. Учитывая социальную структуру населения Великобритании, в частности — незначительность сельского населения и самостоятельного крестьянства, следует признать, что покрытие соц. страхового бюджета почти на 58% за счет налогового источника приводит в конечном счете к переложению значительной части стоимости соц. страхования и обеспечения на пролетариат (доля которого в народном доходе составляет в Великобритании 55 — 57%; при таком соотношении прямое и косвенное обложение падает огромной тяжестью на рабочий класс). В докризисный период госбюджет покрывал в Великобритании 38% социально-страховых поступлений, взносы рабочих — 25%, взносы нанимателей — 32%, доходы с капиталов — не менее 5%.

Установить соотношение соц. страхового бюджета с зарплатой в Великобритании довольно трудно в виду различия круга страхуемых и обеспечиваемых по разным отраслям страхования и в виду того, что чиновники государственной службы получают пенсионное обеспечение в особом порядке (пенсии чиновникам, равно как и военные пенсии в вышеприведенную сводку не включены), а потому их заработок должен быть исключен из фонда „застрахованной" заработной платы. Приближенно фонд зараб. платы, в той или иной мере подлежащей соц. страхованию, может быть определен в 1,8—1,9 млрд. фунтов стерлингов и, так обр., весь бюджет соц. страхования и госуд. обеспечения в Великобритании составлял около 12 — 13% застрахованного фонда зараб. платы.

2. *Австрия.* Полные сведения о сводном бюджете социального страхования имеются лишь за 1931 и 1932 гг.

Миллионы австр. шиллингов

Доходный бюджет (по всем отраслям соц. страхования и обеспечения вместе)	1931 г.	1932 г.
Взносы застрахованных . .	225,6	215,7
„ нанимателей . . .	220,9	206,1
Ассигнования госуд. и местн. бюджета	88,6	89,8
Авансы из гос. средств на страхов. безработных	40,1	15,0
Покрытие кризисных пособий из надбавок к налогу на товарный оборот	—	61,2
Прочие поступления . . .	25,1	28,0
Позаимствования из резервов	7,7	20,6
Всего . .	618,0	639,4

Миллионы австр. шиллингов

Расходный бюджет	1931 г.	1932 г.
I. Пособия, пенсии, медпомощь		
а) Страхование на случай болезни	180,0	161,6
б) Страх. несч. случаев и инвалидности	90,9	99,1
в) Обеспечение по старости	46,1	53,6
г) Страхование и обеспечение безработных . . .	224,7	267,7
Итого . . .	541,7	582,0
II) Администр. и проч. расходы	58,7	52,5
III) Отчисления в запасн. фонд	17,3	5,0
Всего . .	618,0	639,5

Структура поступлений по всему сводному бюджету соц. страхования по четырем основным статьям — а) взносы застрахованных, б) взносы нанимателей, в) госбюджет и г) прочие доходы (проценты с капиталов, позаимствования из резервов) — выражается в таких величинах:

	Абсол. в млн. австр. шилл.		В % % к итогу	
	1931 г.	1932 г.	1931 г.	1932 г.
Поступления:				
Взносы застрахованных	225,6	215,7	36,5	33,7
Взносы нанимателей	220,9	206,1	35,8	32,2
Госбюджет	128,7	169 0	20,8	26,5
Прочие поступления	42,8	48,6	6,9	7,6
	618,0	639,4	100,0	100,0

Взносы рабочих несколько превышают взносы нанимателей и составляют более $^1/_3$ всего итога поступлений. За счет госбюджета покрывается $^1/_5$—$^1/_4$ приходного бюджета. Прочие поступления дают 7–8%.

В расходном бюджете соц. страхования в Австрии в 1931—33 гг. первое место занимает обеспечение по безработице и лишь на втором и третьем месте располагаются статьи обеспечения по болезни и инвалидности.

3. *Германия.* В Германии функционирует шесть самостоятельных отраслей социального страхования, совершенно изолированных в финансовом и правовом отношениях. Лишь в середине 1934 г. сделана слабая законодательная попытка к некоторому объединению этих независимых один от другого соц.-страховых институтов. Суммарный, сводный бюджет соц. страхования может быть получен лишь в результате сложения самостоятельных бюджетов отдельных отраслей. Круг страхуемых по отдельным отраслям весьма различен.

Число застрахованных определяется такими цифрами:

	1929 г.	1933 г.
	млн. чел.	
На случай болезни	22,4	19,3
От всех видов случаев	24,0	22,0
На случай инвалидности рабочих	18,0	17,0
Пенсионное страхование служащих	3,8	3,6
Пенсионное страхование горняков	0,8	0,7
Страхование на случай безработицы	17,5	12,1

Бюджет соц. страхования в Германии 1928—1933 гг.

Миллиарды марок

Отрасли соц. страхования:		1928	1929	1930	1931	1932	1933
1. Страхование на случай болезни	Доход.	2,14	2,32	2,14	1,16	1,28	1,1
	Расход	2,05	2,32	2,01	1,67	1,32	1,12
2. Страхование от несч. случаев	Доход.	0,40	0,45	0,42	0,39	0,33	0,3
	Расход	0,38	0,41	0,46	0,42	0,33	0,30
3. Страхование рабочих на случай общей инвал. и старости	Доход.	1,51	1,63	1,58	1,35	1,10	1,1
	Расход	1,18	1,32	1,48	1,52	1,28	1,19
4. Страхование служащих на случай инвалидн. и старости	Доход.	0,41	0,50	0,55	0,52	0,45	0,4
	Расход	0,14	0,19	0,22	0,26	0,26	0,2
5. Страхование горнорабочих и горн. служащих	Доход.	0,22	0,26	0,29	0,26	0,20	0,20
	Расход	0,23	0,23	0,24	0,23	0,20	0,20
Всего по отраслям 1 — 5	Доход.	4,7	5,14	4,84	4,06	3,31	3,85
	Расход	3,92	4,37	4,38	4,10	3,30	3,09
6. Страхование на случай безработицы	Доход.	0,85	1,00	1,08	1,02	1,07	1,02
	Расход	0,84	1,07	1,80	1,53	0,87	1,15
7. Кризисные пособия безработным за счет гос. и местн. бюджета	Расход (— доход)	0,12	0,17	0,54	0,73	0,97	0,86
Общий итог 1 — 7	Доход.	5,67	6,21	6,84	6,47	5,3	5,13
	Расход	4,98	5,91	6,52	6,42	5,1	5,10

В приведенный общий итог не включены: а) пособия по безработице, выплачиваемые городскими органами в порядке „благотворительной" помощи тем безработным, которые исчерпали законные сроки получения страхового и кризисного пособия; эти пособия за счет местных коммунальных органов достигали:

1928/29 г.	0,12	миллиард. марок
1929/30 г.	0,18	„ „
1930/31 г.	0,44	„ „
1931/32 г.	0,90	„ „
1932/33 г.	1,28	„ „

Эти суммы должны учитываться при трактовке вопроса об общем объеме средств, затраченных на страхование и на помощь безработным. Но в общий фонд соц. страхования и госуд. обеспечения мы их не включаем; б) пенсии чиновникам государственной службы, уплачиваемые из средств гос. бюджета; они составляют около 1 миллиарда марок в год.

Сводный бюджет основных отраслей соц. страхования, охватываемых страховым кодексом, т.-е. не включая страхования безработицы, превышал по доходной части свыше 5,1 млрд. марок в

последний предкризисный 1929 г. и упал до 3,3 млрд. марок в 1932—1933 гг. Особенно резкое падение приходо-расходного бюджета обнаруживается в страховании на случай болезни: с 2,2 млрд. в 1929 г. до 1,1 млрд. в 1933 г., т.-е. почти ровно вдвое.

По расчетам даже фашистских теоретиков германского соц. страхования (Шуман и Бруккер) нормы взносов составляют в 1933 г. такой процент к застрахованной заработной плате:

Виды страхования	Всего	В том числе: для застрахованных	для вкладчиков
Болезнь	6,0	4,0	2,0
Инвалидность и старость (рабочих и служащих)	6,0	3,0	3,0
Безработица (без кризисных пособий)	6,5	3,25	3,25
Несчастные случаи	1,5	0,0	1,5
Всего .	20,0	10,25	9,75
Кроме того, налог на зарплату (отчисления на борьбу с безработицей)	2,5	2,5	—
Итого .	22,5	12,75	9,75

Эти нормы, однако, не отражают фактического положения вещей, так как „застрахованная" зараб. плата понятие условное. Чтобы определить фактические размеры взносов, мы сопоставим бюджет соц. страхования с фондом фактической заработной платы. Общий фонд номинальной заработной платы всех занятых по найму в Германии рабочих, служащих и чиновников государственной службы изменяется следующим образом (согласно исчислений герм. конъюнктурного института):

Год	Трудовой доход (номинальный, брутто)
1928	42,9 миллиардов мар.
1929	44,5 „ „
1930	41,0 „ „
1931	33,5 „ „
1932	25,9 „ „
1933	26,1 „ „

Сюда, однако, входят оклады (жалование) чиновников госуд. службы и приравненных к ним по юридическому положению чиновников местных органов. Эта категория занятых по найму не подлежит страхованию, так как обеспечивается в порядке выслуги из средств госбюджета. Зарплата (оклады) чиновников центральных и местных учреждений и высших служащих с окладами свыше 8.400 мар. в год, превышающими страхуемый лимит, в 1933 г. исчисляется в размере около 5 млрд. марок. Так. обр., застрахованная заработная плата в 1933 г. определяется в 26 — 5 = 21 миллиард марок. Сопоставим теперь весь доходный бюджет соц. страхования 1933 г. с этим фондом фактической зараб. платы рабочих и служащих:

Германия. 1933 г. Доходный бюджет соц. страхования:

	Абсол. в млрд. марок.	В % к фонду застрахованной зарплаты
1. На случай болезни	1,16	5,5
2. От несч. случаев.	0,30	1.4
3. На случай инвалидности и старости рабочих	1,14	5.4
4. На случай инвал. и старости служащих	0,45	2,1
5. То же горнорабочих	0,20	1,0
Всего 1 — 5 . . .	3,25	15,4
6. На случай безработицы . .	1,02	4,9
Итого.	4,27	20,3
Кроме того:		
7. Кризисные пособия.	0,86	4,1
Всего 1 — 7 . . .	5,13	24,4

Таким образом, весь бюджет социального страхования и обеспечения (кроме пенсий чиновникам) в 1933 г. составлял в общей сложности 24% фонда застрах. зарплаты, а если не считать кризисных пособий, выходящих из рамок бюджета государственного соц. страхования в собственном смысле и покрываемых (до октября 1933 г. включительно) на $^4/_5$ из средств госбюджета и на $^1/_5$ из местных средств, то социально-страховой расходный бюджет в тесном смысле составляет 20,3%.

Чтобы выяснить, кто является формальным плательщиком вышеупомянутых 24% зар. платы, потребных на покрытие социального страхования и обеспечения, необходимо расчленить поступления соцстрахования по источникам и сопоставить их с фондом зарплаты.

Германия. Структура доходного и расходного бюджета социального страхования в целом. 1929—1933 гг.

В миллиардах марок.

Годы:	Поступления: Всего.	в том числе: Взносы застрахованных.	Взносы нанимателей	Дотации из госбюджета.	Доходы с капитала и пр.	Расходы: Всего.	Пособия, пенсии, мед. пом.	Административ. расходы.
I. Страхование на случай болезни.								
1929	2,32	1,49	0,75	0,03	0,05	2,22	2,05	0,15
1932	1,23	0,78	0,39	—	0,06	1,22	1,07	0,13
1933	1,16	0,73	0,37	—	0,06	1,12	0,99	0,12
II. Страхование от несчастных случаев.								
1929	0,43	—	0,41	—	0,02	0,41	0,35	0,06
1932	0,33	—	0,31	—	0,02	0,33	0,28	0,04
1933	0,30	—	0,28	—	0,02	0,31	0,26	0,01
III. Страхование рабочих на случай инвалидности и старости.								
1929	1,63	0,55	0,55	0,43	0,10	1,32	1,26	0,06
1932	1,10	0,32	0,32	0,39	0,08	1,29	1,21	0,06
1933	1,14	0,34	0,34	0,40	0,07	1,19	1,12	0,06
IV. Страхование служащих на случай инвалидности и старости.								
1929	0,50	0,19	0,19	—	0,12	0,19	0,17	0,01
1932	0,45	0,14	0,14	—	0,16	0,26	0,25	0,01
1933	0,45	0,14	0,14	—	0,16	0,28	0,26	0,01
V. Пенсионное страхование горнорабочих и горных служащих.								
1929	0,26	0,11	0,08	0,06	0,01	0,23	0,22	0,01
1932	0,20	0,05	0,04	0,09	0,02	0,20	0,19	0,01
1933	0,20	0,05	0,04	0,10	0,01	0,20	0,18	0,01
По всем отраслям соцстрахования (I—V), кроме страхования на случай безработицы.								
1929	5,14	2,34	1,98	0,52	0,30	4,37	4,05	0,29
1932	3,32	1,29	1,20	0,48	0,34	3,50	3,01	0,26
1933	3,25	1,26	1,17	0,49	0,32	3,09	2,82	0,24
VI. Страхование на случай безработицы.								
1929	1,00	0,43	0,43	0,11	0,02	1,37	1,26	0,11
1932	1,07	0,51	0,51	—	0,05	0,87	0,77	0,10
1933	1,02*)	0,49	0,49	—	0,04	1,15**)	0,39	0,11
I—VI. Общий бюджет по всем отраслям социального страхования, включая страхование на случай безработицы (но без кризисного обеспечения).								
1929	6,14	2,77	2,41	0,63	0,32	5,74	5,31	0,40
1932	4,39	1,80	1,71	0,48	0,39	4,17	3,78	0,37
1933	4,27	1,75	1,66	0,49	0,37	4,24	3,21	0,35

Из общей суммы сводного бюджета соц. страхования Германии 4,27 млрд. марок (без кризисных пособий в размере 0,86 млрд. марок) приходится на отдельные статьи поступлений:

	В млрд. марок.	В % % к фонду застрах. зарплаты.
Взносы: а) застрахованных рабочих и служащих	1,75	8,3
б) нанимателей	1,66	7,9
Дотации госбюджета	0,49	2,4
Доходы с капиталов и проч. поступления	0,37	1,8
Всего	4,27	20,4
Кроме того: кризисные пособия за счет госбюджета и местного бюджета	0,86	4,1
Итого	5,13	24,5

Отсюда следует, что в 1933 г. формальными плательщиками взносов на соц. страхование в Германии являются: а) застрахованные, у которых делаются вычеты из зарплаты 8%, не считая особого спец. налога на борьбу с безработицей"; б) налоговый источник, доставляющий на соц. страхование суммы в размере около 2% зарплаты, если не считать кризисных пособий, и 6,5%, если включать последние; г) наконец, около 1,8% к зарплате образуют доходы с имущества страх. органов. Если к взносам рабочих присоединить специальный налог для „борьбы с безработицей", достигавший в 1933 г. 0,51 млрд. марок, или 2% всего фонда зарплаты (включая чиновников), то непосредственные вычеты из зарплаты рабочих на нужды соц. страхования достигнут 8 + 2 = 10% фонда заработной платы. Собственно же в форме взносов рабочие и служащие уплачивали 8%, между тем, как весь бюджет соц. страхования составляет 24% зарплаты. Отсюда следует как будто то, что соц. страхование в Германии дает застрахованным 24 — 8 = 16% добавочно к фонду их зарплаты. В действительности же этот вывод нуждается в существенных оговорках. Во-первых, по расходному бюджету мы видим, что суммы, попадающие фактически обратно в руки застрахованных в форме денежных или натуральных пособий, составляют в 1933 г. всего 3,21 миллиарда марок, или 15,3% фонда зарплаты; кризисные пособия образуют сверх того 0,86 млрд. марок, или 4,1% зарплаты, а всего фактически возвращается пролетариату до 19% зарплаты. Из них 8% оплачивается в

*) Не включены поступления за счет специалога на борьбу с безработицей в размере 0,5 млрд. мар.

**) Включая 0,66 млрд. марок, перечисленных в распоряжение государства на „прочие" мероприятия по борьбе с безработицей.

форме взносов самим пролетариатом, а 11% (19.4 — 8,3 = 11,1%) представляют собою доплаты нанимателей и гос. бюджета. Расхождение в 5% между первым и вторым итогом (16% по приходу и 11% по расходному бюджету) относится частью на административные расходы (содержание громадного аппарата), частью на отчисления в резервные фонды и вклады в имущество; кроме того, если 11% считать фактической прибавкой к фонду зарплаты, даваемой соц. страхованием, то не следует упускать из виду, что существуют многообразные пути переложения „тяжести" соц.-страховых отчислений на рабочих.

Франция. Бюджет социального страхования во Франции на основании закона 30/IV 1930 г., введенного в действие с 1/VII 1930 г., за истекшие годы еще не получил достаточно полного отображения в статистических данных. Отчасти это обусловлено особенностями страховой структуры, отчасти же плохим состоянием отчетных сведений. В первоначальном проекте и в законе, принятом в 1928 г., предполагалось, что взносы для всей массы застрахованных должны быть установлены в размере 10% к заработной плате (поровну для нанимателей и страхуемых), при чем распределение этого взноса по отдельным видам страхования намечалось так:

Временная нетрудоспособность:		
Болезнь	3,5	} 4,2
Материнство (беременность и роды)	0,5	
Обеспечение в случае смерти	0,2	
Инвалидность	1,1	} 5,4
Старость	4,0	
Безработица	0,1	
Административные расходы и проч.	0,3	
Всего	10,0	

Согласно же окончательно принятого и введенного в действие урезанного закона 30/IV 1930 г. суммарный тариф взносов определен формально по классам зарплаты в 8% (4% для страхуемых и 4% для нанимателей).

Появившиеся до настоящего времени отчетные данные о бюджете соц. страхования во Франции неполны и относятся лишь ко времени 1930—1932 гг. Между тем, на переходный период страхование инвалидности не осуществляется в течение первых 2-х лет, а страхование старости—в течение первых 5 лет (в целях накопления стажа). Таким образом данные о расходах в первые отчетные годы охватывают лишь сведения о „рисках распределения", т.-е. рисках, покрываемых годичной раскладкой (болезнь, материнство, смерть).

Поступление взносов в соц. страховании (на все отрасли, включая „риск капитализации") Франции за первые два года достигало следующих величин:

II полугодие 1930 г.	1,50	млрд. фр.
I „ 1931 „	1,79	„ „
Итого за 1-й операц. год	3,29	„ „
II полугодие 1931 г.	1,79	„ „
I „ 1932 „	1,63	„ „
Итого за 2-й операц. год	3,42	„ „
II полугодие 1932 г.	1,63	„ „

За 1931 календарный год поступление взносов составляет 3,58 млрд. фр., за 1932 календарный год — 3,26 млрд. франков — уменьшение в результате кризиса и падения фонда заработной платы; за 1933 г. — 3,27 миллиарда. Число застрахованных на начало 1934 г. определялось в 9,56 млн. по несельскохозяйственному сектору и 1,08 млн. по сельско-хоз. сектору, всего до 11 млн. человек.

Италия. Социальное страхование в Италии не имеет основной отрасли — страхования на случай болезни. Существует лишь страхование на случай заболевания туберкулезом. Главной ветвью является обязательное страхование инвалидности и старости. Далее, существует обеспечение материнства, страхование безработицы, страхование несчастных случаев. Особняком стоят: страхование моряков и страхование на случай болезни в провинциях, присоединенных после войны (отошедших от Австрии). Страхование инвалидности, старости, туберкулеза, безработицы и материнства объединяется в так наз. „национальном фашистском Институте (кассе) социального обеспечения".

Согласно отчета последнего, средства вышеупомянутых отраслей складывались следующим образом:

Миллиарды лир				
Годы	Поступления	Расходы	Годичное увеличение фонда	Состояние фонда на конец года
1928 . .	0,99	0,23	0,76	5,48
1929 . .	1,15	0,31	0,83	6,31
1930 . .	1,22	0,48	0,74	7,06
1931 . .	1,25	0,62	0,63	7,69
1932 . .	1,19	0,70	0,49	8,19

Сверх того, надо учесть рессурсы других отраслей, не объединяемых „национальным фашистским институтом". По страхованию моряков бюджет ничтожен (около 20 – 26 млн. лир ежегодно), по страхованию болезни в „новых" провинциях он достигает 40 млн. лир, по страхованию же несчастных случаев поступления исчислялись в 380 млн. (в 1930—31 г.). Таким обр., на все виды соц. страхования доходный бюджет в Италии определяется в 1,5 — 1,6 миллиарда лир.

IV. *Финансовые итоги социального обеспечения в СССР.* В противоположность социальному страхованию капиталистических стран, бюджет социального страхования в СССР за период с 1929 по 1934 год обнаруживает интенсивный рост в связи с бурным увеличением численности занятых рабочих и служащих и ростом фонда их заработной платы. Число застрахованных увеличилось с 1928/29 гг. до 1932—34 гг. более, чем вдвое:

Годы.	Число застрахованных в млн. человек.	Фонд застрахованной зараб. платы в млрд. руб.
1928	9,9	7,4
1929	10,9	8,7
1930	13,7	11,8
1931	17,7	19,7
1932	22,6	30,4
1933	22,2	33,9
1934	23,7	42,2

Доходный бюджет социального страхования возрастал следующим образом:

Годы.	Миллиарды руб.	В %% к 1929 г.
1929	1,33	100
1930	1,81	137
1931	2,85	214
1932	4,40	331
1933	4,80	361
1934	5,70	429

Фактический тариф страхового взноса составляет в последние годы (1932—1933) 13,2% к зар. плате.

Бюджет социального страхования в СССР имеет следующие отличительные особенности:

1) Приходная его часть покрывается исключительно из взносов нанимателей, т.-е. в подавляющей своей части от взносов социалистического сектора народного хозяйства. Взносов застрахованных не существует вовсе. Дотаций из госбюджета, т.-е. из налогового источника в бюджет соц. страхования, в СССР не существует.

2) Расходный бюджет соц. страхования является единым в смысле охвата всех отраслей социального страхования. Сводный синтетически-единый соц. страховой бюджет распределяется с 1934 года по центр. комитетам профсоюзов в связи с передачей профсоюзам функций НКТруда (пост. ЦИК СССР, СНК Союза ССР и ВЦСПС от 23 июня 1933 г.).

3) Вследствие ликвидации безработицы соц. страховой бюджет СССР, начиная с 1931 года, совершенно не содержит статей по обеспечению безработных.

4) Помимо расходов на обеспечение при временной и постоянной утрате трудоспособности, на обеспечение по старости и в случае потери кормильца, на медицинскую помощь — наш соц. страховой бюджет содержит крупные расходные статьи: а) на профилактику (санат.-курортная помощь, дома отдыха и пр.); б) на просвещение и создание кадров; в) на рабочее жилищное строительство (за счет специальной надбавки к тарифу взносов и частью за счет внутрибюджетных средств); г) на стипендии.

5) Капитализированных фондов для покрытия пенсионных расходов наш бюджет соц. страхования не предусматривает, так как они не являются необходимыми для данной цели в условиях социалистического хозяйства.

Структура расходного бюджета видна из следующего:

Статьи расходов	Абсолютные величины в млрд. рублей.						Структура в % к итогу.					
	1928/29	1931	1932	1933	1934	1935	1928/29	1931	1932	1933	1934	1935
Пособия по временной нетрудоспособности (болезнь, беременность, роды и проч.) . .	0,50	0,56	0,79	0,81	1,00	1,48	39,7	20,6	18,2	16,9	18,3	21,4
Пособия по дополнительным видам (кормление ребенка, смерть)	0,07	0,06	0,08	0,09	0,07	0,10	5,5	2,2	1,9	1,9	1,3	1,5
Пенсионирование (пенсии по инвалидности, старости, потере кормильца)	0,26	0,36	0,46	0,61	0,79	1,04	20,4	13,2	10,7	12,7	14,4	15,1
Трудоустройство	—	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	—	0,4	0,2	0,4	0,7	0,8
Обеспечение безработных . .	0,14	—	—	—	—	—	11,0	—	—	—	—	—
Медицинская помощь	0,26	0,51	0,86	0,96	1,21	1,89	20,4	18,8	19,9	20,0	22,1	27,4
Ясли, диетпитание	—	0,03	0,11	0,14	0,20		—	1,1	2,6	2,9	3,7	
Санаторно-курортная помощь и дома отдыха	0,04	0,11	0,23	0,25	0,29	0,48	3,2	4,1	5,4	5,2	5,3	7,0
Просвещение (детские сады, питание школьников, научно-иссл. институты, подготовка кадров)	—	0,03	0,08	0,20	0,26	0,30	—	1,1	1,9	4,2	4,8	4,4
Проч. расходы (инсп. труда и проч.).	0,01	0,06	0,10	0,06	0,11	0 10	0,8	2,2	2,4	1,3	2,2	1,5
Организ.-администр. расходы	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04	1,6	1,1	0,9	1,0	0,9	0,6
Перечисления:												
на рабоч. жилищ. строит. . .	0,12	0,33	0,71	0,60	0,67	1,11	9,4	12,2	16,4	12,5	12,2	16,1
на стипендии	—	0,14	0,09	0,50	0,60	0,10	—	5,2	2,1	10,4	11,0	1,5
на образование резерва . . .	0,05	0,48	0,75	0,50	0,17	0,19	4,0	17,7	17,4	10,4	3,1	2,7
Всего	1,26	2,72	4,32	4,80	5,46	6,89	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

При увеличении абсолютных сумм затрат на обеспечение по временной нетрудоспособности и по пенсионированию удельный вес этих статей в сводном бюджете соц. страхования резко снизился в 1932—1934 гг. по сравнению с 1928/29 гг. Пособия по безработице, отнимавшие 11% в 1928/29 г., сведены к нулю, начиная с 1931 г. Взамен этого получили громадное развитие такие статьи, как просвещение, раб. жил. строительство, стипендии. Расходы на медиц. помощь и санаторно-курортную помощь в последние годы растут и абсолютно и относительно. По сравнению с бюджетом соц. страхования капиталистических стран наш соц. страховой бюджет имеет очень небольшую долю организационно-административных расходов (2% в 1929 г. и около 1% в последнее время).

Весьма важным обстоятельством, отличающим бюджет соц. страхования в СССР, является то, что он ежегодно проектируется соответственными органами и затем утверждается правительством Союза в общегосударственном масштабе с определением поступлений и детальным установлением всех расходных статей.

Таким образом, соц.-страховой бюджет в СССР является предметом действенного планирования. Между тем, в капиталистических странах математико-страховые построения относятся только к обоснованиям законодательства или к вводимым поправкам его. Конкретный же годичный бюджет в сводной форме складывается чисто эмпирически, стихийно. Бюджетные сметы, проектирование намечаются на год вперед лишь местными учреждениями соц. страхования, а в общегосударственном масштабе исчисляются вперед ежегодно лишь требуемые дотации из госбюджета.

Составляя около 13% зараб. платы, вносимых исключительно нанимателем без вычетов из заработка рабочих и служащих, социально-страховой бюджет в СССР является вместе с другими обобществленными фондами крупным добавлением к индивидуальной заработной плате.

Главнейшая литература: I. Теоретическая часть. 1) *Б. Ф. Малешевский.* Теория и практика пенсионных касс. ПБ. 1889—90 (4 тома). 2) *С. Е. Савич.* Элементарная теория страхования жизни и трудоспособности. ПБ. 1909. 3) *Д. Граве.* Математика социального страхования. Лгр. 1923. 4) *A. Manes.* Versicherungs-Lexikon. Berl.

1924 (здесь же подробная библиография по страховой математике). 5) *A. Loewy*. Versicherungsmathematik. 4-e Aufl. Berlin. 1924. 6) *Finanzielle Begründung zum Entwurfe der RVO. Reichstagsdrucksache* № 34. Session 1909—1911. 7) *Avis etc... sur les assurances sociales. par M. L. Pasquet*. Documents parlement. Sénat. Annexe № 213. 1927. 8) *E. Fleury*. Commentaire pratique et critique de la loi du 5. IV. 28. Paris. 1929. 9) *Report* by the Governement Actuary on the Financial Provisions of the Bill (Widows', orphans' and old age Contributory Pensions bill). H. M. S. O. 1925. London. Cmd 2406. 10) Some Actuarial Aspects of unemployment insurance. By *J. G. Kyd a. G. H. Maddex*. J. of. Actuaries. 1929. 11) De imo Congresso Internationale degli Attuari. Comunicazioni I Assicurazione contro la disoccupazione (*K. Forchheimer*, Arbeitslosenversicherung; *Von Mulders*, Assurance-chômage и др. доклады). 12) Versicherungsmatematische Denkschrift üb. die finanzielle Lage und künftige Entwicklung der Inval denversicherung. Berlin. 1933 (RABl. № 12. 1933. Beilage). 13) Bevölkerungsstatistische Grundlagen zur Alters und Hinterlassenenversicherung in der Schweiz. Von Dr. *W. Friedli*. Bern. 1928. 14) Pensionsförsäkringskommitté och organisationssakkuniga: Statistiska undersökningar samt kostandsberäkningar. Stockholm. 1930—1932. II. Фактические данные: 1) 21-st Abstract of Labour Statistics of the U. K. (1919—1933). London. 1934. 2) Die Deutsche Sozialversicherung. 1933. Beilage zu den A. N. f. Reichsversicherung. 1934. № 12. 3) Ist.tuto Nazionale Fascista della Previdenza Sociale. Roma. 1934. 4) Les services sociaux en 1933. Vol. I. Genève. 1936. *Ф. Маркузон.*

Эмерсон (Emerson), Ральф Волдо, амер. писатель-эссеист и поэт (1803-1882), род. в Бостоне в строго-пуританской семье, образование получил в Гарвардском колледже, несколько лет был школьным учителем, потом унитарианским проповедником, но из-за догматических разногласий оставил приход. Его жизнь с 1835 г. и до смерти протекла в небольшом городке Конкорд, в замкнутом семейном кругу, разнообразясь только многочисленными лекциями в разных городах Америки и тремя путешествиями в Европу: в 1833 г., когда он познакомился с Англией и особенно сблизился с Карлейлем, с которым у него много общего, больше всего во взгляде на „героев"; в 1847—48 г. г. и в последний раз в Египет в 1872 г. Хронология не имеет, впрочем, большого значения в создании индивидуалистической и идеалистической системы Э., очень эклектичной и восходящей в общем к Канту, Платону и отчасти к Кольриджу. Э. не философ, а скорее проповедник морали, подчеркивающей необходимость независимых убеждений и жизненной энергии; счастье не в материальном преуспеянии, а „внутри нас"; в каждом человеке есть зародыш гения. Изложение Э. неровно, иногда туманно, иногда же отточено в форме легко запоминающихся афоризмов. В стихах Э. („Poems", 1847; „May Day and other Pieces", 1867) больше интеллекта, чем непосредственной лирики и совершенства формы. В политической жизни страны Э. участия не принимал; он был натурой не боевой и от дискуссий, вызванных его произведениями, сам стоял в стороне. Тем не менее, помимо желания, он стал в Америке одним из центров, к которому тяготели многие „ищущие правды" (*ср.* XLI ч. 6, 495/98, 501). Произведения его были тесно связаны с его публичными лекциями, из которых они и вырастали. Ниже перечислены главные из них: „Nature" (1836), „The American Scholar" (речь перед студентами Гарвардского колледжа в 1837 г.), „Essays" (первая серия 1841 г., вторая 1844 г., третья 1875 г.), „Representative Men" (ряд биографий „героев духа", 1850), „English Traits" (яркая, хотя и односторонняя характеристика англичан, 1856), „The Conduct of Life" (1860), „Society and Solitude" (1870), „Letters and Social Aims" (1875). Собрание соч. Centenary Ed., 1903—4, 12 vol.; Journals, 1909-1914. Наиболее важная по фактич. материалу биография принадлежит J. E. Cabot, 1887, 2 vol. Полная библиогр. и подытоживающая статья P. E. More в „A History of American Literature," vol. I, Cambridge, 1918. *В. М.*

Эметин. $C_{29}H_{40}N_2O_4$, производное изохинолина, алкалоид, добываемый из корня растения ипекакуаны (*см.*). Подобно многим другим алкалоидам Э. в больших дозах производит тяжелые явления отравления: введенный под кожу вызывает на месте введения нарыв, в кожу в форме мази—пустулезную сыпь (сыпь с гнойничками), вдохнутый внутрь (напр., при растирании корня ипекакуаны)—сильный насморк и бронхит. Э., принятый внутрь или введенный под кожу, дает ряд общих явлений: действует токсически на стенки капилляров, парализует гладкие мышцы кровеносных сосудов пищеварительного канала, бронхов и пр.; в связи с токсическим действием на стенки капилляров могут развиться сильная рво-

та, понос, нередко с кровью, с гиперемией и отеком легких, и даже воспаление легких, сходное с крупозным; кроме того, Э. парализует центральную нервную систему, поперечнополосатые мышцы, сердечную мышцу. В меньших дозах Э. на те же органы и ткани, в особенности на гладкие мышцы, действует резко возбуждающим образом; этим объясняется употребление его (также и самого рвотного камня) в качестве рвотного, а в еще меньших дозах—в качестве отхаркивающего. Надо, впрочем, сказать, что до сих пор и в качестве рвотного и в качестве отхаркивающего употребляется сама ипекакуана, а не Э. Корень ипекакуаны в виду свойства вызывать рвоту издавна носит название *рвотного корня*. Издавна же рвотный корень употребляется при поносах, в особенности при амебной дизентерии, чисто эмпирически. Но в недавнее время выяснилось, что Э. действует резко ослабляющим образом на многие болезнетворные микроорганизмы животного происхождения (напр., на амебы). В таких случаях вводится до 0,15 солянокислого Э. (emetinum hydrochloricum) в 100 с. с. физиологического раствора хлорнстого натра в вены или до 0,1 в воде под кожу. В последнее время Э. употребляется с видимым успехом при легочных абсцессах амебного происхождения. *Н. Кабанов.*

Эмиграция. Об Э. в довоенное время см. XXXI, *переселение за океан*, прил. к стб. 503/04. Об Э. в послевоенное время см. цикл *рабочий класс*, т. XXXIV, 499, 656/57, 702/05; т. XXXV, 38, 70, 84, 98, 176, 182. См. также *Северо-Американские Соединенные Штаты*, XLI, ч. 6, 47 сл., *четырехлетняя война и ее эпоха—Австралия* (XLVIII, 16/17), *Аргентина* (там же, 257/58). Об Э. политической см. в истории отдельных стран. Об Э. смешанного характера (политической и экономической) см. *евреи*, XIX, 461/68.

Эмилий Павел, Люций, по прозванию *Македонский*, сын консула Л. Эмилия Павла, павшего в битве при Каннах (см. *Канны* и *Аннибал*). Пройдя обычный ряд магистратур, Э. П. в 182 г. до н. э. пропретором провинции Hispania Ulterior покорил разбойничавших на море лигуров, за что получил триумф. Во второе свое консульство, имея уже около 60 лет, стоял во главе экспедиции против македонского царя Персея, которого разбил (168) в битве при Пидне (*см.* XXXVI, ч. 2, 236/37), прошел затем через всю Грецию и триумфатором вернулся в Рим с богатой добычей, которая фактически надолго избавила римлян от прямого обложения (*см.* XXXVI, ч. 2, 237/39). Судя по отзыву Цицерона, Э. П. хорошо знал греч. язык и был выдающимся оратором. Его связь с кружком Сципионов (*см.*) была скреплена передачей одного из четырех его сыновей на усыновление Сципионам (*см.* XLI, ч. 5, 613/14). *И. Ш.*

Эмилия (Emilia), область (compartimento) в Италии, включает в себя округа Болонья, Феррара, Форли, Модена, Парма, Пиаченца, Равенца и Реджо Эмилия; 22.117 *кв. км.* 3.217.746 жит. (1931). Подробности см. при описании отдельных округов и *Италия*.

Эмин, Никита (Мкртич) Осипович, арменист (1815—1890), был профессором армянской словесности на восточном факультете петербургского университета. Перевел на русский язык Моисея Хоренского и др. армянских историков. Работы: „Очерк религии языческих армян" (1864), „Очерк истории армянской церкви" (1864); „Моисей Хоренский" (1881) и др.

Эмин, Федор Александрович, писатель (род. ок. 1735, ум. 1770). Э. появился в Петербурге в 1761 г. О своей жизни до этого времени он рассказывал всевозможные небылицы. Он сознательно строил себе ложную литературную биографию, в которой были и странствования по Европе, Азии и Африке, и побеги из плена, и романические похождения его в роли то купца, то кавалерийского полковника алжирских войск, то ученика португальского кардинала и т. д. При этом Э. излагал историю своей жизни не всегда одинаково; так, он оказывался то сыном венгерца, то сыном турецкого вельможи из поляков, то попросту сыном бедных родителей, живших в Польше. Повествование о своих приключениях Э. распространял всеми способами,—и устно, и в своих книгах, и в официаль-

ном прошении на имя императрицы; с такой же последовательностью он рекламировал свою полуфантастическую ученость и знание иностранных языков; по одним сведениям он владел шестью языками, по другим, якобы, даже четырнадцатью. В результате всей этой саморекламы Э. удалось создать литературную личность, фиктивный образ авантюриста-литератора, напоминающий облик героя авантюрного романа; он добился того, что имя его было окружено легендами, подлинная же его биография до 1761 г. невосстановима полностью. Есть основания думать, что он родился в России, что происходил он из бедной украинской или польской семьи и учился в Киевской духовной академии. Потом он попал в Турцию, перешел в магометанство и поступил на военную службу в корпус янычаров. В конце 1750 г. он уже в Лондоне под именем Мехмета Э. Здесь он явился к русскому посланнику, принял православие и получил русский паспорт. Приехав в Петербург, Э. устроился на службу в кадетский сухопутный корпус учителем, затем перешел в коллегию иностранных дел на должность переводчика, потом на ту же должность в „кабинет" императрицы Екатерины с чином титулярного советника — Э. был одним из первых профессионалов-писателей в России. С 1763 по 1769 г. он выпустил 19 томов своих сочинений и переводов, издавал 2 журнала и оставил еще несколько неизданных произведений. В эпоху, когда в среде „высокой" дворянской литературы к роману относились с недоверием или даже с презрением, Э. выступил как первый русский романист. Его книги „Любовный вертоград или непреоборимое постоянство Камбера и Арисены" (1763; роман издан как перевод с португальского; это, по-видимому, трюк ловкого литератора, желавшего сделать свое произведение заманчивым), „Непостоянная фортуна или похождение Мирамонда" (3 тома, 1763), „Горестная любовь маркиза де Толедо" (1764; перев. с испанского; вероятно, также фиктивный), „Награжденная постоянность или приключения Лизарка и Сарманды" (1764) — авантюрные романы, в которых благородные и прекрасные герои претерпевают невероятное количество самых удивительных превратностей судьбы. В „Мирамонде" Э. счел возможным прозрачно намекнуть читателю, что под именем одного из героев романа, Феридата, испытывающего всевозможные приключения, изображен он сам, автор. Книга эта пользовалась неизменной популярностью в течение долгого времени. Иной характер имеют нравоучительный и политический роман „Приключения Фемистокла" (1763) и эпистолярный роман в 4-х томах „Письма Ернеста и Доравры" (1766—1768), написанный в подражание „Новой Элоизе" Руссо и представляющий собою первый опыт сентиментального и психологического романа в России. Кроме указанных книг, Э. издал еще переведенный с итальянского политич. роман „Бещастный Флориндор, история о принце Ракалмуцком" (1763), „Басни нравоучительные" (1764), 2 тома переведенной с франц. „Истории польской" Солиньяка (1766), „Краткое описание древнейшего и новейшего состояния оттоманской Порты" (1769); наконец, уже после смерти Э. вышел „Путь к спасению", сборник религиозно-моральных размышлений, имевший большой успех и переиздававшийся неоднократно еще в начале XIX в. Особое место занимают вышедшие в 1767—1769 г. 3 тома „Истории Российской" (неоконч. из-за смерти автора); сам он хотел представить свою историю капитальным трудом своей жизни и утверждал, что она является первым опытом научной разработки данного материала, отменяющим все прежние слабые, по его мнению, исторические труды. Однако, уже современники и ближайшие потомки Э. заметили, что его история носит полуфантастический характер, что в ней немало ссылок на несуществующие источники, что она изобилует ошибками и выдумками. В 1769 г. Э. издавал два сатирических журнала: ежемесячник „Адская почта", заполнявшийся его собственными статьями, и еженедельник „Смесь"; кроме того, он сотрудничал в новиковском „Трутне". В свое время по рукам ходили списки памфлетов Э. Неизданным остался его перевод Истории Петра I Вольтера. Большинство произ-

ведений Э. переиздавались и, следовательно, имели успех. Его романы и Историю Российскую высоко ценил Новиков; но у него было в то же время и немало врагов. Так, Сумароков был с ним в ссоре и изобразил его в самом непривлекательном виде в своей комедии „Ядовитый"; Э. в свою очередь написал против него стихотворный памфлет. Чулков и В. Петров также полемизировали с Э., одним из ранних буржуазных писателей в России.

Литература: *митроп. Евгений.*, Словарь русских светск. писателей"; *А. Лященко*, „Публицистич. элемент в романах Э." (СПб. 1898); *его же*, „Библиография Э". („Библиограф", 1892, № 8—9); *Л. Майков.* „Очерки из истории русск. литературы XVII-XVIII" (о памфлете Э. „Сон"); *В. Семенников*, „Русские сатирич. журналы 1769-1774 гг."; *его же*, „Материалы для ист. русск. литературы Екатерин. эпохи". *Гр. Г.*

Эмин-бей, турецкий писатель, см. *тюркские литературы*, XLI. ч. 10, 353/54, 357.

Эминеску (Eminescu), Михаил, крупнейший румынский поэт и писатель XIX века (1849—1889), родился в сев. Молдавии (ок. Ботошани), первоначально носил турецкую фамилию Эмин, которую позднее изменил в Эминович и в конце концов придал ей румынскую форму Эминеску. Некоторое время учился в Черновицах, в 1864 г. примкнул к труппе провинциальных актеров и странствовал с нею, неизменно терпя нужду. Позднее в Вене, Пеше и Берлине пополнял свое образование, изучая главным образом философию (влияние Канта и в особенности Шопенгауэра сказывается в последних стихотворениях Э.). В 1874 г. получил должность библиотекаря университета в Яссах, был главным редактором консервативной газеты „Timpul". В 1883 г. наследственная душевная болезнь Э. стала прогрессировать, он лечился, не прекращая работы, в Бухаресте, в Вене и снова в Бухаресте, где и умер в частной лечебнице. — Наибольшее значение имеют стихотворения Э., обнаруживающие крупный лирический талант, глубину чувства и непревзойденное в румынской литературе мастерство стиха. Пессимистическая окраска особенно усилилась в последние годы жизни. Проза Э. — несколько новелл, романы, небольшие философские очерки и в особенности ряд политических статей — свидетельствуют о консервативном направлении Э., хотя ему и не чужды были бунтарские настроения (см. *Румыния — литература*).

Эмин-паша, собств. Эдуард *Шнитцер* (Schnitzer), германский путешественник и колониальный авантюрист (1840—1892). Род. в Оппельне (Силезия) в еврейской семье, 6 лет от роду был крещен вместе с матерью. Изучал медицину, в 1865 г. получил от турецкого правительства должность карантинного врача в Антивари (Албания), с 1871 по 1874 г. состоял на службе у губернатора сев. Албании и тогда же принял мусульманство. В 1875 г. прибыл в Каир, а на след. год Гордон-паша (*см.* XV, 475) назначил его правительственным врачом в Египетском Судане, дав ему некоторые политические поручения в Уганде и Уньоре. С 1878 г. Э.-п. был назначен губернатором экваториальной провинции. На этой должности он неутомимо обследовал находившиеся под его управлением области. Восстание Махди отрезало его, и на поиски Э.-п. была отправлена экспедиция Стэнли (*см.* XLI, ч. 5, 178). Вместе со Стэнли Э.-п. дошел до восточн. берега Африки и затем вернулся в свою провинцию. Но так как ему не удалось восстановить свою власть, то он вместе со Стэнли прошел через озера Альберта и Виктория в Германскую Восточн. Африку. Поступив в 1890 г. на германскую службу, он в том же году вместе с Штульманом и Лангельдом отправился в озерную область и поднял в Табора германский флаг. При попытке проникнуть в Камерун он был убит арабскими торговцами слоновой костью и рабами по приказу султана Кибонги в Кинене (на Конго). — Дневники Э.-п. хорошо сохранились. Его коллекции и наблюдения особенно интересны и важны для изучения орнитологии, этнографии и метеорологии экваториальной Африки.

О Э.-п. см.: *Stuhlmann*, „Mit E.-P. ins Herz von Afrika" (1894); *Reichard*, „Dr. E.-P." (2 изд. 1895); *Schweitzer*, „E.-P." (1898); *G. Casati*, „Dieci anni in Equatoria". Дневники Э.-п. изданы *Stuhlmann'ом* (1916 сл.).

Эмир (арабск. „повелитель", „глава"), термин, вполне соответствующий тер-

мину „князь", безразлично владетельный или только титульный. Слово „Э." принято в языках всех мусульманских народов, но приблизительно с монгольских времен персы и тюрки титулуют князей чаще „хан" и „бей"; впрочем, в силу исторической традиции владетель Бухары продолжал до последнего времени называться „Э." (так же и повелитель Афганистана), хотя тут же рядом хивинский государь именовал себя „хан". „Э. аль-муминин" („повелитель правоверных")—титул арабских халифов, персидских шахов, османских султанов и прочих мус. государей, сколько-нибудь претендующих на значение. В названиях должностей, особенно придворных, „Э." (сокращенно „мир") значит „глава", „обер", „Э. аль-омарâ", т.-е. „глава эмиров"—то же, что майордом; это был титул начальника турецкой гвардии ослабевших аббасидских халифов IX—X в., а потом в XII—XIII в.—титул майордомов сельджукских султанов. „Э.-ахор" (в кавк. произношении „амилахвар") — обер - шталмейстер (букв. „глава конюшни"), „Э. аль-хаддж" („глава пилигримства") — официально назначенный снарядитель и сопроводитель паломнического каравана в Мекку; эта богоугодная и чрезвычайно прибыльная должность - неистощимый предмет сатирических анекдотов, острот и эпиграмм у египетско-мамлюкских и османских писателей. *А. Кр.*

Эмиссионные банки и *эмиссия*, см. XXV, прил. *кредитные учреждения*, 1 сл.; *бумажные деньги*, VII, 120 сл.; *государственный банк*, XVII, 233 сл.; *денежный кризис эпохи мировой войны*, XLVII, 123 сл.; ср. также *экспорт капитала*, LI, 514, и *капитализм*, XXIII, 400/04.

Эмлук (Amlwch), гор. в Англии (графство Энгльси, сев. Уэльс), в 5 *км* от берега, известен еще с римских времен; в средние века был значительным поселением, в XVIII в. играл роль как порт, когда разрабатывались богатые медные рудники в 3 *км* к югу от города. Ныне потерял всякое значение (в 1921 г. было 2.639 жит.).

Эммануил Филиберт, герцог Савойский (1523 - 1580). Когда отец его, Карл III, был вынужден в борьбе Франции с Испанией стать на сторону последней, Э. Ф. поступил на службу в испанскую армию (1545) и быстро завоевал себе репутацию даровитого полководца. После перемирия 1556 г. он получил командование нидерландской армией Испании и в следующем году (1557) на голову разбил французов при Сен Кантене, что привело к заключению мира в Каро-Камбрези (1559). Согласно одному из условий мирного договора Э. Ф. получил обратно свои владения с оговоркою, что в некоторых крепостях временно остаются французские и испанские гарнизоны. Страна была в чрезвычайно печальном состоянии: разоренная, обезлюдевшая, она требовала очень энергичных забот. Э. Ф. начал с того, что ликвидировал савойские генеральные штаты, последние остатки феодально-сословных вольностей. Страна стала абсолютистской. Тем не менее, Э. Ф. справился с восстановительными задачами очень успешно. Турин вновь стал столицею, хозяйство постепенно пришло в порядок и, несмотря на постоянные распри с Швейцарским союзом и на религиозные смуты — вальденское население некоторых савойских долин приняло протестантизм — благосостояние стало возвращаться в страну. Умирая, Э. Ф. оставил своему сыну прочное государство, вполне итальянское, избавившееся от французских культурных традиций. Если в дальнейшем оно сделалось ядром итальянского объединения, то заслуга эта в значительной мере принадлежит Э. Ф. *А. Дж.*

Эмме, *Большая* и *Малая*, реки в Швейцарии, *см.* XLIX, 190/91.

Эмменталь, долина р. Эмме, см. *Швейцария*, XLIX, 190.

Эмментальские Альпы, см. *Швейцария*, XLIX, 186.

Эммер, см. *пшеница*, XXXIV, 265.

Эмметропия, см. *глаз*, XV, 103/10.

Эммингаус (Emminghaus), Карл Бернгард Арвед, немецкий экономист (1831—1916), высшее образование получил в иенском университете. С 1866 по 1873 г. был проф. полит. экономии в Карлсруэ, а затем в течение 30 лет (до 1903 г.) состоял главным директором общества страхования жизни в Готе. До 1873 г., когда по роду служебной деятельности

Э. отдался всецело делу страхования, он посвящал свое внимание самым различным вопросам описательной и прикладной экономики: то он выпускает двухтомный труд по швейцарскому народному хозяйству (1860—1861), то учебник по сельско-хозяйственной экономии (1863), вышедший еще до его профессорства в политехнической школе, то он работает над вопросами таможенных тарифов (1863), то пытается изложить основные начала домашнехозяйственной деятельности семьи (1869), то выпускает солидный по своему времени труд по организации промышленности (1868), то он занят проблемой призрения (1870) и проч. С 1873 г. Э. работает гл. обр. в сфере вопросов страхования и в этой области знания он завоевывает себе известность.

Важнейшия его сочинения: „Die Behandlung des Selbstmords in der Lebensversicherung" (1875); „Die Steuergesetzgebung der deutschen Bundesstaaten über das Versicherungswesen" (105). *С. Солнцев.*

Эммих, Отто фон, герм. генерал, *см.* XLVI, прилож., 395′.

Эмм-о (Emm-Å), р. на юге Швеции. Бер. нач. в полусотне *км* на ю.-в. от южн. конца оз. Веттер. Сохраняя это направление, течет в Балтийское м., проходя по пути ряд озер. Притоки только правые. Впадает у Поскаллавика в сев. часть Кальмарского пролива. *И. Т.*

Эммонит, разновидность стронцианита (*см.*), с содержанием $CaCO_3$ до 13% (кальцио-стронцианит).

Эмоция (лат., чувствование), колебания чувственного тона, возникающие в нашем организме, его переживания, развивающиеся под влиянием внешних или внутренних раздражителей, обусловливающих изменение течения процессов душевной жизни.

В основе развития эмоциональных состояний лежит реакция нервной системы на внешние и внутренние или следовые раздражители, например реакция на укол, поглаживание, то или иное впечатление, воспроизведение старого впечатления. Эта реакция может быть положительной, отрицательной, смешанной, сильной, слабой, кратковременной, длительной; Э. может быть простой или сложной, например отрицательная Э. от болевого раздражения или вообще Э., обусловленная раздражением одного из рецепторных аппаратов, сложная Э., например возникшая под влиянием нахлынувших воспоминаний. Пример сложной Э.—так называемое общее чувство или самочувствие, как результат суммы впечатлений, полученных центральной нервной системой от различных органов тела—чувство жизни, физического благополучия или слабости, здоровья или недомогания.

Э. обыкновенно делят на высшие и низшие; чувство эстетическое, этическое или социальное, интеллектуальное, с одной стороны, и чувство голода, жажды, половое—с другой; это деление имеет анатомофизиологическое основание, так как низшие Э. тесно связаны с инстинктами, а высшие отстоят от них далеко; первые ближе связаны с подкорковыми областями, а вторые с мозговой корой. Например, в людском общежитии вырабатываются путем опыта правила поведения необходимые для коллектива, но в то же время ограничивающие поведение отдельной личности. Переходные ступени, ярко показывающие связь высших Э. с низшими, хорошо выявляются в такой смешанной Э., как любовь, если возьмем различные ее степени, начиная от грубой животной любви и до любви к отвлеченной идее, доходящей до самоотверженности.

Центральный нервно-психический аппарат находится постоянно под влиянием ряда раздражений, получаемых извне, от органов и процессов собственного тела и следовых впечатлений, воспроизводимых в нашем мозгу; все эти факторы, в весьма значительной своей части несознаваемые, тем не менее влияют на организм и являются источником очень сложного нервно-психического тона, определяемого как настроение, которое, в зависимости от преобладания возбуждающих или угнетающих элементов и их взаимоотношения, может быть приятным, неприятным и смешанным. Настроение есть состояние колеблющееся, у одних эти колебания происходят легче, у других труднее, у одних это более постоянно, у других более подвижно. Безразличное настроение, как резуль-

тат полного равновесия положительных и отрицательных факторов, может встречаться лишь эпизодически. Настроение отражается на течении психофизиологических процессов—одни и те же события вызывают различное к себе отношение в зависимости от настроения; экспериментально доказано, что настроение отражается на простых и сложных психофизиологических процессах (исследования Осипова, Кармазина и Сухова): наиболее благоприятным представляется спокойно-веселое настроение; неприятное, грустное приводит к замедлению сочетательных (ассоциативных) процессов, замедление наблюдается и при чрезмерно веселом настроении, при чем оно обусловливается повышенной отвлекаемостью; так же влияет утомление.

Сила Э. при обычных условиях невелика, но под влиянием резко выраженных раздражителей (крупное несчастье, оскорбление и др.) колебания эмоциональных состояний достигают чрезвычайной силы; такие колебания называются душевными волнениями, порывами, аффектами (*см.* IV, 332/33). Аффект есть иррадиация (распространение) сильного возбуждения по центральной нервной системе со всеми ее последствиями. Аффект есть Э., достигшая резко выраженной степени развития; знакомство с условиями происхождения и развития аффектов необходимо для уяснения происхождения Э. До настоящего времени сохранилось предложенное Кантом деление аффектов на стенические (возбуждающие), астенические (угнетающие) и смешанные, носящие элементы того и другого характера: пример стенического аффекта — радость, астенического — тоска, смешанного—гнев. Аффективные состояния в целом не исчерпываются субъективными переживаниями, которые являются лишь их составной частью, они связаны с рядом явлений со стороны сосудистой системы, поперечно-полосатых и гладких мышц, заложенных во внутренних органах, со стороны секреторных органов; они связаны с комплексами двигательных реакций, известных под названием выразительных движений (мимика, жесты) которые Бехтерев назвал пантомимическими рефлексами. Аффект тоски выражается в угнетении произвольных движений: человек неподвижен, голова опущена, поза сутулая; ходит медленно, говорит беззвучным голосом, мало, с частыми остановками; рассеян, не отвечает на вопросы; мимика малоподвижна, на лбу поперечная складка, внутренние концы бровей приподняты, углы рта опущены, а при сильной тоске рот приоткрыт; дыхание поверхностное, со вздохами; на глазах слезы, бывают плач и рыдания; лицо бледное, конечности холодные наощупь. В припадке отчаяния человек заламывает руки, бегает по комнате, рыдает, бьет себя в грудь, рвет на себе волосы. Весьма поучителен ритуал горя—разрыванье одежд, распускание волос, громкий плач, — проделывая все это, профессионалы (плакальщицы) действительно впадают в аффект. Аффект удовольствия и радости выражается иначе: усиленная подвижность, говорливость, восклицания; дети прыгают, кричат, хлопают в ладоши; складки и морщины на лице разглаживаются, лицо краснеет, глазные щели и ноздри расширяются, глаза блестят, мимика живая, дыхание свободное, движения легкие и уверенные. В аффекте гнева кровь приливает к лицу, вены на лбу и на шее набухают, иногда лицо резко краснеет, глазные щели и ноздри расширяются, глаза блестят, лоб наморщивается, брови сближаются, дыхание прерывистое, мышцы напрягаются, челюсти сжимаются, члены дрожат, голос дрожит, речь прерывистая, нередко бессвязная, из отдельных слов и фраз; некоторые бросают или ломают попадающиеся под руки предметы, жестикулируют, угрожая объекту гнева, ударяют и даже бьют его. При аффекте страха глазные щели широко раскрываются, брови поднимаются кверху, остановка движения и задержка дыхания; усиленное сердцебиение, бледность кожных покровов, иногда выступает пот; волосы приподнимаются (сокращение мускулов erectores), дыхание вслед за остановкой учащается, члены дрожат, во рту пересыхает, голос становится прерывистым, сиплым, даже пропадает;

*

глаза фиксируют предмет страха, зрачки расширяются, раздается пронзительный крик; аффект ужаса может сопровождаться расслаблением сфинктеров мочевого пузыря и прямой кишки (непроизвольное мочеиспускание и испражнение); неподвижное положение вследствие расслабления мускулатуры приковывает человека к месту, или состояние неподвижности сменяется неудержимым бегством в состоянии паники; процессы высшей нервной деятельности (психические) затормаживаются иногда до полной остановки; значительные движения дополняют описанную картину. Аффект изумления близок к аффекту страха в легкой степени. Аффекты стыда и смущения выражаются расширением сосудов лица с покраснением покровов; при этом на лице выступает пот, ладони рук тоже становятся влажными; иногда чувство жара во всем теле; учащенное мигание, даже слезы; речь несвязная, отрывочная, замечания смущенного человека часто неуместны, невпопад. еще больше усиливают смущение; жесты несогласованы, излишни, неловки; смущенному кажется, что он привлекает всеобщее внимание, и это ухудшает его самочувствие. Приведенных примеров достаточно для представления о наиболее ярких аффективных состояниях. Изменения дыхания и пульса наблюдаются при каждом аффекте, однако они не настолько характерны, чтобы по ним можно было с точностью определить качество аффекта. Однако, несомненно, что при аффективных, а, следовательно, и при эмоциональных состояниях объективно установлена наличность изменения иннервации поперечно-полосатых мышц и мышц так назыв. непроизвольного движения, заложенных во внутренних органах и в сосудистых стенках; несомненно и изменение просвета сосудов в сторону расширения или сужения. Эти признаки, неотделимые от аффективных состояний, были хорошо подмечены и оценены одновременно американским психологом Джемсом и копенгагенским Ланге; будучи положены ими в основу учения об аффектах, они послужили к созданию физиологической теории аффектов, известной под названием теории Джемса-Ланге.

Джемс полагает, что установившийся взгляд на развитие физических последствий в зависимости от психологического аффекта как такового неправилен; по его мнению, телесное изменение следует непосредственно за восприятием вызывавшего его факта, и сознавание этого явления во время его течения и есть Э.; иными словами, вслед за впечатлением от раздражителя наступает комплекс физических явлений, развитие которого и имеет своим последствием аффективное состояние Принято располагать события в таком порядке: мы огорчены и плачем, испугались и бежим, рассержены и наносим удар; по Джемсу, причинная связь обратная: мы опечалены потому, что плачем, боимся потому, что дрожим, и т. д. Доказательства таковы: если бы телесные проявления не следовали немедленно за впечатлением, оно оставалось бы чисто познавательным актом; далее, из повседневного наблюдения видно, что физический комплекс предшествует Э.: напр., читая драму, мы неожиданно замечаем, что по нашему телу пробегает дрожь и из глаз льются слезы; если во время прогулки в лесу замечаем что-то телесное, движущееся, — сердце замирает, дыхание задерживается, хотя сознание опасности еще отсутствует; самое существенное доказательство дает патология душевной жизни, а именно те случаи душевных заболеваний, в которых при отсутствии внешнего повода тяжелый аффект тоски или страха развивается в непосредственной зависимости от болезненных условий, возникших в организме, как это бывает, напр., в меланхолических состояниях циклофрении. Развитие Э. сопровождается нарушением физических перемен в нашем теле. Если из эмоционального состояния вычитать один за другим телесные симптомы и ощущения, то вместо Э. останется лишь интеллектуальный процесс. Внешние проявления Э. усиливают самую Э., напр. бегство усиливает чувство страха; наоборот, заторможение двигательных реакций тормозит развитие Э. — досчитать до десяти, и гнев пройдет. К этому

можно прибавить случаи насильственного плача и смеха при органических поражениях мозга — они влекут за собою развитие соответствующих Э. Ланге весьма близок к Джемсу в своих рассуждениях, но он выделяет определенные сосудисто-мышечные комбинации, лежащие в основе ряда аффективных состояний; к первой группе относятся: разочарование, печаль, испуг, смущение; ко второй: нетерпение, радость, гнев; вся первая группа характеризуется ослаблением произвольной иннервации, вторая—ее усилением; присоединение сужения сосудов — печаль, спазма органических мышц—испуг, расстройство координации — смущение; во второй группе присоединение спазма органических мышц—нетерпение, расширение сосудов—радость, расстройство координации—гнев. Повторяя доводы Джемса, Ланге прибавляет к ним следующие доводы: вся диэтетика, весь образ нашей жизни сложился с целью благоприятствования стеническим аффектам, смягчая астенические—„вино веселит сердце" человека, покоряя тоску и страх, аналогичное влияние присуще и другим химическим и фармацевтическим препаратам; так, гашиш вызывает радостное настроение, рвотный камень—угнетение, сходное с тоской, струя холодной воды подавляет гнев—все эти средства действуют на тело, а не на душу. Общая терминология для душевной и телесной б о л и также устанавливает связь между аффектами и их физическими причинами. Э., вызванная внезапным сильным треском, но связанная при своем возникновении с представлением опасности, есть настоящая Э. испуга. Влияние причин, вызывающих аффекты, сводится к их действию на сосудодвигательный центр.

Теория Джемса-Ланге груба и схематична, но ее большое достоинство в том, что с нею связывается обоснованная попытка подведения физиологического фундамента под эмоциональный процесс. Störring вносит в изложенную теорию следующую поправку: аффективные процессы не сводятся к нарушению телесных изменений, а обусловливаются всеми психическими последствиями этих изменений.

В настоящее время к разрешению вопроса о происхождении Э. и аффектов следует подойти несколько иначе: окружающая физическая и социальная среда влияет на организм своими многообразными раздражителями, вызывая с его стороны ответные реакции в виде безусловных и условных (П а в л о в) и сочетательных (Б е х т е р е в) рефлексов; раздражители могут исходить и из самого организма — от его внутренних органов или от старых оживившихся ее энграмм, следовых раздражителей, отложившихся в нервной системе,— запечатлений старого опыта. Эти раздражители могут вызывать чисто сочетательные реакции; но если вследствие своей силы они иррадиируют и распространяются и на ниже лежащие центры, то получается эмоциональная реакция, которая может быть б е с у с л о в н о эмоциональной, если она связана с безусловным рефлексом, и у с л о в н о - эмоциональной, если она зависит от условного раздражителя. Примером первой служит реакция на болевой или термический раздражитель (аффект со слезами и с криком); примером второй — эмоциональная реакция на вид кинжала, револьвера, особенно, если человек подвергался нападениям; ребенок плачет при виде ложки, с которой накануне ему дали горькое лекарство; ясно, что во всех приведенных примерах аффективная реакция образовалась по типу условного сочетания, подействовавшего на нервную систему как безусловный раздражитель. С момента развития этих реакций начинаются и субъективные переживания. Наличность иррадиации возбуждения доказывается некоординированными движениями, наблюдаемыми при ряде аффективных состояний. Дифференцирование раздражителя, ознакомление с ним связано с уменьшением и уничтожением его эмоционального значения. Субъективная сторона эмоционального процесса в целом неотделима от биологического процесса, являясь его составной частью; без ощущений чисто физических перемен, происходящих в нашем организме (сердцебиение, дрожание, приливы крови и т. д.), нет эмоционального состояния. Э. или аф-

фект в целом охватывает сумму всех физиологических (resp. биологических) реакций (сосудистых, со стороны гладких и поперечно-полосатых мышц, включая т. наз. выразительные движения — мимика, жесты, далее — сердцебиение, дыхание, модуляции голоса, со стороны эндокринных органов) на эмоциональный раздражитель, внешний или внутренний, со всеми субъективными их последствиями, которые и составляют субъективную сторону Э. Дуга эмоционального рефлекса проходит в большинстве случаев через кору головного мозга, но развитие Э. возможно лишь при участии вегетативной нервной системы, что устанавливается анализом любого эмоционального состояния; по последним исследованиям симпатическая нервная система участвует в иннервации поперечно-полосатых мышц (Васске, Орбели). Часто говорят о психогенных раздражениях, подразумевая под этим, в противоположность чисто физическим факторам, влияние обстановки, письменных или устных известий, социальных влияний; эти раздражители отнюдь не являются чем-то отвлеченным, „психическим"; это — символические, условно-эмоциональные раздражители, вызывающие соответствующий эффект, приближающийся к действию безусловного агента; поэтому правильнее их называть тимогенными, или аффектогенными, и социогенными раздражителями.

Раз доказано, что эмоциональный процесс есть процесс строго биологический, материальный, становится вполне понятным, что различные Э. отражаются на течении других психофизиологических процессов, напр. ассоциативных. В чем же существо эмоционального биологического процесса? Meynert ставил возбуждающие Э. в зависимость от повышения окислительных процессов в мозговой коре, а угнетающие — от развития застойных явлений. Исследования Бронштейна показали, что плетизмография обнаруживает реакцию на эмоциональные раздражители со стороны вегетативной системы более раннюю, чем реакция речевая, что сосудистая реакция отличается крайней чувствительностью. Исследования американского ученого Cannon'a посредством способа Magnus'a, произведенные на животных, показали, что в состояниях аффекта в крови животных появляется в значительном количестве адреналин, выделяемый надпочечниками. Мы воспользовались длительными аффективными состояниями, которые дает нам клиника в маниакальной и депрессивной фазах циклофрении; в венозной крови этих больных Богеном было обнаружено посредством применения способа Magnus'a (особый характер сокращений отрезка кишки под влиянием адреналина) присутствие адреналина; в артериальной крови, конечно, его содержится больше. Впрыскивание адреналина людям здоровым вызывает симпатикотоническую реакцию, часто с явлениями депрессии. Протопопов отметил у депрессивных и маниакальных больных симпатикотонический синдром в виде расширения зрачков, тахикардии и запоров; Шевелев изучил его всесторонне, установив у них наличность симпатиконевротонии, которая была у всех больных Богена. Отсюда становится несомненным важное значение гиперадреналинемии в происхождении патологических аффектов и, по всей вероятности, в физиологических, при чем, конечно, нельзя исключать влияния других желез внутренней секреции, также изменения содержания кальция, калия и сахара в крови, на что отчасти даны указания в работе Абрамова и Шацилло о гипнотических состояниях.

Развитие эмоционального и аффективного процесса следует представить так: 1. Эмоциональный внешний или внутренний (следовой, интрацеребральный) раздражитель. Эмоциональное значение раздражителя закрепилось из прежнего опыта, из сочетания с инстинктивными, безусловными реакциями. 2. Проведение возбуждения к коре больших полушарий, а в иных случаях (особенно при инстинктивных реакциях) лишь до подкорковых, стволовых центров; возбуждение соответствующих энграмм с присущими им субъективными (rsp. психическими) свойствами. 3. Распространение (иррадиация) возбуждения по коре и в центробеж-

ном направлении через область зрительного бугра на поперечно-полосатые мышцы и через центры блуждающего и симпатического нервов на иннервируемые ими органы (сердце, сосуды, кишечник, зрачки, частью поперечно-полосатые мышцы, другие внутренние органы, железы внутренней секреции, в том числе и на надпочечники). 4. Поступление в кровь биохимических продуктов и их влияние на нервную систему. 5. Субъективная реакция на сумму изменений в органах тела и последствия этих изменений вообще. Развитие эмоционального процесса неизбежно сопровождается рядом более или менее сложных реакций, в том числе и субъективных, но Э. как таковая может сознаваться лишь со времени частичного или полного развития периферических изменений, оказывающих свое влияние на нервные элементы коры.

Литература: *Бехтерев*, „Общие основы рефлексологии человека", изд. 3, Гиз, 1926; *Боген*, в „Z. f. d. gesam. Neurol. u. Psych.", 1928; *Бронштейн*, в „Ленинградск. медиц. журнале", 1928, *Дарвин*, „О выражении ощущений у человека и животных", 1927; *Джемс*, „Психология", изд. 2, 1903; *Кеннон*, „Физиология Э.", 1927; *Ланге*, „Аффекты", 1890; *Обрели*, в „Известиях Петрогр. н. инст. им. Лесгафта", т. VI, 1923; *Осипов*, „Курс общего учения о душевных болезнях", вып. I-II, 1907; *Осипов*, „Сборник, посв. 75-летию акад. И. П. Павлова", 1924; *Осипов*, „О влиянии настроения на скорость зрительных восприятий", 1904; *Павлов*, „Лекции о работе больших полушарий головного мозга", 1927; *Протопопов*, в „Научной медицине", № 7, 1926; *Шицилло*, и *Абрамов*, в „Z. f. d. gesamte Neurologie u. Psych.", B. 42; *Штерринг*, „Психопатология в применении к психологии", 1905.

В. Осипов.

Эмпедокл (Ἐμπεδοκλῆς), родом из Агригента в Сицилии, греческий философ, автор написанных стихами сочинений Περὶ φύσεως (О природе) и Κάθαρμοί (Очищения), из которых сохранились большие отрывки (изд. H. Diels'a, русск. пер. А Макозельского); жил приблизительно между 490-430 гг. до н. э. Э. долго возглавлял демократическую партию в своем родном городе. Выступления Э. в качестве странствующего проповедника учения о переселении душ и врача-чудотворца подали повод к возникновению множества легенд о нем. Признавая не единое основное начало, а несводимые друг к другу основные вещества (землю, воду, воздух и огонь), Э. мыслил себе возникновение и уничтожение конкретных вещей как смешение и разделение этих четырех „корней всего". Силы, вызывающие смешение и разделение основных веществ, Э. называл Любовью и Враждой, не проводя отчетливого разграничения между понятиями силы и вещества. Мировой процесс мыслится Э. как круговорот сменяющих друг друга состояний мира. Первоначальное гармоническое единство элементов в однородном шаре, наслаждающемся при неограниченном господстве Любви абсолютным покоем, уступает место постепенному разделению элементов, вызываемому внедрением Вражды. После полного разделения элементов Любовь постепенно захватывает у Вражды разъединенные элементы и организует конкретные вещи. В теории познания Э. исходил из принципа: подобное познается подобным. Из частностей учения Э. о природе наибольший интерес представляют: гипотеза о развитии органического мира путем выживания лишь целесообразных организмов из массы бесцельно возникавших форм и наблюдения над вдыханием и выдыханием, которые Э. объяснял движением крови от сердца к поверхности тела и обратно, пользуясь сравнением с движением воды в водяных часах.

Литература: кроме историй греческой философии, исследования *H. Diels'a*: Studien Empedocles в „Hermes", 1884; Gorgias und E., в Sitzungsberichte der Berl. Ak., 1884; Ueber die Gedichte des E., ibid., 1898.

А. Воден.

Эмпиема, см. *плеврит*, XXXII, 343.

Эмпирей (греч.; „сфера огня"), в древних космогониях—высший небесный слой, занятый огнем; позднее—небосвод вообще. В христианской поэзии—местопребывание божества и блаженных, источник света. Так, в „Божественной Комедии" Данте достигает Э., руководимый Беатриче. В таком же смысле упоминается Э. и у Мильтона в „Потерянном Рае".

Эмпиризм — философское направление, сторонники которого усматривают в опыте единственный источник познания и критерий его достоверности. В древней философии более или менее последовательного Э. придерживались

стоики, эпикурейцы и скептики; представителем Э. в средневековой философии был Р. Бэкон. Э. как естественнонаучное мировоззрение восходит к Галилею и Ф. Бэкону. Локк старался дать психологическое обоснование Э. Новейшие сторонники Э. примыкают к Юму и к Д. С. Миллю.

Эмпириокритицизм. Смертью Гегеля в 1831 году завершился период расцвета немецкой идеалистической философии. Последующее ее развитие вплоть до середины XIX века характеризуется нарождением многочисленных школ и группочек, пытавшихся продолжать традицию Фихте, Шеллинга и Гегеля. Принадлежавшие к этим группам в большинстве своем ныне окончательно забытые писатели — исключение составляет только гегельянская левая—запрудили литературу и школьное преподавание бесконечным количеством метафизических систем, построенных на „свободном умозрении", но совершенно лишенных той широты и величия мысли, которые обеспечили трем идеалистам-классикам не только продолжительное влияние на духовных наследников, но и признание со стороны противников. Однако, уже к самому началу 50-х годов это положение в философии явно перестало удовлетворять идеологическим нуждам господствующего класса. В сороковых годах немецкая буржуазия вполне уже определилась как класс an und für sich, сознавший свою силу и недовольный теми стеснениями, которые налагал на него полуистлевший и бессильный в своей раздробленности феодально-бюрократический абсолютизм тридцати шести германских княжеств. После революции 1848 г. резко двинулось вперед развитие крупной промышленности, начавшей вытеснять ремесла и мануфактуру. Горное дело и металлургия в Богемии, Саксонии, Вестфалии и прирейнских землях, хлопчатобумажная промышленность в южной Германии, железные дороги во всех этих странах обеспечили мощную индустриализацию всей страны и определили тот колоссальный рост точного и естественно-научного знания, который связан с именами Иоганна Мюллера, Роберта Майера, Грове, Гельмгольца и др. Чем значительнее и очевиднее становилась победа опытного знания, тем настоятельнее определялась потребность в перестройке философии. Отвращение к умственной хилости и бесплодию эпигонов идеализма толкало философскую мысль немецкой буржуазии на поиски иных путей. В числе этих путей намечался и выход к материализму Бюхнера, Фохта и Молешотта, лишенному, впрочем, всякой теоретической глубины и временно завоевавшему успех лишь благодаря тому чисто литературному мастерству, с которым его представители популяризировали идеи и достижения современного им естествознания.

Германская буржуазия повторила в этом случае идеологический опыт буржуазии французской, выдвинувшей в XVIII веке, в эпоху своего предреволюционного подъема, плеяду блестящих философов-материалистов: Гольбаха, Гельвеция, Ламеттри, Дидро. Но повторный опыт был качеством своим настолько же ниже первого, насколько либеральная оппозиция германской буржуазии была слабее и бледнее революционного духа тех буржуа, которые во главе парижского народа разгромили Бастилию и больше 20 лет победоносно отражали натиск европейской реакции. Французская буржуазия могла претендовать на роль революционного авангарда. Развитие противоречий между ней и классом наемных рабочих являлось еще только делом будущего, тогда как победившая в 1848 году немецкая буржуазия с первых же своих шагов трусливо оглядывается на пролетариат и торопится заключить союз с недавними своими врагами для подавления общими силами нового революционного класса. При таких обстоятельствах материализм, хотя бы и самый вульгарный, становился опасной игрушкой. С 1844—45 гг. Маркс и Энгельс начали энергичную борьбу за материализм, и уже в 1848 г. вышел „Коммунистический манифест", связавший судьбу этой философии с судьбами самого рабочего класса. Буржуазия не замедлила поэтому отшатнуться от материализма, „как только оказалось, что

ханжество прибыльнее вольнодумства" (Меринг). На страницах журнала „Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik" (осн. в 1837 г.) открывается поход против материализма, перенесшийся вскоре и в собрания и съезды естествоиспытателей. К концу 50-х годов материализм становится для буржуазной школьной философии (но не для естествознания) окончательно пройденной ступенью.

Навстречу новой потребности выступило целое философское течение, провозгласившее лозунг: назад к Канту. Вожди нового течения — Фр. Альб. Ланге, Отто Либман и др. — искали в кантовой критике спасения от опостылевших метафизических абстракций и фантазий. Ланге готов был даже признать за материализмом известные достоинства как за методом исследования, но решительно отвергал его как принцип, систему и мировоззрение. Чтобы сделаться этим последним, материализм должен быть восполнен теоретико-познавательным идеализмом. Познание объемлет лишь область чувственного опыта, но эту область познающий субъект воспринимает через призму своей человеческой организации, выступающей как начало, которое оформляет и объединяет данные опыта. Одним из ответвлений этого довольно широкого философского движения явилась философия Э. Она отразила в себе все важнейшие черты неокантианства, близкое родство с видными представителями которого открыто признают вожди Э.—Авенариус (*см.*) и Мах (*см.*). Сохраняя некоторый крен к материализму, эмпириокритическая философия лицом своим обращена, однако, в совершенно другую сторону. В соответствии с ярко определенным деловым характером тех устремлений, которые она представляет, философия эта выдвигает на первый план практические задачи познания, выражая их средствами почти экономической терминологии. В литературе высказывалось мнение, что самый принцип экономии мышления, являющийся основным для философии Авенариуса, возник из потребностей капиталистического строя (Paul Szende, „Eine soziologische Theorie der Abstraktion". Arch. f. Sozialwiss., 1923, H. 21, S. 421). С другой стороны, бросается в глаза близость между общими тенденциями буржуазного индивидуализма и тем выпячиванием познающей личности, которое составляет одну из типических черт Э. Широкое использование материалов естественнонаучного знания превосходно дополняет стиль этой философии, вполне отвечающей общему стилю своей эпохи—эпохи промышленного капитализма. Характеристика Э. как философии начала „загнивания капитализма", предлагаемая в сборнике „Из истории философии XIX в." (М. 1933, стр. 309), представляется поэтому вопиющим анахронизмом.

Естественно-научная ориентировка Э. несколько разнится у двух его крупнейших представителей: Авенариуса и Маха. В то время как Мах к философским своим построениям приходит от физики, Авенариус пользуется по преимуществу биологическим, главным же образом физиологическим материалом. Известно, что по началу Авенариус мыслил свою философию как некоторое универсальное человековедение и что главное свое произведение, „Критику чистого опыта", он основывает на построенной им гипотезе о природе нервного процесса. Для построения этой гипотезы он привлек данные из области физиологической психологии, биологии и биохимии, тем самым давши повод к обвинениям в материализме. „Обвинения" эти неосновательны и свидетельствуют лишь о том, что в кругах философов-идеалистов отчетливо сознается опасность, возникающая для идеализма каждый раз, когда пытаются сблизить философию и естествознание. Авенариус показал, однако, что опасность эта не столь велика, как кажется, и что естествознание, в которое заблаговременно вносятся те или другие элементы идеализма, может в последующем дать видимость опоры для их развернутого философского обоснования. Именно такое применение получают три основные формулы авенариусовой философии: наименьшей траты сил, жизненного ряда и интроекции.

Корень философии, пишет Авенариус, следует искать уже в целесообразном устройстве души. Целесообразным устройством некоторой системы следует считать не просто такое, при котором она способна решать возложенную на нее задачу, но такое, при котором решение это достигается с возможно наименьшими средствами. Рассмотрение теоретической функции души, мышления, показывает нам, что в ней заложено стремление действовать с наименьшей тратой сил. С точки зрения психологии теоретическая функция души есть не что иное, как особый вид апперципирования. Две массы представлений вступают во взаимную связь с целью определения или характеристики содержания той из них, которая в течение этого процесса была менее определенной, нежели другая. Когда, например, зоофит подводится под понятие животного, мы имеем именно такой случай. Представление зоофита подвергается здесь апперципированию с помощью представления о животном, как известным образом питающемся и ощущающем организме.

Законы, составляющие основное содержание наук, точно так же суть не что иное как апперцепции, с тем лишь отличием, что они касаются не свойств вещей, взятых в неподвижном состоянии, а свойств процессов.

Источником всякой познавательной деятельности является опыт, опять-таки как явление биологического порядка. Наивный реализм есть форма стихийного приспособления нашей познавательной способности к природе. В качестве такового он имеет громадную познавательную ценность. Исследовав содержание человеческого понятия о мире, Авенариус приходит к выводу, что нет никаких оснований для изменения этого понятия, взятого в естественном его виде. И более того: научное познание не имеет никаких средств или форм познания кроме тех, которое оно заимствовало от до-научного, хотя бы и подвергнув их известному усовершенствованию и развитию. Обстоятельства складываются, однако так, что человек привносит в естественный свой опыт некоторые сторонние ему элементы, источниками коих служат разного рода апперцепции, именно оценочные и антропоморфические. Для того чтобы овладеть опытом, как незамутненным кладезем знания, нужно устранить из него все эти элементы. Наука достигла уже того, что мышление освободилось от этических, эстетических, мифологических и „антропологических“ (проецирующих в природу наши чувства) примесей. На очереди устранение апперцепций формального рассудка: субстанциальности и причинности. С их удалением будет воссоздан чистый опыт, т.-е. опыт, лишенный внешнего мира и понимаемый у Авенариуса таким образом в субъективно-идеалистическом смысле. Устранение есть специфический метод философии. Тогда как отраслевые науки добывают все новый и новый опытный материал, философия довольствуется тем, что этот материал очищает от всего чужеродного, привносимого в опыт извне. Отсюда, между прочим, следует, что философия не наука, а лишь научное мышление, психологический процесс, организуемый как своего рода искусство или техника. На этом основании старейший из русских исследователей Авенариуса, В. В. Лесевич, предложил самый термин „теории познания“ заменить другим, в котором ударение явно делается на психологической стороне дела: „теория познавания“.

Самая теория познавания излагается в биологических понятиях. Эквивалентом ее служит формула „жизненного ряда“, предлагаемая в „Критике чистого опыта“. Всякий нервный процесс рассматривается как взаимодействие двух энергий: усваивающей и тратящей. Первая выражается в питании, а вторая—в работе нервной системы. Мозговое равновесие обусловливается таким равенством питания и работы, когда их условная сумма равна нулю. Около этой нулевой точки колеблется жизнедеятельность мозга, то отходя от нее в ту или иную сторону, то снова к ней возвращаясь. Сумма процессов, протекающих между моментом начала колебания от нуля и моментом возвращения к точке покоя, образует отдельный жизненный ряд. Этот жизненный ряд слагается из трех отрезков: 1) отрицательного колебания;

2) нейтрализующих его процессов; 3) восстановления равновесия. В познавательном переживании им соответствуют: 1) постановка задачи; 2) попытки найти ее решение; 3) самое решение задачи. По этой схеме одинаково располагаются простейшие рефлексы лягушки и процессы, совершавшиеся в нервной системе Канта, когда он стремился спасти свободу, бога, нравственный закон и искал пути к этому спасению в обход своей же „Критики чистого разума". Вопрос о логической оценке познания при этом вообще не ставится. Всякое суждение основано на некоторой субъективной окраске, или, как выражается Авенариус, „характере" переживания, в котором оно содержится. К числу этих характеров Авенариус относит и истину, которая таким образом утрачивает всякое свойство объективности или безусловности и становится просто биологическим фактом.

Не теоретизировать о действительности, а просто полно и непредубежденно ее описывать — вот что нужно для построения правильной философии. Задача человеческого познания — не сопоставление искусственно расщепленных элементов опыта, а создание устойчивых, т.-е. биологически прочных форм его организации. Эти добрые намерения остались, однако, как и следовало ожидать, не реализованными. Авенариус не обходится и не может обойтись без теорий. Самый принцип описания он подчинил в „Критике чистого опыта" принципу простоты, т.-е., иными словами — экономии мышления, неизбежно налагающей схему на живой, пенящийся поток явлений. Схематизм Авенариуса еще усугубляется непревзойденными трудностями специально измышленной им терминологии, которую он пытается оправдать ссылкой на учение Штейнталя и Гейгера о непригодности нашего исторически сложившегося языкового фонда для нужд строго научного мышления.

Совсем другое впечатление производят на читателя приемы мышления Эрнста Маха, который на ряду с Авенариусом считается основоположником философии Э. Авенариусовский схематизм совершенно чужд Маху, как чуждо ему стремление Авенариуса создать новый, нарочито для нужд философии приспособленный язык. Философские этюды Эрнста Маха — это как бы собрание лабораторных экспериментов, хотя и имеющих нечто общее в своем объекте, но не обладающих единством ни цели, ни методологии. При каждом удобном случае Мах подчеркивает, что не стремится к законченному мировоззрению. Преимущество последовательности Мах охотно уступает философам. В этом отношении он уравнивает солипсистов, доводящих до последнего предела мысль о „я" как единственном непосредственном данном, с материалистами, приписывающими то же значение материи.

Однако, по признанию самого автора, „всякий философ имеет свое домашнее естествознание, и всякий естествоиспытатель — свою домашнюю философию". Имеет ее, очевидно, и Мах. Уклоняясь от опровержения кантовой философии, он гораздо более решителен, когда речь заходит о материализме. Здесь он не без сокрушения отмечает, что в философии большинство естествоиспытателей придерживается еще и в настоящее время материализма, „которому 150 лет от роду и недостаточность которого давно уже разгадали не только философы по призванию, но и люди, более или менее знакомые с философским мышлением". Пренебрежение Маха к 150-летней философии соответственно возросло бы, если бы он стал считать ее возраст от времени Левкиппа и Демокрита. Из последующего будет, однако, видно, что домашняя философия самого Маха имеет весьма почтенный возраст. Она заключается попросту в наивном реализме. Если материализму давность его существования ставится в упрек, то долговечность наивного реализма рассматривается, наоборот, как его достоинство. Это миропонимание сохранялось в течение неизмеримо долгого времени; оно есть продукт природы и ею поддерживается. Философские же системы суть „лишь незначительный эфемерный искусственный продукт". Теоретизирование везде и всегда есть дело подчиненного порядка. На первом

плане во всех науках, не исключая физики, стоит копирование или — что то же—точное описание фактов. Атомы, силы, законы и самая материя—это лишь символы, образование которых в науке преследует просто цели экономики мышления. Закон природы не есть нечто реально существующее. Он представляет лишь сжатый, доведенный до минимального объема отчет о фактах, притом несравненно более сжатый по содержанию, чем самая совокупность фактов, им охваченная. Нелепо думать, что абстрактные средства физико-химического опыта, как, напр., теория атомов, дадут нам больше, чем может дать самый опыт. И уже совсем чудовищной является идея о применении атомистики для объяснения психических процессов.

Нет объективного познания. Всякое познание исходит из практических надобностей и соответственно им осмысливает действительность. Во всех естественных и точных науках понимание основано на деятельности. Уже первые шаги этого понимания вытекают из того стремления человеческой мысли экономить свои силы, без которого наука вообще не могла бы ни решать, ни даже ставить свои задачи. Чистая действительность представляется нам как многообразная связь различных физических элементов (цвет, звук, теплота, давление, время, пространство), переплетающихся с нашими настроениями, чувствованиями, желаниями. Некоторые из этих элементов слагаются в относительно постоянные комплексы, которые запечатлеваются в памяти и получают свои особые названия в языке. Постоянство их соблазняет мысль на поиски чего-то, независящего от изменчивости и многообразия всей картины. Так рождается идея о вещи в себе. Идея эта является крайностью, в которую впадает наше познание, когда оно вслед за приспособлением мыслей к фактам действительности начинает приспособлять их друг к другу. Весь аппарат науки, все вспомогательные понятия, знания и формулы являются лишь регулятивом чувственных представлений. Всякая иная постановка вопроса возвращает нас к традициям элейства, с его признанием безусловного примата мысли над свидетельством чувств. И, далее. Мах указывает, что античная диалектика была умело использована средневековыми схоластиками, деликатно намекал этим на схоластическое происхождение всяких формул, пытающихся проецировать в реальное бытие рабочие домыслы нашего познания, сами по себе полезные, но не могущие притязать на какую бы то ни было реальность. Тела суть только комплексы наших ощущений. „Не тела вызывают ощущения, а комплексы элементов (комплексы ощущений) образуют тела". Материя—лишь абстрактный символ для пребывающего в относительном равновесии комплекса чувственных элементов.

Философия Э., не получившая особого распространения в Западной Европе, завоевала, однако, довольно крупный успех в России. На русский язык переведены были не только основные произведения Маха и Авенариуса, но и работы виднейших учеников последнего: Петцольда, Картаньена, Гольцапфеля, Жозефины Кодис. Довольно рано появились, сначала среди позитивистов народнического толка (В. В. Лесевич), русские последователи этой философии. Дальнейшие свои завоевания в России Э. совершал как среди идеологов народничества (В. М. Чернов), так и среди представителей беспартийной буржуазно-академической философии (Д. Викторов) и, наконец, среди марксистов и причислявших себя к марксистам (Луначарский, Базаров, Берман, Юшкевич). Наукообразная внешность Э.,—необходимая черта всякой философии, пытавшейся закрепить связь между естественно-научным исследованием и нуждами промышленного капитала,—в высокой степени способствовала этому успеху. Среди марксистов тяготение к Э. было одним из проявлений ревизионистской струи, сначала наметившейся в работах „легальных марксистов" (Струве, Булгаков), а затем проникшей в мировоззрение даже тех писателей, которые организационно примыкали к большевизму. Ленин довольно рано обратил внимание на опасность, которую представляли эти влия-

ния для ортодоксального марксизма. Блокируясь с крупнейшим представителем нового течения А. Богдановым в вопросах текущей политической тактики, Ленин лишь откладывал до более благоприятного момента сведение с ним теоретически-философских счетов. Первое время он рассчитывал на то, что задачу эту примут на себя те из его товарищей по партии, которые специально писали на философские темы (Плеханов, Л. И. Аксельрод). Однако, ему пришлось в конце концов самому заняться этим делом. Сначала Ленин проектировал ряд статей или брошюру, но по мере работы над материалом план расширялся. Понадобилось даже поехать в Лондон, чтобы воспользоваться книжными богатствами Британского музея. Наконец, в 1908 г. был закончен, а в 1909 г. вышел в свет основной философский труд Ленина: „Материализм и эмпириокритицизм".

По замыслу и по внешней форме книга эта имеет главным образом полемические задачи. По содержанию и методологическим приемам она устанавливает ряд положительных истин, предопределивших дальнейшие пути развития марксистской философии и положивших твердое начало ее новому, ленинскому этапу. Одна из характерных черт мышления Ленина—стремление к полной ясности, ненависть к путанице, недомолвкам, словесным ухищрениям—выражена в этой книге с изумительным блеском и полнотой. Шаг за шагом показывая внутреннюю слабость и сбивчивость основных понятий Э., колебания его между идеализмом и материализмом, эпигонское худосочие его теоретизирования по сравнению хотя и с ошибочными, но четкими и монументальными построениями классиков идеализма, загромождение работ эмпириокритиков разного рода словесным сором, Ленин ведет читателя к решающим выводам о значении философии для естествознания, об основной линии разделения систем в истории философии и, наконец, о преодолении действительных и мнимых трудностей теории познания средствами диалектического материализма. При этом Ленин основывается на громадной не только философской, но и физической литературе, с поразительным искусством обращая против своих противников оружие, добытое из их же арсенала. Уже центральное для Э. понятие чистого опыта оказывается либо пустой тавтологией, либо клубком противоречий. Так, даваемое Авенариусом аналитическое определение гласит, что „чистый опыт это такое заявление, к которому не примешано ничего, что в свою очередь не было бы опытом, и которое, следовательно, представляет из себя не что иное, как опыт". Это определение Ленин называет „квазиученым вздором" и поражается людям, которые принимают его за истинное глубокомыслие (Соч., 2 изд., XIII, 121). На ряду с тем Авенариус мыслит опыт то как заявление, предпосылкой которого во всем его составе служат только части с р е д ы—тем самым он дает возможность толковать опыт материалистически; то как специальный случай психического, включающий при том „мыслительные ценности".. другими словами — бросается в сторону идеализма. Ссылками на Риля, Вундта, Ковеларта, Нормана Смита Ленин устанавливает, что смутность и не определенность авенариусовского понятия опыта является общепризнанной и в буржуазной философии. Приведя из Фихте цитату, в которой этот крупнейший представитель субъективного идеализма объявляет опыт центральным понятием своей философии, Ленин выражает искреннее сожаление о людях, поверивших „Авенариусу и К°, будто посредством словечка „опыт" можно превзойти „устарелое" различие материализма и идеализма" (122) и напоминает, что слово это, „на которое строят свои системы махисты, давным давно служило для прикрытия идеалистических систем" (123). То же примерно происходит и с понятием интроекции. По мнению Базарова и Богданова понятие это направлено против философского идеализма, ибо Авенариус с его помощью утверждает действительное бытие внешнего мира. Ленин показывает, что идеализм „опровергается" здесь на идеалистической базе, так как учение об интроекции отвергает способность мозга отражать действительность, упраздняет

принципиально неотъемлемое для материализма различие действительности и ощущений, ее отражающих. И снова ссылками на Вундта, Эвальда, Нормана Смита и Джемса Уорда Ленин доказывает, что специалисты-философы в своей оценке учения об интроекции оказались гораздо догадливее русских махистов (72—74). Учение о неразрывной координации нашего „я" и среды выставлялось его автором, Авенариусом, как способ обоснования наивного реализма. Ленин показал, что совершенно такое же учение мы встречаем в одном из диалогов Фихте и что теория координации есть лишь способ маскировать субъективно идеалистический взгляд, отрицающий существование среды независимо от познающего „я". Из приводимых Лениным цитат видно, что ни Вундт, ни Норман Смит, ни Шуппе, ни Фридлендер,ни, наконец, ученик Авенариуса Р. Вилли ни мало не заблуждаются в своем идеалистическом толковании координации (54-60). Учение же Маха о комплексах ощущений не дает ничего нового по сравнению с учением Беркли о вещах как „собраниях идей" или даже буквально „комбинациях ощущений" (19). Впрочем, Мах, хотя и с разного рода оговорками, признает свою близость к Беркли. Оговорки эти ни в малой мере не спасают дела, ибо „неизбежный результат махизма... чистый субъективный идеализм" (75), прямым путем ведущий к солипсизму. Если „чувственным содержанием наших ощущений не является внешний мир, то значит ничего не существует, кроме этого голенького Я, занимающегося пустыми „философскими вывертами" (35).

Откуда же у писателей, некогда близких к материализму, и отчасти у широких кругов публики, вообще неблагосклонных к идеалистической философии, возникают симпатии к Э.? Из сказанного видно, что идеалистическое ядро Э. философии скрывается под разного рода оболочками. Но дело не только в этом, а еще и в том, что Э. соединяет противоречивые тенденции и что местами он исходит из материалистических или близких к материализму предпосылок. Так, по общему признанию, допущение Авенариусом (в иной формулировке также и Махом) „независимого жизненного ряда" (независимого от состояния субъекта С) есть прямое заимствование у материализма. Упоминавшийся уже ученик Авенариуса Вилли признает, что Авенариус, бывший всецело идеалистом в 1876 г., впоследствии примирял с идеализмом материалистическую точку зрения. Вундт указывает, что в целом Э. есть „пестрая смесь", составные части которой совершенно не связаны друг с другом. Утверждение Богданова, будто Э. стоит совершенно вне борьбы материалистической и идеалистической философии, только затемняет борьбу этих двух течений внутри самого Э. и тот факт, что Авенариус и Мах покупают свое право на „нейтральность" эклектическим смешением субъективного идеализма с половинчатыми уступками материализму (49 — 54). При том же эта мнимая нейтральность и действительная путаница лежат на самой прямой дороге в „субъективизм и агностицизм" (105). Немаловажное значение имеет, наконец, и то обстоятельство, что вслед за Авенариусом его русские последователи усердно насаждают новую терминологию, идейная бессодержательность которой скрадывается ее внешним претенциозным глубокомыслием. Так, у Богданова фигурирует бесплодное понятие энергии общественного комплекса, он же думает, что внес нечто существенное, подменив слова „природа" и „дух" словами „физическое" и „психическое". Суворов раскрывает „всеобщую теорию бытия" в универсальном законе экономии сил и устанавливает, что „производительные силы людей образуют генетическую градацию" (Ленин сопровождает эту фразу выразительным „уф!"—273). Все это Ленин называет вывертами, словечками и ухищрениями, прикрывающими либо старые ошибки идеализма и агностицизма, либо голую пустоту.

Никакие измышления, никакие хитросплетенные теории не могут заслонить того факта, что на протяжении всей истории философии борются только две основных системы: идеализм и материализм—объекты в

уме и объекты в реальной действительности. Все остальные учения — только более или менее закругленные попытки уложиться в промежутке между двумя основными системами, попытки, которые при тщательном их анализе и логическом завершении ведут либо к идеализму, либо к материализму и при том к первому чаще, чем ко второму. Философская борьба неизбежно перекидывается и в естествознание. Иначе не может быть. Значение методологических вопросов в естествознании возрастает по мере того, как естественные науки все глубже и глубже проникают в действительность и тем самым вынуждают утончать методы ее познания, начиная от техники эксперимента и кончая его истолкованием. Для физики, как наиболее общей и потому наиболее „философской" из всех естественных наук, это становится особенно очевидным. Отсюда ожесточенные споры на тему о значении математических дедукций при исследовании физических явлений. Но методология и есть философия. Нельзя мириться с тем положением, которое, по словам Маха, сводится к наличию у каждого естествоиспытателя своей домашней философии. Для большинства естествоиспытателей, в том числе и таких знаменитых, как Генрих Герц, их домашней философией служит наивный стихийный материализм (232,3). Несовершенство этой философии делает ее неспособной перенести те испытания, которые несет с собой революция в физике, продолжающаяся непрерывно вот уже без малого 40 лет. Между стихийным неосознанным реализмом естествоиспытателя и новыми, на его основе неразрешимыми, физическими проблемами образуется щель, в которую проникает Э. и близкие к нему течения. При оценке этой философии Ленин устанавливает четыре положения: 1) полную несовместимость Э. с марксизмом; 2) неуклонное приближение Э. к идеализму на базе очищения кантианства от агностицизма; 3) связь Э. с идеалистическими увлечениями в новой физике; 4) партийность этой философии, являющейся лишь искусной формой идеалистического прислужничества фидеизму, т. - е. религии (292/3). Только материализм, вооруженный диалектической логикой, в силах преодолеть те неизбежные методологические трудности, которые возникают с каждой революцией в науке. „Современная физика лежит в родах. Она рожает диалектический материализм" (256). Эти сказанные еще в 1909 г. слова Ленина блестяще оправдались всем развитием физики за истекшую после того четверть века.

Оправдалась и данная им характеристика Э. В новых своих формах философия эта продолжает ту же линию, которую она вела в годы, предшествовавшие появлению „Материализма и Э.". В ту эпоху Ленин отмечал, как одно из наиболее близких к Э. течений, прагматическую философию Джемса, Шиллера и Дьюи. Викторов пытался усмотреть различие между этими течениями в том, что Э. тяготеет к натурализму и объективизму, тогда как прагматизм более отклоняется в сторону идеалистической романтики и субъективизма. Попытка свидетельствует лишь о том установленном Ленинным факте, что натуралистическая оболочка Э. и махизма иногда не без успеха затемняет его субъективно - идеалистическое ядро. Новейшие американские продолжатели прагматизма, так называемые нео - реалисты, вплотную приблизились к Э., родство с которым они открыто признают (Голт, Перри, Марвин, Монтэгю и др.). Влиятельность этого течения в Америке видна хотя бы из того, что на VI международном философском конгрессе, происходившем в Бостоне в 1926 г., доклад о философии Соединенных Штатов почти целиком был посвящен двум школам: критическому реализму и неореализму. В Англии, где во времена Ленина главным представителем махизма был Карл Пирсон, последнего заместил сейчас Бертран Рэссель. Вслед за Рэсселем стали на тот же путь Витгенштейн и Уайтхед. Как Авенариус и Мах, эти писатели ополчаются против метафизики, к которой относят в первую очередь материализм, и заканчивают (Уайтхед) философской канонизацией „религиозного опыта человечества". В

тесной близости с английскими нео-махистами стоят немецкие логистики (Карнап, Шлик, Франк, Нейрат) из так называемого венского кружка, выступавшие единым фронтом на VIII международном философском конгрессе в Праге в 1934 году. С ними смыкаются берлинские авторы, группирующиеся вокруг журнала „Erkenntnis". Отрицание этими писателями объективной истины и подмена ее логикой множественностей, основанной на скале вероятностей, роднит их с релятивизмом Маха и инструментализмом прагматистов, представитель которых Шиллер выступал, впрочем, против многих высказываний Карнапа и Шлика. К тому же кружку примыкает математик Ганс Ган, давший в одной из последних своих работ („Logik, Mathematik und Naturerkennen", Wien, 1933) довольно четкое изложение как самой концепции венских нео-махистов, так и ее отношения к их предшественникам. Для характеристики современных Э. течений в буржуазных странах, кроме работ указанных выше авторов, см. *Strong*, „Essais on the natural Origin of the Mind", Lnd., 1930 (близко стоит к авенариусовской теории координации); „Studies in the Nature of the Truth", Berkeley, 1929 (статьи нео-реалистов разных оттенков); *Burkamp*, „Logik", Berl., 1931 (помесь кантианства, махизма и рэсселианства). Одной из основных работ венских нео-махистов следует признать „Das Kausalgesetz und seine Grenzen" (Wien, 1932) *Филиппа Франка*. Полемизируя с Лениным, этот автор выводит доктрину махизма не из берклианства, а из французской математической философии XVIII века. Учение Маха о причинности переносит в биологию *Ad. Meyer*, „Ideen und Ideale der biologischen Erkenntnis", Lpz., 1934. Из новейшей литературы на русском языке следует отметить сборники статей: „Из истории философии XIX века", М., 1933, и „Двадцать пять лет Материализма и Э.", М., 1934; №№ 4 и 5 журнала „Под знаменем марксизма" за 1934 г., из коих первый полностью посвящен 25-летию той же книги Ленина, рассматривают поставленные Лениным проблемы в свете новейших течений физики и дают обзоры новейшей эволюции Э. *И. И.*

Эмпириомонизм, философия А. А. Богданова, которой он рассчитывал заменить в идеологии рабочего класса „устаревший" диалектический материализм. Пройдя несколько стадий развития, философия эта окончательно оформилась в следующем виде. Организующим началом всякого миропонимания является развиваемое в нем понятие о причинности. Религиозные воззрения происходят из авторитарной (властно-деятельной) схемы причинной связи: причина — виновник и производитель следствия. Мировоззрения абстрактно-философские рассматривают причинность как форму необходимости, естественной — в реалистических теориях, логической — в философском идеализме. Пролетарское сознание, обусловливаемое более высокими формами производственных отношений, нежели те, что вызвали к жизни религию и материалистическую философию, ищет своей концепции причинности. Отправной точкой при ее поисках служит постоянное активное воздействие производительного класса на природу, усилия, им прилагаемые, чтобы преодолеть ее сопротивление. Это преобразование природы достигается через превращение энергии средствами машинной техники. Для трудового коллектива всякий процесс природы есть источник получения других заданных процессов. При этом энергия не создается и не уничтожается. Причина находит в следствии свой эквивалент, как в производстве все его результаты вместе взятые исчерпывают затраченную в нем энергию. История причинности согласуется с историей познания вообще. Задача познания — целесообразно организовать опыт. Элементы опыта всегда были трудовыми, выделялись и осмыслялись на основе потребности практики. По началу вырабатались слова и понятия о действиях, затем о вещах как объектах действий, то есть материалах и орудиях производства, затем об отдельных свойствах вещей в связи с возможностями различного их применения. Все эти элементы опыта умножаются и истончаются по мере все более глубокого проникновения человеческой активности в природу. Трудовое понимание опыта не может

поэтому принимать никакой их концепции за окончательную. Для него всякая теория действительности соотносительна поставленной задаче. „Объективность" нашего знания есть лишь некоторое качество социальной практики: согласованность коллективного опыта, единодушие членов коллектива в использовании и, стало быть, понимании тех или иных фактов предстает перед мышлением как объективность знания, как мнимая независимость устанавливаемых им истин от человеческой природы и практики. Познавательные методы имеют своей основой методы социальной практики. Как и эти последние, они активны. Активность познания обнаруживается в универсальнейшем методе, им применяемом, методе подстановки. Подстановка—способ мышления, при помощи которого в одно и то же слово („символ") влагается различное содержание, изменяющееся сопутственно изменению и росту человеческих знаний.

В своем целом Э. определяется Богдановым как „социально-трудовое" миросозерцание, коего основными отличительными особенностями являются: 1) социально-техническое понимание причинной связи; 2) чувственно-трудовая концепция элементов опыта; 3) учение об объективности как о простом аспекте социальной организованности мышления и опыта; 4) социоморфизм, то-есть выведение познавательных методов и понятий из техники производства и экономической связи между людьми; 5) теория всеобщей подстановки, распространяемая и на отношение между мозгом и познанием; 6) система вселенной как непрерывная цепь развития форм, последовательно возвышающихся от простейших ступеней организованности к сложнейшим, высшая из коих—человеческий коллектив, организующий свой опыт как науку и философию.

Теория Богданова вызвала настороженное отношение в руководящих кругах русского марксизма еще в 1899 г., когда появилась проникнутая элементами энергетики книга этого автора: „Основные элементы исторического взгляда на природу". Однако, еще в начале 1900-х годов Плеханов, по свидетельству Ленина, не считал ошибок Богданова „отчаянно большими". Ленин держался иного мнения, и еще года за два до появления первого тома „Э.", вышедшего в 1904 г., обращался и к Плеханову и к Л. И. Аксельрод с просьбой критически разобрать высказывания Богданова как разновидность буржуазного ревизионизма. Плеханов медлил с выполнением этой просьбы, пока сам Богданов открытым письмом, напечатанным в „Известиях Жизни" (сент. 1907 г.), не вызвал его на спор. Широкая полемическая кампания открылась на собраниях большевистской эмиграции за границей и затем перешла в печать. В „Голосе социал-демократа" за 1908 год Плеханов сначала напечатал против Богданова две статьи, содержавшие частью защиту материализма, частью критику философии Маха. Через два года в сборнике статей Плеханова „От обороны к нападению" появилась третья статья, посвященная специально критике Э. Все эти три статьи были объединены под общим заглавием „Materialismus militans". Изобличая Э. в ряде противоречий, Плеханов потешается над самомнением Богданова, считавшего себя на 90% самостоятельным и независимым от Маха. Политически Плеханов расценивал Э. как реакционную философию и решительно отказывался признать Богданова „товарищем".

В промежутке между появлением второй и третьей статей Плеханова вышел в свет „Материализм и эмпириокритицизм" Ленина. Отступления Богданова от эмпириокритицизма Ленин считает не выходящими за предел ничтожных индивидуальных различий между отдельными эмпириокритиками. Учение Богданова об истине как организующей форме опыта Ленин решительно отвергает, неопровержимо показывая, что под это определение подходит во всех деталях и такая, например, „истина", как католическая религия. Против богдановского релятивизма и теории „построения" истины Ленин выдвигает диалектико-материалистическую теорию существования абсолютной, объективной истины и все улучшающегося отражения ее в человеческом познании.

Богдановскую теорию подстановки Ленин уничтожает, показывая абсурдность важнейшего ее применения — к вопросу об отношении между физическим и психическим — применения, в результате которого человек предстает сначала как комплекс переживаний и лишь в дальнейшем как физическое тело. „Философия, которая учит, что сама физическая природа есть производное, — есть чистейшая философия поповщины" (XIII, 187). В совокупности своей философия Богданова „ничего кроме реакционной путаницы не содержит", а в частности теория универсальной подстановки „собирает в одну китайскую косу все грехи половинчатого идеализма, все слабости последовательного субъективного идеализма" (190). С уничтожением этих центральных пунктов Э. падает и второстепенная связанная с ним концепция причинности как одной из форм организации опыта, и взгляд на энергию как чистый символ соотношения между данными опыта". Тем самым дается законченное идеалистическое толкование опыта и энергии (223). Вмонтированные Богдановым в эту систему слабые элементы исторического материализма (как, например, указание на обусловленность познания формами техники и экономики) не могут остановить расползания ее основной ткани. Теория же развития, направленного к повышению организованности в космическом строе, является чистейшей воды телеологизмом, мало чем отличающимся от богословской космологической догматики. На критику Ленина Богданов ответил статьей „Вера и наука", вышедшей отдельной книжкой совместно с другой статьей: „Падение великого фетишизма" (М. 1910). Ничего нового ответ этот не дал и ни в чем ленинской критики не опроверг. Богданов оставался на Э. позициях до самой своей смерти. В настоящее время теория эта полностью отошла в прошлое. *И. Н.*

Эмпуза, Empusa, *см.* XVII, 102.

Эмс (Ems, голл. Eems, лат. Amisia), р. в зап. Германии, большая часть течения которой проходит вдоль голландской границы. Дл. 320 *км*, басс. 12.000 *кв.км*. Берет нач. на ю. конце Тевтобургского леса, на выс. 104 *м* н. у. м., течет сперва на зап., от меридиана г. Мюнстера направляется на сев., от Рейне выходит в болотистую, моховую низменность, впадает у Эмдена, имея 2 *км* шир., в зал. Долларт Немецкого моря. Притоки: Газе и Леда—справа. Судоходна для малых судов от Шёнефлита, для морских—от Папенбурга. Несколько каналов связывают Э. с Рейном и Везером, а также с г. Вильгельмсгафеном и бухтой Яде. *И. Т.*

Эмс, небольшой городок, вблизи Рейна, (Висбаден, Германия); 82 *м* над уровнем моря; горная цепь Таунус защищает от северных ветров. Местность живописная. Климат мягкий; лето жаркое. В Э. имеются щелочносоляные источники; главнейшие из них—Эмс-Кренхен и Эмс-Кессельбруннен. Состав Эмс-Кренхена (в одном литре): хлористого калия 0,04; хлористого натра 0,99; сернокислого натра 0,06, двууглекислого натра 2,19; двууглекислого кальция 0,26; двууглекислого магния 0,23; свободной углекислоты 1,10; всего около 4,96 граммов; t° 40,1° Ц. Состав Эмс-Кессельбруннена (в одном литре): хлористого калия 0,04, хлористого натра 1,03; сернокислого натра 0,05; двууглекислого натра 2,14; двууглекислого кальция 0,26; двууглекислого магния 0,29; свободной углекислоты 1,18; всего около 5,00 грамм; t° 44,3° Ц. Курорт прекрасно оставлен приспособлениями для различного рода физиотерапии (ванны, ингалятории, пневматические кабинеты, души и пр.). Сезон с апреля по сентябрь. Показания к лечению в Э.—катарры желудка, кишек, мочевых путей и дыхательных путей. *Н. Кабанов.*

Эму, см. *казуары*, XXIII, 144; рис. см. *птицы*, XXXIII, 680, табл. I.

Эмульсин, см. *амигдалин*.

Эмульсия, см. *фармация*, XLIII, 36.

Эмфизема легких („вздутие" легких). Если легочная ткань частично атрофируется (исчезают перегородки между отдельными альвеолами) и теряет свою эластичность, то объем легких увеличивается. Вдыхание происходит в результате сокращения так наз. вдыхательных мышц, а выдыхание (при покойном дыхании) совершается за счет спадения растянутой легочной ткани и растянутых реберных

хрящей, т.-е. хрящевых ребер между костными ребрами и грудиной. Лишь усиленное выдыхание (вслед за спокойным) совершается при помощи особых выдыхательных мышц. Дело в том, что легочная ткань всегда растянута, так что на трупе по вскрытии грудной клетки легкое спадается в комок. Но если легочная ткань утратила свою эластичность, то легкое не спадается и по вскрытии грудной клетки. Для Э. л. и характерна потеря эластичности как легочной ткани, так и реберных хрящей. Таким образом, при Э. л. не только вдыхание, но и выдыхание совершаются за счет сокращения мышц грудной клетки. А так как вдыхательные мышцы сильнее выдыхательных, то перевес остается на стороне вдыхания; вот почему при Э. л. грудная клетка постоянно находится как бы в состоянии вдыхания, т.-е. грудная клетка увеличена во всех своих размерах. Легко понять, что при Э. л. дыхание очень затруднено, а следовательно затруднен и газообмен в легких, затруднено насыщение протекающей крови кислородом и освобождение ее от углекислоты, и это тем более, что, благодаря частичной атрофии легочной ткани, так наз. дыхательная поверхность легких тоже оказывается уменьшенной. Кроме того, при Э. л. частичная атрофия легочной ткани, естественно, сопровождается атрофией и исчезновением многих легочных капилляров; поэтому при этой болезни затруднено и прохождение крови чрез легкие (через малый круг кровообращения). Это обычно уравновешивается в той или иной степени повышенной работой правого желудочка сердца (*см.* II, 636/45), почему при Э. л. правое сердце нередко оказывается гипертрофированным. При всякой мышечной работе требуется не только усиление кровообращения (в частности усиление кровообращения в легких), но и усиление дыхания. Легко поэтому понять, что в случаях Э. л. при мышечных движениях возникает та или иная степень функциональной недостаточности органов дыхания, проявляющейся в затрудненном дыхании, в одышке, а так как одним из главных факторов движения крови по малому кругу являются дыхательные движения, то ослабление дыхательных движений при Э. л. в свою очередь затрудняет кровообращение в малом кругу. Так. обр., Э. л. может быть одною из важных причин снижения работоспособности. При Э. л. часто возникают бронхиты, что еще более затрудняет дыхание и легочное кровообращение. Причиной Э. л. могут быть многолетние бронхиты с очень сильным кашлем, злоупотребления органами дыхания (игра на духовых инструментах, выдувание стекла, необходимость много и громко говорить, петь, напр. у артистов, ораторов и пр.); однако, во всех таких случаях большую роль играет врожденное предрасположение или ослабление легочной ткани под влиянием той или иной острой причины, напр. острого воспаления легких. Кроме того, Э. л. может развиваться как частичное проявление общего склероза тканей, представляющего собой раннюю старость (изношенность) организма: в органах и тканях деятельные (функционирующие) клетки (мышечные, железистые, нервные) атрофируются, а соединительная ткань в той или иной степени разрастается (в легких при Э. л., на ряду с атрофией стенок альвеол, также отмечается разрастание соединительной ткани около бронхов); такие процессы в различных случаях распределяются в организме очень по-разному. При лечении Э. л. на первом плане стоит лечение часто присоединяющегося бронхита; затем большое значение имеют умеренная легкая еда (ибо всякое переполнение желудка и кишек еще более затрудняет дыхание), свежий воздух (но не холодный, так как холодный воздух очень плохо переносится эмфизематиками, вероятно, вследствие сужения легочных сосудов от холода) и осторожные прогулки. *Н. Кабанов.*

Эмфитевзис, институт первоначально греческого (эллинистического) и римского права, с некоторыми изменениями перешедший в позднейшие средневековые, а также в современные законодательства, является видом наследственной аренды земельных участков, допускающей свободную переуступку и залог и представляющей вещное обременение участка на подобие

сервитута или залога (см. *вещное право*, X, 2, и *залог*, XX, 479).

Греческие общины и города эллинистического Востока издавна сдавали в аренду принадлежавшие им невозделанные земли на льготных условиях, но с обязательством произвести на них насаждения (по гречески: phyteuein) и другие мелиорации. Такие договоры, преимущественно долгосрочные, обычно заключались с соблюдением форм, принятых при продаже участка земли (напр., в Египте времен Птолемеев).

В период падения Римской империи, при быстро возраставшем числе запустошенных земельных участков, Э. получил широкое распространение по всей империи и его пришлось подробнее нормировать. В 476 и 484 гг. имп. Зенон; а в 529 и 534 гг. имп. Юстиниан издали ряд законов, которыми Э. был признан самостоятельным институтом вещного права, отличным и от договора аренды, и от условной продажи сданного участка на срок (к чему склонялось эллинистическое право).

В средние века, в странах, где римское право стало возрождаться или вновь воспринималось, Э. сохранился, хотя постепенно эволюционировал.

В Италии, в особенности в тех ее областях, которые дольше оставались под господством Византии (Равенна, Южная Италия) или вошли в состав папских владений, Э. представлял преобладавшую форму зависимого держания крестьянами земель церкви и более крупных владельцев — феодалов. Э. сохранился и в остальной Италии, преобразуясь под влиянием права лангобардов в сходные институты fitto, livello и т. п., при чем обязательство „насаждения" превратилось в сложную сеть крестьянских повинностей.

Во Франции, главным образом на юге, где долго сохранялось влияние римского права, Э. лег в основу различных форм зависимого держания крестьянами земель феодалов—разных видов bail à cens. Новейшие работы подтверждают правильность недооценивавшейся некоторое время теории Фюстель де Куланжа о решающем значении римского аграрного строя для развития феодальных отношений во Франции.

В Испании и в Португалии влияние Э. на развитие местных форм крестьянского зависимого держания земли было менее значительно. Однако, и там Э. сохранился в виде т. наз. „aforamento".

В Германии Э. применялся в средние века преимущественно на землях церкви и получил более широкое распространение лишь позднее, в связи с общей рецепцией римского права в XIV и XV ст.

Из Германии Э. перешел в страны на восток от нее—в Латвию, в Литву и в Польшу, а через последнюю также в западные области России, в виде т. наз. „чиншевого права" (см. *чиншевое право*, XLVIII, 614).

В современном праве Э. как отдельный институт притом в его основной римской форме, сохранился в законодательствах французской группы: во Франции, под наименованием bail emphytéotique, в Бельгии, Италии, Испании (censo enfiteutico), Португалии (aforamento), Бразилии, Перу и Голландии. Законодательство СССР, в связи с отменой всех видов частного землевладения, не знает аналогичного Э. института.

Литература. *Древнее право: Mitteis*, „Zur Geschichte der Erbpacht" (1901); *Rostovzew*, „Zur Geschichte des römischen Kolonates" (1910); все курсы римского права, в особ. *И. А. Покровский*, „Римское право" (1914). *Средние века: Fr. Schupfer*, „Il diritto privato dei popoli germanici con speziale riguardo all'Italia" (t. II, 1907); *I. Brissaud*, „Cours d'histoire générale du droit français" (t. I, 1904); *P. Vinogradoff*, „Roman Law in Medieval Europe" (2 ed. by Zulueta, 1929). *Современное право:* „Rechtsvergleichendes Handwörterbuch für das Zivil- u. Handelsrecht" (B. III, 1930).

Эн (Ain), р. на юго-востоке Франции. Дл. 190 *км*. Берет нач. с Юры, близ Нозруа; течет на юг, впадает в Рону справа, выше Лиона.

Эн (Ain), департамент юго-вост. Франции при слиянии Роны и Соны, которые образуют его западную, южную и восточную границы. В сев.-вост. углу Э. примыкает к швейцарской границе; заним. площ. 5.826 *кв. км*, 322.918 жит. (1931); гл. гор. Бург (Bourg en Bresse). Река Эн делит его на две половины: восточную, заполненную горными цепями Юры, и западную, низменную, в южной своей части покрытую многочисленными (малярийными) болотами. Из сел.-хоз. занятий раз-

виты: свиноводство, коневодство, птицеводство на равнинном западе, разведение овец и рогатого скота на горном востоке. Земледелие—главное занятие лишь в сев.-зап. части. В горах Юры широко распространена зависящая от Лиона шелковая промышленность и различные, гл. обр. мелкие, производства, перерабатывающие местное сырье: дерево, глину, строительный камень, рог и т. д.

Эн (Aisne), франц. департамент у юго-западн. склона Арденн, небольшим краем примыкающий к Бельгии. Площадь 7.428 *кв. км*, население 489.368 чел. (1931). Гл. города: Лан (адм. центр), Сен-Кантэн и Суассон. Три судоходных реки: Эн, Уаза и Марна. Значительные леса, но почти полное (за исключением строит. камня, гипса и глины) отсутствие полезных ископаемых. Гл. экономические рессурсы: сельское (в особенности свекловичное и молочное) хозяйство; текстильная промышленность, производство сел.-хоз. машин, зеркал, строит. материалов и пр. Многочисленные архитектурные памятники средневековья. Э., через который проходила линия фронта, сильно пострадал во время мировой войны.

Эна (Aisne, лат. Axona), р. на севере Франции. Дл. 280 *км*. Истоки в Аргонском лесу, близ Вобекура. Течет сперва на сев.-зап., а затем на запад, проходит Суассон, впадает в Уазу выше Компьеня. От Конде параллельно Э. идут Арденский канал и Боковой канал, связывающие ее с Мезой (Маасом). Ниже Э. судоходна. Притоки: Эра и и Вель. На р. Вель лежит г. Реймс.

И. Т.

Эналиды, общее название (по Вармингу) морских трав, относящихся гл. обр. к семействам рдестовых (виды Zostera) и водокрасовых (виды Halophila с широколинейными или ланцетовидными листьями, Thalassia и Enalus с длинными ремнеобразными листьями). См. *морская трава.*

Энантиоморфизм, см. *вращательная способность*, XI, 424.

Энантиотропия и *монотропия.* Сера из расплавленного состояния кристаллизуется в двух твердых формах: если ее кристаллизовать выше 100° (между 98 и 120°), то она кристаллизуется в призматических кристаллах; если же кристаллизовать при температуре ниже 98°, то она кристаллизуется в октаэдрах; при этом призматическая сера неустойчива ниже 98° и превращается в октаэдрическую форму; октаэдрическая же неустойчива выше 98° и переходит в призматическую; но обе формы устойчивы каждая в своей области температуры, и обе неустойчивы в другой области температуры. Это явление носит название Э. Хлористый иод кристаллизуется также в 2-х формах, из которых одна плавится при 14°, а другая при 27°; из этих форм вторая оказывается устойчивой, а первая неустойчива и превращается во вторую; но последняя не может превратиться в первую. Такое явление носит название *монотропии.*

Энантол, $C_7H_{14}O—CH_3(CH_2)_5COH$, альдегид энантовый, кип. при 155°, получается при перегонке под уменьшенным давлением касторового масла, применяется для изготовления приятно пахнущих веществ; при окислении дает энантовую кислоту $C_7H_{14}O_2 = CH_3(CH_2)_5COOH$; тем. пл.—10°, темп. кип. 223,5°С.

Энаргит, минерал ромбич. сингонии, одно из диморфных серномышьяковистых соединений меди—встречается сплошными массами крупнозернистого сложения или шестовидными аггрегатами. Сп. по (110) совершенная; хрупок; тверд. 3; уд. в. 4,4. Цвет железно-черный, черта сероватo-черная; блеск металлический и сильный; непрозрачен. Химич. сост. AsS_4Cu_3. Встречается, как медная руда, в значит. количествах вместе с блеклой медной рудой и медным колчеданом в Кордильерах. Перу и Чили, в Мексике, из Кавказе недалеко от Ганджи и пр.

Энаре (*Инари*, фин. Inari), крупное оз. на сев. Финляндии, пов. 1.421 *кв. км*, басс. 18.830 *кв. км*. Глубины свыше 80 *м*, недостаточно исследованы. Оз. имеет весьма неправильные очертания и покрыто массой скалистых островов общ. площадью 191 *кв. км*. Замерзает в среднем 10/X, вскрывается 31/V. Имеет сток в Варангер-фиорд Баренцова м. чрез порожистую Патс-иоки (Паз-река), могущую дать 121.000 лош. с. (не использована). В ю.-з. углу оз. рас-

положен приход Э., заним. 16.204 *кв. км* и имеющий 1.894 жит. (1926); *ср.* XLIII, 671. *И. Т.*

Энверий, Алий Эвхедеддин, выдающийся перс. поэт-панегирист сельджукской эпохи (ок. 1115—1191). Родился и жил в Хорасане, получил очень хорошее всестороннее образование в т. н. мансуровской академии в Тусе, но славу и положение приобрел лишь тогда, когда был принят ок. 1140 г. в придворный круг сельджукского султана Синджара (1118—1157), резидировавшего то в Нишапуре, то в Мерве, и отличился прославлением сперва самого Синджара, потом тех владетелей, которые его сменили. Похвалы его, как он сам выражался, отличались таким блестящим красноречием, что „их увидел бы и слепой, и такими громкими метафорами, что их услышал бы и глухой". Эти произведения Э. за свою вычурную отделку не переставали вплоть до наших времен высоко цениться у персов. С именем Синджара связана и трогательная элегия Э., составленная по случаю того, что из Туркестана в 1153 г. хлынули в Хорасан хищные турки-гузы, разорили весь край и взяли на три года в плен самого султана Синджара, который вскоре после плена и умер (1157). Поэт должен был перейти на должность восхвалителя к другим государям. На беду для себя Э. был и астрономом-астрологом. В научной астрономии додумался он даже до позднейшего ньютонова закона о тяготении небесных тел, но для широкой публики он составлял и астрологические предсказания на счет будущего. В 1185 г. он, на основании сочетания планет, имел неосторожность предсказать, что часть мира погибнет. Из старорусского „Слова о полку Игореве" мы знаем, что тогда произошло затмение солнца, казавшееся зловещим для похода Игоря Святославича против половцев. Но в Персии и этого не было. Под влиянием нестерпимых издевательств, Э. принужден был оставить придворную атмосферу и удалиться в глухую провинцию. Там он составил ряд остроумных сатир и эпиграмм, содержащих в себе обличение ненормальностей общественного строя, классовых и сословных нелепостей и несправедливостей, и вообще осмеивал смешные стороны жизни. Он не раз отмечает и двусмысленную или прямо неблаговидную роль, которую в этом обществе играет поэт, принужденный все вопиющие ненормальности попрошайнически восхвалять и оправдывать, потому что гонорар он может получить только от сильных и богатых мира сего. Более широким успехом пользуются у персов не эти, а осмеянные самим автором панегирические его произведения. В то время как полный „Диван" Э. издается редко (Лакнау, 1880), сборники его од-касыд литографируются чаще (Тебриз, 1850 и др.). См. диссертацию *Вал. Жуковского*, „Анверий" (СПБ, 1883); *M. Ferté* в „Journal Asiatique" (1895); *Edw. Browne*, „A literary history of Persia", т. II (1906); *А. Крымский*, „История Персии и ее литературы", т. II (М., 1912), с библиографией и переводами образцов.

А. Крымский.