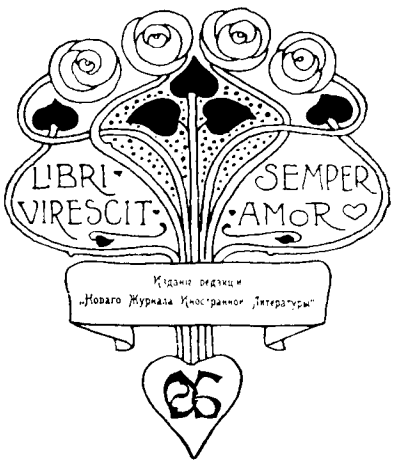
ЖОРЖЪ ДАРИ.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

ВО ВСѢХЪ ЕГО ПРИМѢНЕНІЯХЪ.

СЪ МНОГОЧИСЛЕННЫМИ ИЛЛЮСТРАЦІЯМИ

ПЕРЕВЕЛЪ И ДОПОЛНИЛЪ К. И. ДЕБУ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ
ТИПОГРАФІЯ А. С. СУВОРИНА. ЭРТЕЛЕВЪ ПЕР., Д. 13
1903



Рис. 7. Гальвани.

I [1].

Что такое электричество? Источники его полученія.

«Знаете ли вы, что̀ такое электричество?» спросилъ одинъ профессоръ на экзаменѣ. Смущенный экзаменуемый, не замѣтивъ ироническаго тона, которымъ былъ сдѣланъ этотъ вопросъ, не зная, что̀ отвѣтить, и стараясь какъ-нибудь загладить свое незнаніе, отвѣчалъ: «... Я такъ хорошо зналъ это еще вчера... теперь же не могу припомнить».— «Досадно, сказалъ профессоръ, очень досадно... постарайтесь припомнить, мнѣ такъ хотѣлось бы узнать отъ васъ то, чего еще никто на свѣтѣ не знаетъ».

И въ самомъ дѣлѣ, отвѣтить на подобный вопросъ прямо и опредѣленно нѣтъ возможности. Мы не можемъ еще понять и опредѣлить эту таинственную, неслыханную силу: ея необъятность не укладывается въ рамки нашихъ изслѣдованій—мы знаемъ электричество только въ его проявленіяхъ. Стоитъ только припомнить тѣ разнообразные способы, которыми электричество получается, тѣ многочисленные и разнообразные случаи, при которыхъ оно проявляетъ свое дѣйствіе, чтобы составить себѣ нѣкоторое, хотя и смутное, представленіе о его могуществѣ. Электрическая энергія въ скрытомъ состояніи находится повсюду, а для проявленія ея нуженъ внѣшній толчокъ, будетъ ли это треніе, ударъ, давленіе, химическая реакція, движеніе, нагрѣваніе, плавленіе, испареніе и т. д. Въ зависимости отъ состава и строенія тѣлъ, въ зависимости отъ среды электрическій токъ то пробѣгаетъ по молекуламъ съ быстротой мысли, то собирается и накопляется въ нѣко-

[1] Глава эта, какъ недостаточно развитая въ книгѣ Дари, составлена, въ большей своей части, по другимъ источникамъ, всего болѣе по «L'Electricité à la portée de tout le monde» par G. Claude. Прим. переводчика.

торыхъ изъ нихъ; въ однихъ тѣлахъ электричество ничѣмъ себя не проявляетъ, въ другихъ сила дѣйствія его не знаетъ границъ.

Электричество есть одно изъ проявленій универсальной энергіи, той энергіи, которую мы видимъ въ теплотѣ, свѣтѣ, любой механической работѣ. Эта единая энергія, это единое начало является одновременно и причиной и слѣдствіемъ, такъ какъ, произведя работу въ одномъ своемъ видоизмѣненіи, исчезнувъ, такъ сказать, въ этомъ видѣ, оно непремѣнно переходитъ въ другое и т. д.

Можно сказать далѣе, что энергія проявляется исключительно однимъ способомъ, а именно колебаніями, вибраціями. Колебанія эти передаются тѣмъ вѣсомымъ тѣламъ, которыми мы окружены, и при посредствѣ какого-то совершенно для насъ пока непонятнаго механизма въ нихъ различнымъ образомъ проявляются. Одна и та же энергія, при посредствѣ безконечно измѣняющихся колебаній, даетъ явленія электричества, теплоты, свѣта; силы психическія и тысячи другихъ, быть можетъ, намъ пока неизвѣстныхъ, суть колебанія все того же начала, той же единой энергіи.

Разсматривая энергію съ самаго ея, если можно такъ выразиться, начала, т. е. съ наболѣе медленныхъ колебаній до колебаній, происходящихъ съ такой большой быстротой, которую только можно себѣ представить, мы находимъ рядъ періодовъ ея проявленія, изъ которыхъ непосредственно мы можемъ видѣть или ощущать только очень немногіе.

Первый періодъ отвѣчаетъ механической энергіи, колебанія здѣсь очень медленныя, и мы ихъ легко непосредственно ощущаемъ. Какъ только число колебаній станетъ значительно большимъ, мы вступаемъ въ область звука. Эта звучащая энергія на своей высшей границѣ переходитъ въ энергію электрическую, а эта въ свою очередь постепенно переходитъ въ теплоту.

Эти два періода—электричество и теплоту, мы уже непосредственно ощущать не можемъ. Свойства и проявленіе ихъ мы узнаемъ только посредствомъ способовъ непрямыхъ и болѣе или менѣе искусственныхъ; легко можно, однако, себѣ представить существа лучше насъ одаренныя, обладающія способностью ощущать непосредственно электричество и теплоту, какъ мы ощущаемъ звукъ и свѣтъ.

Подымаясь выше по ступенямъ вибрацій энергіи, за электричествомъ мы находимъ періодъ свѣта. Для ощущенія его мы имѣемъ спеціальный органъ, наиболѣе, пожалуй, совершенный и деликатный изъ всѣхъ, которыми мы обладаемъ. Періодъ этотъ, однако, очень не великъ, и мы перестаемъ ощущать свѣтъ, какъ только число колебаній увеличится очень незначительно.

Здѣсь начало химической энергіи и такъ называемыхъ ультра-фіолетовыхъ лучей.

За ними все еще темно для насъ, и теорія къ познанію энергіи въ ея болѣе высокихъ колебаніяхъ приближается пока только ощупью.

За ультра-фіолетовыми лучами идутъ, повидимому, недавно открытые такъ называемые лучи-Х. Что за ними непосредственно, мы не знаемъ, но, наконецъ, вибраціонная скорость становится настолько большой, что достигаетъ скорости колебаній, которую мы приписываемъ молекуламъ.

Для такихъ колебаній трудно даже представить какіе-либо органы внѣшнихъ чувствъ, которыми они могли бы быть улавливаемы, энергія перестаетъ экстеріоризироваться. Вѣроятно правъ Альбертъ Нодонъ, полагая, что здѣсь начало энергіи психической, т. е. той, которая управляетъ растительной и животной жизнью, энергіи, свойства которой намъ еще такъ мало знакомы. Мы только, только начинаемъ подозрѣвать самое существованіе этой формы энергіи. Гипнотизмъ и телепатія—вотъ работы въ какихъ областяхъ, быть можетъ, откроютъ намъ глаза на энергію въ ея наиболѣе быстрыхъ колебаніяхъ.

Однако, пора намъ оставить, наши отвлеченныя разсужденія и вернуться въ міръ реальный, къ электричеству и его приложеніямъ.

Наиболѣе стариннымъ способомъ полученія электрической энергіи является полученіе ея посредствомъ тренія.

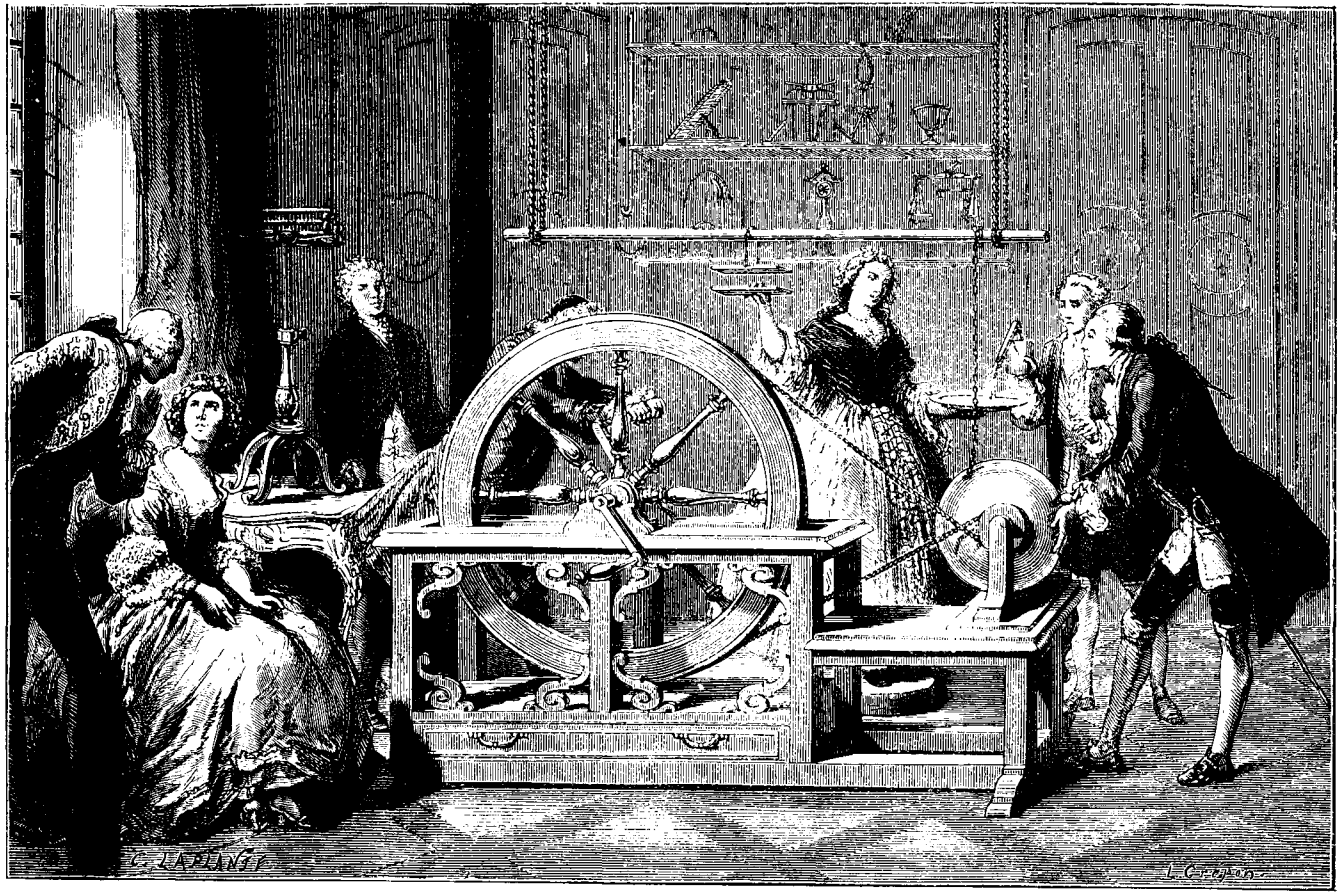


Рис. 1. Электрическая машина Нолле.

Электростатическія машины.

При треніи однородныхъ тѣлъ другъ о друга, развиваемая при этомъ механическая энергія переходитъ въ теплоту; при тѣлахъ разнородныхъ, рядомъ съ теплотой, развивается электричество. Физики, занимавшіеся изслѣдованіемъ электричества, въ началѣ при своихъ опытахъ подвергали непосредственному тренію тѣ тѣла, которыя они желали наэлектризовать. Это были по большей части сургучныя палочки, стеклянныя трубки и т. п. Въ наибольшихъ количествахъ электричество получали, натирая прямо рукой или сухой, теплой бумагой стеклянную трубку, длиной около 2—3 футовъ, діаметромъ 12—15 линій. Отто де-Герикъ первый придумалъ особую электрическую машину, состоявшую изъ шара изъ сплавленной сѣры, вращавшагося около горизонтальной оси при помощи ручного привода того или другого устройства. Одинъ изъ экспериментаторовъ долженъ былъ приводить во вращеніе сѣрный шаръ, а другой надавливалъ на него ладонями своихъ рукъ; треніе шара о ладони служило изобильнымъ источникомъ электричества. Наэлектризованный такимъ образомъ шаръ затѣмъ снимался со своей оси и служилъ непосредственно для опытовъ. Около 1740 года *вюртенбергскій профессоръ физики* Бозъ внесъ въ машину Герика существенныя улучшенія: онъ замѣнилъ шаръ изъ сѣры шаромъ стекляннымъ и, главное, придумалъ приспособленіе, принимавшее и накоплявшее развивающееся отъ тренія на стекляномъ шарѣ электричество. Для этой цѣли онъ подвѣшивалъ на шелковыхъ шнуркахъ жестяной цилиндръ и соединялъ его съ шаромъ посредствомъ металлической цѣпочки. Развивавшееся на шарѣ электричество свободно, по цѣпочкѣ переходило на этотъ цилиндръ и на немъ скоплялось. Рис. 1-й представляетъ подобную машину, построенную почти безъ измѣненій во Франціи аббатомъ Нолле.

Дальнѣйшія улучшенія машины Герика незамѣтно привели къ теперешнему типу электростатической машины.

Вотъ вкратцѣ тѣ фазы, черезъ которыя прошло усовершенствованіе электрической машины: Ватсонъ вмѣсто одного стекляннаго шара употреблялъ ихъ четыре; Вильсонъ, Кавалло, Нернъ замѣнили шаръ цилиндромъ; Сиго де-ля-Фонъ, ле-Руа, Кутбэрсонъ и, наконецъ, Ванъ-Марумъ и Рамсденъ для той же цѣли стали употреблять круглыя, стеклянныя пластины. Преимущество такой формы въ большей поверхности тренія и меньшей потребной скорости вращенія.

Съ другой стороны, ладони рукъ, о которыя терся шаръ въ старыхъ машинахъ, замѣнили подушечками изъ шерсти или кожи, покрытыми оловяннными листочками, оловянной или цинковой амальгамой. Въ настоящее время кожанныя подушечки покрываютъ листочками сусальнаго золота. Развивавшееся на шарѣ, цилиндрѣ или дискѣ электричество переводили на какой-либо конденсаторъ или рядомъ маленькихъ, частыхъ разрядовъ или при посредствѣ цѣпочекъ и другихъ подобныхъ приспособленій. Только Вильсонъ въ первый разъ примѣнилъ для этого гребенки, употребляемыя въ настоящее время.

Машина Рамсдена (рис. 2-й) заключаетъ въ себѣ уже всѣ части теперешней статической машины. Большой стеклянный дискъ вращается между подушками изъ кожи, покрытой сусальнымъ золотомъ при треніи развивается электричество, при чемъ положительное собирается на стекляномъ дискѣ, а отрицательное съ не изолированныхъ подушекъ посредствомъ цѣпочки отводится въ землю.

Стеклянный дискъ съ обѣихъ сторонъ обхватываютъ вилки съ насаженными на нихъ въ видѣ гребенокъ заостренными зубцами. Зубцы эти, однако, нигдѣ съ дискомъ не соприкасаются. Вилки съ гребенками соединены съ кондукторами, представляющими изъ себя два длинныхъ латунныхъ цилиндра, изолированныхъ стеклянными подставками и оканчивающихся шарообразными выступами.

Дискъ вслѣдствіе тренія о подушки заряжается положительнымъ электричествомъ, но, проходя мимо гребенокъ, отдаетъ имъ свой зарядъ, который накопляется въ кондукторахъ, и съ нихъ можетъ быть при помощи разрядника выдѣленъ въ видѣ болѣе или менѣе сильной искры.

Въ болѣе современной формѣ электростатическихъ машинъ описывать мы не будемъ, полагая ихъ достаточно для всѣхъ знакомыми.

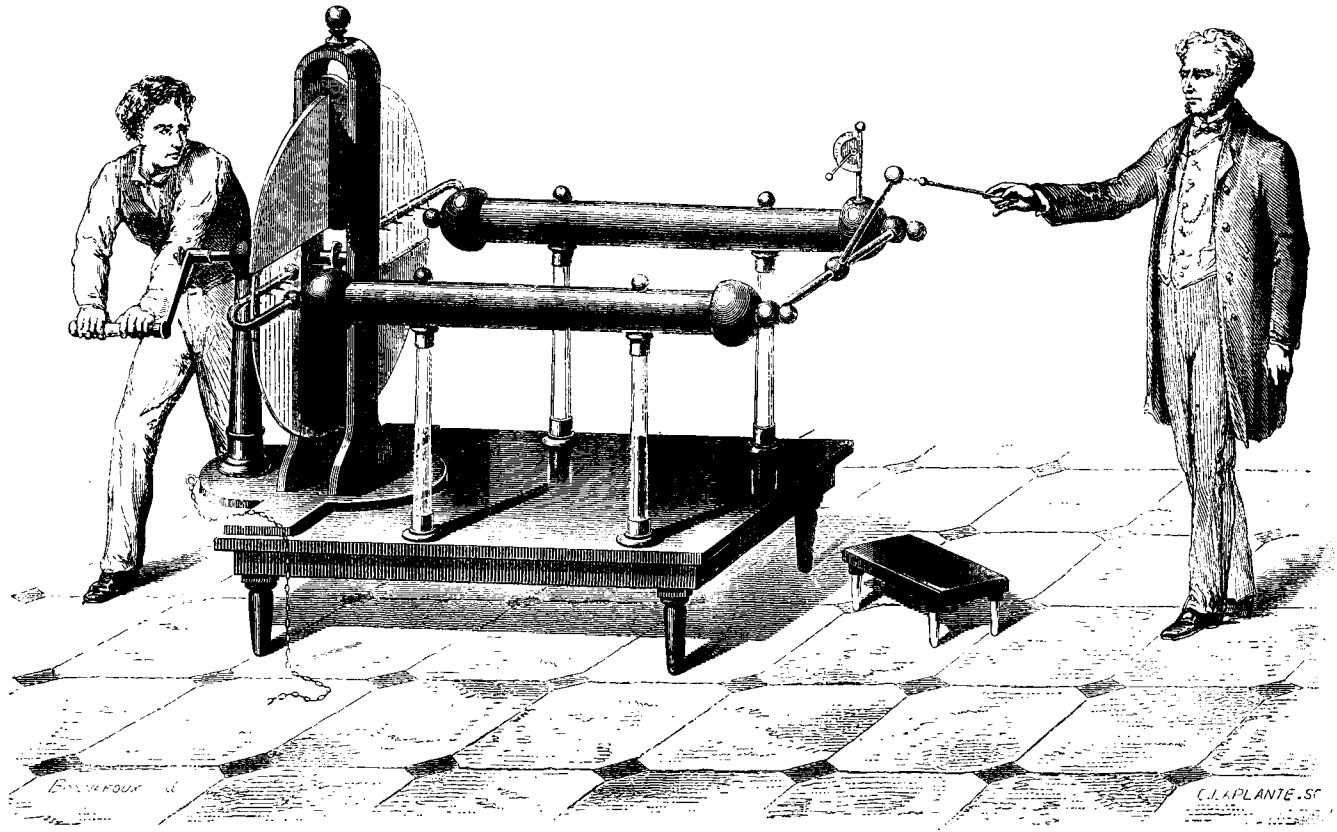


Рис. 2. Электрическая машина Рамсдена.

Электрическая искра.

Съ тѣми электростатическими машинами, которыми въ настоящее время располагаютъ физики, можно получить электрическіе разряды, сопровождающіеся роскошными искрами и свѣтящимися пучками, мало напоминающими тѣ искорки, которыя получали въ свое время Отто де-Герикъ и Мушенброкъ на своихъ примитивныхъ приборахъ. При помощи гальваническаго тока, къ изученію котораго мы сейчасъ перейдемъ, въ моментъ замыканія и размыканія его получаются совершенно аналогичныя искры, обыкновенно, правда, едва замѣтныя, но которыя можно усилить при помощи особаго прибора—катушки Румкорфа—о ней рѣчь будетъ дальше. При помощи сильной катушки Румкорфа можно получить искры весьма значительной длины. Искры эти удается довольно легко сфотографировать обыкновеннымъ путемъ. Хорошихъ результатовъ достигаютъ также безъ помощи фотографической камеры, заставляя искру проскакивать надъ чувствительной пластинкой. Форма искры при этомъ, однако, нѣсколько измѣняется, вѣроятно, вслѣдствіе вліянія на разрядъ бромо-желатиннаго слоя.

Рис. 3-й представляетъ очень уменьшенное изображеніе искры, длиною въ 0,4 м., полученной Д. Деви при наложеніи на пластинку электродовъ вторичнаго тока отъ катушки Румкорфа.

Рис. 4-й и 5-й—снимки съ фотографій Г. Лангумье. На первомъ снимкѣ положительный полюсъ былъ приведенъ въ соприкосновеніе съ чувствительной стороной пластинки, а отрицательный—съ ея противоположной стороной, а на второмъ снимкѣ—наоборотъ.

Гальваническій элементъ.—Исторія.

Опыты профессора анатоміи Гальвани въ Болоньѣ совершенно случайно натолкнули профессора физики въ Павіи Вольта, въ 1800 году, на изобрѣтеніе гальваническаго элемента. Изобрѣтенію этому предшествовалъ знаменитый споръ между этими двумя учеными. Одинъ изъ друзей Гальвани занимался опытами съ статическимъ электричествомъ въ той самой комнатѣ, гдѣ самъ Гальвани со своими учениками изучалъ нервную раздражительность лягушки. Одна изъ отпрепарированныхъ лягушекъ была случайно положена на столъ электрической машины; оказалось, что при каждой получаемой изъ машины искрѣ, нижнія конечности ободраннаго животнаго, какъ только къ нимъ касались желѣзнымъ пинцетомъ, быстро сокращались. Это наблюденіе, сдѣланное при томъ, повидимому, даже не самимъ Гальвани, а его женой, навело ученаго анатома на мысль о тождествѣ электричества съ тѣмъ нервнымъ «флюидомъ», изученіемъ котораго онъ на лягушкахъ занимался. Подобнаго рода изслѣдованія заняли у Гальвани около шести лѣтъ; въ 1786 году, продолжая эти пока безуспѣшные свои опыты, Гальвани, желая провѣрить, не будетъ ли атмосферное электричество оказывать на мускулы того же вліянія, что и искры электрической машины, подвѣсилъ на мѣдныхъ проволочкахъ къ перилamъ балкона нѣсколько только-что ободранныхъ лягушекъ; къ своему удивленію онъ увидалъ, что нижнія конечности лягушекъ сокращались безо всякаго электричества, при одномъ ихъ соприкосновеніи съ желѣзными перилами балкона. Гальвани повторилъ тогда свой опытъ въ нѣсколько иныхъ условіяхъ (рис. 8): онъ взялъ металлическую дугу или, вѣрнѣе, циркуль, одна изогнутая ножка котораго была сдѣлана изъ цинка, а другая изъ мѣди, и наложилъ его на нижнюю половину лишенной кожи лягушки такъ, что мѣдный конецъ соприкасался съ поясничными нервами, а цинковый съ берцовыми мускулами; произошло то же самое сокращеніе конечностей, которое онъ наблюдалъ на столѣ электрической машины и у себя на балконѣ.

Изъ этихъ наблюденій Гальвани сдѣлалъ выводъ, что существуетъ особое специфическое животное электричество, вырабатываемое въ мозгу и распространяющееся по всему

тѣлу по нервамъ. Мускулы, по его мнѣнію, служатъ собирателями этого электричества, и каждый изъ нихъ является какъ бы маленькой лейденской банкой. Между сокращеніемъ мускуловъ, какое вызывается разрядомъ лейденской банки, и нормальнымъ сокращеніемъ мускуловъ у животныхъ Гальвани не видѣлъ разницы. Металлическій циркуль въ только-что

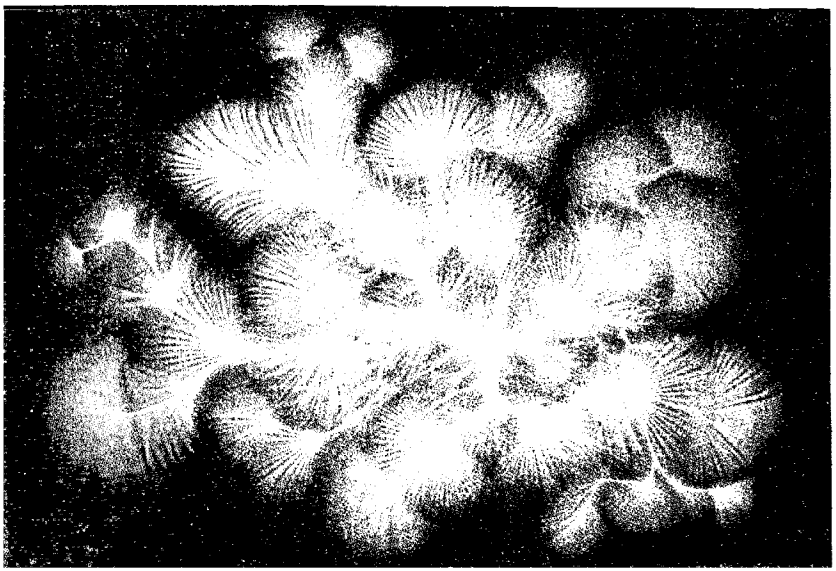


Рис. 5. Электрическая искра на отрицательномъ полюсѣ.

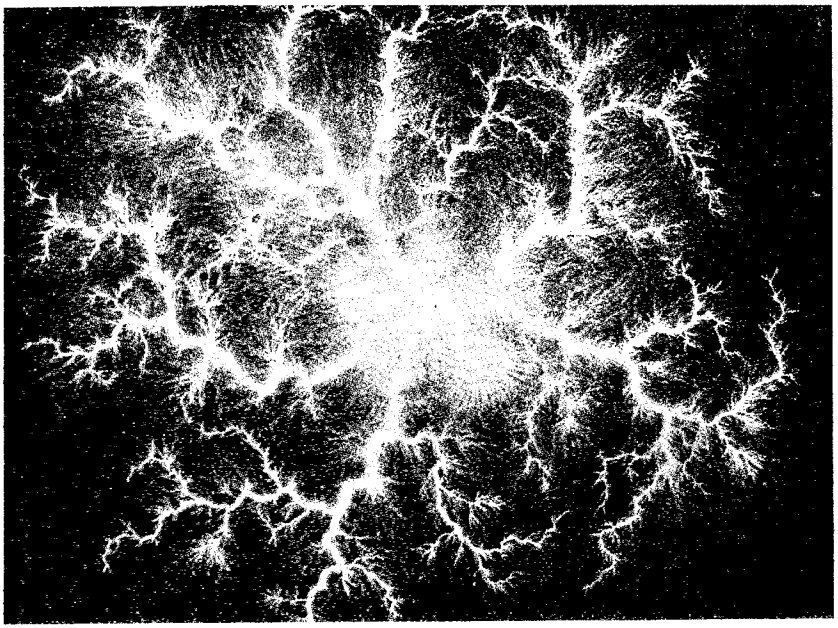


Рис. 4. Электрическая искра на положительномъ полюсѣ.

описанномъ опытѣ служитъ только проводникомъ, соединяющимъ два противоположныхъ электричества.

Физіологи съ радостью ухватились за теорію Гальвани, но противъ нея возстали физики. Особо яростнымъ противникомъ теоріи Гальвани оказался Александръ Вольта:

по его мнѣнію, токъ возбуждался соприкосновеніемъ различныхъ металловъ, и Вольта даетъ названіе металлическаго электричества тому, что Гальвани въ своихъ замѣткахъ и докладахъ называетъ электричествомъ животнымъ.

Между двумя знаменитыми учеными разгорѣлся споръ, продолжавшійся шесть лѣтъ и окончившійся какъ-будто бы побѣдой Гальвани, хотя въ сущности оба ученыхъ были до извѣстной степени и правы и неправы.

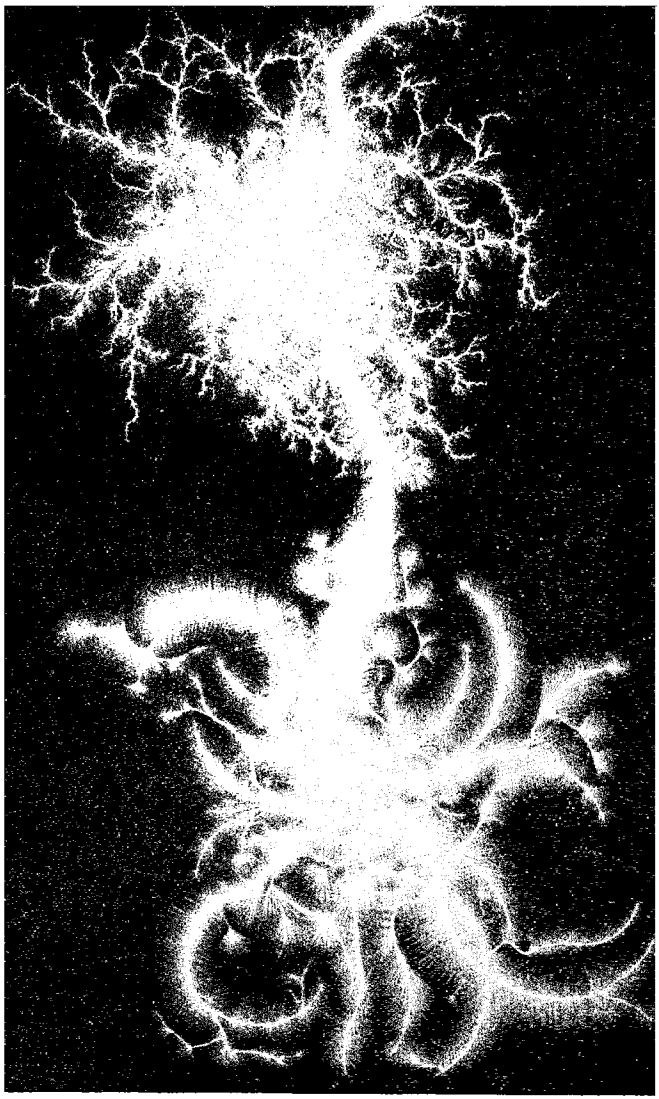


Рис. 3. Электрическая искра. Отрицательный полюсъ. Положительный полюсъ.

Вмѣшавшійся въ споръ Гальвани и Вольта, флорентійскій ученый химикъ Фаброни былъ очень близокъ къ истинѣ; онъ первый указалъ на химическое дѣйствіе кислорода воздуха и кислаго нота рукъ на тотъ цинкуль изъ двухъ металловъ, съ помощью котораго производилъ свои опыты Гальвани. На мнѣніе Фаброни никто не обратилъ вниманія, можно было быть за Вольта или за Гальвани—третьяго мнѣнія не допускалось, а Фаброни уничтожалъ теоріи какъ болонскаго, такъ и падуанскаго ученаго.

Наконецъ, Вольта, все преслѣдуя свою идею «металлическаго» электричества, въ декабрѣ 1799 года построилъ свой знаменитый столбъ, послужившій прототипомъ для всѣхъ гальваническихъ элементовъ. Столбъ этотъ Вольта составилъ изъ извѣстнаго числа положенныхъ другъ на друга кружковъ мѣди и цинка; каждая пара, т. е. кружокъ мѣди и цинка, были отдѣлены отъ слѣдующей такой же пары суконнымъ кружкомъ, смоченнымъ подкисленной водой. Такой столбъ представленъ на рис. 9. Внизу онъ кончается мѣднымъ кружкомъ, наверху цинковымъ. Въ настоящее время очевидно, что въ такомъ столбѣ эти два только-что упомянутые кружка являются лишними; пару составляютъ не два непосредственно соприкасающихся кружка изъ мѣди и цинка, а два кружка изъ этихъ металловъ, раздѣленные смоченнымъ подкисленною водой сукномъ. Низъ и верхъ Вольтова столба въ его настоящемъ видѣ будутъ составлять также мѣдный и цинковый



Рис. 6. Александръ Вольта.

кружки, но только они будутъ лежать одинъ подъ, а другой непосредственно надъ суконнымъ кружкомъ.

Вольта не понималъ и не хотѣлъ понять дѣйствительнаго значенія суконныхъ кружковъ, для него это были простые проводники тока; отказываясь допустить химическое дѣйствіе въ этихъ условіяхъ кислоты на цинкъ, Вольта закрылъ для себя обширное поле для открытій высокой важности, то поле, которое онъ же такъ старательно приготовилъ. Преемники Вольта вскорѣ объяснили дѣйствіе столба и усовершенствовали его.

Теорія гальваническаго элемента.

Итакъ источникомъ электричества въ Вольтовомъ столбѣ является пара изъ кружковъ мѣди и цинка, разъединенныхъ другъ отъ друга смоченнымъ въ кислой водѣ суконнымъ кружкомъ. Суконный смоченный кружокъ можно замѣнить прямо подкисленной водой, налитой въ стаканъ, и тогда мы получимъ простѣйшій гальваническій элементъ,

изображенный на рис. 10. V—стаканъ съ водой, къ которой прибавлено нѣкоторое количество сѣрной кислоты, A—цинковая пластинка, B—мѣдная. Пластинки эти носятъ названіе электродовъ или полюсовъ и въ частности цинкъ—полюса отрицательнаго,

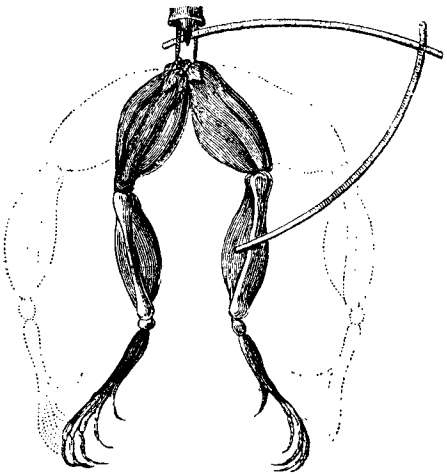


Рис. 8. Опытъ Гальвани.

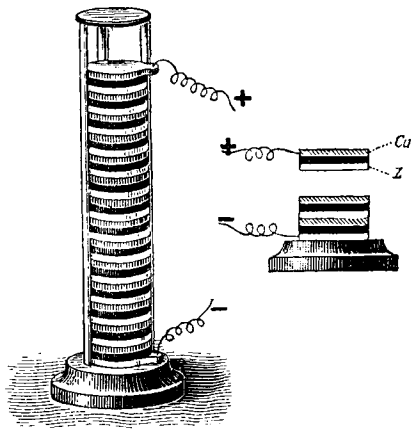


Рис. 9. Столбъ Вольта.

а мѣдь—положительнаго. Жидкость, въ которую погружены электроды, носитъ названіе электролита.

Разсматривая внимательно составленный, какъ показано на рис. 10, элементъ, мы прежде всего увидимъ, что пластинка цинка быстро покроется мелкими пузырьками газа, который есть не что иное, какъ водородъ, выдѣляющійся изъ воды вслѣдствіе химической реакціи, происходящей между нею и цинкомъ и совершающейся въ присутствіи кислоты. Сближая проволоки, прикрѣпленныя къ пластинкамъ мѣди и цинка, мы можемъ увидѣть, хотя и очень слабенькую, искорку; прикладывая концы этихъ проволочекъ къ языку, мы ощутимъ слабое щекотаніе,—все это проявленія электричества. Въ нашемъ элементѣ мы видимъ проявленія электрическаго тока.

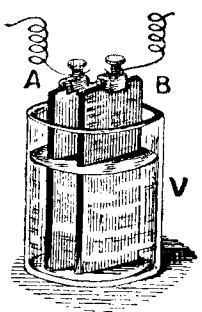


Рис. 10. Простѣйшій гальваническій элементъ.

Если бы мы замѣнили подкисленную воду водой чистой, то тока бы не было; это обстоятельство въ связи съ извѣстнымъ изъ химіи фактомъ, что цинкъ вступаетъ въ химическое взаимодѣйствіе съ водой подкисленной и не дѣйствуетъ вовсе на воду обыкновенную, показываетъ, что электрическія явленія въ элементѣ вызываются химической реакціей. Однако, если бы мы опустили въ подкисленную воду двѣ цинковыхъ пластинки, то не смотря на то, что реакція выдѣленія водорода изъ воды шла бы и въ этомъ случаѣ, тока бы не было. Мы въ правѣ поэтому сказать, что для полученія тока нужна жидкость, химически дѣйствующая на металлъ, но что въ нее должна быть погружена еще и вторая пластинка изъ другого металла. Отсюда недалеко и до заключенія, что для образованія тока необходимы двѣ металлическія пластинки, на которыя жидкость, въ какую онѣ погружены, дѣйствовала бы различно.

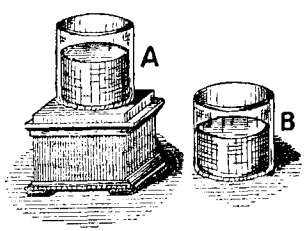


Рис. 11.

Разность потенціаловъ.

Чтобы понять тѣ процессы, которые происходятъ въ элементѣ, всего проще прибѣгнуть къ сравненію съ явленіями гидравлическими.

Представимъ себѣ два сосуда съ водой А и В (рис. 11), поставленные на различной высотѣ,—А, напримѣръ, выше, чѣмъ В. Какая существенная разница между водой въ верхнемъ и нижнемъ сосудѣ? Очевидно та, что вода находится на разномъ уровнѣ; различіе въ ихъ положеніи есть разность уровня.

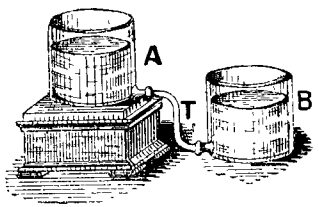


Рис. 12.

Положеніе цинка и мѣди въ простѣйшемъ гальваническомъ элементѣ можно легко уподобить положенію только-что разсмотрѣнныхъ нами сосудовъ съ водой. Пластинки эти, эти электроды не находятся на одномъ электрическомъ уровнѣ, не имѣютъ, какъ говорятъ физики, одинаковаго потенціала. Въ сосудахъ мы имѣли разность уровней, здѣсь имѣемъ разность потенціаловъ.

Направленіе тока.

Соединимъ, какъ показываетъ рис. 12, наши два сосуда А и В трубкой. Разность уровней въ нашихъ сосудахъ вызоветъ стеканіе или токъ жидкости изъ верхняго сосуда въ нижній. Соединимъ металлической проволокой электроды нашего элемента, сейчасъ же мы можемъ наблюдать всѣ проявленія электрическаго тока. Вслѣдствіе разности потенціаловъ электрическій токъ будетъ идти отъ пластинки съ большимъ потенціаломъ къ пластинкѣ съ потенціаломъ меньшимъ. Правда, въ случаѣ съ сосудами мы прямо глазами видѣли не только самое явленіе истеченія жидкости, но видѣли и направленіе его, видѣли, что жидкость течетъ изъ верхняго сосуда въ нижній. Въ гальваническомъ элементѣ мы можемъ такъ или иначе обнаружить существованіе тока, но какъ узнать, каково его направленіе?

Оказывается, что если мы поднесемъ проволоку-проводникъ—соединяющую электроды элемента къ свободно укрѣпленной магнитной стрѣлкѣ (рис. 13), то эта послѣдняя всегда становится накрестъ съ проводникомъ. Больше того, сколько бы мы разъ ни повторяли этотъ опытъ, не мѣняя взаимнаго положенія стрѣлки и проводника, т.-е., напримѣръ, производя опытъ все время такъ, чтобы концу стрѣлки, обращенному на сѣверъ, отвѣчала все время часть проводника соединенная съ цинкомъ, отклоненія стрѣлки всегда будутъ происходить въ одну и ту же сторону. Переставимъ концы проводника, соединимъ тотъ конецъ, что̀ раньше былъ скрѣпленъ съ цинкомъ, теперь съ мѣдью и обратно. Взаимное положеніе проводника или вѣрнѣе той его части, что̀ находится надъ магнитною стрѣлкой, при этомъ мѣнять не будемъ. Окажется, что теперь стрѣлка отклонится въ противоположную сторону. Что̀ измѣнили мы при такой постановкѣ опыта? Единственно что̀ измѣнилось, это направленіе тока относительно стрѣлки. Въ которую сторону шелъ онъ по тому среднему отрѣзку проволоки, который находился надъ стрѣлкой и положеніе котораго мы при перестановкѣ проводника не мѣняли, въ первомъ случаѣ, въ которую при второмъ—мы сказать не можемъ, но очевидно, что во второмъ случаѣ онъ шелъ въ сторону противоположную первому направленію.

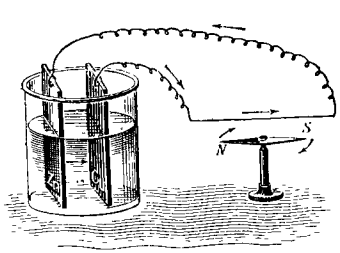


Рис. 13. Отклоненіе магнитной стрѣлки токомъ.

Итакъ токъ идетъ не безразлично отъ того или другого электрода, а имѣетъ какое-то опредѣленное направленіе. По сравненію съ гидравлическими явленіями принимаютъ, что токъ идетъ отъ электрода съ наибольшимъ потенціаломъ, направляясь къ электроду съ потенціаломъ меньшимъ, и принимаютъ далѣе, что наибольшимъ потенціаломъ обладаетъ электродъ, наименѣе подвергающійся химическому воздѣйствію электролита, а такимъ въ нашемъ элементѣ является мѣдь. Этотъ электродъ принято считать, какъ мы видѣли, положительнымъ полюсомъ, и такимъ образомъ принимаютъ, что токъ всегда идетъ отъ положительнаго полюса къ отрицательному.

Единица измѣренія разности потенціаловъ, количества электричества и силы тока.

Остается еще вопросъ. Токъ жидкости, наблюдаемый между двумя сосудами, поставленными на разныхъ уровняхъ, имѣетъ для насъ вполнѣ понятную цѣль: перенести извѣстное количество жидкости изъ верхняго сосуда въ нижній. А что переноситъ токъ электрическій? Очевидно, надо по аналогіи принять, что онъ переноситъ отъ одного полюса элемента къ другому въ каждый извѣстный промежутокъ времени извѣстное количество электричества.

Разъ мы заговорили о количествахъ, должна быть и мѣра для нихъ.

Возвратимся къ нашимъ сосудамъ, поставленнымъ на разныхъ уровняхъ (рис. 12). Вполнѣ понятно, что истеченіе воды изъ верхняго сосуда въ нижній находится въ прямой зависимости отъ разницы въ уровняхъ воды. Чѣмъ разность эта будетъ больше, тѣмъ быстрѣе будетъ происходить истеченіе. Каждой высотѣ установки сосуда А будетъ отвѣчать своя скорость тока воды по соединительной трубкѣ, и при прочихъ равныхъ условіяхъ мы о скорости этой можемъ имѣть правильное сравнительное представленіе, измѣряя нашу разность уровней.

Переходя по аналогіи къ гальваническому элементу, мы имѣемъ право сказать, что разность потенціаловъ можетъ быть различна, и что несомнѣнно величина ея будетъ имѣть первенствующее вліяніе на силу электрическихъ явленій, которыя мы въ гальваническомъ элементѣ наблюдаемъ. Прежде всего, слѣдовательно, надо какъ либо условиться измѣрять разность потенціаловъ. За единицу такихъ измѣреній принята электродвижущая сила одной изъ разновидностей гальваническаго элемента, а именно элемента Даніэля, съ которымъ мы познакомимся ниже. Электродвижущей же силой называютъ разность потенціаловъ въ элементѣ, пока электроды его еще не соединены между собой при посредствѣ проводника. Электродвижущая сила есть та причина, которая вызываетъ токъ, и она въ отличіе отъ разности потенціаловъ есть для каждаго гальваническаго элемента величина постоянная. Говоримъ: «для каждаго гальваническаго элемента» въ смыслѣ типа, какова бы ни была его величина или форма. Разность же потенціаловъ при соединенныхъ проводниками полюсахъ, совершенно подобна разности уровня сосудовъ, которыми мы все время пользовались, по мѣрѣ истеченія въ сосудахъ жидкостей, а въ элементѣ— электричества, постоянно падаетъ. Разность потенціаловъ иначе называютъ *напряженіемъ* тока.

Итакъ разность потенціаловъ или напряженіе тока измѣряютъ, пользуясь, какъ единицей, электродвижущей силой элемента Даніэля. Единица эта носитъ названіе *вольта*. Если, поэтому, разность потенціаловъ въ какомъ-либо случаѣ равна тремъ вольтамъ, то это значитъ, что она въ три раза больше электровозбудительной силы элемента Даніэля. Очевидно, что количество переносимаго электричества будетъ въ сильной степени зависѣть отъ количества вольтъ, развиваемыхъ даннымъ элементомъ, или отъ напряженія тока, но чѣмъ непосредственно измѣрять и выражать это количество электричества? Для этого принята особая единица, носящая названіе *кулона*, по имени французскаго военнаго инженера Кулона, бывшаго членомъ Парижской академіи до революціи и извѣстнаго своими трудами какъ въ области инженернаго искусства, такъ и въ

области научной механики и физики. Кулономъ называютъ то количество электричества, которое надо пропустить черезъ растворъ мѣднаго купороса, чтобы выдѣлить изъ него 0,327 миллиграмовъ металлической мѣди. Послѣ мы увидимъ, что количество выдѣляемаго изъ раствора какого-либо металла зависитъ исключительно отъ количества прошедшаго черезъ этотъ растворъ электричества.

Количество электричества измѣряется количествомъ выдѣленной изъ раствора мѣди или кулонами, но очевидно, что рядомъ съ вопросомъ о количествѣ является вопросъ и о томъ времени, въ продолженіе котораго токъ выдѣлитъ давное количество мѣди. Скорость, съ которой будетъ выдѣлено при помощи даннаго элемента извѣстное число кулоновъ, зависитъ отъ силы тока. Чтобы обозначать и различать различную силу тока,



Рис. 14. А. Кулонъ.

нужна новая единица. Токъ будетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ большее количество кулоновъ онъ перенесетъ въ единицу времени. Отсюда какъ единица мѣры силы тока—кулонъ въ секунду, называемая иначе ампéромъ, по имени извѣстнаго французскаго ученаго Ампера.

Отношеніе между количествомъ переносимаго токомъ электричества и его силой, другими словами, между кулонами и амперами ясно изъ слѣдующаго соображенія. Пусть I выраженная въ амперахъ сила тока, переносящаго K кулонъ въ T секундъ. I будетъ равно $\frac{K}{T}$.

Все время мы проводили аналогію между явленіями гидростатическими и электрическими, и эта аналогія помогла намъ разобраться въ электрическихъ явленіяхъ и уста-

новить извѣстныя электрическія единицы. Не надо, однако, подобной аналогіей сильно увлекаться; она не полна и чисто внѣшняго характера. При увеличеніи разности уровней между сосудами съ водой, напримѣръ, будетъ увеличиваться интенсивность вытекающей изъ верхняго сосуда струи, и намъ вполнѣ понятна причина этого. Происходитъ увеличеніе скорости истеченія, скорости тока воды, и, слѣдовательно, въ единицу времени черезъ трубку, соединяющую верхній сосудъ съ нижнимъ, будетъ проходить большій объемъ, большее количество воды. Если бы аналогія была полная, то же самое мы должны бы



Рис. 15. А. М. Амперъ.

были наблюдать для электрическаго тока. Правда, сила тока увеличивается съ увеличеніемъ разности потенціаловъ, но скорость тока, какъ показываютъ точные опыты, остается почти безъ перемѣны. Мы можемъ уменьшить электрическое давленіе, такъ сказать, на полюсѣ въ 100, даже 1.000 разъ, а электрическій токъ будетъ продолжать двигаться со своей страшной быстротой, около 300.000 километровъ въ секунду.

Послѣ этой оговорки мы снова воспользуемся нашей аналогіей для дальнѣйшаго знакомства съ электрическими явленіями.

Сопротивленіе.

Разсматривая сообщающіеся сосуды, поставленные на разныхъ уровняхъ, мы безъ труда можемъ сообразить, что количество жидкости, протекающей черезъ соединяющую эти сосуды трубку, должно зависѣть, кромѣ разсмотрѣнныхъ уже нами условій, также и отъ размѣра трубки. Предположимъ, что рядомъ съ первой трубкой (рис. 16) T имѣется вторая T' того же діаметра, что̀ первая, но длиннѣе ея. Жидкости, очевидно, будетъ труднѣе проходить черезъ эту вторую трубку, и естественно, что токъ ея будетъ менѣе интенсивенъ. Трубка представляетъ извѣстное сопротивленіе прохожденію воды (вслѣдствіе тренія), и понятно, что чѣмъ сопротивленіе будетъ больше, тѣмъ слабѣе будетъ токъ воды, а сопротивленіе будетъ тѣмъ больше, чѣмъ трубка длиннѣе.

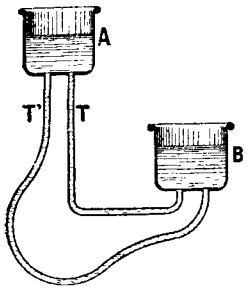


Рис. 16.

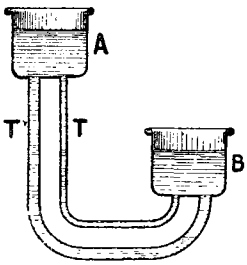


Рис. 17.

Предположимъ теперь, что наши сосуды соединены двумя трубками T и T', различающимися между собою не длиною, а діаметромъ (рис. 17). Мы можемъ сказать, что трубка меньшаго діаметра будетъ представлять сопротивленіе большее (въ трубкѣ бо̀льшаго діаметра большее число частицъ проходитъ серединой ея, не соприкасаясь со стѣнками и не испытывая тренія о нихъ), и опытъ подтверждаетъ такое положеніе. Сопротивленіе увеличивается съ уменьшеніемъ діаметра трубки.

Аналогичное мы видимъ и для электрическаго тока: чѣмъ проводникъ тока длиннѣе, тѣмъ большее онъ оказываетъ прохожденію тока сопротивленіе; чѣмъ онъ толще, тѣмъ сопротивленіе, имъ оказываемое, меньше.

Положенія эти могутъ быть доказаны прямыми опытами, но разбирать ихъ намъ нѣтъ возможности.

Выше мы говорили, что сопротивленіе протеканію воды по трубамъ зависитъ отъ тренія ея объ ихъ стѣнки; легко представить себѣ, что величина испытываемаго тренія будетъ зависѣть до извѣстной степени и отъ того, изъ какого матеріала сдѣлана труба; стѣнки изъ гладкаго, мелкозернистаго матеріала будутъ, напр., имѣть меньше точекъ соприкосновенія съ водой, меньшую поверхность тренія, чѣмъ изъ матеріала крупнозернистаго, не гладкаго. Гораздо бо̀льшая зависимость—отъ матеріала проводниковъ электричества. То, что̀ было нами сказано о зависимости сопротивленія, оказываемаго проводникомъ току отъ длины и толщины его, безусловно вѣрно только для проводниковъ изъ одного матеріала. Проводники изъ мѣди оказываютъ меньшее сопротивленіе прохожденію тока, чѣмъ изъ золота, золотые—меньше желѣзныхъ и т. д.

Для измѣренія сопротивленія также существуетъ опредѣленная единица. Этой единицей служитъ то сопротивленіе, которое обязательно показываетъ проводникъ, соединяющій полюсы элемента, разность потенціаловъ въ которомъ равна одному вольту въ томъ случаѣ, когда сила тока равняется одному амперу. Единица эта носитъ названіе ома, въ честь нѣмецкаго физика Ома, профессора физики сначала въ Швейцаріи, затѣмъ въ Кёльнѣ и, наконецъ, въ Мюнхенѣ. Итакъ омъ есть сопротивленіе проводника (какого бы то ни было, конечно) току силою въ одинъ амперъ и напряженіемъ въ одинъ вольтъ.

Въ частности при мѣдномъ проводникѣ, толщиной въ 1 мм., длина проводника при такихъ условіяхъ должна быть приблизительно въ 50 метровъ.

Законъ Ома.

Зная единицы измѣреній электрическихъ величинъ, мы можемъ разсмотрѣть теперь законъ Ома,—законъ, который и доставилъ ученому, выведшему его, такую извѣстность, что его именемъ названа была единица сопротивленія.

Омъ нашелъ отношеніе, существующее между величинами напряженія (разности потенціаловъ), сопротивленія и силы тока. Пусть у насъ имѣется нѣкоторая система, гдѣ разность потенціаловъ равная E вольтъ при сопротивленіи въ R омъ производитъ токъ въ I амперъ. Если мы увеличимъ величину E, оставляя R неизмѣнной, то обязательно



Рис. 18. Ж. С. Омъ. (1781—1854).

увеличится величина I. Она уменьшится, наоборотъ, если мы при прежней величинѣ E увеличимъ величину R. Другими словами, если мы дадимъ двумъ изъ трехъ взятыхъ нами величинъ какое-нибудь, любое значеніе, то этими значеніями будетъ опредѣлено значеніе третьей величины. Отношеніе это выражается формулами:

$$I = \frac{E}{R}; \; E = RI \text{ и } R = \frac{E}{I}$$

Первая формула говоритъ, что сила тока равняется разности потенціаловъ, дѣленной на сопротивленіе. Вторая—что разность потенціаловъ на концахъ проводника, оказывающаго извѣстное сопротивленіе, равняется силѣ проходящаго черезъ этотъ проводникъ тока, умноженной на это сопротивленіе. Третья, наконецъ, формула говоритъ, что сопро-

тивленіе проводника току равно частному изъ разности потенціаловъ, этотъ токъ возбуждающей, на его силу.

При помощи приведенныхъ формулъ мы, зная какія-либо двѣ изъ разобранныхъ нами трехъ величинъ, всегда для даннаго тока можемъ вычисленіемъ получить третью.

Мы говорили уже выше, что сопротивленіе увеличивается съ длиной проводника и уменьшается съ увеличеніемъ толщины его. Болѣе точно эту зависимость мы можемъ выразить такъ: сопротивленіе какого-либо проводника пропорціонально его длинѣ и обратно пропорціонально его сѣченію. Но кромѣ того мы знаемъ, что сопротивленіе проводника зависитъ также отъ того матеріала, изъ котораго онъ сдѣланъ. Для различныхъ веществъ прямымъ опытомъ найдена величина сопротивленія между сторонами кубическаго сантиметра этого вещества. Величины эти носятъ названіе удѣльныхъ сопротивленій, и выражаются онѣ въ омахъ-сантиметрахъ. Для наиболѣе употребительныхъ веществъ удѣльное сопротивленіе равно:

Серебро отожж.	0,000001492	Желѣзо отожж.	0,000009636
Мѣдь »	0,000001584	Свинецъ прессов.	0,000019465
Золото кованное	0,000002077	Ртуть	0,000094340
Цинкъ прессов.	0,000005580	Растворъ (насыщенный) мѣднаго купороса . . .	29,0
Платина отожж.	0,000008981		

Обозначая удѣльное сопротивленіе черезъ α, длину проводника въ сант. черезъ l и площадь сѣченія его въ квадратныхъ сант. черезъ s, мы имѣемъ $R = \frac{\alpha l}{s}$, т.-е. сопротивленіе даннаго проводника въ омахъ равняется его длинѣ въ сант., умноженной на удѣльное сопротивленіе матеріала, изъ котораго проводникъ сдѣланъ, и дѣленной на площадь сѣченія проводника въ кв. сантим.

Работа тока.

Вернемся еще разъ къ нашимъ сообщающимся сосудамъ съ водой. Вода, переливаясь изъ верхняго сосуда въ нижній, развиваетъ извѣстную силу, помощью которой мы можемъ привести въ дѣйствіе напр. небольшую турбинку. Величина исполняемой работы зависитъ при этомъ отъ двухъ обстоятельствъ: отъ высоты паденія воды (отъ разности уровней) и отъ ея количества. Измѣряя высоту паденія метрами, а количество падающей воды литрами, мы работу воды можемъ выразить произведеніемъ этихъ двухъ величинъ или килограммометрами въ секунду. Дѣля полученное количество килограммометровъ въ секунду на 75, будемъ имѣть работу въ лошадиныхъ силахъ. Работа, производимая паденіемъ воды въ извѣстный промежутокъ времени, выразится такимъ образомъ въ лошадиныхъ сило-часахъ.

Приведенныя простыя и всѣмъ знакомыя соображенія можно приложить къ электричеству. Электрическій токъ можетъ пройти по какому-либо проводнику, только преодолѣвъ его сопротивленіе, а преодолѣть сопротивленіе онъ можетъ потому, что въ источникѣ электричества развивается нѣкоторая электрическая сила, сила, затрачиваемая на работу преодолѣнія сопротивленія проводника и проявляющаяся, напр., въ нагрѣваніи проводника.

Источникъ электричества, — все равно какой, соотвѣтствуетъ нашему верхнему сосуду. Чтобы онъ могъ произвести большую работу, надо, чтобы разность потенціаловъ въ немъ была велика и чтобы было велико количество доставляемаго имъ электричества, т. е., чтобы была велика сила тока. Работа тока, какъ и работа падающей воды, выразится произведеніемъ этихъ двухъ величинъ, т.-е. будетъ измѣряться вольтъ-амперами въ секунду—величиной, которой дается особое названіе уатта, по имени извѣстнаго англійскаго механика, если не изобрѣвшаго паровую машину, то существенно улучшившаго ранѣе изобрѣтенную.

Работу или энергію, которую данный источникъ электричества доставляетъ въ опредѣленное время, опять таки параллельно ранѣе указаннымъ механическимъ единицамъ измѣренія, выражаютъ въ уаттъ-часахъ.

10 уаттъ соотвѣтствуютъ приблизительно одному килограммометру въ секунду, а 736 уаттъ одной лошадиной силѣ.[1]

Работа или производительность тока въ уаттахъ такимъ образомъ равна произведенію изъ электродвижущей силы въ вольтахъ, умноженной на силу тока въ амперахъ, или, обозначивъ черезъ P первую величину, черезъ E вторую и черезъ I третью, имѣемъ: $P = EI$. Если E равно одному вольту, а I одному амперу, то P должно равняться одному уатту. Слѣдовательно, уаттъ или единица работы тока есть работа, развиваемая какимъ-либо источникомъ электричества, дающимъ токъ силой въ одинъ амперъ и напряженіемъ въ одинъ вольтъ.

Выше приведенныя соображенія прилагаются не только къ работѣ, развиваемой какимъ-либо источникомъ электричества, но и къ работѣ, поглощаемой сопротивленіемъ. Токъ въ одинъ амперъ, проходящій черезъ проводникъ съ малымъ сопротивленіемъ, при малой, слѣд., разности потенціаловъ, будетъ исполнять меньшую работу, чѣмъ токъ въ одинъ же амперъ, но проходящій черезъ большое сопротивленіе, т.-е. подъ давленіемъ большой разности потенціаловъ. Такая израсходованная электрическая сила, такая работа тока надъ сопротивленіемъ выразится произведеніемъ вольтовъ на амперы. Мы можемъ поэтому сказать, что уаттъ есть также сила, издержанная въ проводникѣ токомъ въ одинъ амперъ подъ давленіемъ одного вольта на преодолѣніе сопротивленія.

Выведенное нами уравненіе, аналогичное уравненію Ома, можетъ быть представлено въ трехъ видахъ:

$$P = EI;\ E = \frac{P}{I};\ I = \frac{P}{E}$$

Значеніе перваго выраженія нами приведено выше, второе выраженіе говоритъ, что разность потенціаловъ въ какой-либо электрической системѣ равна работѣ тока, дѣленной на его силу, и, наконецъ, третье выраженіе можно словами передать такъ: сила тока въ какой-либо системѣ равна его работѣ, дѣленной на разность потенціаловъ. Словомъ, зная двѣ изъ величинъ E, I и P, всегда можно высчитать третью.

Изъ уравненія Ома мы знаемъ, что E равно RI; подставляя это выраженіе въ только-что разобранныя уравненія, получимъ:

$$P = RI^2,\ R = \frac{P}{I^2} \text{ и } I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

Какъ выразить эти математическія выраженія словами—понятно само собой.

Токъ въ элементѣ и токъ въ проводникѣ.

Мы столько времени производили наши опыты съ сообщающимися сосудами, поставленными на разномъ уровнѣ, что, конечно, вода не разъ успѣла вся вытечь изъ верхняго сосуда и намъ приходилось для продолженія опытовъ выливать ее изъ нижняго сосуда, подымать наверхъ и вливать снова въ верхній. На эту операцію мы тратили свою силу, употребляли мускульную энергію. На счетъ этой энергіи происходило затѣмъ движеніе воды, преодолѣніе ею сопротивленія и т. д. Чтобы имѣть постоянное истеченіе воды изъ верхняго сосуда въ нижній, мы должны къ нашей системѣ сообщающихся сосудовъ прибавить еще какой-либо внѣшній источникъ энергіи, который бы подымалъ вытекшую

[1] Количество работы, даваемое какимъ-либо механизмомъ въ каждую секунду, въ механикѣ называютъ производительностью этого механизма. Съ этой точки зрѣнія уаттами измѣряется производительность электрическаго тока.

воду въ верхній сосудъ. Мы можемъ, напр., поставить въ нижній сосудъ насосъ (рис. 19) и, прилагая къ нему мускульную силу, такимъ образомъ установить непрерывный круговоротъ воды въ нашей системѣ.

Въ гальваническомъ элементѣ между полюсами его, какъ мы теперь знаемъ, существуетъ разность потенціаловъ, разность электрическаго уровня, которая и обусловливаетъ токъ по проводнику. Но что̀ поддерживаетъ этотъ токъ? Роль нашихъ мускуловъ въ гидростатической системѣ выше разобранной здѣсь играетъ химическій процессъ, совершающійся въ самомъ элементѣ, между электродами и электролитомъ. Этотъ процессъ, какъ насосъ въ сосудахъ, поддерживаетъ уровень электричества на полюсахъ, дѣлаетъ разность потенціаловъ ихъ болѣе или менѣе постоянной. Электрическій токъ идетъ по проводнику отъ + къ —, количество его, ушедшее съ положительнаго полюса, сейчасъ же пополняется новымъ количествомъ электричества, развившимся вслѣдствіе химической реакціи на отрицательномъ полюсѣ и перешедшимъ къ + черезъ электролитъ. Въ самомъ элементѣ, слѣдовательно, существуетъ токъ обратнаго направленія тому, который идетъ по проводнику. По проводнику токъ идетъ отъ + къ —, а въ самомъ элементѣ черезъ электролитъ отъ — къ +.

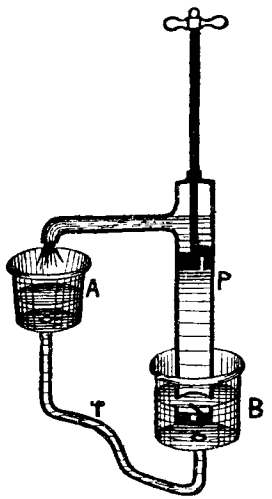


Рис. 19.

Въ элементѣ мы имѣемъ, слѣдовательно, тотъ же замкнутый циклъ, что̀ и въ нашихъ сосудахъ, связанныхъ насосомъ. Въ элементахъ гальваническихъ причиной этого круговорота будетъ химическая реакція, въ элементахъ термоэлектрическихъ—теплота, въ динамо-машинахъ—механическая энергія и т. д.

Внутреннее сопротивленіе элемента.

Токъ въ гальваническомъ элементѣ идетъ не только по проводнику, но и внутри самого элемента; естественно, что для прохожденія этой части тока имѣется извѣстное сопротивленіе, и сопротивленіе даже большое, ибо току тутъ приходится проходить черезъ слой жидкости-электролита, а жидкости являются проводниками вообще скверными. Сопротивленіе, напримѣръ, воды, подкисленной сѣрной кислотой, равняется одному ому-сантиметру, и слѣд., больше таковаго же для мѣди въ 600,000 разъ.

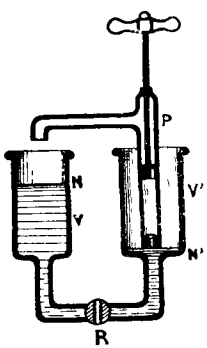


Рис. 20.

Опытъ показываетъ, что внутреннее сопротивленіе гальваническихъ элементовъ всегда очень высоко, и потому при разсмотрѣніи общаго сопротивленія элемента, которое слагается изъ сопротивленія внѣшняго R и внутренняго r мы величиной этого послѣдняго пренебрегать не можемъ. Отъ него, какъ мы сейчасъ увидимъ, зависятъ различныя нежелаемыя въ элементахъ явленія.

Вслѣдствіе внутренняго сопротивленія происходитъ то паденіе разности потенціаловъ на полюсахъ, которое наблюдается при смыканіи ихъ посредствомъ проводника,—явленіе, о которомъ мы имѣли случай уже упоминать. Явленіе это намъ станетъ понятнымъ изъ слѣдующей аналогіи. Пусть V и V' (рис. 20)—два сообщающихся сосуда съ водой соединены между собой трубкой T съ краномъ R. Въ правомъ сосудѣ имѣется насосъ P, помощью котораго можно перекачивать воду въ сосудъ лѣвый. Воды въ сосуды налито столько, что поднять ея уровень въ лѣвомъ сосудѣ выше линіи N нельзя. Упомянутый насосъ можно уподобить гальваническому элементу; треніе, которое въ насосѣ испытываетъ вода, аналогично внутреннему сопротивленію элемента: насосъ большой производительности отвѣчаетъ малому сопротивленію и обратно.

Если мы при закрытомъ кранѣ R приведемъ въ дѣйствіе насосъ, то уровень воды въ лѣвомъ сосудѣ подымется до напвысшаго положенія N. Это положеніе будетъ отвѣчать электродвижущей силѣ элемента въ покоѣ. Откроемъ кранъ R; сейчасъ же обнаружится стремленіе уровня воды понизиться въ лѣвомъ сосудѣ и повыситься въ правомъ. Съ другой стороны, насосъ, перекачивая воду изъ V' въ V, будетъ этому стремленію противодѣйствовать. При этомъ могутъ быть два случая: либо насосъ будетъ большой производительности, а труба T длинная и узкая (малое внутреннее сопротивленіе и большое сопротивленіе внѣшнее); либо, наоборотъ, насосъ будетъ мало производителенъ, а труба T коротка и широка (большое внутреннее сопротивленіе и малое внѣшнее). Въ первомъ случаѣ вытекающая изъ лѣваго сосуда вода сейчасъ же будетъ въ него подаваться обратно и разность уровней будетъ оставаться почти безъ перемѣны, во второмъ случаѣ насосъ не будетъ поспѣвать подавать обратно вытекающую воду и уровень воды въ лѣвомъ сосудѣ упадетъ до извѣстной степени и можетъ даже сдѣлаться чрезвычайно малымъ.

Въ гальваническомъ элементѣ совершенно аналогично, пока полюсы не соединены внѣшнимъ проводникомъ, разность потенціаловъ на полюсахъ поддерживается химической реакціей на максимальной высотѣ. Эту величину разности потенціала мы называемъ электродвижущей силой даннаго элемента. Какъ только мы замкнемъ токъ, разность потенціаловъ на полюсахъ падаетъ, ибо часть электродвижущей силы тратится на преодолѣніе внутренняго сопротивленія. Чѣмъ меньше сравнительно съ внутреннимъ сопротивленіе внѣшнее, тѣмъ напряженіе тока сильнѣе и тѣмъ быстрѣе и сильнѣе падаетъ разность потенціаловъ. Если внѣшній проводникъ коротокъ и толстъ, химическая реакція не будетъ поспѣвать съ достаточной быстротой доставлять (накачивать) нужное для поддержанія на одномъ уровнѣ потенціала количество электричества, вся электродвижущая сила будетъ поглощаться самимъ элементомъ и разность потенціаловъ на полюсахъ упадетъ до 0.

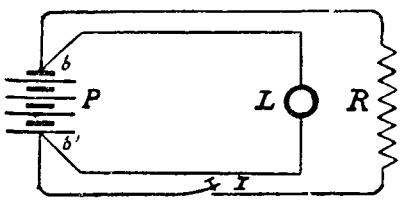


Рис. 21. Схема короткой цѣпи.

Про элементъ въ такомъ положеніи говорятъ, что онъ замкнутъ на короткую цѣпь.

Вліяніе малаго внѣшняго сопротивленія на разность потенціаловъ хорошо видно въ слѣдующемъ опытѣ: Соединяютъ нѣсколько гальваническихъ элементовъ между собой (рис. 21) P и при помощи ихъ накаливаютъ лампочку L; къ крайнимъ полюсамъ батареи элементовъ P кромѣ проводовъ, соединяющихъ ихъ съ лампочкой, прикрѣпляютъ еще провода малаго сопротивленія R, которые можно замыкать при помощи коммутатора I. Если батарея достаточной силы, то уголекъ лампочки будетъ ярко накаленъ, пока проводы R не будутъ сомкнуты; стоитъ намъ ихъ сомкнуть, какъ лампочка почти потухнетъ. Короткая цѣпь на столько увеличила внутреннее сопротивленіе, что разность потенціаловъ сразу сильно упала.

Внутреннее сопротивленіе элемента r мы можемъ ввести въ формулы, выражающія законъ Ома. Электродвижущая сила E тогда будетъ равна (R+r) I, гдѣ—R сопротивленіе внѣшнее, а r—сопротивленіе внутреннее. Иначе это выраженіе можно написать: R I+r I.

Выраженіе это показываетъ намъ, что такое разность потенціаловъ на полюсахъ, о которой мы не разъ говорили. При не замкнутой цѣпи въ элементѣ существуетъ разность потенціаловъ въ E вольтъ. При замкнутой цѣпи r I вольтъ тратится на сопротивленіе внутреннее, съ полюсовъ на внѣшній проводникъ очевидно можетъ быть передано только E—r I вольтъ; это и будетъ разность потенціаловъ на полюсахъ. Но E=I R +I r, слѣдовательно разность потенціаловъ на полюсахъ будетъ E—r I, т.-е. будетъ какъ разъ равна RI или количеству вольтъ, поглощаемому въ наружномъ проводникѣ.

r I количество вольтъ, поглощаемыхъ внутреннимъ сопротивленіемъ, и оно отвѣчаетъ паденію потенціала на полюсахъ при замкнутой цѣпи. Величина этого паденія очевидно зависитъ отъ значенія r и I. Чѣмъ r будетъ больше, т. е. чѣмъ больше будетъ внутреннее сопротивленіе, тѣмъ больше будетъ паденіе разности потенціала на

полюсахъ. То же будетъ и при увеличеніи значенія I, а I, какъ мы знаемъ, равно $\frac{E}{R}$; его значеніе будетъ увеличиваться при уменьшеніи величины R, т. е., при уменьшеніи сопротивленія внѣшняго. Въ предѣлѣ, при соединеніи полюсовъ наружнымъ проводникомъ съ безконечно малымъ сопротивленіемъ (R=0) уравненіе E=R I+r I сведется къ E=r I, т. е. I станетъ настолько велико, что вся электровозбудительная сила будетъ тратиться на одно преодолѣніе внутренняго сопротивленія; разность потенціаловъ на полюсахъ станетъ равной 0.

Работа P какого-нибудь элемента равняется, какъ мы въ своемъ мѣстѣ показали, произведенію изъ его электродвижущей силы E на силу тока I, полезная работа же будетъ равняться произведенію изъ разности потенціаловъ на полюсахъ на силу тока или, обозначая первую величину e, полезная работа равняется eI. Разность между EI и eI или иначе (E—e) I будетъ представлять изъ себя работу, затрачиваемую на побѣжденіе внутренняго сопротивленія.

E—e представляетъ изъ себя паденіе разности потенціаловъ на полюсахъ и равняется r I. Отсюда затраченная на внутреннее сопротивленіе работа (E—e) I равна r I×I или r I^2.

И такъ при работѣ какого бы то ни было гальваническаго элемента безполезно пропадаетъ часть ея, равная r I^2, тѣмъ большая, чѣмъ больше r или внутреннее сопротивленіе.

Надо стараться посему объ уменьшеніи внутренняго сопротивленія въ элементахъ. Сопротивленіе это зависитъ отъ прохожденія тока черезъ слой жидкости, раздѣляющій электроды. Эта часть жидкости служитъ, слѣд., хотя и плохимъ, но проводникомъ и для уменьшенія сопротивленія надо увеличить поперечное сѣченіе этого проводника и уменьшить его длину. Иначе говоря, надо, чтобы полюсы имѣли возможно большую опущенную въ электролитъ поверхность и находились другъ отъ друга на возможно близкомъ разстояніи. Элементы бо́льшаго размѣра поэтому имѣютъ меньшее внутреннее сопротивленіе и слѣдовательно бо́льшую разность потенціаловъ на полюсахъ, электровозбудительная же сила элементовъ, какъ мы говорили, для каждаго типа ихъ постоянна и внѣ зависимости отъ ихъ размѣровъ.

Поляризація.

Элементъ (пластинки мѣди и цинка, погруженныя въ подкисленную воду), которымъ мы все время до сихъ поръ пользовались, не имѣетъ никакого практическаго значенія: электровозбудительная сила его чрезвычайно мала, а внутреннее сопротивленіе велико и весьма быстро возрастаетъ. Мы видѣли, что при незамкнутомъ токѣ на пластинкѣ цинка садились пузырьки газа, и знаемъ, что это водородъ, выдѣленный изъ воды цинкомъ. При замкнутомъ токѣ пластинка цинка отъ пузырьковъ водорода очищается, но, за то, они появляются на мѣдной пластинкѣ, и она скоро покрывается непрерывной оболочкой изъ этихъ пузырьковъ. Газы еще хуже проводятъ электричество, чѣмъ жидкости, сопротивленіе выдѣлившагося и окружившаго мѣдную пластинку водорода таково, что токъ еле-еле его преодолѣваетъ, а иногда и вовсе не въ силахъ преодолѣть. Сила тока падаетъ. Элементъ, какъ говорятъ, становится поляризованнымъ, онъ перестаетъ работать.

Дальнѣйшимъ недостаткомъ нашего элемента является выборъ пластинокъ; мы говорили въ своемъ мѣстѣ, что для образованія, возникновенія тока необходимо, чтобы электролитъ дѣйствовалъ на электроды различно; мы можемъ сказать даже больше, а именно, что разность потенціаловъ на электродахъ будетъ тѣмъ больше, чѣмъ различнѣе на нихъ дѣйствуетъ электролитъ. Подкисленная вода, хорошо растворяя цинкъ, нѣсколько растворяетъ и мѣдь; это послѣднее обстоятельство уменьшаетъ электродвигательную силу элемента. Во многихъ, можно сказать, большинствѣ элементовъ, поэтому мѣдный полюсъ замѣняютъ угольнымъ.

Мы не исчерпали, однако, еще всѣхъ недостатковъ нашего элемента; цинкъ долженъ растворяться электролитомъ, это—условіе полученія тока, но онъ растворяется не только во время работы элемента, а и при незамкнутой цѣпи, что̀ уже составляетъ не-

производительную трату. Горю въ нашемъ элементѣ можно помочь амальгамированіемъ, т.-е. покрываніемъ тонкимъ слоемъ ртути цинковой пластинки; цинкъ амальгамированный, оказывается, растворяется въ подкисленной водѣ, только при замкнутой цѣпи. Амальгамація цинка, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ подъемъ его изъ электролита при размыканіи цѣпи примѣняются и въ другихъ элементахъ.

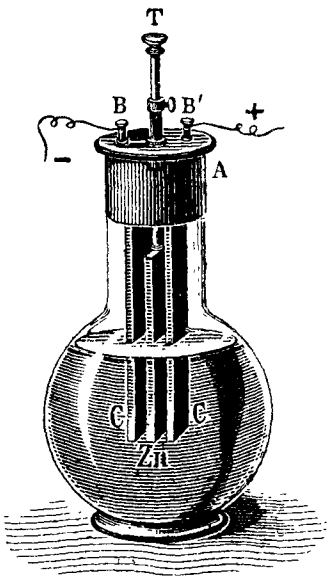


Рис. 22. Элементъ Грене.

Выше мы говорили о поляризаціи элементовъ, но не указали средствъ борьбы съ нею. Очевидно, что надо или сгонять какъ-либо пузырьки водорода съ положительнаго полюса или не допускать ихъ до него. Сгонять пузырьки можно какимъ-либо механическимъ приспособленіемъ и въ этомъ направленіи имѣются попытки, но ихъ разсматривать мы не будемъ. Не допустить пузырьки газа до положительнаго полюса, задержать ихъ во время переноса токомъ отъ цинка къ мѣди или углю можно какимъ-либо сильно дѣйствующимъ окислителемъ — двухромокаліевой солью, азотной кислотой. Стоитъ прилить такого деполяризатора къ электролиту, и водородъ не будетъ допущенъ до положительнаго полюса, будетъ ранѣе связанъ, окисленъ.

Деполяризаторъ можно прибавлять прямо въ электролитъ—элементъ съ одной жидкостью—или можно имъ окружать только непосредственно положительный электродъ — элементъ съ двумя жидкостями. Электролитъ и деполяризующую жидкость раздѣляютъ при этомъ полупроницаемой перегородкой, помѣщая одну изъ нихъ въ пористый сосудъ.

Тѣ и другіе элементы имѣютъ какъ свои достоинства, такъ и свои недостатки.

Перейдемъ теперь къ описанію наиболѣе въ практикѣ употребляемыхъ гальваническихъ элементовъ.

Элементъ Грене.

Элементъ этотъ (рис. 22) состоитъ изъ двухъ угольныхъ пластинокъ CC, которыя, будучи укрѣплены на крышкѣ бутыли элемента, составляютъ положительный полюсъ; между ними находится цинковая пластинка Zn—полюсъ отрицательный. Цинкъ этотъ укрѣпленъ на концѣ стерженька T и, при посредствѣ его можетъ быть опускаемъ въ жидкость и подымаемъ изъ нея. Электролитомъ въ этомъ элементѣ служитъ смѣсь воды и сѣрной кислоты, къ которой въ качествѣ деполяризатора прибавлена двухромокаліевая соль. Электроды соединяются съ кламерами B и B', къ нимъ прикрѣпляются проволочные провода.

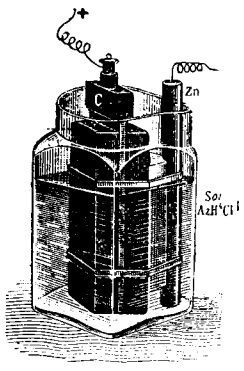


Рис. 23. Элементъ Лекланше.

Элементъ Лекланше.

Этотъ элементъ (рис. 23), въ своихъ разнообразныхъ видоизмѣненіяхъ нынѣ наиболѣе употребляемый при электрическихъ звонкахъ, извѣстенъ, вѣроятно, всякому. Электродами въ немъ служатъ цинкъ и уголь. Въ качествѣ деполяризатора примѣняется перекись марганца, при чемъ ее помѣщаютъ въ смѣси съ углемъ или въ пористый сосудъ, въ середину котораго опущенъ и угольный электродъ или изъ этой смѣси прессуютъ пластинки и укрѣпляютъ ихъ по обѣ стороны, какъ это показано на нашемъ рисункѣ, угольной пластинки-полюса. Электролитомъ въ элементѣ Лекланше служитъ растворъ нашатыря или даже обыкновенной поваренной соли. Какъ мы выше говорили, элементъ Ле-

кланше существуетъ въ разнообразныхъ видоизмѣненіяхъ, однимъ изъ наиболѣе интересныхъ изъ нихъ является слѣдующее, извѣстное подъ названіемъ сухого элемента Лекланше (рис. 24). Вся разница этого элемента отъ обыкновеннаго Лекланше въ томъ, что растворъ нашатыря помѣщенъ не прямо самъ по себѣ, а имъ напитано особое вещество, носящее названіе коффердама, представляющее изъ себя сердцевину орѣховъ одного изъ видовъ тропическихъ пальмъ и отличающееся особенно сильной абсорбирующейся способностью. Эта пористая, пропитанная растворомъ нашатыря, масса помѣщается въ ящикъ, и въ серединѣ ея укладывается угольная пластина съ деполяризаторомъ, а сверху и снизу двѣ цинковыхъ пластины.

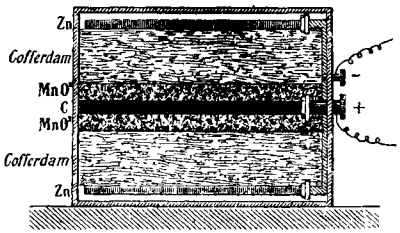


Рис. 24. Сухой элементъ Лекланше.

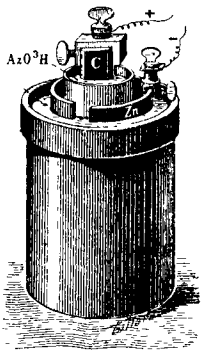


Рис. 25. Элементъ Бунзена.

Элементъ Бунзена.

Элементъ Бунзена (рис. 25) является элементомъ съ двумя жидкостями, и потому въ немъ имѣется два сосуда: наружный каменный заключаетъ подкисленную воду и опущенный въ нее цинкъ, внутренній пористый — съ азотной кислотой и угольнымъ столбикомъ. Элементъ этотъ даетъ сильный и довольно постоянный токъ, но имѣетъ то неудобство, что при работѣ выдѣляетъ пары окисловъ азота.



Рис. 26. Бунзенъ.

Элементъ Даніэля.

Въ немъ (рис. 27), какъ и въ элементѣ Бунзена, два сосуда и двѣ жидкости: въ наружномъ сосудѣ помѣщается подкисленная вода и цинковый электродъ, а во внутреннемъ, пористомъ—растворъ мѣднаго купороса (деполяризаторъ) и мѣдный полюсъ.

Элементъ Мейдингера.

Элементъ Даніэля въ только-что изображенной формѣ не совсѣмъ удобенъ въ употребленіи, такъ какъ хрупкій пористый сосудъ и необходимость часто возобновлять растворъ мѣднаго купороса затрудняютъ обращеніе съ нимъ, въ особенности тамъ, гдѣ, какъ въ телеграфномъ дѣлѣ, имѣется масса элементовъ въ постоянной работѣ. Въ Россіи на телеграфѣ поэтому всего чаще примѣняютъ элементы Даніэля въ видоизмѣненіи Мейдингера. Изобрѣтатель этого элемента, профессоръ въ Кальсруэ Мейдингеръ устранилъ пористый

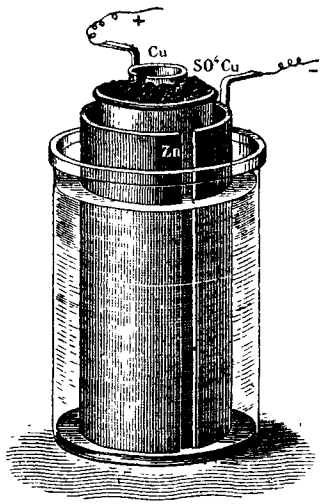


Рис. 27. Элементъ Даніэля.

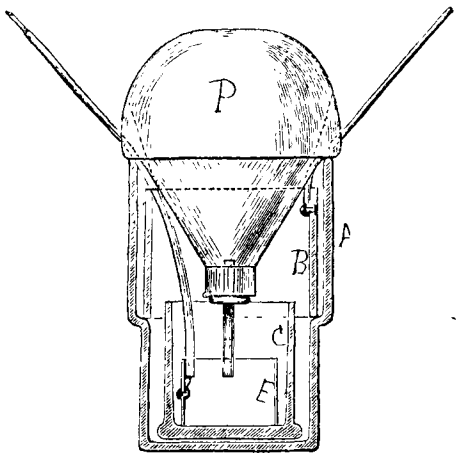


Рис. 28. Элементъ Мейдингера.

сосудъ помощью очень остроумнаго по идеѣ приспособленія. Онъ помѣстилъ цинковый электродъ надъ мѣднымъ и окружилъ первый такою жидкостію, которая легче раствора мѣднаго купороса и можетъ на немъ плавать. Рис. 28 изображаетъ устройство этого элемента.

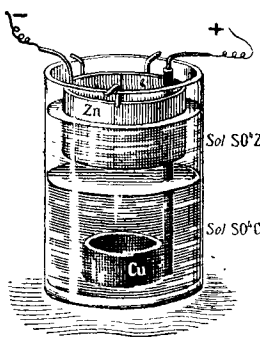


Рис. 29. Элементъ Калло.

Стеклянный цилиндрическій сосудъ A въ верхней своей части шире, чѣмъ въ нижней; на образующійся такимъ образомъ въ серединѣ его уступъ ставится согнутый въ видѣ цилиндра цинкъ B. На днѣ стакана A имѣется небольшая стеклянная чашка C и въ нее помѣщается мѣдная изогнутая пластинка E, съ припаянной къ ней и изолированной гуттаперчей проволокой. Подобная же проволока припаяна и къ цинку. Въ стаканъ A опускается горлышкомъ внизъ баллонъ P, наполненный кристаллами мѣднаго купороса и заткнутый пробкой съ небольшой трубкой, опускающейся въ чашку C. Стаканъ A наполняютъ растворомъ сѣрномагніэіальной соли на столько, чтобы она вошла внутрь балона P на нѣсколько сантиметровъ. Мѣдный купоросъ растворяется въ этой жидкости и растворъ его, будучи болѣе тяжелаго удѣльнаго вѣса, опускается по трубочкѣ на дно чашки C и приходитъ тутъ въ соприкосновеніе съ мѣдной пластинкой. Какъ описаніе показываетъ, суть здѣсь та же, что̀ и у Даніэля, сѣрнокислый магній замѣняетъ кислую воду, запасъ мѣднаго купороса въ баллонѣ служитъ для автоматическаго возобновленія его раствора.

Элементъ Калло.

Этотъ элементъ (рис. 29) представляетъ изъ себя также видоизмѣненіе элемента Даніэля. Въ верхней части стекляннаго стакана находится цинковый кружокъ, а въ нижней кружокъ мѣдный или свинцовый. На дно кладутъ слой кристалловъ мѣднаго купороса и на нихъ наливаютъ растворъ цинковаго купороса. Мѣдный купоросъ, растворяясь, даетъ слой, остающійся внизу и не соприкасающійся съ цинкомъ.

Батареи элементовъ.

Каждый элементъ, каково бы ни было его устройство, можетъ быть употребленъ въ дѣло или отдѣльно или въ соединеніи съ другими, обыкновенно одинаковыми съ нимъ элементами. Соединеніе нѣсколькихъ элементовъ носитъ названіе батареи. Соединять элементы между собою можно двоякимъ образомъ: послѣдовательно или параллельно. При послѣдовательномъ соединеніи положительный полюсъ перваго элемента соединяется съ отрицательнымъ полюсомъ слѣдующаго и т. д., (см. рис. 30). При соединеніи параллельномъ (рис. 31) соединяются между собою полюсы однозначные: положительные съ поло-

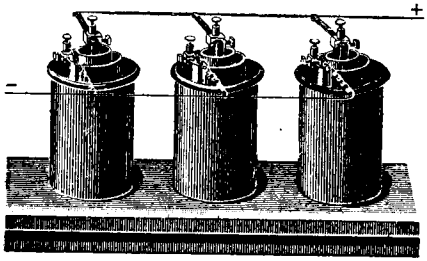


Рис. 31. Параллельное соединеніе элементовъ.

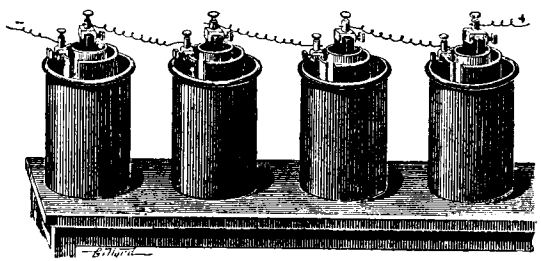


Рис. 30. Послѣдовательное соединеніе элементовъ.

жительными, а отрицательные съ отрицательными. При послѣдовательномъ соединеніи электродвижущія силы элементовъ, равно какъ и внутреннее сопротивленіе суммируются, соединеніе же параллельное совершенно равнозначуще съ увеличеніемъ размѣровъ соотвѣтственныхъ отдѣльныхъ частей одного элемента. Батарея изъ элементовъ, соединенныхъ параллельно, обладаетъ электродвижущей силой равной силѣ одного элемента, но внутреннее сопротивленіе у нея меньше, чѣмъ у каждаго элемента, ее составляющаго (полагаемъ элементы въ батареѣ равной величины) во столько разъ, сколько элементовъ въ батареѣ.

Ясно, въ какихъ случаяхъ надо соединять элементы послѣдовательно и когда параллельно. При сильномъ внѣшнемъ сопротивленіи—элементы соединяютъ послѣдовательно, при слабомъ внѣшнемъ сопротивленіи параллельно. Если внѣшнее сопротивленіе близко къ внутреннему сопротивленію каждаго элемента, то употреблять слѣдуетъ смѣшанное соединеніе съ такимъ разсчетомъ, чтобы общее внутреннее сопротивленіе батареи было возможно близко къ сопротивленію внѣшнему.

То, что мы говорили о соединеніи элементовъ, можно перенести и на проводники или внѣшнее сопротивленіе. Проводники, введенные въ цѣпь послѣдовательно, окажутъ общее сопротивленіе равное суммѣ всѣхъ частныхъ сопротивленій каждаго отдѣльнаго проводника. Сопротивленіе проводниковъ, расположенныхъ параллельно, равно произведенію ихъ сопротивленій, дѣленному на сумму этихъ же сопротивленій.

Термоэлектрическіе элементы.

Разбирая столбъ Вольты, мы указывали на ошибочное его мнѣніе, что токъ возникаетъ въ этомъ приборѣ отъ соприкосновенія цинковыхъ и мѣдныхъ кружковъ, и уяснили значеніе сукна, пропитаннаго подкисленной водой. Можно, однако, вызвать токъ и въ прямо соприкасающихся двухъ металлахъ безъ участія какого бы то ни было электролита: для этого стоитъ только мѣсто ихъ соприкосновенія нагрѣть. На нагрѣваніи спаевъ различныхъ металловъ основано устройство термоэлектрическихъ элементовъ.

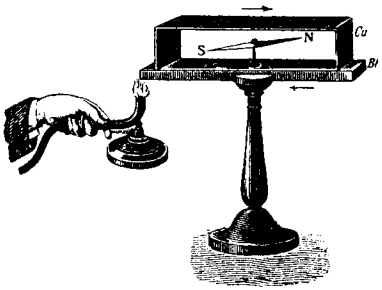
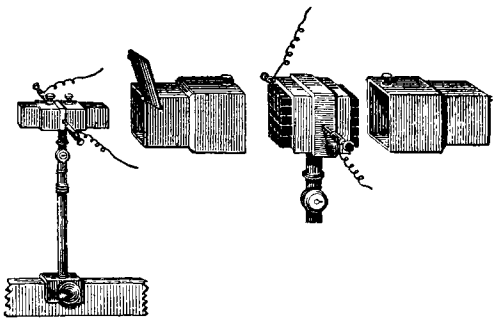


Рис. 32. Опытъ Зебека.

Устройство ихъ было вызвано слѣдующимъ опытомъ берлинскаго физика Зебека, произведеннымъ имъ въ 1821 году. Онъ согнулъ въ видѣ двуконечнаго крючка мѣдную пластинку и припаялъ отогнутые ея концы къ брусочку изъ висмута. Нагрѣвая одну изъ спаекъ (рис. 32), онъ замѣтилъ возникновеніе тока, идущаго по мѣди отъ нагрѣтой спайки къ холодной. Термоэлектрическій элементъ былъ изобрѣтенъ.

Рис. 33 и 35 представляютъ два подобныхъ элемента. Сущность ихъ устройства ясна изъ схематическаго рис. 34, относящагося, впрочемъ, непосредственно къ элементу Меллони. Рѣшетки изъ двухъ различныхъ металловъ спаяны послѣдовательно другъ съ


Рис. 33. Термо-эл. батарея Меллони.

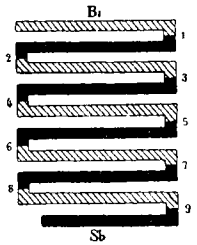


Рис. 34. Схема устройства термо-электрической батареи Меллони.

другомъ. При нагрѣваніи мѣстъ спайки по проволокѣ, соединяющей крайнія рѣшетки, идетъ токъ. Нобили увеличилъ силу тока подобнаго элемента, умноживъ число рѣшетокъ и спаекъ. Металлы были имъ употреблены—сурьма и висмутъ.

Какъ обыкновенные или, какъ ихъ иногда называютъ, гидро-электрическіе элементы въ настоящее время извѣстны въ большомъ числѣ видоизмѣненій, такъ и элементы термоэлектрическіе существуютъ въ разновидностяхъ достаточно многочисленныхъ; различію между ними обыкновенно въ примѣняемыхъ металлахъ. Беккерель употребляетъ сѣрнистое желѣзо и мельхіоръ, Кламонъ—желѣзо и сплавъ цинка съ сурьмой, тотъ же сплавъ, но съ мельхіоромъ и т. д.

Электромагнитизмъ. Индукція.

Выше мы показали уже то дѣйствіе, которое оказываетъ на магнитную стрѣлку электрическій токъ. Дѣйствіе это было открыто совершенно случайно датскимъ ученымъ Гансомъ-Христіаномъ Эрстедтомъ. 15-го февраля 1820 года ученый этотъ во время своей лекціи по физикѣ въ Копенгагенскомъ университетѣ демонстрировалъ слушателямъ раска-

ливаніе при помощи гальваническаго тока докрасна платиновой проволоки. Взглядъ его случайно упалъ при этомъ на находившуюся вблизи оставленную отъ какого-то предыдущаго опыта магнитную стрѣлку; стрѣлка эта при каждомъ замыканіи тока рѣзко мѣняла свое положеніе и испытывала какія-то анормальныя колебанія.

Едва окончивши свою лекцію, Эрстедтъ тутъ же началъ рядъ болѣе точныхъ наблюденій надъ вліяніемъ тока на магнитную стрѣлку.

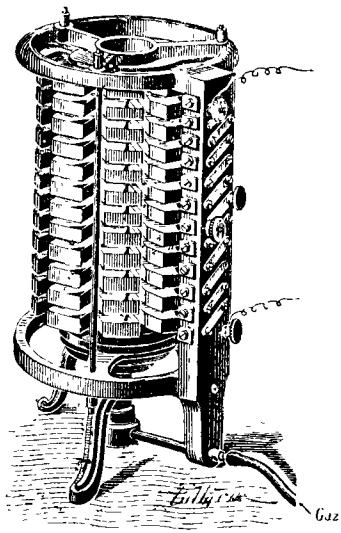


Рис. 35. Термо-электрическая батарея Кламона.

Законъ Ампера.

11-го сентября 1820 года опытъ Эрстедта былъ повторенъ де-ля-Ривомъ въ Парижѣ въ засѣданіи Академіи Наукъ. Заинтересовавшійся этимъ опытомъ Амперъ, тщательно проанализировавъ явленіе отклоненія магнитной стрѣлки токомъ, выразилъ законъ, открытый Эрстедтомъ, такимъ образомъ: если мы представимъ себѣ наблюдателя лежащимъ на проводникѣ и обращеннымъ лицомъ къ магнитной стрѣлкѣ (рис. 36), и пропустимъ черезъ проводникъ токъ по направленію отъ ногъ наблюдателя къ его головѣ, то сѣверный полюсъ стрѣлки всегда отклонится въ лѣвую отъ этого наблюдателя сторону. Если мы помѣстимъ нашу стрѣлку въ серединѣ прямоугольника, согнутаго изъ проводника (рис. 37), то каждая сторона его будетъ дѣйствовать на стрѣлку отдѣльно, и въ суммѣ дѣйствіе окажется по силѣ учетвереннымъ. Увеличивая число четыреугольниковъ изъ проводника или замѣняя ихъ спирально завитой проволокой, дѣйствіе тока можно увеличивать до безконечности. Идея увеличивать такимъ образомъ дѣйствіе тока на магнитную стрѣлку принадлежитъ Амперу.

Гальванометръ.

На только-что изложенномъ принципѣ основано устройство изобрѣтеннаго нѣмецкимъ ученымъ Швейггеромъ гальванометра или, какъ его иногда называютъ, мультипликатора.

На деревянную рамку, въ центрѣ которой подвижно на вертикальной оси укрѣпляется магнитная стрѣлка, наматываютъ большое число разъ хорошо, посредствомъ резиновой и

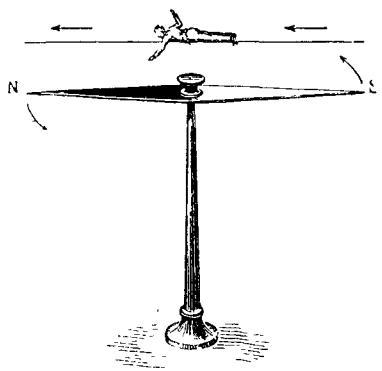


Рис. 36. Правило Ампера.

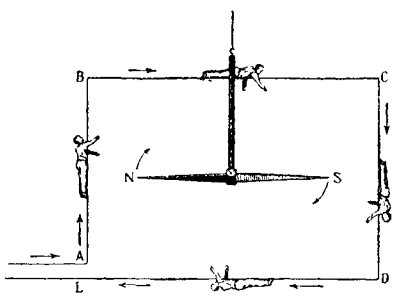


Рис. 37. Схема мультипликатора.

шелковой обмотки, изолированную проволоку. При пропусканіи черезъ эту проволоку тока происходитъ, согласно правилу Ампера, отклоненіе магнитной стрѣлки, и при томъ стрѣлка отклоняется тѣмъ дальше отъ своего нормальнаго положенія, чѣмъ сильнѣе токъ, проходящій черезъ обмотку. Эта разница въ отклоненіяхъ стрѣлки въ зависимости отъ силы тока позволяетъ сравнивать различные токи между собой, позволяетъ ихъ измѣрять: отсюда и названіе описаннаго прибора — гальванометръ. Нобили увеличилъ чувствительность первоначальнаго гальванометра Швейггера, нейтрализировавъ въ большей его части дѣйствіе на магнитную иглу земного магнетизма, который, какъ само собой понятно, противится отклоненію стрѣлки токомъ. Въ гальванометрѣ Швейггера дѣйствіе земного магнетизма нейтрализовалось токомъ, тратившимъ на это извѣстную часть своей силы; въ инструментѣ Нобили этого не происходитъ. Вмѣсто одной магнитной стрѣлки Нобили взялъ двѣ и помѣстилъ ихъ одна надъ другой, соединивъ такъ, что сѣверный полюсъ одной совпадаетъ съ южнымъ другой и обратно. Такое соединеніе стрѣлокъ носитъ названіе астатическаго (схематически оно изображено на рис. 38), ибо при немъ стрѣлки находятся внѣ дѣйствія земного магнетизма и могутъ быть въ равновѣсіи въ любомъ положеніи. Вся сила тока въ гальванометрѣ съ двойной стрѣлкой уходитъ на ея отклоненіе, и потому имъ можно открыть и измѣрить токъ минимальнаго напряженія.

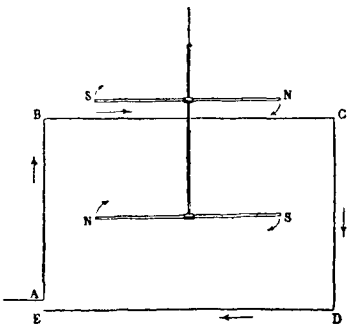
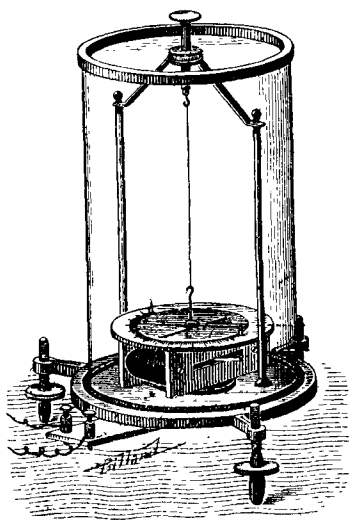


Рис. 38. Схема устройства гальванометра.

Гальванометръ въ его современномъ видѣ изображенъ на рис. 39; состоитъ онъ изъ вышеупомянутымъ способомъ скрѣпленныхъ двухъ магнитныхъ стрѣлокъ, при чемъ нижняя стрѣлка находится въ серединѣ рамки съ обмоткой, а верхняя—надъ этой рамкой. Стрѣлки эти подвѣшены на шелковой ниткѣ, и верхняя движется по раздѣленному на градусы мѣдному кругу. Весь гальванометръ покрывается стекляннымъ колпакомъ и снаружи имѣется только пуговка отъ крючка, къ которому прикрѣплена шелковая нитка, несущая стрѣлки, и двѣ клемеры, которыми заканчиваются концы обмотки мультипликатора и черезъ которыя въ мультипликаторъ пропускаютъ измѣряемый токъ.

Посредствомъ упомянутой пуговки приводятъ стрѣлку къ нулю и затѣмъ пропускаютъ черезъ мультипликаторъ токъ. Отклоненіе стрѣлки будетъ приблизительно пропорціонально силѣ тока.

Существуютъ и еще болѣе точные гальванометры, описывать которыхъ мы не имѣемъ возможности.


Рис. 39. Гальванометръ Нобили.

Намагничиваніе желѣза токомъ.

Опытами Эрстедта кромѣ Ампера, и пожалуй даже раньше его, заинтересовался и занялся другой извѣстный французскій ученый—Араго. Онъ открылъ, что проводникъ, по которому идетъ электрическій токъ, не только оказываетъ дѣйствіе на магнитную иглу, но и самъ обладаетъ магнитными свойствами, напримѣръ, какъ настоящій магнитъ, притягиваетъ желѣзные опилки. Оказалось далѣе, что проводникъ, по которому идетъ токъ, передаетъ свои магнитныя свойства желѣзу; если полосу этого послѣдняго обвить изолированной проволокой и пропустить по ней токъ, то она пріобрѣтаетъ магнитныя свойства, притягиваетъ желѣзо, отклоняетъ магнитную стрѣлку и т. д.

Возбужденіе электрическаго тока посредствомъ магнита.

Опытами Ампера и Араго было установлено, что токъ, пропущенный черезъ проволоку, спирально намотанную на катушку, возбуждаетъ магнитныя свойства въ желѣзномъ стержнѣ, вставленномъ въ середину этой катушки. Вполнѣ естественъ былъ вопросъ, не происходитъ ли обратное явленіе, и нельзя ли вызвать тока въ подобной катушкѣ введеніемъ въ середину ея настоящаго магнита. Такой вопросъ пришелъ въ голову молодого женевскаго ученаго Колладона. и онъ для рѣшенія его поставилъ прямой опытъ: соединилъ катушку съ изолированной проволокой съ гальванометромъ и ввелъ въ ея середину магнитъ (рис. 40). Результатъ получился отрицательный, возникновенія тока Колладонъ не замѣтилъ. Каково же было его удивленіе, когда приблизительно мѣсяцъ спустя появилось сообщеніе извѣстнаго англійскаго ученаго Фарадея, продѣлавшаго

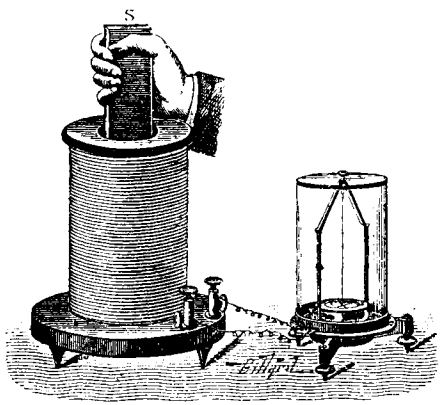


Рис. 40. Индукція тока магнитомъ.

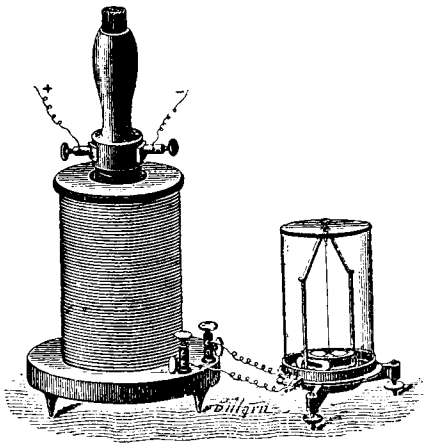


Рис. 41. Индукція тока токомъ.

точно такой же, какъ и Колладонъ, опытъ, но съ полнымъ результатомъ—вставленіе магнита въ катушку вызывало появленіе въ ея обмоткѣ тока.

Странное съ перваго взгляда противорѣчіе объяснялось просто. Подъ вліяніемъ магнита въ катушкѣ возникаетъ токъ только на то мгновеніе, пока магнитъ вводится въ катушку, а разъ онъ введенъ и оставленъ въ покоѣ, токъ падаетъ. Колладонъ работалъ въ домашней, бѣдно обставленной лабораторіи и безъ всякихъ помощниковъ. Гальванометръ у него, чтобы избѣжать непосредственнаго на него вліянія магнита, былъ установленъ въ сосѣдней съ катушкой комнатѣ и соединенъ съ нею длинными проводами; очевидно, и у Колладона въ тотъ моментъ, пока онъ вкладывалъ въ катушку магнитъ, происходило отклоненіе стрѣлки гальванометра, но пока онъ затѣмъ шелъ въ сосѣднюю комнату производить наблюденіе, стрѣлка успѣвала успокоиться, такъ какъ токъ послѣ введенія магнита падалъ.

Токъ, возбуждаемый магнитомъ, и не можетъ не быть въ зависимости отъ движенія этого послѣдняго; откуда можетъ взяться электрическая энергія, какъ не изъ той механической, которая затрачивается на вдвиганіе магнита; вѣдь самъ магнитъ при этомъ не испытываетъ ровно никакихъ измѣненій ни въ своихъ магнитныхъ, ни въ какихъ другихъ свойствахъ. Съ помощью особо чувствительныхъ приборовъ можно непосредственно замѣтить и даже измѣрить то усиліе, которое экспериментатору приходится преодолѣть при вдвиганіи магнита въ катушку и при его выдвиганіи; усиліе это будетъ тѣмъ больше,

чѣмъ катушка замкнута на меньшее сопротивленіе; индуктивные, т. е. возбуждаемые магнитомъ въ катушкѣ токи при этомъ получаются большаго напряженія.

Передвигая магнитъ по отношенію къ замкнутому достаточной длины намотанному на катушкѣ проводнику, мы такимъ образомъ можемъ вызывать токъ. Это наилучшій способъ превращать механическую энергію въ электрическую.

Возбужденіе магнитомъ тока въ замкнутомъ проводникѣ называется индукціей, а самъ возникающій въ проводникѣ токъ носитъ названіе индуктивнаго.

Индукція тока токомъ.

Не только магнитъ возбуждаетъ въ замкнутомъ проводникѣ токъ, но то же дѣйствіе оказываетъ и электрическій токъ. Фарадей показалъ это прямымъ опытомъ. Въ катушку, ту же, что̀ и въ предыдущемъ опытѣ съ магнитомъ, и также соединенную съ гальванометромъ, онъ опускалъ другую, меньшаго діаметра, по которой пропускался токъ. (Рис. 41). При опусканіи этой второй катушки гальванометръ показывалъ возникновеніе индукціоннаго тока, при чемъ токъ направлялся въ какую-нибудь одну опредѣленную сторону; при выниманіи внутренней катушки—новое отклоненіе стрѣлки гальванометра, но уже въ сторону противоположную. При нахожденіи внутренней катушки въ покоѣ не бываетъ никакого индукціоннаго тока. И здѣсь возникновеніе индукціоннаго тока происходитъ насчетъ механической, затрачиваемой на передвиженіе катушки съ токомъ энергіи.

Опыты Араго привели къ изобрѣтенію электромагнита, опытъ Фарадея—къ устройству магнето- и динамо-электрическихъ машинъ.

Электромагнитъ.

Электромагнитъ представляетъ изъ себя деревянную катушку, на которую намотана большимъ числомъ оборотовъ мѣдная изолированная проволока. Въ середину такой катушки (рис. 42) вставляютъ брусокъ изъ чистаго и мягкаго, не закаленнаго желѣза. Этотъ брусокъ, лишь только по обмоткѣ катушки пропустить токъ, намагничивается и тѣмъ сильнѣе, чѣмъ сильнѣе пропускаемый токъ и больше число оборотовъ проволоки на катушкѣ. Магнитныя свойства бруска пропадаютъ, какъ только токъ въ катушкѣ прекращается.

Въ настоящее время электромагниты приготовляются въ нѣсколько иной формѣ. Обмотку дѣлаютъ прямо на желѣзномъ стержнѣ, и два такихъ стержня, обмотанныхъ одной и той же проволокой въ одну и ту же сторону, соединяются вмѣстѣ желѣзной же перекладиной (рис. 43) или замѣняются такіе парные стержни однимъ изогнутымъ въ видѣ подковы (рис. 44). Не соединенныя стороны стержней при пропусканіи черезъ обмотку тока становятся сѣвернымъ и южнымъ полюсами магнита. Не трудно опредѣлить силу подобнаго электромагнита: изслѣдуемый электромагнитъ подвѣшиваютъ къ П-образной подставкѣ (рис. 44) и заставляютъ его пропусканіемъ тока черезъ обмотку притягивать желѣзную пластинку, къ которой подвѣшивается чашка съ большимъ или меньшимъ количествомъ гирь. Гири подкладываютъ до тѣхъ поръ, пока вѣсъ ихъ не оторветъ якоря (желѣзной пластинки) отъ электромагнита.

Машины магнито-электрическія. Машина Пиксіи.

Мы говорили уже, что открытіе появленія тока въ проводникѣ подъ вліяніемъ магнита повело къ изобрѣтенію магнито-электрическихъ машинъ; первой изъ нихъ была машина, построенная конструкторомъ физическихъ инструментовъ Пиксія въ 1832 году.

Машина эта (рис. 45) состоитъ изъ сильнаго подковообразнаго магнита A, такъ укрѣпленнаго на вертикальной оси C, что онъ можетъ на этой оси при помощи рукоятки и зубчатыхъ колесъ R и P быть приводимъ во вращеніе. Надъ магнитомъ имѣются неподвижныя сверху соединенныя между собой катушки B B′. Катушки эти образуютъ электромагнитъ, полюса котораго приходятся какъ разъ надъ полюсами настоящаго магнита. При каждомъ оборотѣ магнита A его полюса то приближаются, то удаляются отъ полюсовъ электромагнита. Въ этомъ послѣднемъ поэтому появляется индуктивный токъ, направленіе котораго мѣняется каждые полоборота. При помощи коммутатора, устройство котораго мы здѣсь описывать не будемъ, ибо съ подобнымъ же коммутаторомъ намъ придется познакомиться подробнѣе нѣсколько далѣе, перемѣнныя направленія тока приводятся къ направленію постояннаго и на кондукторѣ ff′, идущемъ отъ коммутатора, получается постоянный электрическій токъ.

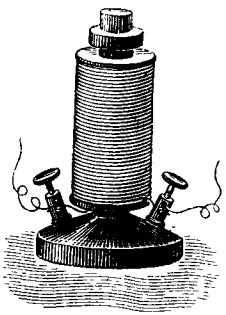


Рис. 42. Электромагнитъ.

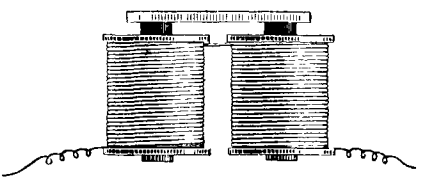


Рис. 43. Электромагнитъ.

Опытъ показалъ, что для успѣшной работы машины Пиксіи надо увеличивать возможно больше вѣсъ магнита, въ то время, какъ электромагнитъ можетъ быть сдѣланъ значительно менѣе массивнымъ. Вращеніе тяжелаго магнита требовало· большихъ усилій; чтобы избѣжать его, Сакстонъ внесъ въ машину Пиксіи первое измѣненіе; онъ сдѣлалъ магнитъ неподвижнымъ, а сталъ вращать болѣе легкій электромагнитъ; части прибора, кромѣ того, были перенесены изъ вертикальнаго положенія въ горизонтальное и вращеніе производилось около горизонтальной, а не вертикальной оси.

Машина Кларка.

Слѣдующее и болѣе существенное измѣненіе въ машину Пиксіи было внесено Кларкомъ. Машина Кларка изображена на рис. 46. Сильный магнитъ AB, составленный изъ нѣсколькихъ подковообразныхъ плоскихъ полосъ, укрѣпленъ на вертикальной деревянной доскѣ. Противъ его полюсовъ имѣются двѣ катушки, со стороны магнита соединенныя

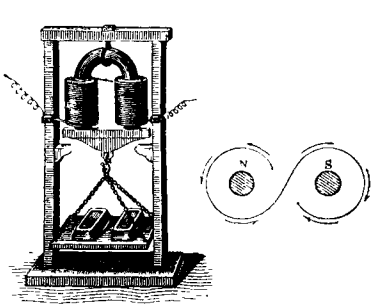


Рис. 44. Электромагнитъ въ видѣ подковы.

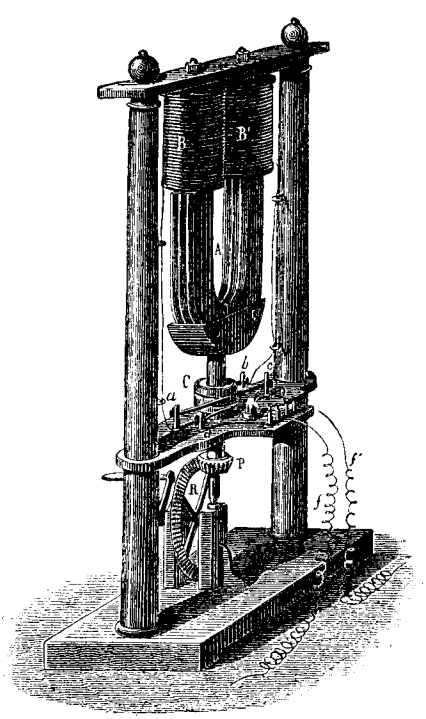


Рис. 45. Магнито-электрическая машина Пиксіи.

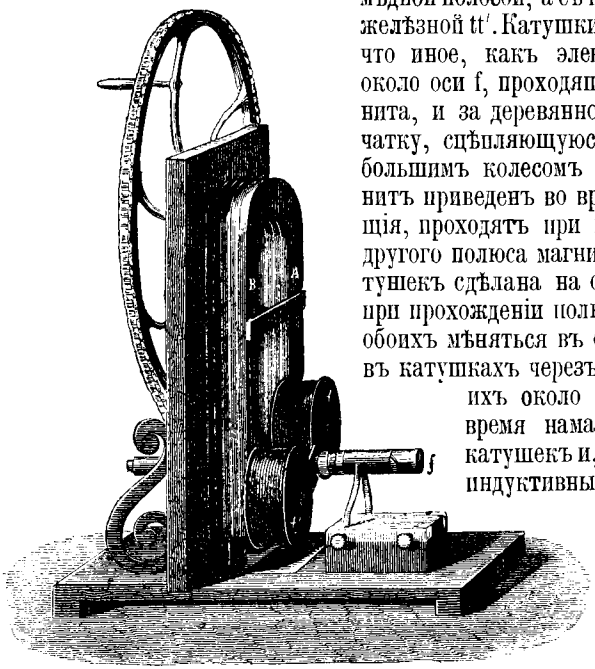


Рис. 46. Магнито-электрическая машина Кларка.

мѣдной полосой, а съ противоположной стороны полосой желѣзной tt'. Катушки эти, представляющія изъ себя не что иное, какъ электромагнитъ, могутъ вращаться около оси f, проходящей затѣмъ между развилкой магнита, и за деревянной основной доской несущей зубчатку, сцѣпляющуюся помощью безконечной цѣпи съ большимъ колесомъ съ рукояткой. Когда электромагнитъ приведенъ во вращеніе, катушки, его составляющія, проходятъ при каждомъ оборотѣ мимо одного и другого полюса магнита. Въ виду того, что обмотка катушекъ сдѣлана на одной вправо, а на другой влѣво, при прохожденіи полюсовъ направленіе тока будетъ на обоихъ мѣняться въ одну сторону. Токъ возбуждается въ катушкахъ черезъ индукцію вслѣдствіе прохожденія ихъ около полюсовъ магнита, но въ то же время намагничиваются и стержни самихъ катушекъ и, намагничиваясь, еще усиливаютъ индуктивный токъ.

Для полученія тока одного направленія въ машинѣ Кларка приходится также прибѣгать къ помощи коммутатора, который мы здѣсь и опишемъ подробнѣе; устройство его изображено на рис. 47 и 48. На продолженіи оси вращенія электромагнита надѣтъ изолированный колпакъ, на поверхности котораго укрѣплены двѣ металлическія пластинки E E' въ формѣ полуколецъ. Промежутки между этими пластинками съ той и другой стороны какъ разъ діаметрально противоположны и находятся въ одной плоскости съ осями обѣихъ катушекъ. Одна изъ пластинокъ E' при помощи язычка g соединяется съ кольцомъ e и при его посредствѣ съ однимъ изъ концовъ обмотки электромагнита (рис. 48) d'. Другой конецъ обмотки соединенъ со внутренней металлической осью, на которую надѣтъ рукавъ съ пластинками EE', а пластинка E соединена съ осью посредствомъ винта, проходящаго черезъ изолированный слой рукава. Двѣ пружины rr' нажимаютъ снаружи на пластинки E и соединяютъ ихъ съ внѣшнимъ проводникомъ. При каждомъ полуоборотѣ, въ тотъ самый моментъ, когда индук-

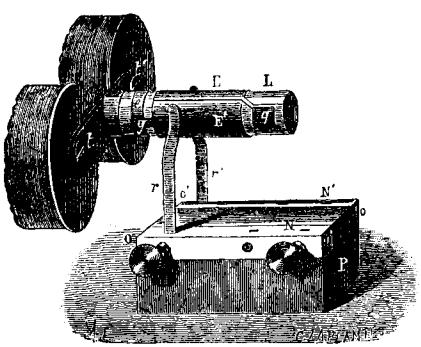


Рис. 47. Коммутаторъ машины Кларка.

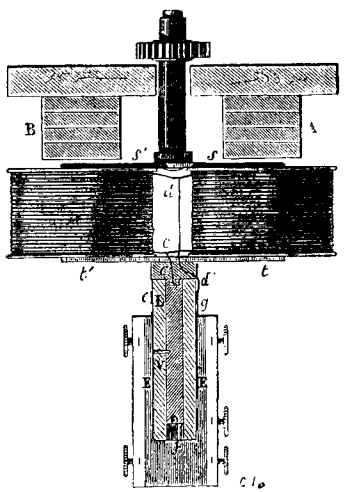


Рис. 48. Коммутаторъ Кларка.

тивный токъ въ катушкахъ мѣняетъ свое направленіе, пружина r' раньше скользившая по пластинкѣ E переходитъ на пластинку E', а пружина r съ пластины E' на пластину E. Такимъ образомъ каждая изъ пружинъ r постоянно получаетъ токъ одного направленія, но только по очереди то съ одного конца обмотки электромагнита, то съ другого.

Машина „Алліансъ".

Около 1849 года профессоръ физики въ Брюссельской военной школѣ Нолле составилъ проектъ, исходя изъ машины Кларка, индукціонной машины, которая могла бы быть источникомъ электричества для промышленныхъ цѣлей. Нолле умеръ, однако, не приведя своихъ плановъ въ исполненіе, и его работы были закончены сотрудникомъ его, въ то время

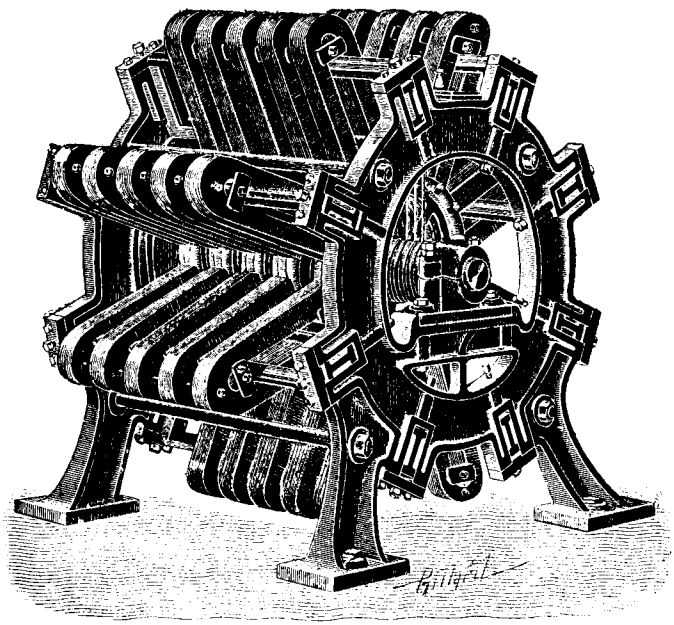


Рис. 49. Магнито-электрическая машина.

рабочимъ, а затѣмъ инженеромъ Жозефомъ Ванъ Мальдеренъ. Машина, построенная этимъ послѣднимъ (рис. 49), была принята компаніей «Алліансъ» электрическаго освѣщенія маяковъ.

Это та же машина Кларка, но повторенная большое число разъ. На нашемъ рисункѣ число повтореній равно 40. Машина состоитъ изъ 8 рядовъ подковообразныхъ магнитовъ, расположенныхъ по кругу такъ, что ихъ полюса обращены къ центру. Въ каждомъ ряду имѣется по пяти магнитовъ. Въ центрѣ всей системы между полюсами магнитовъ на вращающейся оси насажено 8 рядовъ катушекъ въ каждомъ ряду по пяти паръ. Катушки совершенно подобны таковымъ же Кларка. Ось съ электромагнитами приводится во вращеніе паровой машиной; индуктивный токъ со всѣхъ электромагнитовъ собирается и направляется во внѣшній проводъ. Съ нѣсколько измѣненной де-Меритенсомъ машиной «Алліансъ» мы встрѣтимся еще дальше при описаніи примѣненія электричества къ освѣщенію маяковъ.

Магнито-электрическая машина Грамма.

Наибольшее распространеніе получила и теперь еще имѣется во всякомъ физическомъ кабинетѣ магнито-электрическая машина французскаго физика и конструктора

Грамма. Имъ была практически рѣшена задача удобнаго полученія постояннаго тока при помощи магнито-электрической машины. Схема устройства машины Грамма представлена на рис. 50. SN полюсы магнита или, какъ его въ подобныхъ случаяхъ называютъ, индуктора; между ними имѣется кольцо изъ мягкаго желѣза, вращающееся на своей оси. Въ кольцѣ этомъ вслѣдствіе его положенія между полюсами магнита во все время вращенія имѣются сѣверный и южный полюсы (сѣверный противъ S магнита, а южный противъ N) и между ними на діаметрѣ параллельномъ рукавамъ магнита полоса нейтральная. Около описаннаго кольца намотана въ видѣ ряда катушекъ изолированная проволока; это будетъ рядъ катушекъ, соединенныхъ послѣдовательно. Разсмотримъ одну изъ такихъ катушекъ и попробуемъ уяснить себѣ, что въ ней происходитъ при вращеніи кольца. Возьмемъ катушку, находящуюся въ нейтральномъ положеніи E′; при приближеніи ея къ южному полюсу магнита, въ ней разовьется и будетъ все усиливаться токъ извѣстнаго направленія. Достигнувъ своей наибольшей интенсивности, когда катушка будетъ какъ разъ противъ полюса, токъ затѣмъ при дальнѣйшемъ вращеніи кольца будетъ ослабѣвать, не мѣняя своего направленія; въ точкѣ E″, находящейся на равномъ разстояніи отъ обоихъ полюсовъ, токъ въ нашей катушкѣ совершенно прекратится, чтобы затѣмъ появиться снова, но уже въ обратномъ направленіи подъ вліяніемъ сѣвернаго полюса магнита. Если мы теперь посмотримъ на всю совокупность кольца съ катушками, то намъ станетъ ясно, что всѣ катушки, находящіяся наверху отъ средней линіи E′E″, будутъ пробѣгаемы токомъ разнаго напряженія, но одного направленія и направленія противоположнаго тому, по которому токъ идетъ въ катушкахъ, находящихся ниже линіи E′E″. Такъ какъ катушки соединены послѣдовательно, то токъ верхнихъ и токъ нижнихъ въ отдѣльности будетъ суммироваться, остается только вывести его съ кольца на внѣшній проводъ.

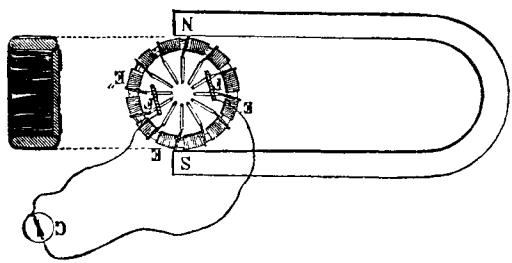


Рис. 50. Схема устройства магнито-электрической машины Грамма.

Достигается это слѣдующимъ приспособленіемъ: между каждою парой катушекъ имѣется металлическая пластинка, при помощи которой сосѣднія катушки и сообщаются другъ съ другомъ. Одна отъ другой эти пластинки тщательно изолированы. Пластинки эти и ихъ расположеніе хорошо видны на рис. 51, изображающемъ разрѣзъ кольца Грамма; обозначены онѣ на рисункѣ буквами R. Съ этихъ пластинокъ или, какъ ихъ называютъ, коллекторовъ токъ собираютъ при помощи металлическихъ щетокъ или кисточекъ, установленныхъ такъ, что они касаются коллекторовъ R при вступленіи ихъ въ нейтральную полосу E′E″. Такимъ образомъ токи, возбужденные въ обѣихъ половинахъ кольца съ катушками, соединяютъ во внѣшнемъ проводникѣ совершенно такъ, какъ это дѣлаютъ при параллельномъ соединеніи двухъ гальваническихъ элементовъ. Постоянный токъ получается безъ помощи какихъ-либо коммутаторовъ-выпрямителей, а эти послѣдніе представляютъ одну изъ слабыхъ сторонъ магнито-электрическихъ машинъ другихъ системъ.

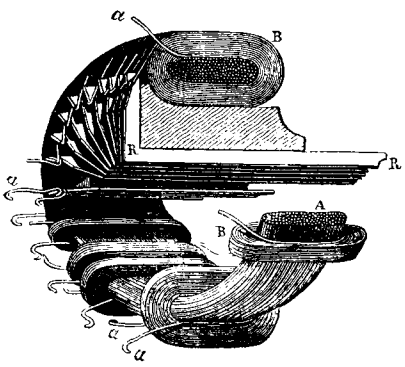


Рис. 51. Кольцо Грамма.

Рис. 52 представляетъ общій видъ машины Грамма съ большимъ составнымъ магнитомъ Жамена.

Машины динамо-электрическія. Машина Вильда.

Англійскій инженеръ Вильдъ внесъ въ 1865 году въ конструкцію электрическихъ машинъ существенное видоизмѣненіе, вошедшее въ различнѣйшихъ видахъ затѣмъ во всѣ послѣдующія машины. Индукторомъ въ его машинѣ является не магнитъ, а электромагнитъ, въ которомъ токъ возбуждается особымъ небольшимъ магнитомъ. Машина Вильда изображена на рис. 53. Между полюсами небольшого электромагнита М вращается маленькая катушка; возбужденный индукціей токъ съ нея направляется въ обмотку большого электромагнита АВ. Токъ предварительно выпрямляется посредствомъ особаго коммутатора. Между полюсами ТТ' электромагнита АВ вращается другая катушка, во много разъ по размѣрамъ превосходящая катушку верхнюю. Незначительный токъ, возбужденный магнитомъ М въ верхней катушкѣ, пройдя черезъ электромагнитъ, въ силу новой индукціи возбуждаетъ въ нижней катушкѣ токъ значительно болѣе сильный. Особенность и достоинство машины Вильда состоитъ въ томъ, что при помощи ея можно получить токъ

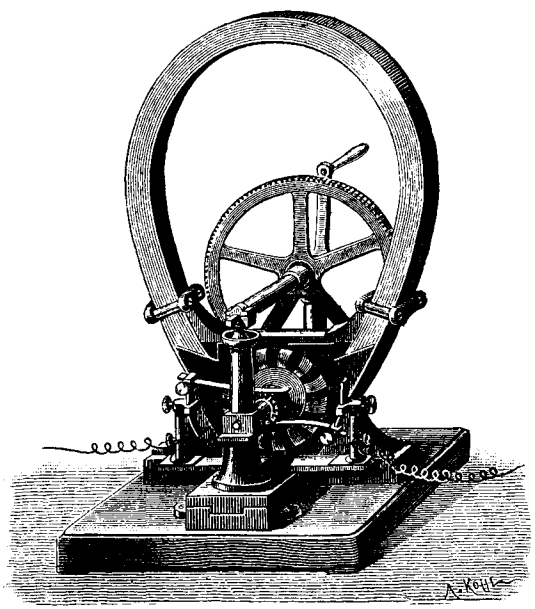


Рис. 52. Магнито-электрическая машина Грамма.

достаточной силы отъ весьма слабаго магнита. Вильдъ построилъ между прочимъ машину съ тремя передачами, т. е. токъ отъ второй катушки шелъ на обмотку второго электромагнита, служившаго индукторомъ для третьей катушки. Съ помощью этой тройной машины изобрѣтателю удалось расплавить полосу платины 6 милл. діаметромъ и 64 сант. длиной. Вторая особенность машины Вильда въ формѣ катушекъ, но форма эта выработана не имъ, а Сименсомъ. Катушка Сименса состоитъ изъ цилиндра изъ мягкаго желѣза, вдоль котораго діаметрально противоположно другъ другу вырѣзаны двѣ канавки для обмотки. Обмотка такимъ образомъ сдѣлана въ этихъ катушкахъ параллельно длинной оси ихъ.

Машина Вильда и другія за ней послѣдовавшія машины, получившія общее названіе машинъ съ отдѣльнымъ возбудителемъ, при всѣхъ своихъ достоинствахъ все же не могутъ обходиться безъ магнита и по неволѣ должны быть усложнены нѣсколькими коммутаторами, якорями и т. д.

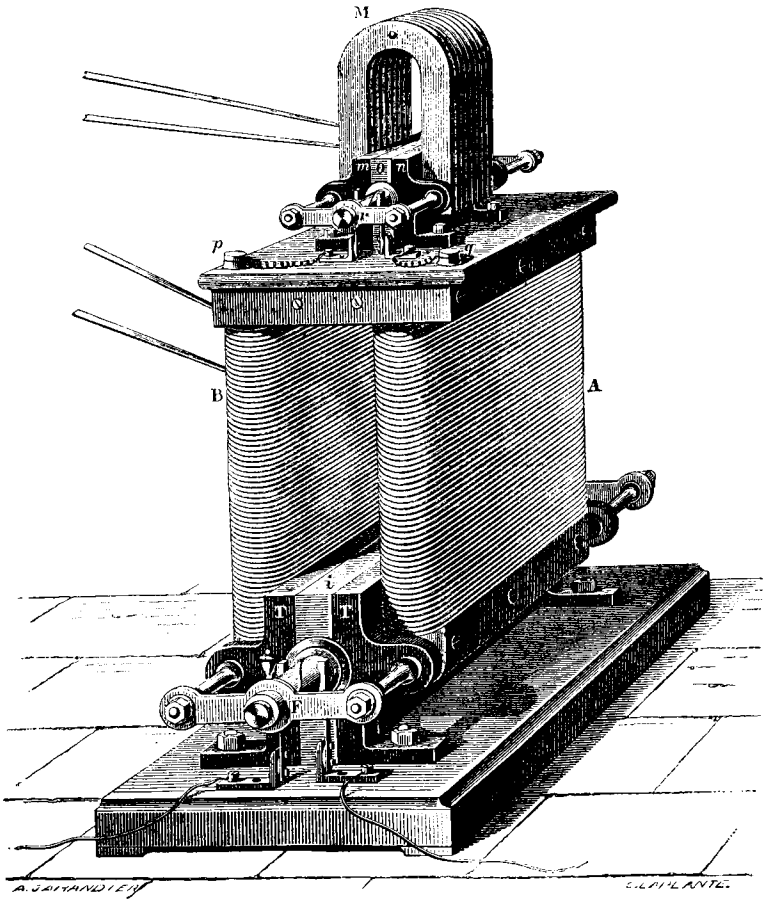


Рис. 53. Магнито-электрическая машина Вильда.

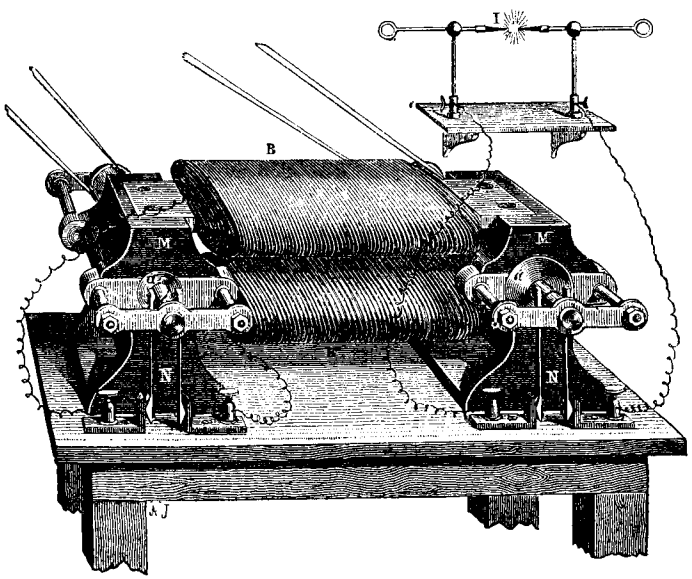


Рис. 54. Динамо-электрическая машина Лэдда.

Машины съ самовозбужденіемъ.

Вернеръ Сименсъ и почти одновременно съ нимъ Витстонъ подмѣтили въ 1887 году, что въ сдѣланныхъ изъ мягкаго желѣза сердцевинныхъ пластинкахъ катушекъ вслѣдствіе неполной чистоты желѣза послѣ прекращенія работы машины, не вполнѣ пропадаютъ магнитныя свойства. Достаточно нѣсколькихъ оборотовъ катушекъ передъ полюсами электромагнита, чтобы остаточный магнитизмъ, въ силу появляющихся слабыхъ индукціонныхъ токовъ, началъ возрастать и вскорѣ достигъ нормальной величины. При достиженіи машиной наибольшей скорости вращенія въ наружную цѣпь уже поступаетъ токъ большой силы. Первая машина, построенная на этомъ принципѣ, была машина Лэдда.

Машина Лэдда (рис. 54) есть та же машина Вильда съ двумя катушками Сименса. Электромагнитъ BB′ составленъ изъ двухъ плоскихъ желѣзныхъ пластинъ съ обыкновен-

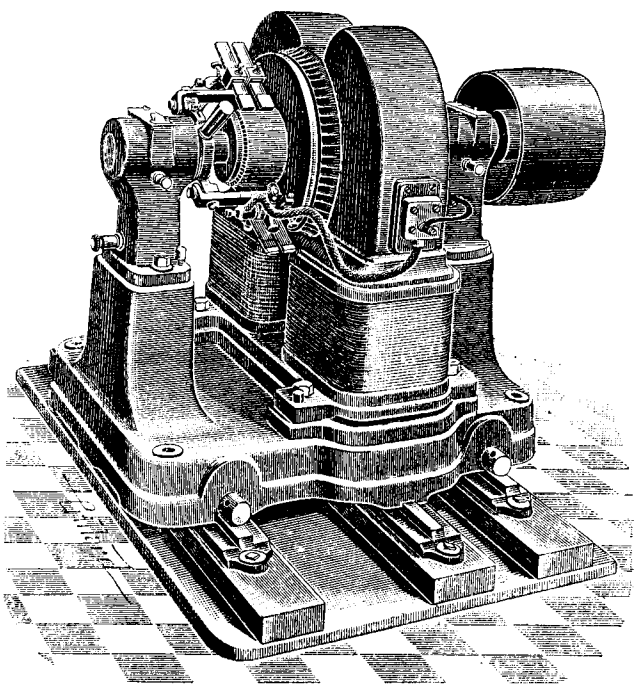


Рис. 55. Динамо-машина Грамма.

ной обмоткой. Между лѣвыми полюсами этихъ двухъ электромагнитовъ вращается маленькая катушка Сименса a′, которая служитъ для первоначальнаго возбужденія тока въ электромагнитахъ. Между правыми полюсами M и N имѣется другая бобина a, большаго діаметра; токъ въ ней индуктируется электромагнитомъ и передается во внѣшнюю цѣпь.

Машина Лэдда подвергалась многочисленнымъ усовершенствованіямъ, но не вошла въ практику. Первой машиной, вошедшей въ практику, была динамо-машина Грамма, выработанная имъ въ 1870 году. Машина эта изображена на рис. 55. Принципъ устройства ея таковъ же, какъ и выше описанной магнито-электрической машины этого конструктора. Кольцо съ обмоткой позволяетъ получать при помощи этой машины токъ одного направленія безъ всякихъ коммутаторовъ, а замѣна магнита электромагнитомъ весьма увеличиваетъ ея силу. Въ модели машины, представленной на нашемъ рисункѣ, индукторомъ является громадный электромагнитъ въ видѣ челюсти; сердцевины обѣихъ сторонъ электромагнита при этомъ отлиты вмѣстѣ съ основаніемъ машины.

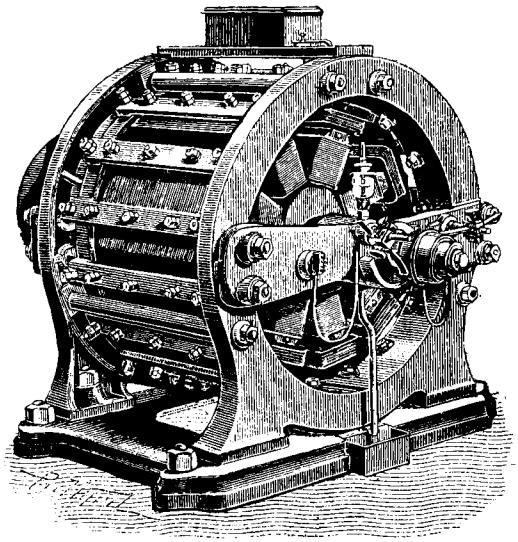


Рис. 56. Альтернаторъ Циперновскаго.

Машина Грамма вѣсомъ въ 4.300 килогр. даетъ токъ силой въ 187 амперъ при напряженіи (разности потенціаловъ) въ 210 вольтъ.

Мы не будемъ описывать всѣхъ разнообразнѣйшихъ, имѣющихся теперь въ практикѣ динамо-машинъ; считаемъ не лишнимъ только еще разъ указать на ихъ составныя части и ихъ названія.

Во всякой динамо-машинѣ имѣется индукторъ въ видѣ того или другого устройства электромагнита. Индукторъ въ большинствѣ случаевъ неподвиженъ. Онъ возбуждаетъ токъ во вращающемся якорѣ или арматурѣ, которая представляетъ изъ себя того или другого устройства катушки съ сердцевиной изъ мягкаго желѣза и обмоткой изъ изолированной проволоки. Катушки соединяются между собой какъ гальваническіе элементы; появляющіеся въ нихъ токи собираются коллекторами. Принципъ устройства коллекторовъ мы видѣли при описаніи магнито-электрической машины Грамма.

Альтернаторы.

Между динамо-машинами, или какъ ихъ часто въ практикѣ просто называютъ, динамо, имѣются дающія, какъ машина Грамма, токъ постоянный, или токи перемѣнные. Иногда первыя машины спеціально называютъ динамо, а вторыя альтернаторами. Альтернаторы употребляются въ настоящее время, пожалуй, значительно чаще машинъ постояннаго тока и во всякомъ случаѣ въ виду ихъ большей простоты устройства (отсутствіе всякаго рода выпрямителей), ихъ надо предпочтительно употреблять вездѣ, гдѣ это возможно.

При современномъ устройствѣ освѣщенія и при передачѣ электрической энергіи на большія разстоянія оказывается не только выгоднѣе, а даже почти необходимо пользоваться именно альтернаторами, такъ какъ только они позволяютъ получить токъ достаточнаго для этой цѣли напряженія. Надо имѣть

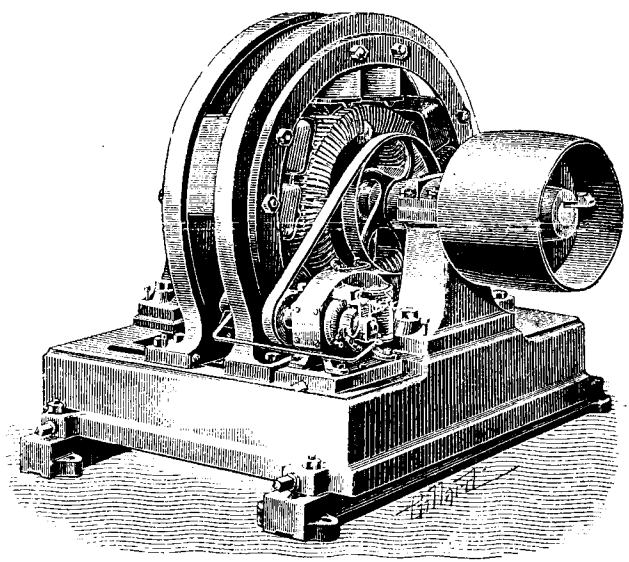


Рис. 57. Альтернаторъ Лабуръ.

въ виду еще то обстоятельство, что въ случаѣ нужды токъ перемѣнный можно въ любомъ мѣстѣ, вблизи динамо или на большомъ отъ нея разстояніи, помощью особыхъ приспособленій превратить въ токъ постоянный.

Намъ остается еще указать на то, что въ послѣднее время изъ альтернаторовъ или динамо, дающихъ перемѣнный токъ, все большее примѣненіе получаютъ машины двухъ-трехъ и вообще, многофазныя. Не имѣя возможности останавливаться на этихъ машинахъ, ограничимся только указаніемъ, что въ машинахъ этихъ одинъ индукторъ, дѣйствуя на два, три и больше якоря, поочередно возбуждаетъ въ каждомъ изъ нихъ перемѣнный токъ. Перемѣнные токи эти правильной волной, поочередно достигаютъ своего максимума, такъ что общая сумма силъ ихъ остается все время неизмѣнной.

Для альтернаторовъ большой величины въ послѣднее время примѣняется такого рода устройство, что какъ индукторъ, такъ и якоря дѣлаются неподвижными, а вращается только кольцо, составленное изъ отдѣльныхъ частей изъ мягкаго желѣза, проходящее передъ неподвижными бобинками. Рис. 56—58 представляютъ альтернаторы различныхъ системъ.

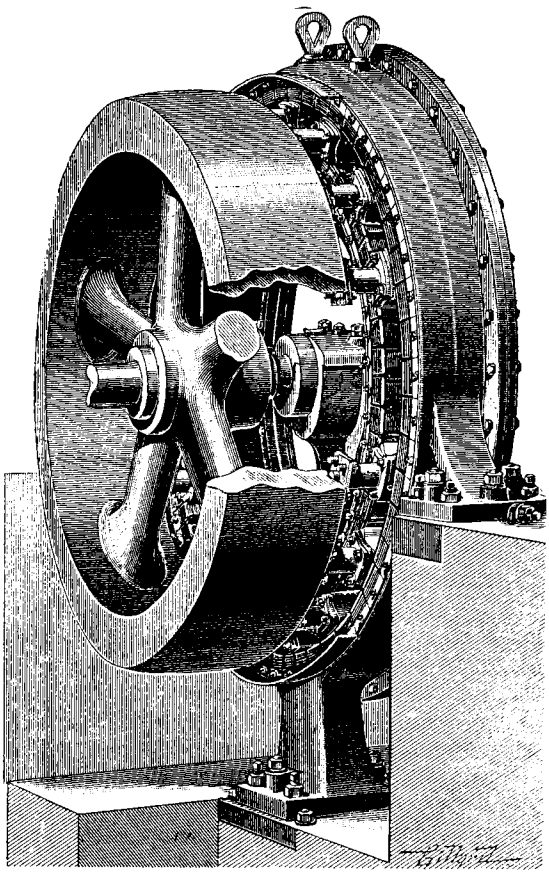


Рис. 58. Трехфазный альтернаторъ.

Обратимость электрическихъ машинъ.—Передача энергіи на разстояніе.

Мы видѣли, что механическая работа превращается въ электрическую энергію: механическій двигатель вращаетъ динамо-машину, которая доставляетъ электрическій токъ. Но и обратно электрическая энергія можетъ быть превращена въ механическую: динамомашина, если черезъ нее пропустить токъ, начинаетъ вращаться.

Это важное открытіе, благодаря которому явилась возможность передавать энергію на разстояніе, должно быть, повидимому, приписано случаю, которымъ умѣло воспользовался одинъ изъ техниковъ, М. Фонтень. Дѣло было на Вѣнской выставкѣ 1872 года; изъ двухъ сосѣднихъ динамо-машинъ Грамма одна работала отъ паровой машины, а другая ждала своей очереди быть испробованной. Рабочій, желая направить токъ работающей машины въ серію лампъ, спуталъ провода и соединилъ ее съ концами обмотки сосѣдней динамо-машины. Къ большому удивленію присутствующихъ вторая динамо при этомъ пришла въ движеніе. Увѣдомленный объ этомъ г. Фонтень тотчасъ же повторилъ опытъ въ разнообразныхъ условіяхъ и между прочимъ въ присутствіи многихъ инженеровъ пустилъ токъ изъ одной динамо въ другую черезъ проводникъ длиною въ 1.000 метровъ. Вторая динамо, получивъ этотъ токъ, не только начала вращаться, но смогла привести въ движеніе центробѣжный насосъ. Задача передачи механической энергіи на разстояніе оказалась рѣшенной. Опыты Фонтеня вскорѣ, а именно 3 іюня 1873 года, были повторены при торжественной обстановкѣ, въ присутствіи австрійскаго императора.

Вторичные источники тока.

До сихъ поръ мы разсматривали такъ называемые первичные источники тока, т.-е. такіе, въ которыхъ различнаго рода энергія (механическая, химическая и т. д.) превращалась въ электрическую. Не менѣе важное значеніе имѣютъ машины и приспособленія, имѣющія цѣлью видоизмѣнять полученную при помощи первичныхъ источниковъ электрическую энергію или накоплять ее. Такія машины и приборы носятъ названіе вторичныхъ источниковъ тока.

Каково ихъ значеніе, можно видѣть изъ слѣдующаго сравненія: положимъ, у насъ имѣется паденіе воды съ небольшой высоты, но въ большомъ количествѣ, намъ же требуется поднять воду въ количествѣ незначительномъ, но на высоту большую. Очевидно, что задачу эту мы можемъ исполнить только при помощи какого-либо механическаго приспособленія, напримѣръ, мельничнаго колеса или турбины, которыя бы приводили въ дѣйствіе насосъ. Сама вода не могла бы, въ виду недостаточной высоты своего паденія, подняться на требуемую высоту, но при помощи колеса и насоса это возможно. Если у насъ будетъ обратный случай и мы будемъ имѣть большое паденіе воды, но въ маломъ количествѣ, а намъ надо поднять воду въ большомъ количествѣ, но на малую высоту, то, хотя вода и можетъ въ такихъ условіяхъ сама подняться на нужную высоту, мы не будемъ ее такимъ образомъ имѣть въ достаточномъ количествѣ. Чтобы выполнить заданіе, намъ снова придется прибѣгнуть къ помощи турбины и насоса и, утилизировавъ такимъ образомъ силу паденія, имѣющагося у насъ источника, поднять воду изъ другого какого источника или водоема. Какъ поступимъ мы, наконецъ, если у насъ имѣется паденіе воды малой силы, а намъ нужна значительная, хотя и не постоянная работа? Очевидно, что мы устроимъ запруду и будемъ собирать воду наверху, передъ ея паденіемъ. Накапливая такимъ образомъ воду, мы затѣмъ можемъ спустить ее въ достаточномъ количествѣ для полученія нужной работы.

Всѣ тѣ превращенія, которыя мы только-что разсмотрѣли для механической силы текучей и падающей воды, могутъ быть и еще съ большимъ удобствомъ продѣланы для электрическаго тока при помощи вторичныхъ источниковъ его. При помощи ихъ мы можемъ, во-первыхъ, токъ малаго количества вольтъ (малая разность потенціаловъ, малое напряженіе) и большого количества амперъ (большая сила тока), превратить въ токъ большаго количества вольтъ (большое напряженіе) и малаго количества амперъ (малая сила) и обратно, а во-вторыхъ, скопить болѣе или менѣе значительное количество электрической энергіи и затѣмъ по мѣрѣ надобности расходовать ее, какъ мы расходуемъ, напримѣръ, собранный въ газометрѣ газъ и т. п.

Приспособленія, превращающія токи низкаго напряженія въ токи высокаго напряженія и обратно, носятъ названіе трансформаторовъ, а приборы, служащіе для накопленія электрической энергіи, извѣстны подъ названіемъ аккумуляторовъ.

Трансформаторы.

Помощью трансформаторовъ можно, какъ мы говорили, обращать токи низкаго напряженія въ токи напряженія высокаго и обратно. Важность полученія токовъ высокаго напряженія понятна съ перваго раза, но когда можетъ быть нужно превращеніе обратное? Такое превращеніе особенно важно при передачѣ электрической энергіи на болѣе или менѣе значительныя разстоянія. Всякому понятно, что устройство электрическаго освѣщенія не только въ каждой квартирѣ, но и въ каждомъ домѣ отдѣльно не можетъ быть такъ удобнымъ и выгоднымъ, какъ устройство общее для всего города или значительной его части; устройство лампъ для освѣщенія, какъ мы увидимъ въ своемъ мѣстѣ, требуетъ тока не столь высокаго напряженія, какъ большой силы, кромѣ того врядъ ли кто-либо пожелалъ у себя въ квартирѣ имѣть токъ такого напряженія, которое дѣлаетъ

прикосновеніе съ обнажившимся проводомъ (случай всегда возможный) смертельно опаснымъ. Съ другой стороны, вести токъ малаго напряженія на далекое разстояніе чрезвычайно невыгодно, такъ какъ, чѣмъ напряженіе тока меньше, тѣмъ должно быть меньше и внѣшнее сопротивленіе, т.-е. тѣмъ толще должна быть та мѣдная проволока, по которой ведутъ токъ со станціи до мѣста его потребленія. При высокихъ цѣнахъ на мѣдь и при сколько-нибудь значительныхъ разстояніяхъ расходъ на проволоку становится настолько великъ, что не можетъ окупаться выгодами устройства общей, въ нашемъ примѣрѣ, станціи электрическаго освѣщенія. Тутъ-то и оказываютъ незамѣнимую услугу тѣ трансформаторы, при помощи которыхъ можно токи высокаго напряженія обращать въ токи напряженія слабаго. На центральной станціи мы ставимъ, положимъ, динамо, дающую токъ очень высокаго напряженія, проводимъ этотъ токъ по дешевой тонкой мѣдной проволокѣ до мѣстъ его примѣненія, а тамъ раньше, чѣмъ пустить, скажемъ, въ лампы накаливанія, пропускаемъ его черезъ трансформаторъ, откуда токъ выходитъ въ 20, 50, 100 и больше разъ ослабленнаго напряженія.

Принципъ устройства трансформаторовъ чрезвычайно простъ: представимъ себѣ на одномъ стержнѣ изъ мягкаго желѣза двѣ катушки, одну соединенную съ какимъ-либо первичнымъ источникомъ тока, а другую, просто замкнутую внѣшнимъ проводникомъ. Пропустимъ черезъ первую перемѣнный токъ, желѣзо будетъ, вслѣдствіе индукціи, тотчасъ намагничено, но магнитныя свойства его будутъ вслѣдствіе перемѣнъ тока, то увеличиваться, то ослабляться, и этимъ будетъ вызванъ индуктивный токъ во второй катушкѣ. Если число оборотовъ обмотки обѣихъ катушекъ одинаково, то напряженіе тока во второй катушкѣ будетъ равно, или почти равно напряженію тока, пропускаемаго черезъ первую катушку, при неравномъ числѣ оборотовъ обмотки въ катушкахъ, напряженіе тока будетъ мѣняться въ ту или другую сторону, токъ будетъ трансформироваться.

Катушка Румкорфа.

Первымъ трансформаторомъ была общеизвѣстная катушка или спираль Румкорфа, изобрѣтенная въ 1854 году и доставившая изобрѣтателю премію имени Вольта въ 50.000 франковъ.

Еще въ 1838 году, нѣкоему Массону приходило въ голову увеличить напряженіе индукціоннаго тока въ машинѣ Кларка болѣе частыми прерываніями тока индуктирующаго; онъ построилъ даже, въ сотрудничествѣ съ Брегетомъ, въ 1854 году съ этой цѣлью довольно оригинальный приборъ, не давшій, однако, ожидавшихся отъ него результатовъ. Только Румкорфу, простому рабочему, работавшему сначала у инженера Шевалье, затѣмъ открывшему собственную мастерскую, удалось достичь цѣли, къ которой стремились Массонъ и Брегетъ. Приборъ, построенный Румкорфомъ и окрещенный теперь его именемъ, состоитъ изъ пучка толстыхъ желѣзныхъ проволокъ H (рис. 59), вложенныхъ въ середину катушки B, на которую намотана сначала толстая, но не длинная проволока (первичная обмотка), конечно надлежащимъ образомъ изолированная, а поверхъ ея проволока значительно болѣе тонкая, но за то длины въ большихъ катушкахъ превосходящей 50 километровъ (вторичная обмотка). Толстая проволока соединяется съ какимъ-либо элементомъ или вообще первичнымъ источникомъ тока. Токъ, проходя по ней, вызываетъ

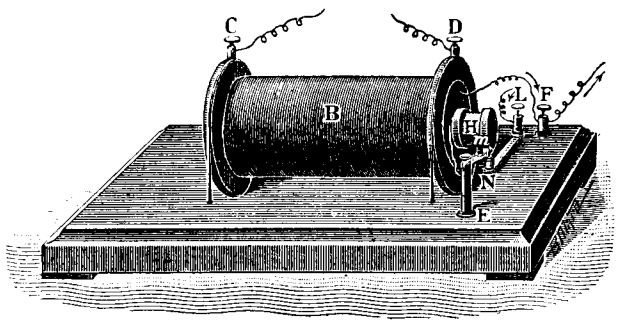


Рис. 59. Катушка Румкорфа.

во вторичной, изъ тонкой проволоки обмоткѣ индуктивный токъ, который усиливается еще дѣйствіемъ намагничивающагося пучка желѣзныхъ проволокъ. Все это происходитъ, однако, только въ моментъ замыканія тока на первичную обмотку, и, чтобы явленіе повторялось, необходимо, чтобы токъ этотъ постоянно и послѣдовательно, весьма часто замыкался и размыкался. Такое замыканіе и размыканіе тока, и при томъ автоматическое, достигается въ катушкѣ Румкорфа при помощи слѣдующаго приспособленія: на подставкѣ около катушки укрѣпленъ на мѣдной пружинѣ желѣзный молоточекъ такъ, что этотъ послѣдній приходится какъ разъ противъ пучка желѣзныхъ проволокъ, вложеннаго въ середину катушки, а пружинка въ своемъ нормальномъ положеніи прижимается къ контакту N, находящемуся въ связи съ зажимомъ L, черезъ который поступаетъ отъ первичнаго источника токъ. Контактъ N соединенъ съ однимъ концомъ первичной обмотки, другой конецъ которой соединенъ непосредственно съ источникомъ тока. Токъ поступаетъ въ названную обмотку такимъ образомъ черезъ зажимъ L и пружину молоточка, если эта послѣдняя прижата къ контакту N. Какъ только токъ вступитъ въ названную обмотку, тотчасъ происходитъ намагничиваніе внутренняго въ катушкѣ желѣзнаго пучка и онъ притягиваетъ только-что описанный нами молоточекъ: пружина, несущая молоточекъ, отходитъ отъ контакта N, и токъ, проводимый къ обмотку, прекращается. Но какъ только прекратится токъ, пропадаютъ и магнитныя свойства желѣзнаго пучка, пружина

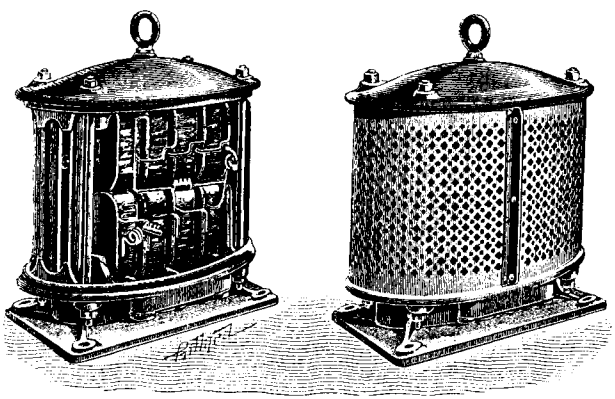


Рис. 60. Трансформаторъ Аліо.

отводитъ молоточекъ отъ него и возстановляетъ контактъ, токъ снова идетъ въ обмотку, снова получается намагничиваніе желѣза, снова происходитъ притягиваніе молоточка и т. д.

Назначеніе катушки Румкорфа—превращать токъ низкаго напряженія, получаемый отъ гальваническихъ элементовъ, въ токъ напряженія высокаго.

Если бы мы въ катушкѣ Румкорфа токъ изъ первичнаго источника пропустили не черезъ первичную толстую, а черезъ вторичную тонкую обмотку, то мы вслѣдствіе тѣхъ же явленій индукціи получили бы превращеніе тока обратное, а именно замѣтили бы уменьшеніе его напряженія при увеличеніи силы. Такимъ образомъ мы можемъ получить то трансформированіе тока, которое намъ, какъ мы указывали, нужно при передачахъ тока на разстоянія, гдѣ мы заставляемъ идти по проводамъ со станціи токъ малой силы, но большого напряженія, а въ мѣстахъ потребленія тока трансформируемъ его въ токъ большой силы, но малаго напряженія.

Итакъ, принципъ устройства употребляемыхъ въ техникѣ трансформаторовъ тотъ же, что и устройства катушки Румкорфа; болѣе подробно на трансформаторахъ мы останавливаться не будемъ. Считаемъ не лишнимъ напомнить еще разъ, что сила тока есть количество электричества, проходящее въ секунду черезъ сѣченіе извѣстнаго проводника, а напряженіе есть величина электродвижущей силы, величина разности потенціаловъ,

величина силы токъ возбуждающей.. Произведеніе силы тока на его напряженіе выражаетъ ту работу, которую токъ можетъ совершить въ секунду, и всѣ превращенія тока, о которыхъ мы только-что говорили, оставляютъ эту величину болѣе или менѣе постоянной (теоретически совершенно постоянной, а на практикѣ измѣняющуюся отъ непроизводительныхъ потерь электричества вслѣдствіе различныхъ несовершенствъ техническаго свойства), мы увеличиваемъ только или напряженіе тока насчетъ его силы (катушка Румкорфа) или наоборотъ его силу насчетъ напряженія (обыкновенные трансформаторы). Направленіе трансформаціи зависитъ исключительно отъ отношенія числа оборотовъ въ катушкахъ трансформатора. Число оборотовъ первичной катушки, дѣленное на число оборотовъ вторичной, называется коэффиціентомъ трансформаціи: если коэффиціентъ этотъ больше единицы, то токъ будетъ трансформироваться изъ высшаго напряженія въ низшее, если величина эта меньше единицы,—трансформація пойдетъ въ обрат-

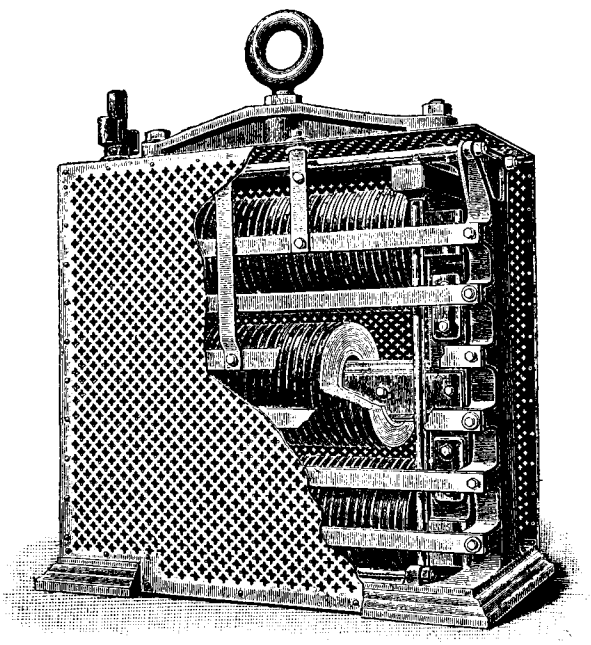


Рис. 61. Трехфазный трансформаторъ компаніи Файвъ-Лилль.

ную сторону. При коэффиціентѣ равномъ единицѣ никакой трансформаціи тока происходить не будетъ. Но кто же будетъ устраивать трансформаторъ тока не трансформирующій, и какое его можетъ быть значеніе?—перебьете вы меня. Значеніе подобнаго не трансформирующаго трансформатора большое; рядъ такихъ трансформаторовъ, первичныя обмотки которыхъ соединены съ общимъ токомъ, позволяетъ отвести отъ этого тока побочныя отвѣтвленія, совершенно другъ отъ друга непосредственно независящія. Что бы въ одной изъ такихъ боковыхъ цѣпей ни случилось, лишь бы главный токъ остался неизмѣннымъ, и работа остальныхъ боковыхъ, отъ другихъ трансформаторовъ цѣпей, будетъ идти безъ всякихъ перемѣнъ.

Однако, довольно намъ заниматься трансформаторами, пора перейти и къ другимъ вторичнымъ источникамъ тока, къ аккумуляторамъ. Рис. 60 и 61 показываютъ часто употребляемые въ практикѣ трансформаторы.

Аккумуляторы.

Въ своемъ мѣстѣ мы говорили, что поляризація гальваническихъ элементовъ происходитъ вслѣдствіе развитія въ нихъ внутренняго тока въ направленіи, противоположномъ направленію тока внѣшняго. Токъ этотъ носитъ названіе поляризаціоннаго или вторичнаго.

Возьмемъ два платиновыхъ электрода, опустимъ ихъ въ подкисленную воду и соединимъ съ полюсами достаточно сильнаго гальваническаго элемента. Какъ всякому извѣстно, въ такихъ условіяхъ будетъ происходить разложеніе воды, и платиновый электродъ, соединенный съ положительнымъ полюсомъ, весьма быстро покроется пузырьками кислорода, а соединенный съ отрицательнымъ полюсомъ — пузырьками водорода. Разъединимъ теперь нашъ приборъ для разложенія воды и гальваническій элементъ, и поднесемъ проводники отъ платиновыхъ электродовъ къ чувствительному гальванометру, гальванометръ покажетъ намъ токъ въ направленіи, противоположномъ тому, по которому онъ шелъ въ электроды изъ элемента. Это и будетъ вторичный или поляризаціонный токъ.

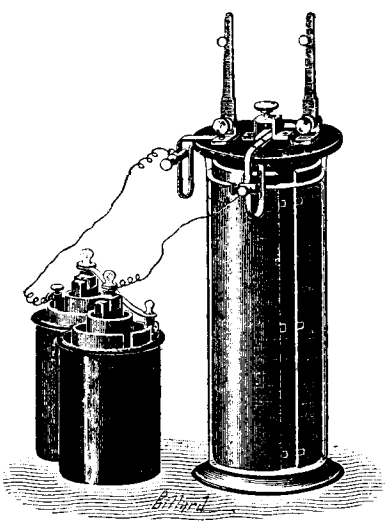


Рис. 62. Аккумуляторъ Планте.

Описанный нами фактъ возникновенія вторичнаго тока былъ подмѣченъ въ 1801 г. французскимъ физикомъ Готеро, былъ затѣмъ предметомъ подробнаго изученія нѣмецкаго ученаго Риттера, но всѣ усилія этихъ ученыхъ, равно какъ и ихъ преемниковъ въ изученіи поляризаціоннаго тока, были направлены на выработку мѣръ борьбы съ поляризаціей, на устраненіе вреднаго ея вліянія. Нуженъ былъ особенно сильный умъ, особенно развитое воображеніе, чтобы взглянуть на вторичный токъ съ другой стороны и постараться не уничтожить его, а, наоборотъ, усилить и утилизировать. Подобную задачу поставилъ себѣ Гастонъ Планте и блистательно разрѣшилъ ее въ 1859 году изобрѣтеніемъ аккумуляторовъ.

Аккумуляторъ является какъ бы резервуаромъ, въ который собираютъ гальваническій токъ и который затѣмъ изъ него по мѣрѣ надобности можетъ быть снова выпущенъ. Въ дѣйствительности, въ аккумуляторѣ собираютъ не электрическій токъ, не электричество даже вовсе, а накопляютъ химическую энергію. Энергія эта накопляется насчетъ того тока, которымъ заряжаютъ аккумуляторъ, и затѣмъ сама въ свою очередь можетъ опять быть превращена въ электрическую энергію, стать источникомъ электрическаго, вторичнаго тока. Съ этой точки зрѣнія, аккумуляторы можно считать своего рода трансформаторами. Теорія дѣйствія аккумуляторовъ далеко еще не развита, многое въ ней спорно и непонятно, и потому касаться ея мы не будемъ вовсе.

Аккумуляторъ Планте.

Употреблять для аккумуляторовъ платину совершенно не выгодно, такъ какъ на ней очень немного удерживается пузырьковъ газа, а большинство ихъ отрывается и всплываетъ наверхъ. Болѣе удобнымъ оказался свинецъ. Аккумуляторъ Планте состоитъ (рис. 62) изъ глинянаго цилиндрическаго сосуда, наполненнаго подкисленной водой съ опущенными въ него спирально свернутыми двумя свинцовыми пластинами, переложенными и такимъ образомъ другъ отъ друга изолированными каучуковой лентой. При такомъ

устройствѣ достигается максимумъ поверхности электродовъ при маломъ разстояніи между ними (условія, какъ мы знаемъ, малаго внутренняго сопротивленія) и при возможно маломъ объемѣ глинянаго сосуда.

Однако, оказывается, что аккумуляторы съ обыкновенными свинцовыми пластинами обладаютъ способностью удерживать слишкомъ малый зарядъ электричества, электроды изъ обыкновеннаго свинца обладаютъ, какъ говорятъ, слишкомъ малой емкостью. Планте нашелъ, что увеличить эту емкость и увеличить въ значительныхъ размѣрахъ, можно, пропуская черезъ аккумуляторъ въ продолженіе весьма долгаго времени сильный токъ и мѣняя его направленіе каждый разъ, какъ только пузырьки газа начинаютъ срываться съ электродовъ въ большихъ количествахъ. При каждомъ извѣстномъ направленіи тока, кислородъ начинаетъ выдѣляться на одномъ электродѣ и образуетъ со свинцомъ бурый слой перекиси свинца, водородъ же въ это время на другомъ электродѣ возстановляетъ образовавшуюся при предыдущемъ направленіи тока перекись снова въ металлическій свинецъ, но уже не прежній, плотный съ металлическимъ блескомъ, а темный, рыхлый и, слѣдовательно, легко проникаемый электролитомъ и пузырьками газа. При слѣдующей перемѣнѣ тока кислородъ не только весьма легко окисляетъ свѣже возстановленный свинецъ, но проникаетъ и глубже черезъ его слой и окисляетъ нетронутую еще во время предыдущаго раза поверхность пластины. Слой возстановленнаго свинца, такимъ образомъ, все увеличивается, а вмѣстѣ съ тѣмъ увеличивается емкость аккумулятора и все рѣже приходится мѣнять направленіе формующаго, какъ выражается самъ Планте, пластины тока. Подобную формовку вначалѣ Планте приходилось производить мѣсяцами, но затѣмъ онъ нашелъ, что ее можно значительно ускорить, предварительно обработавши пластины слабой азотной кислотой. Аккумуляторы Планте обладали емкостью нѣсколькихъ амперъ-часовъ на каждый килограммъ электродовъ.

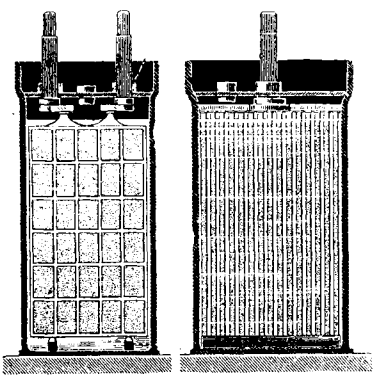


Рис. 63. Аккумуляторъ «Фульменъ».

Аккумуляторы Фора.

Какъ ни ускоряетъ предварительная обработка свинцовыхъ электродовъ азотной кислотой ихъ формовку, все же эта операція требуетъ слишкомъ много времени и хлопотъ. Понадобился двадцать одинъ годъ на то, чтобы придумать, какъ обойти эту операцію и, какъ, оказалось, просто открывался ларчикъ. Форъ покрылъ оба свинцовыхъ электрода искусственно окисью свинца и затѣмъ подвергъ аккумуляторъ дѣйствію тока. Окись свинца на положительномъ полюсѣ при этомъ окислилась въ перекись, а на отрицательномъ возстановилась въ слой губчатаго свинца. Происходитъ одновременно и формовка электродовъ и заряженіе аккумулятора. Емкость аккумулятора Фора значительно больше, чѣмъ Планте, ибо искусственно нанести слой окиси свинца на пластину можно почти любой толщины, а въ условіяхъ Планте онъ былъ чрезвычайно незначителенъ.

Не надо думать, однако, что по пути увеличенія емкости аккумуляторовъ увеличеніемъ активнаго слоя свинцовыхъ электродовъ можно идти слишкомъ далеко; активный слой этотъ является, во-первыхъ, не особенно-то хорошимъ проводникомъ тока, а, во-вторыхъ, онъ, въ особенности на положительномъ полюсѣ, какъ при зарядѣ, такъ и при разрядѣ, весьма сильно пузырится и нерѣдко мѣстами отваливается, при паденіи вызывая короткія замыканія тока.

Въ настоящее время имѣется масса разнообразнѣйшихъ аккумуляторовъ, и постоянно появляются все новые и новые. Вся разница между ними въ тѣхъ ухищреніяхъ, къ которымъ прибѣгаютъ ихъ конструкторы для предотвращенія распада активнаго слоя электродовъ.

Спирально свернутые электроды Планте были совершенно оставлены, ихъ замѣнили рядомъ прямыхъ свинцовыхъ пластинъ, обыкновенно въ видѣ рѣшетокъ, или, по крайней мѣрѣ, съ различнаго рода углубленіями, заполненными окисью свинца. Для предотвращенія отпаданія активной массы, иногда (аккумуляторы «Фульменъ», рис. 63), между пластинами устанавливаются рѣшетки изъ целлюлоида.

Увлеченіе способомъ Фора заставило совершенно забросить первоначальные аккумуляторы Планте, но въ самое послѣднее время замѣчается опять нѣкоторое къ нимъ вниманіе; дѣло въ томъ, что въ нихъ активный слой при своей малой толщинѣ отличается особой прочностью, и въ нихъ невозможны короткія замыканія, причиняющія

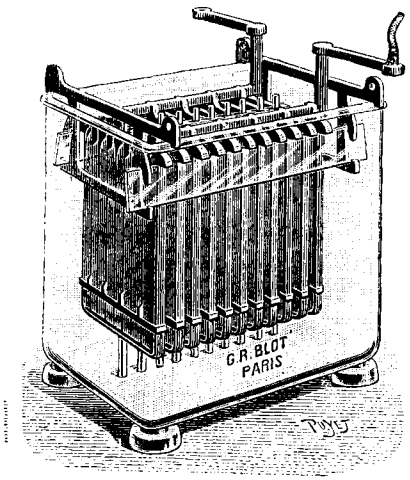


Рис. 64. Аккумуляторъ Бло.

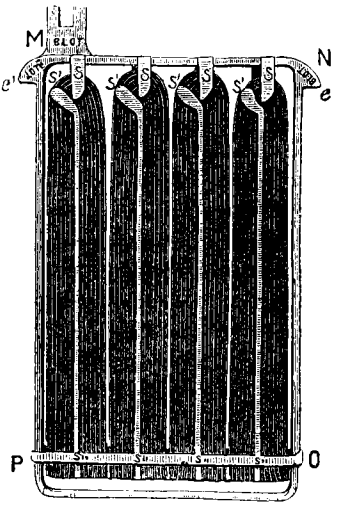


Рис. 64. Детальный видъ одной изъ пластинокъ аккумулятора Бло.

столько непріятностей въ аккумуляторахъ съ искусственно нанесенной активной массой. Емкость вторичныхъ элементовъ Планте стараются увеличить, увеличивая поверхность электродовъ при незначительной толщинѣ и возможно маломъ вѣсѣ ихъ. Въ такомъ родѣ устроены, напримѣръ, пользующіеся довольно большимъ успѣхомъ аккумуляторы Бло (рис. 64).

Недостатки теперешнихъ аккумуляторовъ.

Нечего и говорить, конечно, о томъ, какое значеніе имѣетъ возможность собирать, запасать электрическую энергію, или, лучше сказать, энергію вообще, такъ какъ изъ электрической мы можемъ получить любую ея форму. При помощи аккумуляторовъ можно перевозить энергію съ мѣста на мѣсто, можно собирать, напримѣръ, энергію Ніагарскаго водопада, утилизировать ее на другомъ концѣ земного шара, можно замѣнить громоздкіе и тяжелые двигательные паровые и другіе механизмы, можно получать механическую силу тамъ, гдѣ почему-либо нельзя употреблять двигательныхъ машинъ, требующихъ нагрѣванія (подводныя лодки, воздушные шары). Можно развѣ перечислить, наконецъ, всѣ выгоды имѣть портативный запасъ энергіи, энергію, собранную, такъ сказать, въ сумку, изъ которой затѣмъ ее безъ труда и безъ хлопотъ, по мѣрѣ надобности, можно вынимать. Но надо, и именно для всеобщаго примѣненія, чтобы запасъ энергіи этотъ былъ, какъ мы сказали, портативенъ, а этого нынѣшніе аккумуляторы и не имѣютъ. Ихъ главный, ихъ единственный, пожалуй, но пока непоборимый недостатокъ,—большой вѣсъ, или, иначе говоря, малая емкость. Лучшіе аккумуляторы, напримѣръ, «Фульменъ»,

дают максимумъ 15 амперъ-часовъ на каждый килограммъ своего вѣса. Въ каждомъ же килограммѣ ихъ вѣса заключается не болѣе 5% вѣса полезнаго, вѣса активной массы. Оставляетъ желать лучшаго и утилизаціи того электричества, которое употребляется на ихъ заряженіе. Въ лучшихъ случаяхъ аккумуляторы отдаютъ 80% полученнаго ими заряда, а зачастую и до 60% и даже меньше. Отъ 20 до 40% идетъ на побѣжденіе внутренняго сопротивленія аккумулятора при зарядѣ и при разрядѣ, на потерю во время



Рис. 65. Гастонъ Планте.

стоянія аккумуляторовъ безъ работы, такъ какъ въ это время происходитъ отчасти обратное соединеніе кислорода и водорода въ воду и т. д.

И такъ, пока аккумуляторы не оправдываютъ надежды, которыя мы въ правѣ на нихъ возлагать, но, очевидно, что это только—пока, и не можетъ быть сомнѣнія, что не сегодня-завтра появится типъ недорогого и легкаго аккумулятора съ другими, не свинцовыми электродами, и тогда сразу будетъ разрѣшенъ вопросъ объ управляемомъ воздухоплаваніи, о механическомъ, легкомъ экипажѣ и т. д.

Гастонъ Планте.

Аккумуляторами мы заканчиваемъ описаніе источниковъ искусственнаго полученія электричества; лучшимъ заключеніемъ для этой главы будетъ, полагаемъ, краткія біографическія свѣдѣнія о творцѣ аккумуляторовъ, Гастонѣ Планте, этомъ не только зна-

менитомъ ученомъ, но и замѣчательномъ человѣкѣ, жившемъ исключительно для науки, не старавшемся извлекать выгоды изъ своихъ изобрѣтеній, все довольно значительное свое состояніе оставившемъ на устройство убѣжища для бѣдныхъ ученыхъ и на учрежденіе преміи за изобрѣтенія по электричеству.

Гастонъ Планте родился 22-го апрѣля 1834 года въ Беарнѣ, воспитывался въ лицеѣ Шарлемань и въ школѣ аббата Пуалу въ Вожирарѣ; получивъ степень licencié физическихъ наукъ, онъ всецѣло посвятилъ себя, приблизительно съ 1855 года, изученію электричества, былъ нѣкоторое время ассистентомъ у Беккереля и, 26 лѣтъ отъ роду, въ мартѣ 1860 года представилъ Парижской Академіи Наукъ докладъ объ изобрѣтенныхъ имъ свинцовыхъ аккумуляторахъ. Одного этого открытія было бы уже достаточно, чтобы прославить имя Планте и создать ему почетъ и состояніе. Однако, онъ не бросилъ своихъ изслѣдованій, и черезъ нѣсколько лѣтъ появилась его такъ называемая реостатическая машина, съ помощью которой было съ очевидностью доказано, что между статическимъ, получаемымъ треніемъ, и гальваническимъ, получаемымъ химической реакціей, электричествомъ нѣтъ никакого различія. Реостатическая машина, позволившая трансформировать токъ малаго напряженія въ токъ напряженія большого, могла имѣть важныя практическія примѣненія, но и тутъ не на нихъ обратилъ вниманіе Планте, а воспользовавшись, какъ своей машиной, такъ и аккумуляторами, какъ источниками, при помощи которыхъ онъ могъ, пользуясь какъ первичнымъ источникомъ всего какой-нибудь парой элементовъ Бунзена, получать разряды напряженіемъ въ 2—4 тысячи вольтъ, занялся научными изысканіями. Изслѣдованія свои Планте направилъ къ разъясненію естественныхъ, атмосферныхъ проявленій электричества, на опытахъ онъ получалъ и изслѣдовалъ шаровую и другія формы молніи, наблюдалъ подобіе сѣвернаго сіянія, получалъ искусственные смерчи и циклоны, воспроизводилъ образованіе града и т. д. Вопросы о солнечномъ электричествѣ, о происхожденіи и свойствахъ туманностей разрабатывались Планте съ особой любовью...

Всѣ свои опыты, всѣ свои теоріи Планте собралъ въ двухъ сочиненіяхъ: «Recherches sur l'Électricité» и «Phénomènes électriques de l'atmosphère».

Будучи изобрѣтателемъ, экспериментаторомъ, писателемъ и философомъ, Планте во всѣхъ своихъ опытахъ одинаково хорошо разбирался какъ въ частностяхъ, такъ и въ общемъ; причины и слѣдствія, основныя положенія и выводы — ничто отъ него не ускользало.

Многочисленные французскіе и иностранные ордена, медали и преміи, изъ которыхъ укажемъ только на медаль имени Ампера и премію Лаказа въ 10.000 фр., были заслуженными, но не вынрошенными наградами Планте. Онъ могъ бы быть членомъ Парижской Академіи Наукъ, если бы не скромность его, не позволявшая выставить, не смотря на убѣжденія друзей, кандидатуру.

Quaero, Pater, non affirmo—такой девизъ ставилъ Планте передъ своими трудами и постоянно повторялъ въ ученыхъ разговорахъ. Свое ученіе, свои теоріи онъ никогда не называлъ иначе, какъ гипотезами; «я ищу, я спрашиваю, а не утверждаю», постоянно говорилъ онъ.

Мы говорили уже о полномъ пренебреженіи Планте къ денежнымъ выгодамъ отъ изобрѣтеній. Все, что онъ получалъ, онъ тратилъ или на работы, или на благотворительность; послѣ его смерти въ бумагахъ у него нашли списокъ 50 бѣдныхъ семействъ, которымъ онъ помогалъ при жизни и которыхъ онъ рекомендовалъ попеченію своихъ наслѣдниковъ. Премія Лаказа и проданная имъ золотая медаль имени Ампера пошли на то учрежденіе для бѣдныхъ ученыхъ, о которомъ мы говорили выше.

Будучи человѣкомъ необычайно доброй души, Планте не имѣлъ враговъ. Несправедливость къ другимъ его возмущала, но для несправедливости по отношенію къ себѣ онъ всегда находилъ извиненія. «Я счастливъ»,—сказалъ онъ какъ-то,—«когда кто-либо присваиваетъ себѣ мои идеи, это показываетъ мнѣ, что не всѣмъ онѣ кажутся неосновательными».

Въ апрѣлѣ 1899 года Планте, заканчивая свою работу о земномъ магнетизмѣ, вдругъ почувствовалъ сильное ослабленіе зрѣнія, вызванное, повидимому, дѣйствіемъ тѣхъ ослѣ-

нительныхъ разрядовъ, которыми онъ занимался; тотчасъ же онъ обратился къ изученію методовъ, которыми бы онъ могъ продолжать свои любимыя занятія въ случаѣ слѣпоты; 21-го мая съ нимъ сдѣлался, однако, ударъ, и черезъ 10 минутъ его не стало. Умеръ онъ въ самый разгаръ своего таланта, и кто знаетъ, что могла ждать еще отъ него наука.

II.

Атмосферное электричество[1].

Прозрачность воздуха пропадаетъ, жара, кажется, увеличивается, собираются облака. Сначала разбросанныя, облака эти сбираются кучами, какъ бы громоздятся другъ на друга, все время оставаясь связанными внизу, на горизонтѣ съ густой темной завѣсой, которая, постепенно поднимаясь, покрываетъ понемногу и ихъ, придавая всему небу однообразный оттѣнокъ. Затѣмъ въ общей темной пеленѣ замѣчаются прорывы, ниже ея появляются быстро бѣгущія неопредѣленнаго очертанія бѣлыя облачка, издалека начинаютъ доноситься первые глухіе раскаты грома. Гроза приближается, сухое, жаркое дуновеніе вѣтра, предвѣстника бури, подымаетъ съ земли пыль; птицы разлетаются, звѣри прячутся, человѣкъ спѣшитъ подъ защиту крова. Крупныя капли дождя падаютъ то здѣсь, то тамъ; понемногу ихъ паденіе учащается, переходитъ въ ливень. Вдругъ небо озаряется голубоватымъ блескомъ, за нимъ слѣдуетъ рѣзкій ударъ съ раскатомъ — это молнія и громъ, гроза въ самомъ разгарѣ. Человѣкъ инстинктивно вздрагиваетъ и приклоняетъ голову. Голосъ природы страшитъ его.

Однако, были люди, которые не только не боялись грозы, а съ нетерпѣніемъ дожидались ея и съ радостью встрѣчали первые признаки ея приближенія. Наука, жажда знаній дѣлала ихъ недоступными для страха.

Въ тотъ моментъ, какъ громъ гремѣлъ съ наибольшей силой, эти люди въ открытой мѣстности около изолированнаго высокаго желѣзнаго шеста съ разрядникомъ въ рукахъ старались съ помощью атмосфернаго электричества получить тѣ же явленія, что ими наблюдались при помощи электрическихъ машинъ. Еще въ 1650 году англійскій физикъ Вэлль замѣтилъ искру на первой электрической машинѣ, построенной Отто де Герикомъ, знаменитымъ бургомистромъ Магдебурга; искра была слабая, едва замѣтная и могла быть, по словамъ Вэлля, сравнена съ той фосфоресценціей, которая наблюдается, при раскалываніи сахара въ темнотѣ, но это не помѣшало ему тотчасъ же подумать, не представляетъ ли наблюдаемое имъ явленіе молніи въ миніатюрѣ. То же самое подозрѣвалъ въ Англіи Ж. Фрекъ; Винклеръ въ Германіи и В. Франклинъ въ Америкѣ допускали это въ теоріи. Наконецъ, аббатъ Нолле писалъ въ 1748 году: «если бы кто-либо смогъ доказать, что громъ въ рукахъ природы то, что въ нашихъ рукахъ электричество, что тѣ чудеса, которыя мы получаемъ при его помощи, суть подражанія эффектамъ природы, наводящимъ на насъ страхъ, и что какъ тѣ, такъ и другія имѣютъ одну и ту же причину возникновенія, т. е. если бы можно было показать, что туча, образовавшаяся вслѣдствіе совокупныхъ усилій вѣтра, теплоты, испареній по отношенію къ предметамъ на землѣ относится точно такъ же, какъ наэлектризованное тѣло къ тѣлу не наэлектризованному, находящемуся въ его сосѣдствѣ, если бы все это было съ достаточной достовѣрностью доказано, то я долженъ сознаться, что такая идея, такое сближеніе мнѣ очень бы понравились».

Теоретическихъ сближеній грозовыхъ и электрическихъ явленій, какъ мы видимъ, было довольно, не доставало только опытныхъ подтвержденій и доказательствъ.

[1] Въ первой главѣ мы говорили объ источникахъ искусственнаго полученія электричества; раньше чѣмъ перейти къ описанію примѣненій его, слѣдуетъ сказать нѣсколько словъ объ электричествѣ атмосферномъ; пока мы только защищаемся отъ него, но кто знаетъ, можетъ быть не далеко время, когда мы подчинимъ его себѣ и утилизируемъ, какъ вѣтеръ и др силы природы.

Они были добыты деревенскимъ священникомъ въ Марли-ля-Виль Далибаромъ при помощи плотника Куаффье.

Далибаръ по порученію своего друга Бюффона переводилъ работу Франклина, въ которой этотъ ученый американецъ говоритъ о своихъ наблюденіяхъ и о своихъ теоріяхъ, касающихся электричества и грозовыхъ явленій, и о способахъ уберечься отъ этихъ послѣднихъ. Работа эта дала обильную пищу уму священника, и онъ въ свою очередь весь проникся идеями заатлантическаго ученаго, сталъ бредить молніей, искрами, электриче-

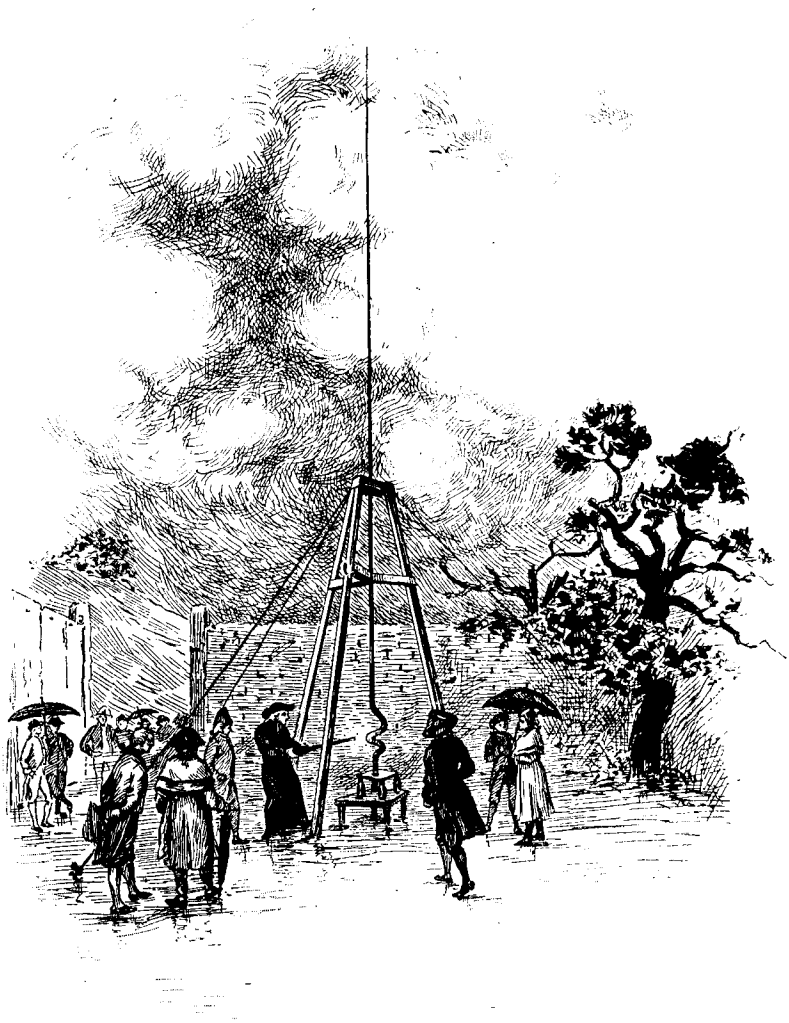


Рис. 66. Опытъ Далибара въ Марли.

ствомъ. Далибаръ заинтересовалъ своими разговорами— онъ не говорилъ почти ни о чемъ другомъ, какъ о молніи и электричествѣ, Бюффона и парижскаго физика Делора, и они всѣ трое, каждый въ своемъ мѣстѣ — Бюффонъ въ Монтбарѣ, Делоръ на одной изъ площадей Парижа, Далибаръ въ Марли—поставили по высокой желѣзной жерди, въ нижней половинѣ согнутой и изолированной отъ земли укрѣпленіемъ на столѣ, ножки котораго были поставлены на четыре бутылки. Уставивъ такія жерди, трое друзей стали дожидаться грозы, при чемъ каждый изъ нихъ въ душѣ желалъ, чтобы первая гроза пришлась на его долю.

10-го мая 1752 года Далибаръ былъ въ Парижѣ, какъ вдругъ онъ увидѣлъ, что на юго-западѣ собираются тяжелыя свинцовыя тучи. Предвидя грозу, Далибаръ сейчасъ же спѣшитъ домой, въ Марли, но гроза его опережаетъ, и плотникъ Куаффье бѣжитъ въ садикъ священника, гдѣ былъ установленъ шестъ, и, не дожидая своего патрона, начинаетъ при помощи желѣзнаго прута, вставленнаго въ бутылку, извлекать изъ согнутаго колѣна шеста искры.

Подъ дождемъ и градомъ, въ сопровожденіи цѣлой толпы своихъ прихожанъ, заинтригованныхъ и испуганныхъ поспѣшнымъ бѣгомъ ихъ священника, Далибаръ при-



Рис. 67. Физикъ Рихманъ, убитый молніей во время опыта.

бѣгаетъ въ свой садъ, выхватываетъ изъ рукъ Куаффье разрядникъ и продолжаетъ его опыты. Грома не было слышно въ это время, но Далибару все-таки удалось, пока грозовыя тучи не разошлись, получить изъ шеста нѣсколько длинныхъ голубыхъ искръ. Одинъ изъ разрядовъ попалъ ему въ руку и произвелъ впечатлѣніе удара кнутомъ; прихожане замѣтили, кромѣ того, что отъ ихъ священника распространялся запахъ сѣры.

Радость Далибара не поддается описанію, и въ самомъ дѣлѣ его опыты были большимъ шагомъ въ наукѣ, имя его этими опытами было сдѣлано безсмертнымъ.

Какъ всегда бываетъ, труденъ только первый шагъ; за опытами Далибара послѣдовалъ рядъ опытовъ другихъ ученыхъ. 17-го мая получилъ разряды изъ такого же шеста

въ Парижѣ упоминавшійся уже нами Делоръ, немного позже подобный опытъ былъ продѣланъ въ Монморанси аббатомъ Нолле и П. Бертье; наконецъ, Ле-Монье въ С. Жерменъ-анъ-Лэ первому удалось доказать присутствіе электричества въ атмосферѣ безъ всякой грозы, въ совершенно ясную погоду.

Ученые другихъ національностей послѣдовали за французскими собратіями, и наблюденія надъ атмосфернымъ электричествомъ стали производиться повсюду, и въ Старомъ и въ Новомъ Свѣтѣ; не были прерваны они и смертью одного изъ наблюдателей.

Рихманъ, членъ Императорской Академіи Наукъ въ Петербургѣ, установилъ, по примѣру западныхъ ученыхъ, на крышѣ своего дома желѣзный шестъ, проведенный затѣмъ къ нему въ кабинетъ и здѣсь изолированный отъ земли. Къ шесту этому въ кабинетѣ былъ приспособленъ родъ электроскопа, т. е. было подвѣшено легкое тѣло, которое удалялось отъ шеста на большее или меньшее разстояніе въ зависимости отъ степени заряженія шеста атмосфернымъ электричествомъ.

6-го августа 1753 года во время сильной грозы и бури Рихманъ производилъ наблюденія въ своемъ кабинетѣ. Между желѣзнымъ шестомъ и разрядникомъ шли одни за другимъ разряды въ видѣ длинныхъ сноповъ искръ; понимая опасность своихъ наблюденій, Рихманъ держался на приличномъ разстояніи отъ разрядника. При стукѣ открываемой двери — входилъ художникъ Соколовъ, котораго самъ Рихманъ пригласилъ, чтобы срисовать свои опыты—ученый оборачивается и, разговаривая съ Соколовымъ, невольно пододвигается къ шесту. Съ шеста соскакиваетъ большой огненный шаръ, раздается оглушительный ударъ, и какъ Рихманъ, такъ и Соколовъ падаютъ на полъ посреди обломковъ прибора и мебели. Прибѣжавшимъ на взрывъ людямъ удалось довольно скоро привести въ чувство Соколова, онъ отдѣлался испугомъ и обожженной и порванной одеждой. Рихманъ же былъ убитъ на мѣстѣ—у него треснулъ черепъ, и грудь была разорвана совершенно какъ бы взрывомъ пушечнаго ядра.

Происхожденіе атмосфернаго электричества.

Мы говорили уже, что Ле-Монье доказалъ постоянное присутствіе электричества въ атмосферѣ. Откуда оно тамъ берется, каково его происхожденіе?

Происхожденіе атмосфернаго электричества можно приписывать различнымъ причинамъ. Оно можетъ появляться вслѣдствіе тренія влажнаго и сухого воздуха о поверхность земли, какъ суши, такъ и воды; оно возникаетъ при испареніи воды, которое на землѣ постоянно происходитъ въ зависимости отъ тысячи различныхъ причинъ; его возбуждаютъ посредствомъ индукціи электрическіе разряды, совершающіеся въ другихъ планетныхъ мірахъ и т. д., и т. д. Наконецъ, съ увѣренностью можно сказать, что электричество поступаетъ въ атмосферу въ значительныхъ количествахъ изъ нѣдръ земли, гдѣ, надо полагать, совершается масса разнообразнѣйшихъ химическихъ процессовъ, могущихъ быть мощнымъ источникомъ электричества.

Распредѣленіе электричества въ атмосферѣ.

Не смотря на довольно разнорѣчивыя показанія воздухоплавателей и метеорологовъ, мы все-таки можемъ съ увѣренностью сказать, что электричество въ атмосферѣ стремится къ высшимъ ея слоямъ, какъ стремится оно собраться на поверхности всякаго наэлектризованнаго предмета, и что количество его въ воздухѣ увеличивается по мѣрѣ того, какъ атмосфера становится все рѣже и рѣже.

Линія распредѣленія въ атмосферѣ электричества одинаковаго напряженія слѣдуетъ точно за земной поверхностью, и такъ какъ земной шаръ раздутъ у экватора и сжатъ у полюсовъ, то напряженіе электричества всего больше надъ экваторомъ, а у полюсовъ оно равно нулю; отсюда электричество разсѣивается въ пространство, образуя полярныя сіянія.

Образованіе грозовыхъ тучъ.

Тучи являются результатомъ конденсаціи находящихся въ воздухѣ водяныхъ паровъ. На поверхности конденсирующихся частичекъ происходитъ собираніе электричества.

Конденсація водяныхъ паровъ происходитъ въ облака и тучи различной формы и въ различныхъ слояхъ атмосферы. Всѣ облака принято классифицировать слѣдующимъ образомъ:

1. Cirrus, появляющіяся въ ясную погоду на синевѣ неба въ видѣ небольшихъ растрепанныхъ хлопьевъ (рис. 68 и 69); находятся на высотѣ 7—8000 метровъ и состоятъ изъ сплетенныхъ другъ съ другомъ тонкихъ ледяныхъ иголочекъ.

2. Stratus, длинныя полосы водяныхъ паровъ, которыя бываютъ видны обыкновенно при заходѣ солнца; находятся на высотѣ 3000 метровъ.

3. Cumulus (рис. 70), большія, тяжелыя облака бѣлаго цвѣта съ выступами и буграми; бѣгутъ на высотѣ въ 1500—2000 метровъ. Мало-по-малу они собираются въ nimbus, черныя или желтоватыя тучи, которыя опускаются на 1000, 800 и 500 метровъ надъ поверхностью земли и служатъ признакомъ начала грозы (рис. 71).



Рис. 68. Облака «Cirrus».

Между описанными нами разновидностями облаковъ существуетъ рядъ переходныхъ формъ, которыя называютъ cumulo-stratus, cirro-stratus и cumulo-nimbus.



Рис. 69. Облака «Cirrus».

Картина грозы.

Вотъ какъ можно приблизительно описать наступленіе и ходъ грозы въ нашихъ Европейскихъ широтахъ: подъ вліяніемъ воздушныхъ теченій происходитъ скопленіе облаковъ, и атмосферное электричество, найдя въ нихъ хорошій проводникъ, собирается къ нимъ и распредѣляется по ихъ поверхности. Каждая капелька воды въ облакахъ оказывается окруженной электричествомъ. Если капельки эти не слишкомъ тѣсно сближены между собой, то электричество, собравшееся въ облакѣ, можетъ снова разсѣяться въ атмосферу вмѣстѣ съ дождемъ или туманомъ, что и бываетъ обыкновенно въ холодное время года, но въ жаркое время между отдѣльными облаками и между ними и поверхностью земли оказывается плохой проводникъ электричества — сухой воздухъ, и электричество не только

не разсѣивается, но его напряженіе все возрастаетъ и тѣмъ болѣе, чѣмъ толще слой облака. Такимъ образомъ въ атмосферѣ имѣется рядъ облаковъ, всѣ заряженныя одноименнымъ положительнымъ электричествомъ, но различной величины потенціала, такъ какъ вполнѣ понятно, что толщина различныхъ облаковъ будетъ не одинакова, а отъ нея, какъ мы только-что говорили, зависитъ величина потенціала. Облака съ большимъ потенціаломъ оказываютъ дѣйствіе на облака съ потенціаломъ меньшимъ и развиваютъ на одномъ своемъ полюсѣ электричество отрицательное. То же взаимное вліяніе, что между отдѣльными облаками, наступаетъ и между ними и землей и, въ концѣ концовъ, въ атмосферѣ и на землѣ оказываются значительные заряды разноименнаго электричества, заряды, которые ждутъ только удобнаго случая взаимно соединиться, произвести разрядъ, дать искру.

Какъ только два заряда придутъ въ достаточную близость одинъ къ другому, происходитъ разрядъ,—то, что мы называемъ громомъ и молніей.

Но вотъ начался дождь, первое время удары грома учащаются и усиливаются, такъ какъ теперь создались условія благопріятныя для разрядовъ атмосфернаго электричества въ землю; по мѣрѣ уменьшенія количества накопившагося въ тучахъ электричества, которое теперь происходитъ не только разрядами, но и истеченіемъ въ атмосферу, сила ударовъ уменьшается и гроза мало-по-малу затихаетъ.

Распредѣленіе грозъ.

Грозы по земной поверхности распредѣляются совершенно такъ, какъ выше мы указали для атмосфернаго электричества: въ странахъ экваторіальныхъ при жаркомъ, сухомъ воздухѣ электрическая энергія изъ облаковъ не имѣетъ возможности уходить постепенно; очевидно, что тамъ скопленія электричества должны быть бо́льшими, чѣмъ въ нашихъ широтахъ, и грозы—болѣе частыми. На Ямайкѣ или по берегамъ экваторіальной Африки рѣдко когда къ двумъ часамъ по полудни во время жаркой погоды не начинаютъ скопляться облака и не разражается болѣе или менѣе сильная гроза.

Молнія.

Разряды электричества во время грозы выражаются молніями. Молнія появляется между двумя наиболѣе сближенными точками двухъ разноименныхъ зарядовъ электричества. Вотъ почему при разрядѣ на землю молнія обыкновенно и предпочтительно ударяетъ въ предметы высокіе—деревья, зданія. Вообще направленіе молніи опредѣляется кратчайшимъ разстояніемъ и наилучшей проводимостью. Разстояніе бываетъ, однако, до нѣсколькихъ километровъ, а проводимость должна быть относительная; при полной проводимости не было бы разряда съ сильной искрой и разрушительнымъ дѣйствіемъ, а было бы спокойное и невидимое истеченіе электричества.

Цвѣтъ молніи зависитъ отъ колебаній въ составѣ воздуха въ мѣстѣ ея пути, онъ мѣняется отъ голубовато-бѣлаго до фіолетово-краснаго въ зависимости отъ содержанія въ воздухѣ кислорода и угольной кислоты и отъ степени его разряженія.

Различныя формы молніи.

Небо совершенно чисто, жара удушливая, наступаетъ ночь, и вдали, на усѣвшемъ уже потемнѣть горизонтѣ, появляются и исчезаютъ безшумные отблески слишкомъ далекой, чтобы былъ слышенъ громъ, грозы—это такъ называемая зарница.

Вотъ, однако, громъ понемногу начинаетъ быть слышенъ, гроза приближается. Приготовимся ее встрѣтить и займемся наблюденіемъ различныхъ формъ, въ которыхъ проявляется молнія: ночная тьма поможетъ нашимъ наблюденіямъ.



Рис. 70. Облака «Cumulus» и «cirro stratus».

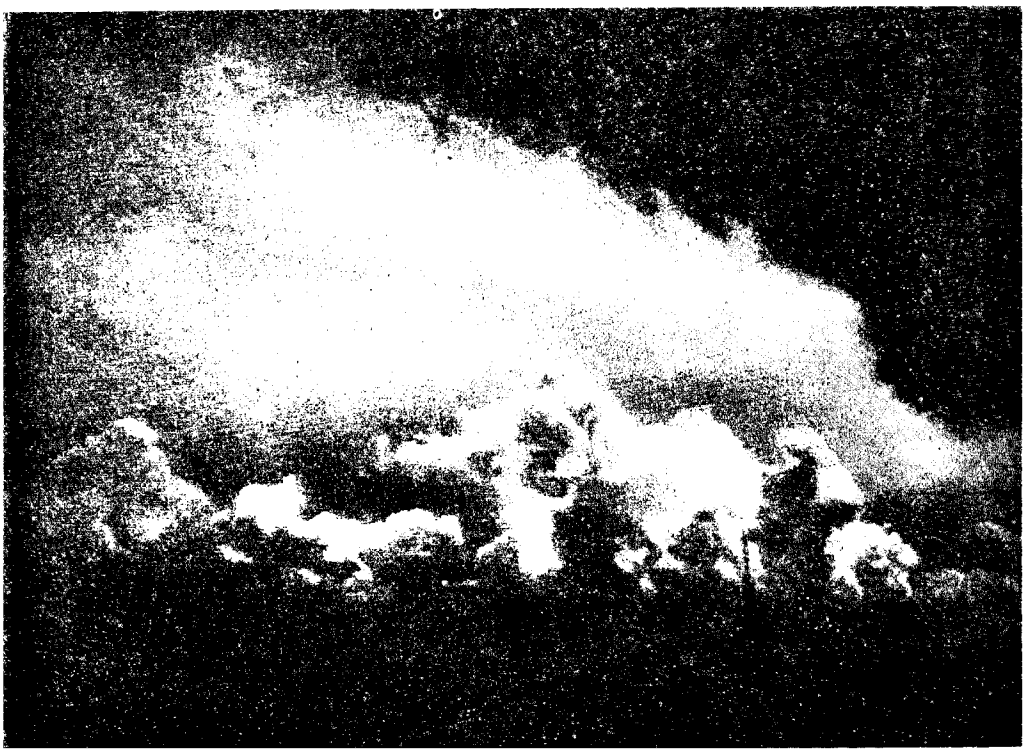


Рис. 71. Облака «Cumulo-nimbus», а надъ ними «cirro-stratus».

Молнія разлитая.

Чаще всего молніи являются намъ въ видѣ разлитаго свѣта, на одно мгновеніе освѣщающаго тучи, послѣ чего, въ силу контраста, мракъ становится еще гуще. Потому ли мы не видимъ въ этихъ случахъ искры, что она скрыта за облаками, или потому, что ея и въ самомъ дѣлѣ не бываетъ, такъ какъ разрядъ совершается сразу всею поверхностью тучи,—но молнія чаще всего является именно въ видѣ разлитого свѣта (рис. 72).

Горизонтальная молнія.

Молнію въ видѣ горизонтальной линіи можно наблюдать только между двумя облаками, она почти горизонтальна и никогда не бываетъ большой длины (рис. 73).

Молнія извилистая.

Молнія, ударяющая въ землю, всегда въ болѣе или менѣе сильной степени извилиста, зигзагообразна (рис. 74 и 75). На самомъ дѣлѣ она идетъ по спиральной линіи, и только вслѣдствіе условій перспективы мы на мѣстахъ загибовъ спирали видимъ острые углы зигзаговъ. На предметахъ пораженныхъ молніей обыкновенно хорошо бываетъ виденъ спиральный путь молніи.

Резервуаръ для воды въ одномъ изъ домовъ на Монмартрѣ послѣ удара молніи оказался со слѣдомъ отъ ея прохода въ видѣ правильной винтовой линіи.

На пораженныхъ грозой деревьяхъ часто кора бываетъ снята по спирали того или другого наклона.

Тѣла пораженныхъ молніей людей также нерѣдко носятъ спиральные слѣды, начинающіеся отъ шеи и идущіе кругомъ тѣла къ ногамъ.

Вотъ еще, наконецъ, забавный случай, который можно объяснить только направленіемъ молніи по спиральной линіи: молнія ударила въ домъ, попала въ комнату, гдѣ на столѣ стояла высокая стопа тарелокъ, и прошла черезъ нихъ, при чемъ только черезъ двѣ тарелки каждая третья оказалась продырявленной по срединѣ.

Величина спиральныхъ завитковъ молніи или ея зигзаговъ зависитъ отъ быстроты разряда и различія въ проводимости различныхъ частей воздуха; мы говорили уже, что молнія ищетъ путь по наилучшему проводнику.

Развѣтвленіе молніи.

Глазъ обыкновенно замѣчаетъ только одно направленіе молніи; молнія представляется намъ въ видѣ одной ломанной линіи. Однако, фотографія показываетъ, что молнія обыкновенно бываетъ состоящей не изъ одной линіи, а представляетъ изъ себя какъ бы дерево съ боковыми вѣтвями и развѣтвленіями или еще болѣе, пожалуй, походитъ на рѣку съ ея притоками. Развѣтвленій можно бываетъ насчитать до 50 и даже больше (рис. 76).

Этими развѣтвленіями объясняется, почему одной и той же молніей, однимъ и тѣмъ же разрядомъ могутъ быть убиты нѣсколько человѣкъ.

Въ августѣ 1899 года молнія ударила въ проѣзжавшій по Тиргартену въ Берлинѣ отрядъ улановъ; пятеро изъ нихъ были повалены на землю вмѣстѣ съ лошадьми, одинъ солдатъ и одна лошадь были убиты, остальные болѣе или менѣе сильно ранены. 28-го іюня 1865 года подверглись удару молніи 16 крестьянъ, работавшихъ въ полѣ въ департаментѣ Финистеръ. Семь изъ нихъ было убито, трое частію парализовано, шестеро сильно обожжено.



Рис. 72. Разлитая молнія.

Въ Бургѣ 14-го мая 1892 года 18 солдатъ 37-го артиллерійскаго полка подъ командой офицера направлялись на полигонъ и по дорогѣ были застигнуты грозой; ударъ молніи между ними повалилъ ихъ всѣхъ на землю, четверо было ранено, одинъ убитъ. Никто изъ нихъ не могъ отдать себѣ отчета въ томъ, что произошло, они не видѣли блеска молніи, не слышали удара грома; единственно, что они почувствовали—это какъ бы сильный ударъ палкой и затѣмъ ожоги.



Рис. 73. Горизонтальная молнія.

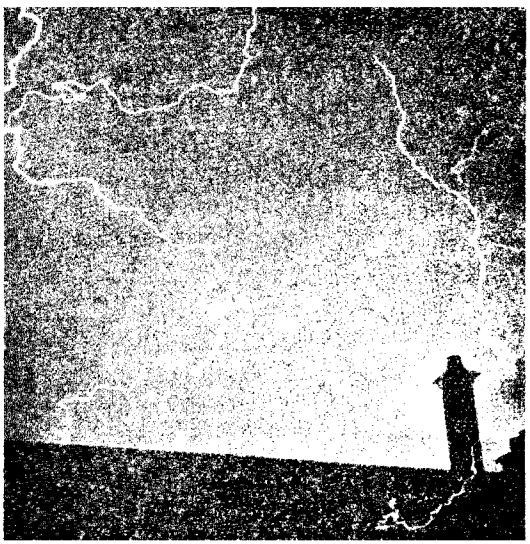
Шаровидная молнія.

Существуетъ еще двѣ формы молніи, формы наблюдаемыя сравнительно рѣдко — это молніи шаровидная и четками. Теорія ихъ была выработана Гастономъ Планте.

Шаровидная молнія (рис. 77) обязана своимъ происхожденіемъ особенно высокому мѣстному напряженію электричества и представляетъ изъ себя какъ бы уплотненіе молніи.

Планте воспроизвелъ ее съ опасностію для своей жизни, хотя и въ значительно противъ натуры меньшемъ видѣ, при помощи батареи своихъ аккумуляторовъ.

Шаровидная молнія или появляется изъ облака прямо при разрядѣ, или образуется вслѣдствіе индукціи въ сильно наэлектризованномъ облакѣ, находящемся надъ слоемъ совершенно сухого и слѣдовательно не проводящаго тока воздуха. Собравшаяся въ шаръ молнія затѣмъ можетъ, смотря по обстоятельствамъ и въ зависимости отъ проводимости



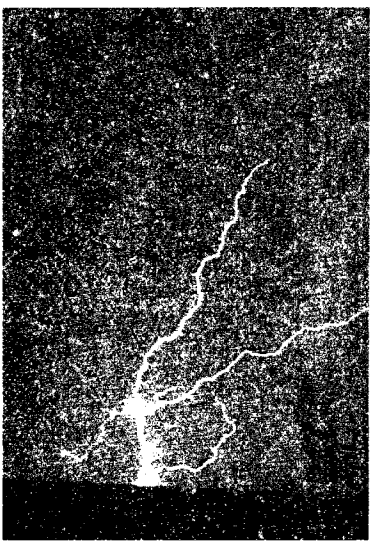


Рис. 74 и 75. Извилистая молнія.

окружающаго воздуха и величины потенціала, образовавшаго ее источника, двигаться въ томъ или другомъ направленіи, разсѣяться безъ шума и какого бы то ни было вреда или наоборотъ разорваться со страшной силой и гибельными для всего окружающаго послѣдствіями.

Приводятъ любопытные примѣры шаровидной молніи. Въ маѣ 1883 года въ Амьенѣ молнія ударила въ одинъ домъ въ видѣ голубоватаго шарика, величиною съ орѣхъ: этотъ шарикъ проникъ черезъ открытое окно внутрь дома, описалъ кругъ по столовой, гдѣ вся семья сидѣла за столомъ, задѣлъ слегка за руку хозяина дома, въ то время какъ тотъ ѣлъ супъ, и исчезъ, распавшись съ сильнымъ трескомъ.

М. Вильфридъ Фонвьель разсказываетъ слѣдующую исторію: «десятаго сентября 1845 года появился огненный шаръ на порогѣ одной кухни въ деревнѣ Селаньякѣ въ глубинѣ Коррезы. Женщины, находившіяся въ кухнѣ, крикнули молодому крестьянину, у ногъ котораго катился шаръ, чтобы онъ загасилъ его, наступивъ ногой.

Къ счастію, крестьянинъ этотъ, посѣщая Парижъ, электризовался за два су въ Елисейскихъ Поляхъ и сталъ съ тѣхъ поръ относиться съ уваженіемъ къ таинственнымъ проявленіямъ электричества. Не смотря на просьбы своихъ сотоварокъ, онъ не прико-

снулся къ шару, и шаръ, не задѣвъ никого, выкатился на дворъ. Черезъ нѣсколько секундъ предательскій шаръ натворилъ бѣду въ сосѣднемъ хлѣву: онъ поразилъ свинью, которая, не будучи знакома съ чудесами электричества, рѣшилась его непочтительно обнюхать.

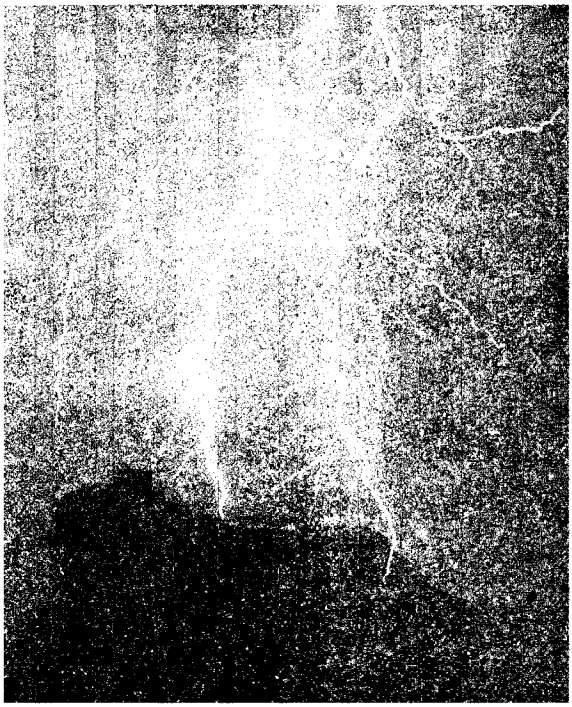


Рис. 76. Сложно развѣтвленная молнія.

Молнія четками.

Молнія четками (рис. 78) представляетъ изъ себя не что иное, какъ соединеніе въ видѣ сверкающей дорожки ряда шаровидныхъ молній небольшого размѣра.

18-го августа 1876 года ГастонъПланте находился въсвоемъ имѣніи въ Медонѣ, когда надъ Парижемъ разразилась гроза. Здѣсь, на лонѣ природы, онъ наблюдалъ за безпрестанно сверкающими молніями.

«Самая замѣчательная молнія», говоритъ онъ, «была та, которая, описавъ кривую линію, стремительно ударилась изъ-за тучи въ землю; она была видна въ теченіе нѣсколькихъ секундъ и имѣла видъ четокъ съ блестящими шариками».



Рис. 77. Шаровидная молнія.

Другіе метеорологи описывали подобныя же явленія, а 8-го марта 1899 года мы сами имѣли возможность наблюдать съ вершинъ Кламаръ такую же молнію, которая пронеслась надъ Парижемъ.

Не слѣдуетъ думать, что электричество, содержащееся въ воздухѣ, проявляется исключительно въ видѣ молніи; существуютъ также и другія явленія природы, причиною которыхъ служитъ электричество.

Огни св. Эльма.

Когда наэлектризованная туча находится отъ земли слишкомъ далеко, чтобы вызвать разрядъ, она производитъ разнообразнѣйшія свѣтовыя явленія. Острія сверкаютъ, огненные языки появляются на громоотводахъ, на мачтахъ и на реяхъ кораблей, земля

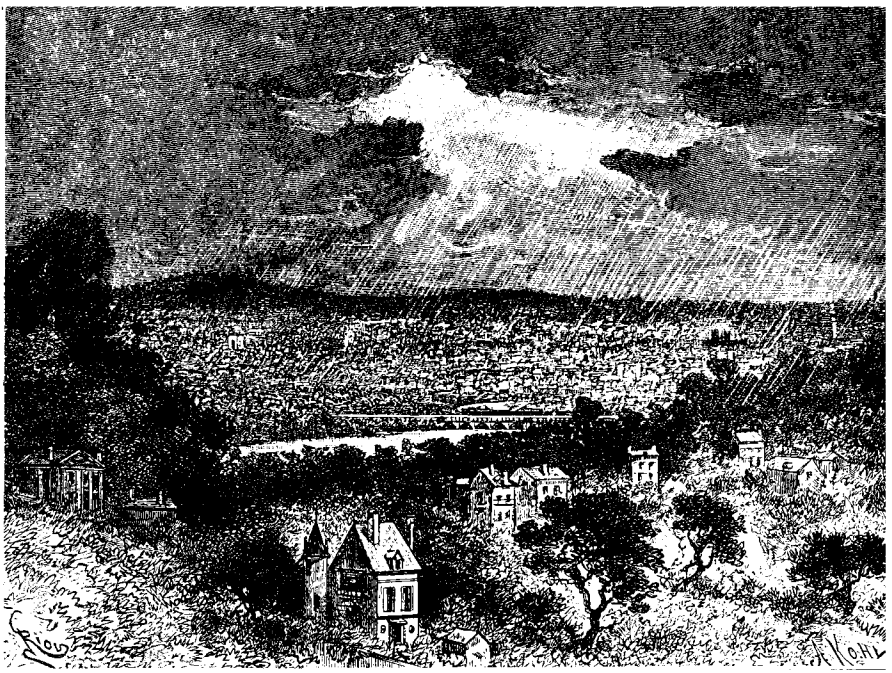


Рис. 78. Четкообразная молнія, наблюдавшаяся въ Парижѣ.

выкидываетъ пламя изъ нѣдръ своихъ, и самый воздухъ начинаетъ свѣтиться разсѣяннымъ свѣтомъ.

Электрическое равновѣсіе между землей и атмосферой всегда стремится къ возстановленію.

До восемнадцатаго вѣка подобныя явленія природы оставались для всѣхъ предметомъ удивленія и ужаса. Въ древности считали ихъ за чудеса и смотрѣли на нихъ, какъ на хорошія и дурныя предзнаменованія. Это были: звѣзды Елены, или же Діоскуры, Кастеръ и Поллуксъ.

Появленіе огней на копьяхъ пятаго легіона въ арміи Цезаря было сочтено за предзнаменованіе побѣды. Подобнымъ явленіямъ придавали значеніе, приноровленное къ обстоятельствамъ, и полководцы пользовались ими, чтобы поднять духъ своихъ подчиненныхъ или деморализовать враговъ.

Въ средніе вѣка значеніе этихъ явленій осталось то же, измѣнилось только названіе. Христоферъ Колумбъ ободряетъ своихъ испуганныхъ матросовъ, указывая имъ на огни святого Эльма, которые сверкали на мачтахъ его судна (рис. 79).

Въ наше время, не смотря на то, что мы знаемъ причину этихъ явленій, не смотря на то, что они насъ больше не ужасаютъ, все же мы не можемъ не удивляться ихъ странностямъ.

Есть люди, которые видѣли, какъ ихъ шляпы были окружены свѣтящимся ореоломъ, покрыты какимъ-то огненнымъ покровомъ; какъ гривы ихъ лошадей начинали свѣтиться пламенемъ. Волосы становились дыбомъ и тѣмъ сильнѣе поднимались, чѣмъ больше ихъ причесывали; металлическіе предметы въ рукахъ ихъ державшихъ становились настоящими возбудителями электричества. Когда поднимали руки, на концахъ пальцевъ показывались огненные язычки и т. д.

На вершинахъ высокихъ горъ такія явленія происходятъ даже при полномъ отсутствіи грозы.

Во время своего путешествія по Персіи, М. Дьелафуа наблюдалъ подобныя явленія ово льно часто. На этихъ высокихъ плоскогоріяхъ электричество проявляетъ себя съ

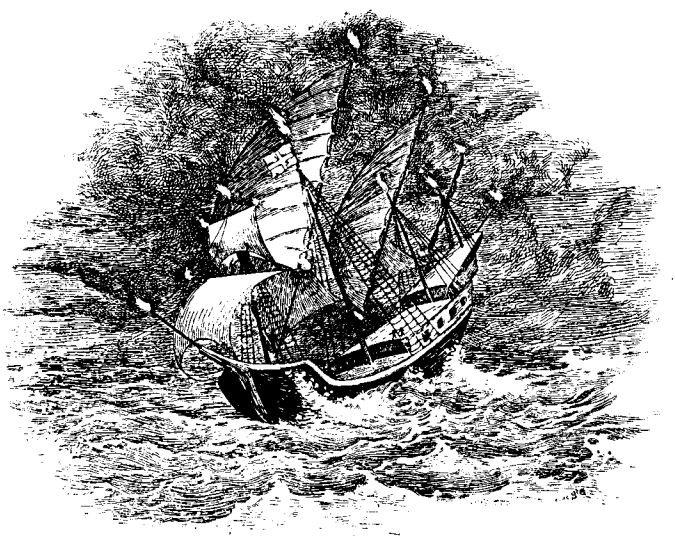


Рис. 79. Огни св. Эльма на мачтахъ корабля Колумба.

большой силой: «когда наступитъ ночь»,—говоритъ онъ,—«бросьте на землю булавку или монету; нѣтъ никакой надобности въ огнивѣ или въ спичкахъ, чтобы ихъ найти. Однажды вечеромъ, идя съ караваномъ, мы замѣтили на одной изъ нашихъ лошадей сверкающія гирлянды. Мы подумали первоначально, что это просто галлюцинація. Когда же мы сошли съ лошадей и приблизились къ вьючнымъ животнымъ, нашимъ глазамъ представилась слѣдующая картина: тысячи искръ, сопровождаемыя легкимъ трескомъ, появлялись каждый разъ, какъ лошадь ударяла себя хвостомъ по крупу».

Смерчи.

Иногда, во время очень сильной грозы, вихри настолько колеблютъ тучи, что онѣ опускаются въ видѣ опрокинутаго конуса, вершина котораго, дѣлаясь все острѣе и острѣе, достигаетъ, наконецъ, земли и взрываетъ ее быстрымъ коловратнымъ движеніемъ. Это—

смерчъ (рис. 80 и 81): онъ мчится впередъ, все истребляя и опустошая на своемъ пути. Молнія во всѣхъ своихъ видахъ сыплется изъ движущагося столба во всѣ стороны. Наконецъ, понемногу, сила его уменьшается, и смерчъ при послѣднемъ сверканіи молніи

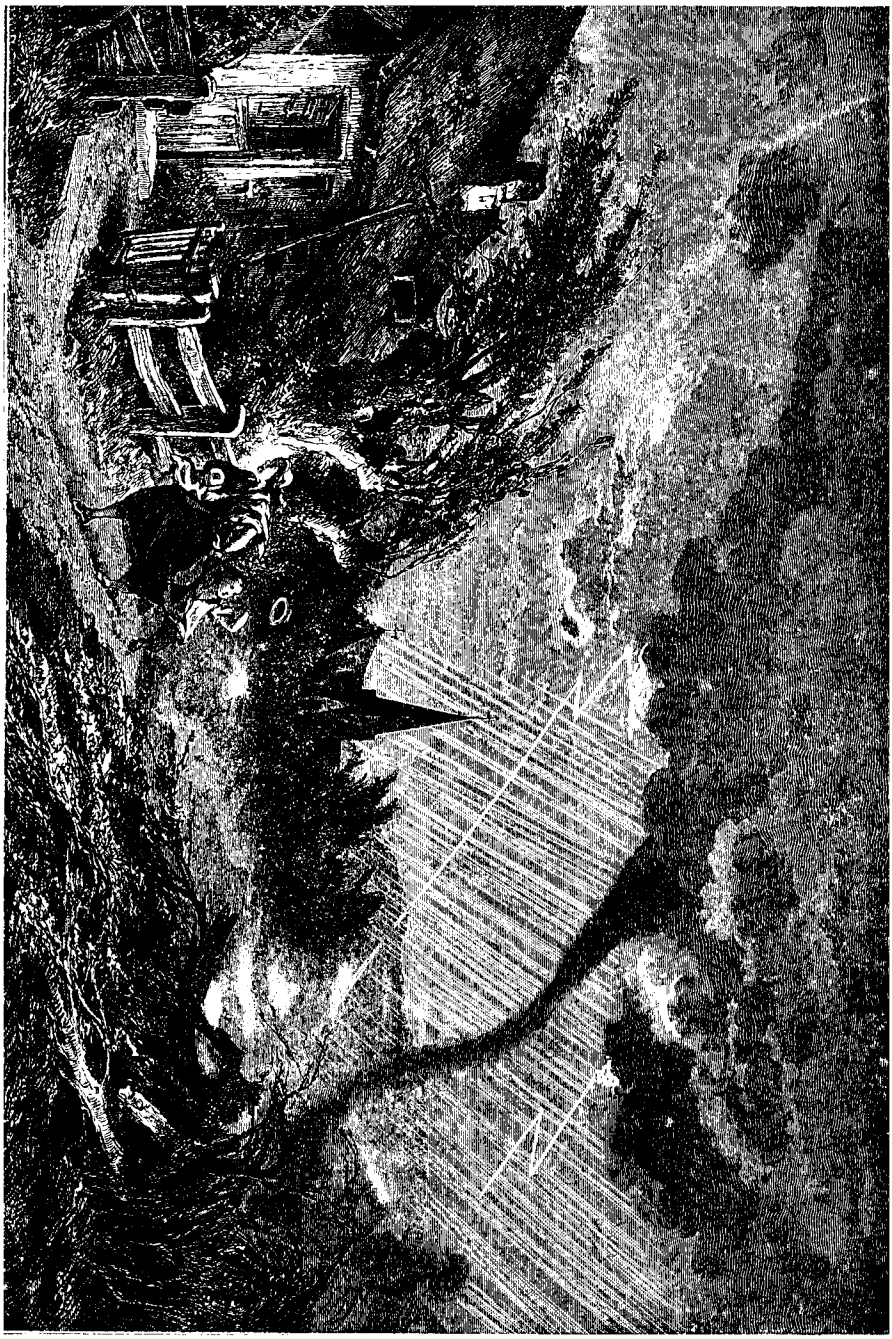


Рис. 80. Смерчъ на сушѣ.

исчезаетъ, возвращаясь обратно къ тучамъ; все кончается сильнѣйшимъ дождемъ и градомъ. Смерчи могутъ быть причиной дождей изъ песку, захваченнаго ими на пути по песчанымъ равнинамъ; иногда они, проносясь надъ прудами и озерами, втягиваютъ въ себя

воду, рыбъ и лягушекъ и выбрасываютъ ихъ на нѣсколько верстъ дальше, въ великому ужасу свидѣтелей этого явленія. Морскіе смерчи, иначе называемые тромбами (рис. 82 и 83), образуются точно такимъ же образомъ и сопровождаются тѣми же электрическими явленіями. Вода сильно волнуется, пѣнится, бьетъ ключемъ и поднимается въ видѣ холма, на которомъ сверкаютъ искры; затѣмъ, этотъ холмъ, поднимаясь все выше и выше, соединяется съ темнымъ конусомъ, образовавшимся и спустившимся изъ тучъ.

Торнады и циклоны.

Ураганы, которые называются торнадами у береговъ Африки и тифонами въ Китайскомъ морѣ, принадлежатъ также къ смерчамъ, но обнимаютъ значительное простран-

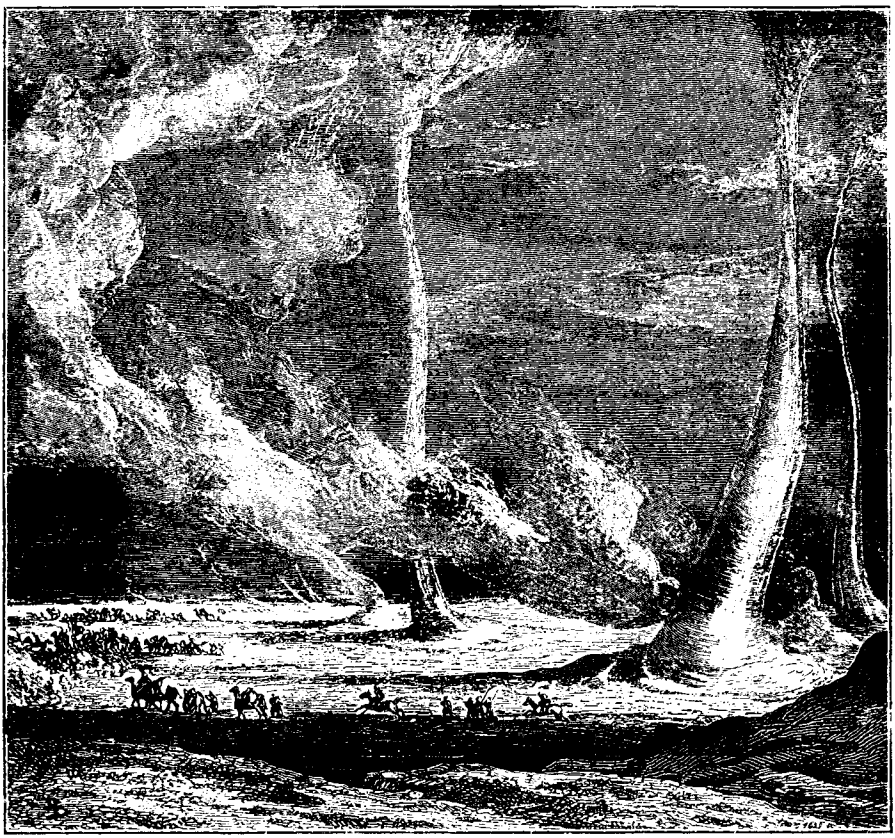


Рис. 81. Песчаные смерчи.

ство, которое при торнадахъ можетъ колебаться между двумя и тремя стами метрами въ діаметрѣ, а при циклонахъ доходитъ даже до сорока километровъ.

Безполезно прибавлять, что электрическія явленія растутъ пропорціонально силѣ и значительности бури (рис. 84).

Сѣверное сіяніе.

Въ сѣверныхъ странахъ нерѣдко наблюдаютъ въ воздухѣ яркое сіяніе. Это — одно изъ крупныхъ явленій атмосфернаго электричества, которымъ можно любоваться безъ всякой опасности.

Передъ нашими глазами на небѣ полярныхъ странъ гигантскіе огненные языки, огненныя полосы, сверкающія самыми разнообразными цвѣтами блестящія арки; ихъ переливы и колебанія вызываютъ удивленіе и энтузіазмъ изслѣдователей, которымъ удалось наблюдать сѣверное сіяніе во всей полнотѣ (рис. 85 и 86).

Это, если такъ можно выразиться, послѣднее проявленіе атмосфернаго электричества, которое, удаляясь къ магнитному полюсу земного шара, расплывается длинными огненными потоками въ надвоздушное пространство.

Землетрясенія.

Земное электричество производитъ бури, которыя разрушаютъ внутреннее строеніе нашей земли точно такъ же, какъ бури въ атмосферѣ приводятъ въ безпорядокъ воздушное пространство. Мы говоримъ объ извѣстныхъ всѣмъ землетрясеніяхъ, причиною которыхъ служитъ, несомнѣнно, электричество. Земля наэлектризована во всей своей совокупно-

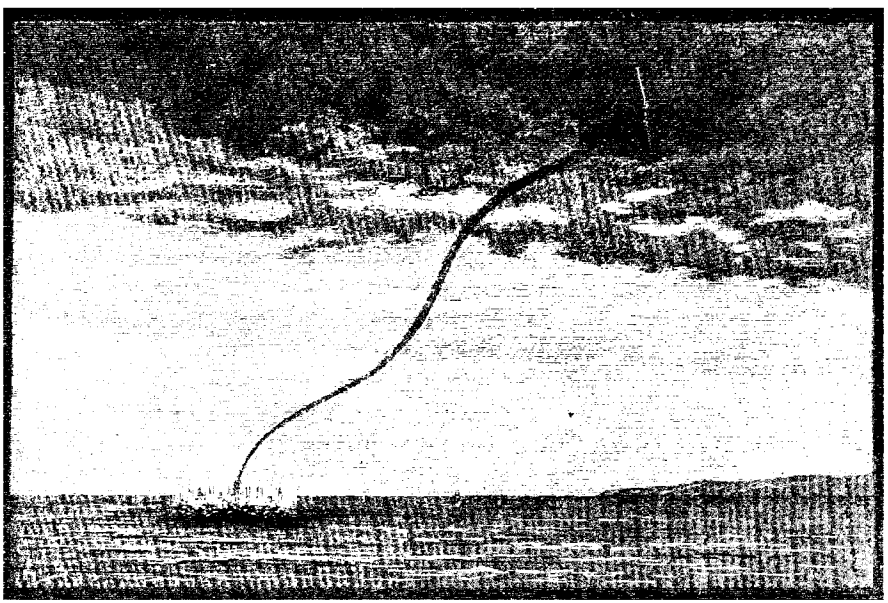


Рис. 82. Смерчъ, наблюдавшійся въ Санъ-Ремо 13 февраля 1886 г.

сти, и сильные электрическіе токи безпрестанно пробѣгаютъ по ней; ихъ обычное направленіе вслѣдствіе вращенія земли и вліянія солнца — съ востока на западъ. Слѣдуя, обыкновенно, въ направленіи параллельномъ магнитному экватору, земное электричество скопляется около дурныхъ проводниковъ, какими являются, напримѣръ: песчаныя пространства, залежи каменнаго угля, глины или извести и т. д. Напряженіе электричества въ этихъ мѣстахъ можетъ усилиться подъ вліяніемъ различныхъ причинъ. Если воздухъ сухъ и горячъ, или уже до того насыщенъ электричествомъ, что не можетъ принять въ себя избытка его, выдѣляемаго землею, если залежи мѣла и кремнистая почва находятся по близости отъ мѣстъ богатыхъ металлами, тогда накопленіе электричества и прерывъ тока въ концѣ концовъ ведутъ къ разряду и искрѣ, совершенно такъ же, какъ это бываетъ во время воздушной грозы. Можно себѣ представить, къ какимъ разрушеніямъ можетъ привести подземная гроза, когда она разражается на пространствѣ въ нѣсколько квадратныхъ миль сквозь различныя залежи, расщелины, впадины и т. д. Такіе разряды отдаются сотрясеніями почвы на разстояніи сотенъ верстъ.

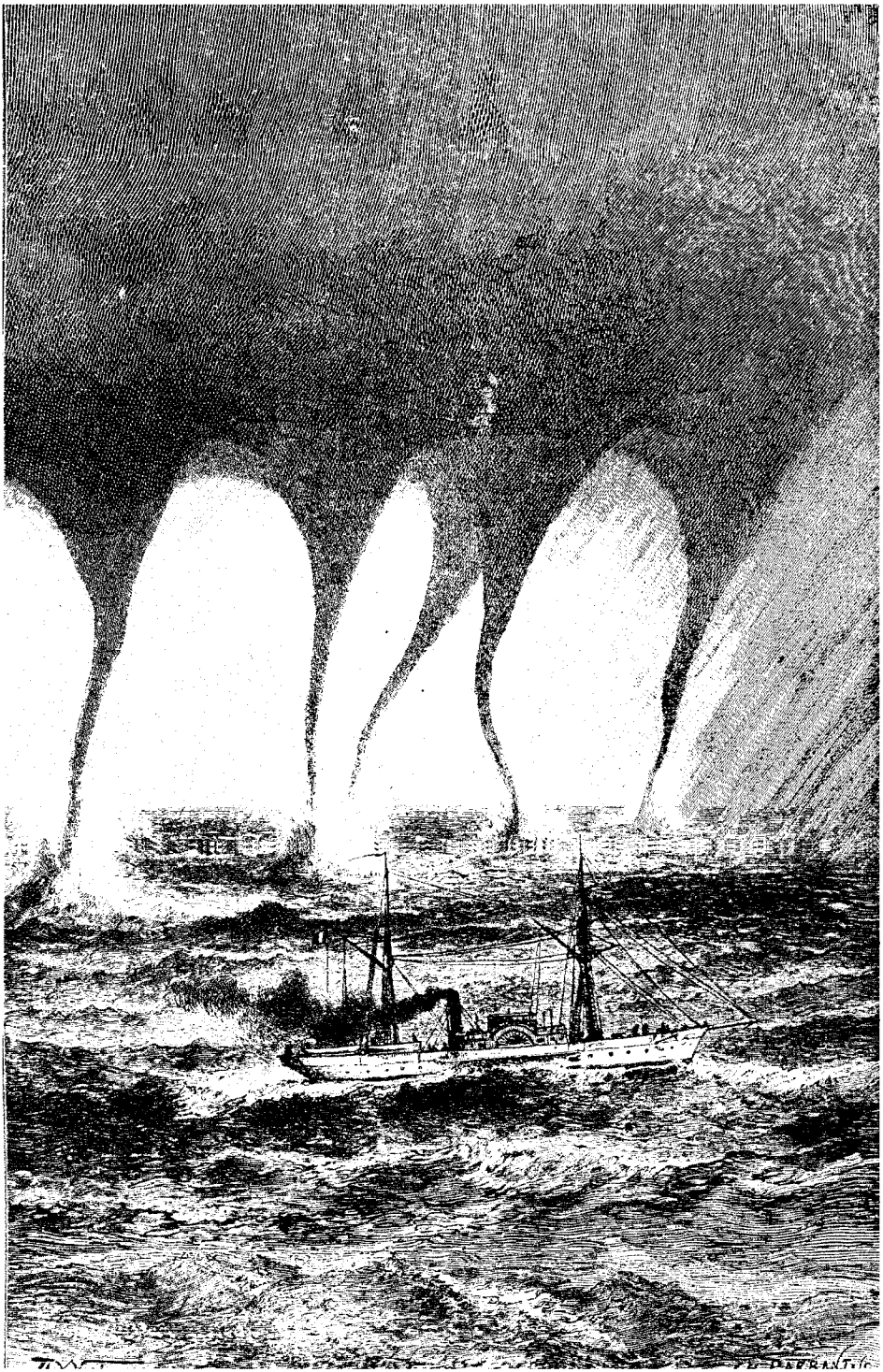


Рис. 83. Тромбы и смерчи.

Всѣ электрическія и магнитныя явленія грозъ бывали наблюдаемы во время большинства землетрясеній; отклоненіе магнитныхъ стрѣлокъ, порча телеграфныхъ и телефонныхъ линій, атмосферныя бури, пораженіе молніей людей и животныхъ, какъ это было замѣчено въ 1887 году во время землетрясенія въ Діано-Марина, затѣмъ—предосторожности, которыя принимаютъ нѣкоторыя животныя, какъ передъ грозой, такъ и передъ землетрясеніемъ (куры, напримѣръ, прячутся, собаки лаютъ...) въ то время, какъ люди еще ничего не чувствуютъ—все это наблюдается какъ передъ грозами, такъ и передъ землетрясеніями.

Только-что высказанная теорія, основанная на неопровержимыхъ фактахъ, была разработана нами въ 1885 году; въ настоящее время она признана многими метеорологами и физиками, которые нашли новые подтверждающіе ее факты.

Послѣдствія грозовыхъ ударовъ.

Какъ всякая механическая работа, химическая реакція или измѣненіе температуры, можетъ вызвать токъ и явленія электричества, такъ и этотъ токъ, или разрядъ, хотя бы онъ былъ въ видѣ молніи, вызываетъ обратно подобныя же реакціи и измѣненія. Молнія опрокидываетъ памятники, ломаетъ и расщепляетъ деревья, разсѣкаетъ самыя твердыя скалы, спаиваетъ металлы, расплавляетъ ихъ и даже обращаетъ въ пары, сплавляетъ песокъ и нѣкоторыя горныя породы и образуетъ такъ называемые «фульгуриты».

Это послѣднее явленіе было впервые подмѣчено 3-го сентября 1789 года. Въ паркѣ замка Элесфорда на скамейкѣ сидѣлъ посѣтитель: ударившая молнія убила его, а токъ, пройдя по палкѣ, на которую опирался убитый, просверлилъ въ землѣ отверстіе, глубиною въ пять футовъ. При раскопкѣ этого мѣста, были найдены глыбы песку, превращеннаго въ стекло, и очевидные слѣды сплавленія кусочковъ кварца. Физіологическое дѣйствіе молніи, конечно, всего страшнѣе, такъ какъ въ этомъ случаѣ дѣло идетъ о человѣческой жизни.

Зачастую человѣкъ, задѣтый молніей, умираетъ на мѣстѣ, превращается въ золу или же разбивается вполнѣ или отчасти параличемъ; иногда, въ довольно рѣдкихъ случаяхъ, молнія его только контузитъ и обжигаетъ.

Наконецъ, можетъ также случиться, что молнія не причинитъ человѣку никакого вреда и удовольствуется тѣмъ, что ограбитъ и лишитъ всѣхъ металлическихъ принадлежностей: золота, серебра, драгоцѣнностей, гвоздей, пуговицъ и т. д. Въ 1864 году случилось еще болѣе странное явленіе: каменщикъ, повергнутый молніей на землю, поднялся совершенно лишенный волосъ: у него не было больше ни бровей, ни бороды, ни волосъ на головѣ. Смерть при ударѣ молніей наступаетъ, обыкновенно, такъ быстро, что положеніе тѣла убитаго не измѣняется. 27-го іюня 1891 года четыре жнеца въ Евердонѣ рѣшили немного отдохнуть отъ работы и позавтракать. Они весьма удобно расположились подъ группой тополей, защищавшихъ ихъ отъ палящихъ лучей солнца. Вдали послышалась гроза и стала къ нимъ приближаться. Домой имъ было идти далеко, и они рѣшили переждать дождь подъ защитой деревьевъ. Довольные, что дождь на нихъ почти не падаетъ, они продолжали свой завтракъ, а собака, съ ними бывшая, выжидала своей доли. Вдругъ надъ деревьями сверкнула молнія: ни жнецы, ни собака больше не пошевельнулись. Молнія ихъ убила такъ быстро, что они сохранили то положеніе, въ которомъ она ихъ застигла: одинъ держалъ въ пальцахъ щепотку табаку, другой ласкалъ одной рукой собаку, а другой протягивалъ ей кусокъ хлѣба; третій пилъ, откинувъ назадъ голову, четвертый набивалъ свою трубку.

Нѣсколько мѣсяцевъ спустя, недалеко отъ Орлеана нѣсколько крестьянъ укрылись отъ дождя подъ ивой; послѣ удара молніей они замѣтили, что на одномъ изъ ихъ товарищей, который стоялъ облокотившись на стволъ дерева, загорѣлась одежда. Они поспѣшили на помощь, но едва прикоснулись къ нему, какъ онъ разсыпался въ золу.

Въ Сенъ-Лазарѣ, недалеко отъ Парижа, 9-го мая 1855 года молнія ударила въ стадо: семьдесятъ восемь овецъ и двѣ собаки были убиты, а пастухъ остался живъ.

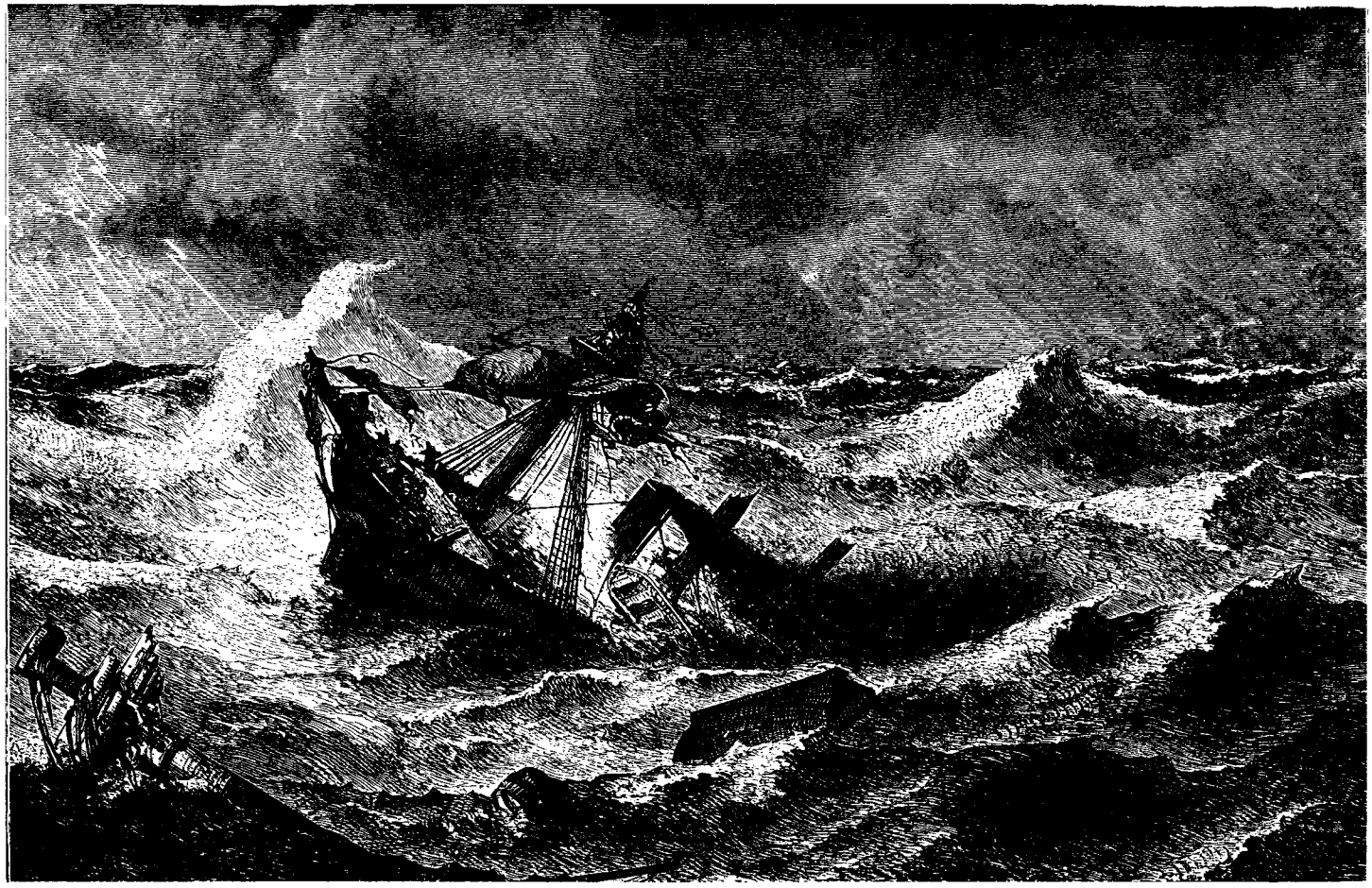


Рис. 84. Циклонъ, погубившій «Амазонку» (10-го октября 1871 г.).

13-го августа 1862 года, въ Сенъ-Жоржѣ, молнія отбросила въ сторону фермера, который обработывалъ свое поле, и убила моментально четырехъ воловъ, тогда какъ ихъ хозяинъ поднялся съ земли безъ малѣйшей царапины.

Въ общемъ можно сказать, что молнія гораздо чаще ударяетъ въ деревья, нежели въ людей.

Судя по выше приведеннымъ примѣрамъ, довольно легко понять, какія предосторожности необходимо принимать во время грозы: опасно оставаться на сквозномъ вѣтрѣ, подъ дождемъ и открывать въ домѣ двери и окна. Затѣмъ слѣдуетъ избѣгать при грозѣ

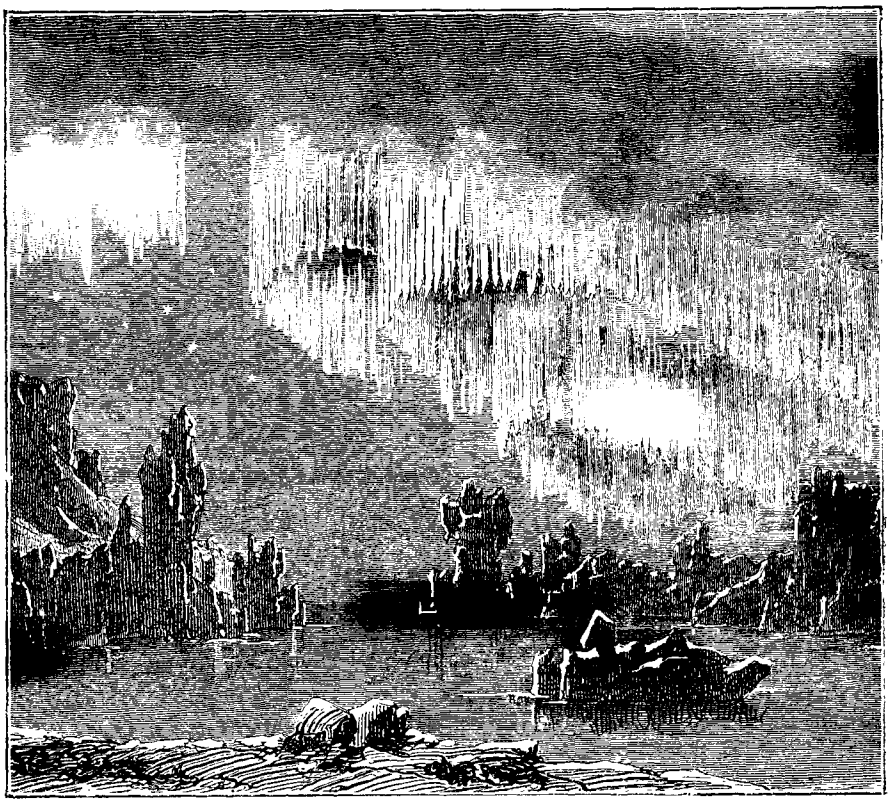


Рис. 85. Сѣверное сіяніе на Ледовитомъ океанѣ.

сосѣдства каминовъ и печныхъ трубъ, такъ какъ сажа очень хорошій проводникъ электричества.

Необходимо также держаться въ сторонѣ отъ металлическихъ предметовъ, слѣдуетъ избавляться отъ вещей, могущихъ служить хорошими проводниками, въ родѣ часовъ, ключей, колецъ и т. д.

Рекомендуется также не находиться во время грозы на колокольнѣ, не звонить и не прикасаться къ веревкѣ колокола.

Въ нѣкоторыхъ деревняхъ существуетъ обычай звонить въ колокола, чтобы избѣгнуть удара молніи; это не только не помогаетъ, но напротивъ даже, подобнаго рода сотрясеніе воздуха направляетъ электрическій разрядъ на движущійся металлическій предметъ и убиваетъ звонаря, который держитъ веревку колокола. Въ теченіе тридцати трехъ лѣтъ молнія ударяла 386 разъ въ колокола и убила 103 звонаря.

Если гроза застигнетъ кого-нибудь въ полѣ, слѣдуетъ, какъ можно скорѣе, бросить находящіеся въ рукахъ желѣзные предметы — косу, лопату, вилы, — но при этомъ лучше не бѣжать, а главное не укрываться подъ защиту деревьевъ, и, въ особенности, не облокачиваться на ихъ стволы.

На самомъ дѣлѣ, деревья съ ихъ развѣтвленными, подымающимися къ небу вѣтвями самой природой какъ бы предназначаются служить проводниками атмосфернаго электричества и могутъ считаться естественными громоотводами по отношенію къ прилегающимъ къ нимъ домамъ, но при томъ только условіи, чтобы по другой сторонѣ дома не находилось ни колодца, ни болота, такъ какъ въ противномъ случаѣ молнія можетъ пройти съ дерева черезъ домъ въ воду.

Что касается птицъ, которыя укрываются на высокихъ вѣтвяхъ, то имъ бояться нечего, такъ какъ молодые ростки поднятыхъ кверху вѣтокъ обыкновенно очень сыры, и

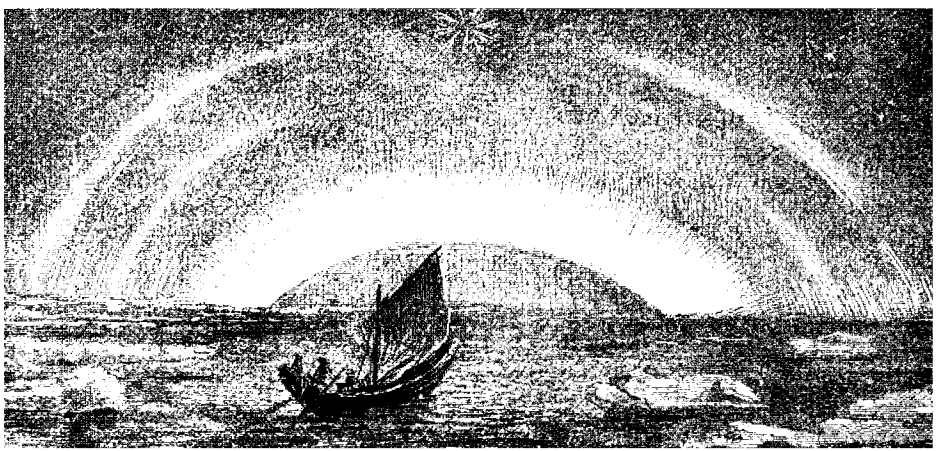


Рис. 86. Сѣверное сіяніе.

токъ проходитъ по нимъ безъ сопротивленія, тогда какъ человѣка, прислонившагося къ стволу дерева, молнія убиваетъ на мѣстѣ, и въ данномъ случаѣ сопротивленіе полусухого дерева электрическому току показываетъ намъ ужасныя дѣйствія атмосфернаго электричества.

Громъ.

Древніе питали наибольшій страхъ не передъ молчаливой молніей, а передъ грозными раскатами грома. Громъ представлялся имъ въ видѣ божества, въ видѣ Юпитера-Громовержца, повелителя Олимпа и всѣхъ смертныхъ.

Еще и теперь при звонкихъ раскатахъ грома нервы впечатлительныхъ людей бываютъ сильно потрясены, и такіе люди съ ужасомъ послѣ одного удара грома ожидаютъ слѣдующаго.

При ударѣ грома слѣдовало бы наоборотъ успокаиваться, такъ какъ громовые раскаты доказываютъ, что опасность уже прошла.

Въ самомъ дѣлѣ, громъ представляетъ собою только шумъ, вызываемый электрическимъ разрядомъ; молнія превращаетъ мгновенно въ паръ всѣ водяныя частицы, которыя встрѣчаются ей на пути; легко понять, какой шумъ долженъ получиться отъ всѣхъ этихъ взрывовъ, происходящихъ одновременно на протяженіи отъ 1.500 до 1.800 метровъ.

Такъ какъ звукъ не можетъ проходить въ секунду болѣе 334 метровъ, можно разсчитать отдаленность грозы, считая количество протекшихъ секундъ между моментомъ, когда было видно сверканіе молніи, и моментомъ, когда раздался ударъ грома.

Громоотводы.

Не было времени, когда бы люди не боялись дѣйствія молніи. Древніе, напуганные грозою до того, что считали ее за божество, старались какъ-либо умилостивить гнѣвъ пугающаго ихъ бога, и мы видимъ, что латинскіе и греческіе писатели предлагаютъ различныя средства, чтобы избавиться отъ молніи. Кулумелій, въ первомъ вѣкѣ, говоритъ, напримѣръ: «Тархонъ, чтобы защитить свой домъ отъ молніи Великаго Юпитера, окружилъ его бѣлымъ виноградомъ».

Плиній же, наоборотъ, осуждаетъ эту предосторожность и очень рекомендуетъ лавровое дерево. Онъ увѣряетъ также, что кожа тюленей, разложенная на крышахъ домовъ, вполнѣ ихъ гарантируетъ отъ опасности, такъ какъ тюлень — животное привилегированное и молнія его никогда не поражаетъ.

Какъ бы эти предположенія ни казались намъ странными, не слѣдуетъ забывать, что они, повидимому, основаны на томъ вліяніи, которое имѣютъ деревья и растенія на атмосферное электричество. Далѣе мы видимъ, что солдаты Карла Великаго, чтобы избѣжать дѣйствій молніи, втыкали свои копья въ землю около себя.

Папа Сильвестръ II, извѣстный въ X вѣкѣ больше подъ именемъ Герберта, придумалъ аналогичное съ предыдущимъ средство: онъ втыкалъ въ землю длинные шесты, снабженные желѣзными остріями. Эти примитивные громоотводы, хотя и очень не совершенные, служатъ все-таки доказательствомъ любопытныхъ изысканій ученаго первосвященника.

Первый громоотводъ.

Какъ мы уже говорили, опыты Франклина и Ромаса привели въ концѣ концовъ въ 1760 году къ изобрѣтенію громоотводовъ. Однако, еще шестью годами раньше, въ заброшенной моравской деревушкѣ, одинъ богемскій монахъ, по имени Прокопій Дивишъ, будучи священникомъ въ Прендицѣ и слыша разговоры объ опытахъ Далибара, воздвигнулъ въ своемъ саду 15-го іюня 1754 года снарядъ, который могъ, по его словамъ, дѣлать безопасными удары молніи.

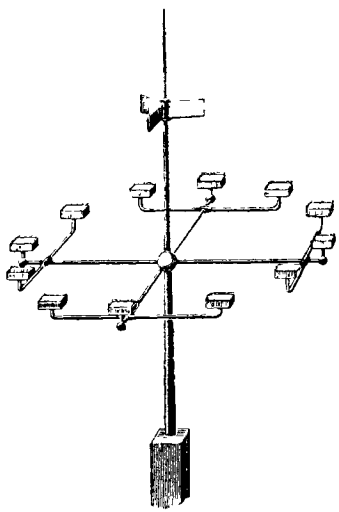


Рис. 87. Громоотводъ Дивиша.

Это былъ большой, вышиною въ 10 метровъ, деревянный шестъ, вставленный въ землю вертикально, имѣвшій наверху желѣзный стержень (фиг. 87) съ укрѣпленными на немъ крестъ на крестъ четырьмя металлическими прутами, снабженными каждый двумя развѣтвленіями: эти двѣнадцать развѣтвленій завершались небольшими жестяными ящиками, наполненными металлическими опилками и закрытыми крышками съ 27 металлическими остріями.

Весь описанный нами желѣзный приборъ, завершавшій деревянную жердь, соединялся съ землей посредствомъ цѣпи.

Къ сожалѣнію, открытіе Прокопія Дивиша не пріобрѣло извѣстности. Люди, завидовавшіе ему, возбудили противъ него крестьянъ, которые разломали громоотводъ на части, полагая, что онъ былъ причиной засухи и плохого урожая.

Опытъ Ромаса.

Въ то же время Ромасъ, засѣдатель уѣзднаго суда Нерака, желая усовершенствовать опытъ Далибара и получить атмосферное электричество прямо изъ источника—грозовой тучи, объявилъ 12-го іюля 1752 года о своемъ намѣреніи пустить воздушный змѣй

и посредствомъ его провести электричество до поверхности земли. Послѣ нѣсколькихъ неудачныхъ попытокъ этотъ опытъ, наконецъ, блестяще удался 7-го іюня 1753 года.

Этотъ интересный опытъ, произведенный у городскихъ воротъ въ присутствіи болѣе двухсотъ лицъ, заслуживаетъ подробнаго описанія, такъ какъ онъ показываетъ остроуміе и храбрость Ромаса.

Въ веревку его воздушнаго змѣя была вплетена металлическая проволока: онъ ее прикрѣпилъ къ камню и привязалъ къ ней, въ недалекомъ разстояніи отъ земли, жестяную трубку. Послѣ нѣсколькихъ слабыхъ искръ, которыя присутствующіе извлекли изъ

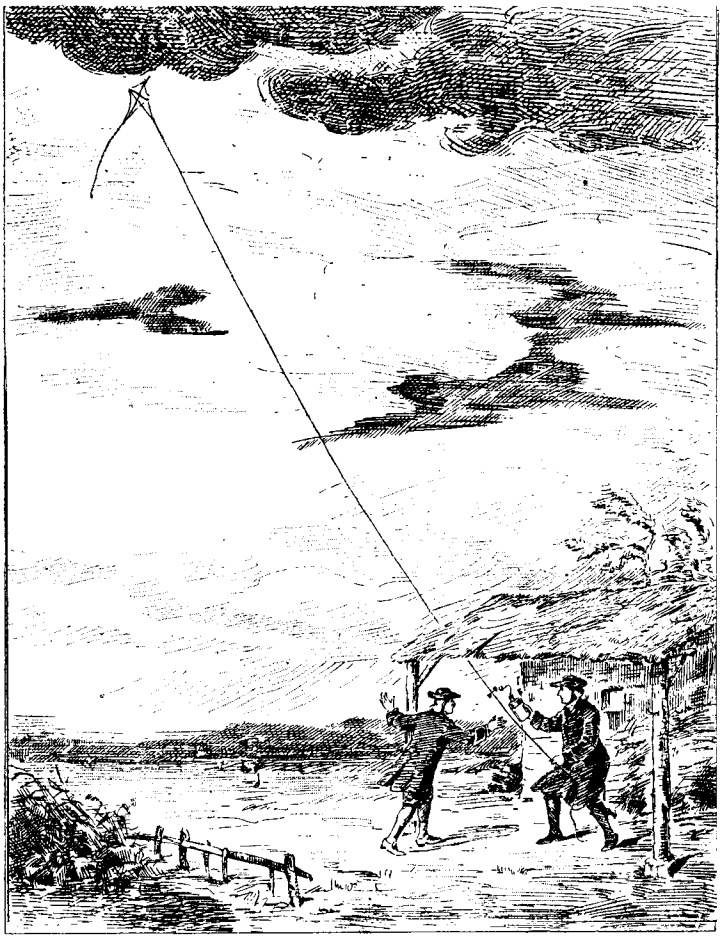


Рис. 88. Опытъ со змѣемъ Франклина.

трубки, изъ нея вылился цѣлый снопъ искръ, отбросившихъ Ромаса; гроза была близка. Нашъ физикъ, нисколько не смутившись, поднялся съ земли, удалилъ на приличное разстояніе зрителей, и одинъ во время грозы, которая постепенно все усиливалась, приблизился со своимъ разрядникомъ: засверкали съ трескомъ настоящія молніи. Электричество струится со всей длины веревки, которая имѣетъ видъ, какъ будто находится въ огнѣ, а Ромасъ чувствуетъ себя какъ бы окутаннымъ паутиной, которая ему указываетъ на опасность; онъ раньше, правда, въ болѣе слабой степени, испыталъ подобное ощущеніе вблизи сильныхъ статическихъ машинъ.

Ромасъ отступаетъ, но продолжаетъ въ вытянутой, на сколько возможно, рукѣ держать разрядникъ на разстояніи приблизительно въ метръ отъ веревки змѣя. Слышится безпрестанный трескъ, солома, которой была усыпана земля, поднимается вихремъ вверхъ; наконецъ, въ ту самую минуту, когда отважный естествоиспытатель считаетъ нужнымъ отойти подальше, вылетаетъ изъ проволоки молнія и поражаетъ землю со страшнымъ трескомъ. Потомъ все стихаетъ, но, когда воздушный змѣй спущенъ на землю, гроза начинается снова.

Ромасъ, не смотря на очевидное доказательство, что грозовую тучу можно разряжать, не рѣшился пока примѣнить свои опыты на практикѣ и ограничился продолженіемъ своихъ наблюденій.

Опытъ Франклина.

Нѣсколькими мѣсяцами раньше, а именно 20-го сентября 1752 года, были произведены подобные же опыты въ Америкѣ.

Веніаминъ Франклинъ вдвоемъ со своимъ сыномъ, безъ постороннихъ свидѣтелей, изъ боязни, что опытъ не удастся, пустилъ въ окрестностяхъ Филадельфіи бумажный змѣй, придерживаемый простою пеньковой веревкой (рис. 88). Употребленіе простой веревки было, конечно, большой ошибкой, и опытъ удался только вслѣдствіе того, что шелъ сильный дождь, смочившій веревку и увеличившій такимъ образомъ ея проводимость. Какъ бы тамъ ни было, Франклинъ вывелъ изъ своего опыта тѣ же заключенія, что и Ромасъ, но только болѣе положительныя; онъ не продолжалъ долго чисто теоретическихъ изслѣдованій и въ 1760 году установилъ первый громоотводъ на домѣ Джона Веста, торговца сукнами въ Филадельфіи. Только лишь былъ установленъ этотъ громоотводъ, какъ въ него ударила молнія и, окрестивъ огнемъ, показала пользу его примѣненія. Съ тѣхъ поръ имя Франклина стало на вѣки знаменитымъ.



Рис. 89. Наконечникъ громоотвода.

Громоотводъ перешелъ въ скоромъ времени изъ Америки въ Англію, затѣмъ въ 1769 году въ Гамбургъ и въ 1776 году въ Баварію. Черезъ два года его примѣнила Венеція для своего флота, а въ 1783 году, обойдя весь свѣтъ, громоотводъ появился и во Франціи.

Обнародованіе этого открытія встрѣтило здѣсь сильную непріязнь и недовольство, которыя трудно было предвидѣть.

Въ Сентъ-Омерѣ толпа народа, находясь подъ властью суевѣрнаго страха, хотѣла воспрепятствовать устройству перваго громоотвода. Она долгое время угрожала дому Буавале и самому хозяину, который, не смотря на народное озлобленіе, велѣлъ установить металлическій стержень надъ своимъ жилищемъ. По этому поводу произошелъ даже любопытный судебный процессъ, проигранный городскимъ муниципалитетомъ: процессъ этотъ, впрочемъ, интересенъ главнымъ образомъ совершенно съ другой точки зрѣнія — его велъ въ то время мало извѣстный адвокатъ Максимильянъ Робеспьеръ.

Въ скоромъ времени та же народная масса сознала свое заблужденіе и стала превозносить похвалами изобрѣтеніе громоотвода, къ которому она незадолго передъ тѣмъ относилась съ большимъ недоброжелательствомъ; она ударилась даже въ противоположную крайность. Каждый желалъ имѣть свой собственный громоотводъ: мужчины прикрѣпляли его къ зонтикамъ, дамы украшали имъ свои шляпы.

Что такое громоотводъ.

Онъ состоитъ изъ трехъ главныхъ частей: стержня, проводовъ и соединенія съ землей.

1) Одинъ или нѣсколько стержней изъ красной мѣди, оканчивающихся иногда платиновыми остріями (рис. 89), помѣщаются на выдающихся частяхъ строенія, которое предполагаютъ защищать отъ ударовъ молніи.

2) Проводы, которые состоятъ или изъ желѣзныхъ полосъ съ прямоугольнымъ сѣченіемъ, или изъ металлическихъ канатовъ (рис. 90), или изъ мѣдныхъ лентъ, должны быть совершенно плотно соединены со стержнями.

Для лучшаго соединенія съ землей употребляютъ большое количество проводовъ. Чѣмъ больше проводовъ, тѣмъ болѣе вѣроятности, что зданіе останется неповрежденнымъ молніею.

3) Наконецъ, соединенія съ землей должны быть устроены очень тщательно. По возможности одно изъ нихъ должно примыкать къ колодцу, заключающему въ себѣ во время самой большой засухи не менѣе одного метра воды. Необходимо также соединить съ главными проводами водопроводныя и газовыя трубы, находящіяся по близости, а также всѣ желѣзные балки и скрѣпы, безъ которыхъ теперь не обходятся при постройкѣ зданій, чтобы все, взятое вмѣстѣ, представляло нѣчто цѣлое и являлось проводникомъ безъ всякаго перерыва.

При громоотводѣ Мельсенса, съ нѣсколькими остріями (рис. 91), оберегаемое отъ молніи строеніе окутывается какъ бы желѣзной сѣткой, хорошо соединенной съ землею.

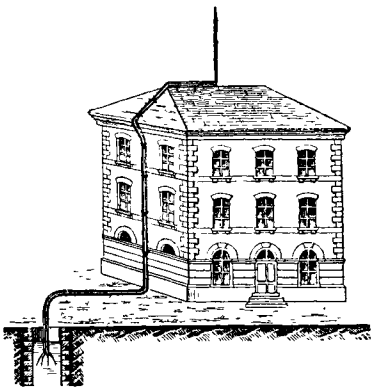


Рис. 90. Устройство громоотвода.

Дѣйствіе громоотводовъ.

Громоотводы предотвращаютъ опасность и охраняютъ отъ нея. Разсмотримъ это поближе:

Громоотводъ нерѣдко мѣшаетъ атмосферному электричеству скоплять въ землѣ зарядъ противоположнаго знака, могущій привести къ разряду; онъ облегчаетъ электричеству возможность пройти спокойно по его острію прямо въ землю. Если электрическое напряженіе тучи очень сильно, но сама туча находится слишкомъ далеко, чтобы произвести разрядъ, электричество земли пройдетъ по стержню и соединится съ электричествомъ воздуха подъ видомъ огней Святого Ельма, которые появляются на остріяхъ громоотвода.

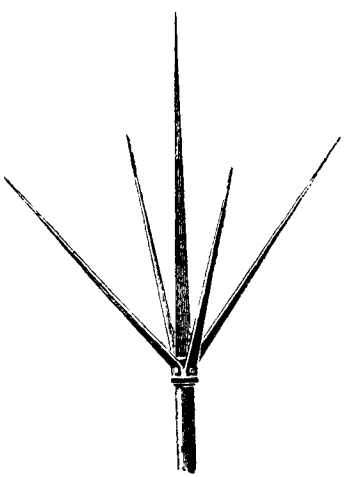


Рис. 91. Громоотводъ Мельсенса.

Если же этотъ обмѣнъ недостаточенъ, чтобы истощить зарядъ грозовой тучи, тогда произойдетъ и въ тучѣ и на землѣ скопленіе противоположнаго электричества и какъ слѣдствіе, — разрядъ между тучей и землей при посредствѣ проводовъ и стержней громоотвода. Всѣ эти явленія появляются также, если приблизить какое-либо металлическое остріе къ кондуктору электростатической машины, находящейся въ дѣйствіи.

Зона защиты громоотводомъ.

Мы скажемъ объ этомъ всего нѣсколько словъ, ибо защитная зона не была еще до сихъ поръ достаточно точно опредѣлена ни для одного громоотвода. Сначала считали ее очень обширной, но вскорѣ пришлось ее сильно ограничить; наблюденія показали, что строенія, построенныя отъ стержня на разстояніи въ три или четыре раза дальше, чѣмъ его высота надъ землей, поражаются молніей. До 1843 года полагали, что окружность защиты равняется двойной вышинѣ стержня. Но около того же времени англійскій ученый Сновъ Грпсъ доказалъ, что можно разсчитывать только на такую

окружность, которая равняется вышинѣ громоотвода. Если, напримѣръ, громоотводъ помѣщенъ на колокольнѣ, вышиною въ тридцать метровъ, онъ защититъ на землѣ окружность тоже въ тридцать метровъ.

Въ результатѣ скажемъ для краткости, что теперь общепринятое мнѣніе слѣдующее: защита не распространяется за окружность, равную вышинѣ стержня, т. е. на разстояніи отъ 8 до 10 метровъ отъ основанія громоотвода; громоотводъ защищаетъ только ту часть зданія, на которой онъ находится. Поэтому необходимо увеличивать число стержней на зданіяхъ большихъ размѣровъ. Вообще же, при сомнѣніи, лучше вѣрить въ худшее, нежели въ лучшее, пока не будетъ доказано противное.

Провѣрка громоотводовъ.

Провѣрять громоотводы необходимо часто и тщательно. Самое простое средство провѣрки соединить стержень громоотвода съ одной изъ проволокъ электрическаго звонка, другая проволока котораго соединена съ полюсомъ элемента, сообщеннаго съ влажной почвой или почвенной водой.

Если звонокъ звонитъ, значитъ, провода въ порядкѣ (рис. 92).

Можно ли, однако, вполнѣ полагаться на этотъ опытъ? Далеко не всегда, такъ какъ, если ржавчина покроетъ часть проводовъ и они будутъ соприкасаться другъ съ другомъ только частью, звонъ будетъ слышенъ, а между тѣмъ громоотводъ испорченъ.

Затѣмъ, этотъ опытъ не можетъ доказать, что всѣ металлическія части дома хорошо соединены съ проводами. Слѣдовательно, лучшее средство провѣрить громоотводъ, убѣдиться собственными глазами въ хорошемъ состояніи соединеній и спаекъ.

Что же касается до соединенія съ землей, то слѣдуетъ провѣрить спеціальными инструментами сопротивленіе земли, подземныхъ проводовъ и металлическихъ пластинъ.

Дѣйствительность громоотводовъ.

Изъ исторіи мы знаемъ, что прусскій король Фридрихъ II охотно позволялъ своимъ подданнымъ устраивать на ихъ домахъ громоотводы, но строго запретилъ ставить его у себя во дворцѣ. Въ дѣйствительности, громоотводы защищаютъ зданія, на которыхъ поставлены, при условіи, конечно, полной исправности.

Самыми лучшими громоотводами, однако, являются громоотводы естественные, которые вполнѣ обезпечиваютъ человѣка отъ опасности молніи. Въ городахъ ихъ составляютъ всякіе флюгера, печныя трубы и всевозможныя острія, торчащія кверху, которые всегда разряжаютъ грозовыя тучи и никогда не даютъ скопляться слишкомъ большому количеству электричества.

Туманы съ дымомъ и металлической пылью, поднимающіеся надъ современными городами, служатъ также хорошими проводниками атмосфернаго электричества, которое проходитъ иногда въ этихъ случаяхъ безъ явленій разряда. Да и грозы проносятся теперь рѣже надъ большими городами, а если и бываютъ, то сила ихъ несравненно слабѣе, чѣмъ прежде; опасность отъ нихъ въ наше время уменьшилась.

Со времени постройки желѣзныхъ дорогъ было замѣчено, что рельсы прекрасные проводники, и такъ какъ они лишь въ очень рѣдкихъ случаяхъ нигдѣ не соприкасаются съ сырыми мѣстами, поѣзда не могутъ претерпѣвать отъ молніи большихъ несчастій.

Однако, 5-го іюня 1892 года, начальникъ станціи въ Лейпцигѣ получилъ съ трехъ станцій на своей линіи телеграммы, извѣщавшія его, что двухчасовой поѣздъ пронесся мимо этихъ станцій полнымъ ходомъ, не останавливаясь согласно росписанію. Испуганный начальникъ станціи приказалъ стрѣлочникамъ направить прибывающій поѣздъ въ ту-

никъ, оканчивающійся въ пустырѣ за вокзаломъ. Однако, было поздно, послышался приближающійся грохотъ, и поѣздъ, какъ молнія, промчался подъ стеклянной аркой вокзала среди криковъ перепуганныхъ пассажировъ. Локомотивъ налетѣлъ на пустые вагоны, стоявшіе на пути, перевернулся, и котелъ его взорвало съ сильнымъ трескомъ. Образо-

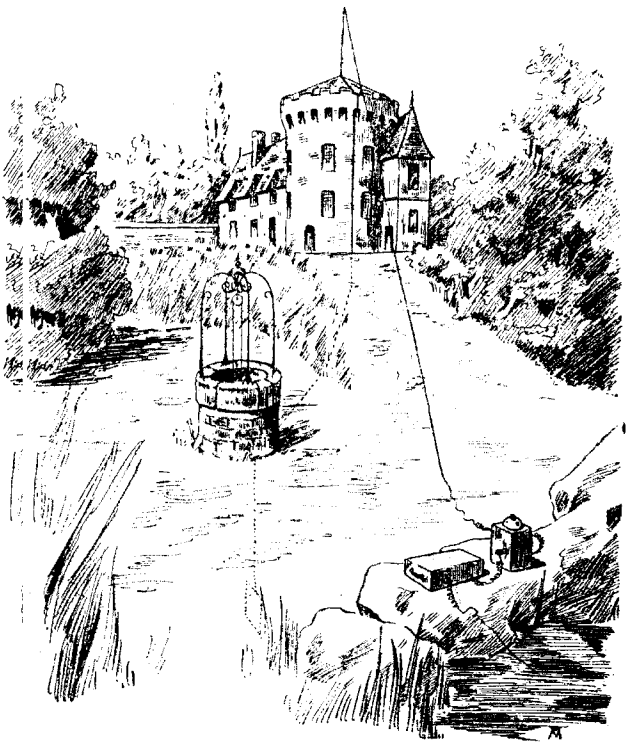


Рис. 92. Провѣрка громоотвода.

вался невообразимый хаосъ. Оказалось, что въ дорогѣ молнія ударила въ поѣздъ и убила на мѣстѣ и машиниста и кочегара.

Въ деревняхъ и на дачахъ, гдѣ молніи слѣдуетъ болѣе опасаться, чѣмъ въ городѣ, деревья защищаютъ отдѣльные дома. Если съ одной и той же стороны, предпочтительнѣе съ юго-восточной, откуда чаще идутъ грозы, находится болото или колодезь и въ то же время рядомъ съ ними растутъ тополя, то можно не опасаться молніи: она ударитъ непремѣнно въ дерево и перейдетъ затѣмъ въ воду.

III.

Телеграфъ.

Первыя попытки.

Тезей, отправляясь сражаться съ Минотавромъ, чтобы освободить аѳинянъ отъ постыдной дани, которую они выплачивали ежегодно этому чудовищу, обѣщалъ своему отцу на возвратномъ пути поставить на своемъ кораблѣ въ случаѣ удачи вмѣсто черныхъ парусовъ паруса бѣлые. Исторія повѣствуетъ далѣе, что Тезей, опьяненный радостью побѣды, позабылъ о своемъ обѣщаніи, и отецъ его, Эгей, завидѣвъ возвращающійся корабль сына съ черными парусами, съ горя и отчаянія бросился въ море.

Въ мѳахъ еще болѣе раннихъ, чѣмъ только-что нами приведенный, есть указанія, что для оповѣщенія войскъ о наступленіи врага передовые отряды зажигали на возвышенностяхъ огни... Это были зачатки быстрой передачи извѣстій на разстояніе, первые зачатки телеграфа, телеграфа случайнаго и совершенно условнаго. Помощью костра или факела можно было только извѣстить о наступленіи какого-либо одного, заранѣе уговоромъ опредѣленнаго событія, подать сигналъ къ какому-либо одному также заранѣе опре-

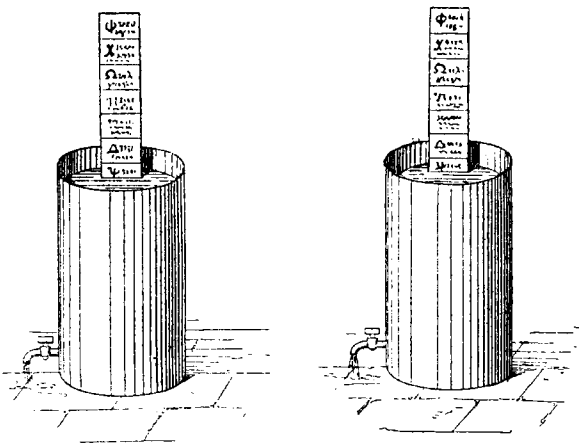


Рис. 93. Телеграфъ Энея Тактика.

дѣленному дѣйствію и т. д. Въ подобныхъ случаяхъ и теперь прибѣгаютъ къ аналогичнымъ простымъ мѣрамъ. Но уже задолго до Рождества Христова дѣлались попытки и къ сообщенію на большое разстояніе болѣе сложныхъ и разнообразныхъ извѣстій.

Въ IV вѣкѣ до Р. Х., по словамъ Полибія, Эней Тактикъ предложилъ слѣдующую систему телеграфа: на двухъ башняхъ, находящихся одна отъ другой на большемъ или



Рис. 94. Телеграфъ Клеомена и Демокрита.

меньшемъ разстояніи, имѣется по факелу и по сосуду совершенно одинаковаго объема съ одинаковыми же кранами въ нижней части (рис. 93). Въ сосуды эти наливается до верху вода и въ нее опускается поплавокъ изъ пробки съ прикрѣпленной на ней линейкой съ дѣленіями. Каждое дѣленіе линейки соотвѣтствуетъ извѣстной фразѣ. На первой башнѣ, желая передать какое-либо извѣстіе на вторую, прежде всего зажигаютъ факелъ. Зажженный факелъ на второй башнѣ показываетъ, что сигналъ замѣченъ.

Въ моментъ появленія огня на второй башнѣ наблюдатели открываютъ краны каждый у своего сосуда съ водой, а факелы тушатся или чѣмъ-либо прикрываются. Наблюдатель первой башни слѣдитъ теперь за своимъ поплавкомъ, который, по мѣрѣ вытеканія воды, опускается все ниже и ниже. Когда при этомъ дѣленіе, отвѣчающее передаваемой фразѣ, опустится до уровня борта сосуда, наблюдатель первой башни снова показываетъ зажженый факелъ и тѣмъ приглашаетъ принимающій телеграмму постъ закрыть кранъ сосуда. При равныхъ размѣрахъ сосудовъ и одинаковой скорости истеченія воды на второмъ посту поплавокъ въ это время оказывается опустившимся на тотъ же уровень, что и на первомъ. Телеграмма передана.

Въ слѣдующемъ III вѣкѣ, Клеоменъ и Демокритъ пошли дальше и предложили телеграфъ азбучный. Вся азбука дѣлилась на группы по пяти буквъ въ каждой. Каждая группа и каждая буква въ ней обозначалась номеромъ. При передачѣ буквы, сигнальщикъ слѣва отъ себя поднималъ число сигналовъ, отвѣчающее № группы, къ которой принадлежитъ передаваемая буква, а справа такъ же точно обозначалъ порядокъ буквы въ группѣ. Сигналами служили факелы. Вся система дополнялась еще парой на каждой станціи наблюдательныхъ трубъ (рис. 94).

Римляне усовершенствовали систему Клеомена и Демокрита и приспособили къ подобнаго рода сигналамъ цѣлый рядъ башенъ (рис. 95).

Галлы также пользовались огнями для переговоровъ, разводя костры не только на возвышенностяхъ, но и на особыхъ, спеціально съ этой цѣлью выстроенныхъ, башняхъ.

Дальнѣйшее развитіе телеграфа было задержано надолго великимъ переселеніемъ народовъ, и снова толчекъ ему былъ данъ только въ XV и XVI столѣтіяхъ изобрѣтеніемъ вогнутыхъ зеркалъ и подзорной трубы. Въ XVIII столѣтіи была сдѣлана попытка передавать на большія разстоянія непосредственно звуки при помощи длинныхъ трубъ. Всѣ эти попытки, однако, были только куріозны, иногда остроумны, но всегда не практичны. Первый практичный телеграфъ былъ устроенъ священникомъ Клодомъ Шаппомъ.

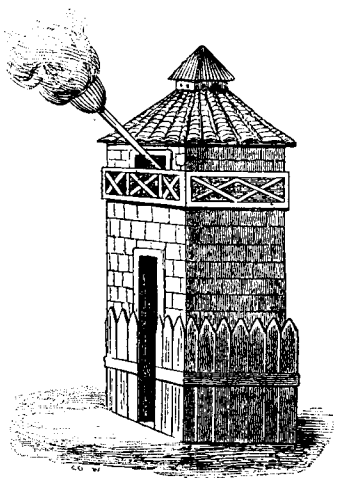


Рис. 95. Римскій телеграфъ по изображенію на колоннѣ Траяна.

Воздушный телеграфъ Клода Шаппа.

Хотя нѣкоторые историки и утверждаютъ, что Шаппъ еще мальчикомъ пробовалъ вести разговоры со своими братьями при помощи трехъ линеекъ, укрѣпленныхъ на высокомъ вертикальномъ шестѣ, однако, нѣтъ сомнѣнія, что въ зрѣломъ возрастѣ въ своихъ первыхъ попыткахъ передавать извѣстія быстро и на большія пространства онъ обратился и совершенно неудачно къ помощи статическаго электричества. Только въ 1790 году имъ былъ устроенъ первый воздушный, оптическій телеграфъ, представлявшій изъ себя циферблатъ съ передвигаемыми по немъ съ помощью механическихъ приспособленій стрѣлками (рис. 96). Только послѣ цѣлаго ряда измѣненій и передѣлокъ, Шаппу къ концу 1791 года удалось устроить оптическій телеграфъ въ томъ видѣ, въ которомъ онъ затѣмъ примѣнялся въ продолженіе значительнаго періода времени и успѣлъ распространиться по всему свѣту. Смѣнилъ оптическій безпроводный телеграфъ Шаппа только телеграфъ проволочный, электрическій, смѣнилъ съ тѣмъ, чтобы, повидимому, въ скоромъ времени быть самому смѣненному снова безпроводнымъ, но уже не оптическимъ, а электрическимъ телеграфомъ Маркони и Попова.

Первый опытъ съ оптическимъ телеграфомъ Шаппа въ присутствіи комиссіи изъ трехъ членовъ конвента, Лаканаля, Дону и Арбога, былъ произведенъ 12 іюня 1793 года

между Сенъ-Мартель-дю-Тертръ и Менильмонтаномъ. 25 іюля того же года конвентъ слушалъ одобрительный отзывъ комиссіи объ этомъ испытаніи и постановилъ ввести въ употребленіе во Франціи телеграфъ Шаппа, которому конвентъ тутъ же далъ званіе телеграфнаго инженера.

Первая линія телеграфа была устроена между Парижемъ и Лиллемъ; она стоила Клоду Шаппу и его братьямъ страшныхъ усилій; приходилось считаться съ невѣжественнымъ страхомъ передъ непонятными сигналами крестьянъ, кой-гдѣ оказавшихъ сопротивленіе силой устройству башенъ; рабочихъ собрать было трудно, да и согласившіеся ра-



Рис. 96. Первоначальный видъ телеграфа Шаппа.

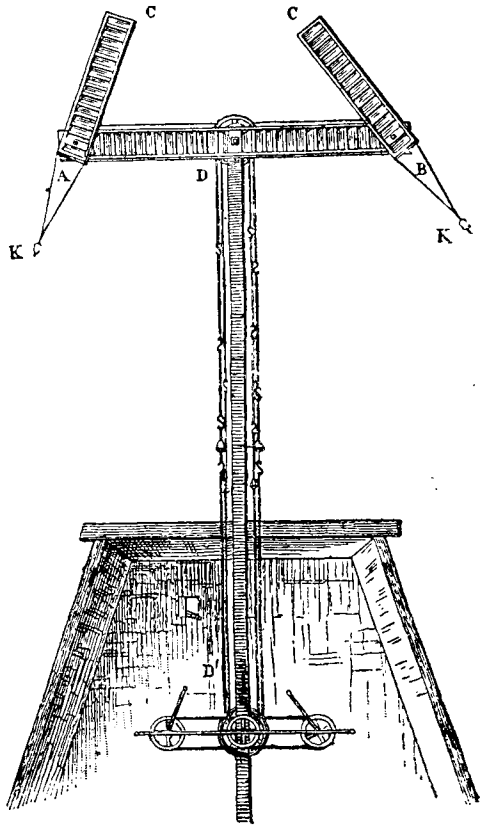


Рис. 97. Воздушный телеграфъ Шаппа.

ботать, при каждомъ удобномъ случаѣ, разбѣгались на митинги и въ процвѣтавшіе въ то время политическіе клубы.

Шестнадцать постовъ линіи были окончены только къ 28-му ноября 1794 года. Черезъ два дня линія была, можно сказать, побѣдоносно освящена, такъ какъ 30-го ноября, при громѣ аплодисментовъ депутатовъ, взошелъ на трибуну конвента Карно и растроганнымъ голосомъ прочелъ извѣстіе о томъ, что Конде сдался республиканской арміи; эта была первая депеша, посланная изъ Лилля съ башни св. Екатерины въ 8 ч. утра, прошедшая черезъ всѣ посты и полученная въ Луврѣ въ одиннадцать часовъ дня.

Воздушный телеграфъ Клода Шаппа состоитъ (рис. 97) изъ вертикальной мачты, поднимающейся на четыре, пять метровъ надъ крышей башни. На верху этой мачты имѣется перекладина, подвижная около своей средней части. Эта перекладина можетъ описывать полный кругъ около своей горизонтальной оси; на концахъ ея прикрѣплены двѣ меньшихъ, также подвижныхъ планки. Положеніе какъ средней планки (индикатора),

такъ и боковыхъ (регуляторовъ) можно измѣнять при помощи веревокъ и системы блоковъ снизу, отъ основанія мачты. Здѣсь имѣлись также индикаторъ и регуляторы маленькихъ размѣровъ, но строго въ своихъ движеніяхъ слѣдовавшіе за верхними линейками. Имѣя ихъ передъ глазами, телеграфистъ провѣрялъ воспринимаемые имъ при посредствѣ зрительной трубы и передаваемые дальше сигналы. При помощи линеекъ Шанпа можно передавать 196 разныхъ знаковъ. Существовало нѣсколько словарей: первый сигналъ показывалъ, какой именно словарь нужно открыть, второй — указывалъ страницу, а третій — номеръ по этой страницѣ переданнаго слова или фразы. Много разъ словари эти мѣнялись; была создана даже единственная общая азбука, что сильно ускорило телеграфированіе и дало возможность съ бо̀льшимъ успѣхомъ пользоваться тѣмъ сравнительно небольшимъ количествомъ времени, когда состояніе атмосферы позволяло различать передаваемые сигналы съ одной башни на другую. Старики вспоминаютъ еще и теперь о частыхъ задержкахъ телеграммъ, происходившихъ вслѣдствіе бурь, дождей и непогодъ; «сообщеніе прервано вслѣдствіе тумана» одна изъ немногихъ извѣстныхъ промежуточ-

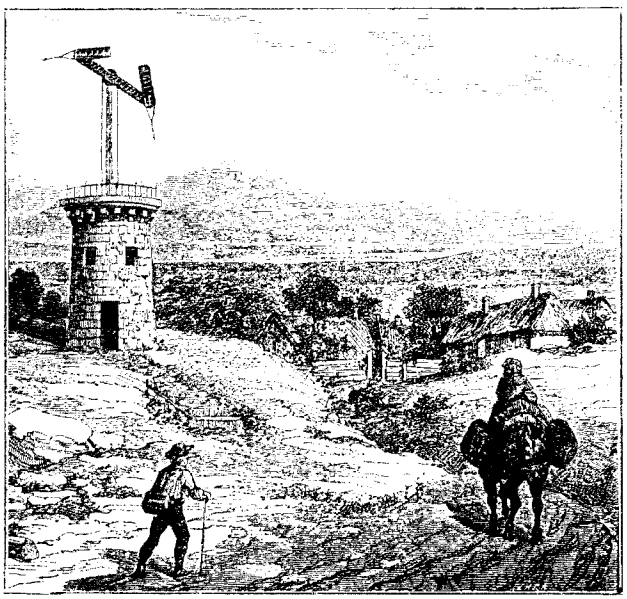


Рис. 98. Станція воздушнаго телеграфа.

нымъ станціямъ фразъ, всего, кажется, чаще передавалась по линіи оптическаго телеграфа. Вслѣдствіе большого успѣха телеграфа Шанпа во Франціи и Алжирѣ (рис. 98 и 99), онъ былъ вскорѣ принятъ и примѣненъ въ Италіи, Испаніи, Египтѣ и Германіи. Англія, Швеція и Россія примѣнили его нѣсколько позже и съ нѣкоторыми измѣненіями. Оптическій телеграфъ былъ примѣненъ послѣдній разъ во время осады и взятія Севастополя. Кое-гдѣ до сихъ поръ можно найти сохранившимися башни воздушнаго телеграфа, но на нихъ не видно уже прежняго таинственнаго передвиженія крыльевъ.

Исторія изобрѣтенія электрическаго телеграфа.

Мы говорили выше о неудачной попыткѣ Шанпа примѣнить къ телеграфированію статическое электричество; болѣе удачны были примѣненія его однимъ женевцемъ, Жоржемъ Лезажемъ. Этому послѣднему удалось передавать знаки изъ одной комнаты въ другую при помощи электроскоповъ; на болѣе далекія растоянія аппаратъ оказался совершенно не примѣнимымъ.

Открытіе вольтова столба и гальваническаго тока въ 1800 году дало толчекъ новымъ попыткамъ устройства электрическаго телеграфа. Уже въ 1802 году нѣкоему отставному военному комиссару Жану-Александру удалось устроить телеграфъ съ циферблатомъ, но, не видя къ своимъ идеямъ и планамъ никакого сочувствія и не встрѣчая ни въ комъ ни нравственной, ни матеріальной поддержки, онъ не сумѣлъ убѣдить современниковъ въ пользѣ и цѣлесообразности своего изобрѣтенія и умеръ въ бѣдности и неизвѣстности. У потомковъ его и его сотрудника Бовэ можно видѣть въ настоящее время чертежи неоконченнаго телеграфа и относящіяся къ нимъ бумаги.

Въ 1809 году, баварскій анатомъ докторъ Земмерингъ представилъ баварской академіи проектъ телеграфа, основаннаго на химическомъ дѣйствіи тока, на разложеніи воды, которое на пріемной станціи проявлялось поднимающимися пузырьками газа. Телеграфъ Земмеринга не имѣлъ практическаго значенія, такъ какъ для каждой буквы при немъ при-

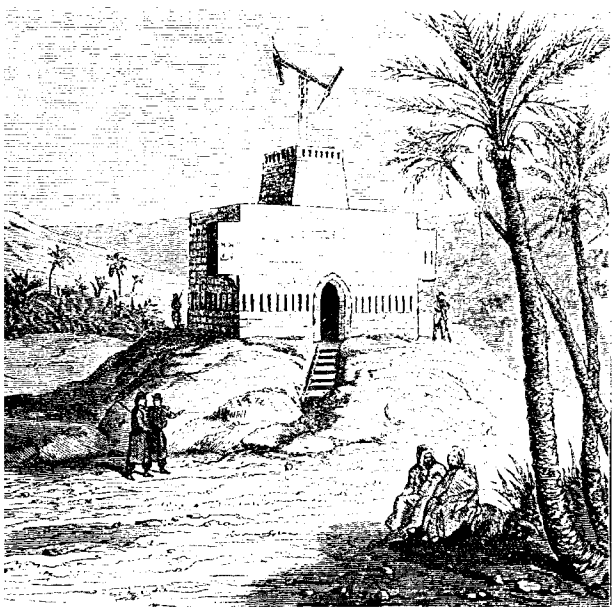


Рис. 99. Станція воздушнаго телеграфа.

ходилось проводить отдѣльную проволоку. Швейгеръ, будущій изобрѣтатель мультипликатора, устранилъ это неудобство, онъ употреблялъ въ своей системѣ только два электрода съ двумя проволоками, а для различія между буквами измѣнялъ продолжительность разложенія воды и выдѣленія пузырьковъ газа, передавалъ выдѣленія газа съ одного электрода на другой и различнымъ образомъ комбинировалъ эти перемѣны.

У доктора Земмеринга былъ знакомый—русскій чиновникъ, баронъ Павелъ Львовичъ Шиллингъ. Посѣщая Мюнхенъ, баронъ Шиллингъ имѣлъ случай видѣть у Земмеринга въ дѣйствіи его телеграфъ, чрезвычайно имъ заинтересовался и привезъ проектъ его въ Россію, гдѣ и представилъ Императору. Съ этихъ поръ мысль воспользоваться электрическимъ токомъ для телеграфнаго сообщенія больше не покидала барона Шиллинга, и онъ со страстностью принялся самъ за разрѣшеніе этого вопроса.

Между тѣмъ Эрстедтъ открылъ отклоненіе магнитной стрѣлки, Швейгеръ изобрѣлъ мультипликаторъ, а Амперъ въ такихъ выраженіяхъ указывалъ на возможность телеграфированія при помощи отклоненія магнитной стрѣлки: «съ помощью такого количества проводовъ изъ проволокъ и магнитныхъ стрѣлокъ, сколько существуетъ буквъ въ азбукѣ,

гальваническаго элемента, установленнаго вдали отъ стрѣлокъ и сообщаемаго по желанію съ концами любыхъ проводовъ, можно устроить родъ телеграфа и съ помощью его передавать на любое разстояніе, черезъ любыя препятствія слова и фразы». Дальше этого утвержденія Амперъ не шелъ и предложенія своего на опытѣ не исполнилъ. Первый телеграфъ, указанія котораго были основаны на отклоненіи магнитной стрѣлки, построилъ выше упоминавшійся нами баронъ Шиллингъ. Изобрѣтеніе это было сдѣлано имъ въ началѣ тридцатыхъ годовъ XIX столѣтія.

Телеграфъ Шиллинга (рис. 101) состоялъ изъ магнитныхъ стрѣлокъ, которыя подвѣшивались на шелковыхъ нитяхъ и двигались внутри мультипликаторовъ, т. е. плоскихъ катушекъ изъ большого числа оборотовъ проволоки. Со станціи отправленія пропускали токъ черезъ тотъ или другой мультипликаторъ и, смотря по направленію тока, этимъ вы-



Рис. 100. Баронъ Шиллингъ, изобрѣтатель электрическаго телеграфа.

зывали отклоненіе стрѣлки вправо или влѣво. Чтобы сдѣлать движеніе стрѣлокъ болѣе замѣтнымъ, Шиллингъ прикрѣплялъ къ нимъ картонные диски съ различно окрашенными поверхностями. Когда стрѣлка была въ покоѣ, дискъ былъ обращенъ къ наблюдателю ребромъ, а при отклоненіи стрѣлки онъ поворачивался къ наблюдателю въ зависимости отъ направленія отклоненія той или другой своей окрашенной въ разный цвѣтъ стороною. Первый телеграфъ Шиллинга былъ снабженъ пятью стрѣлками, впослѣдствіи число ихъ было сведено до одной.

Телеграфъ Шиллинга также не получилъ примѣненія, но съ нимъ познакомился англичанинъ В. Кукъ и тотчасъ же понялъ все его значеніе. Пригласивъ въ сотрудники опытнаго физика Витстона, онъ сталъ разрабатывать и улучшать изобрѣтеніе русскаго ученаго и въ 1837 году патентовалъ свой телеграфъ съ пятью стрѣлками. Въ томъ же

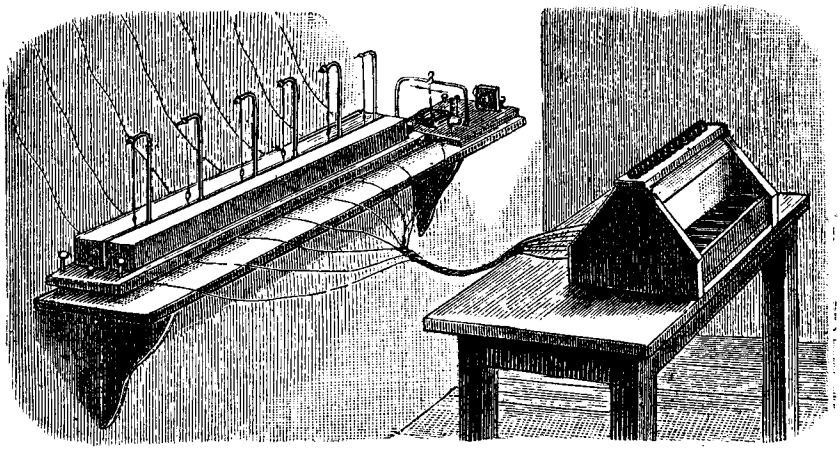


Рис. 101. Телеграфный аппаратъ барона Шиллинга.

году телеграфъ этотъ получилъ первое практическое примѣненіе на одномъ изъ участковъ бирмингамской желѣзной дороги.

Съ этого момента судьба электрическаго телеграфа была обезпечена; работы К. Штейнгеля, а затѣмъ изобрѣтеніе американцемъ Морзе пишущаго телеграфа сдѣлали способъ быстрой передачи извѣстій на большое разстояніе удобнымъ и недорогимъ.

Принципъ устройства электрическаго телеграфа.

Въ своемъ мѣстѣ мы показали, что̀ такое электромагнитъ, и знаемъ, что онъ представляетъ изъ себя кусокъ мягкаго желѣза, обмотанный изолированной проволокой. Пока по этой проволокѣ проходитъ токъ, желѣзо пріобрѣтаетъ магнитныя свойства; съ прекра-

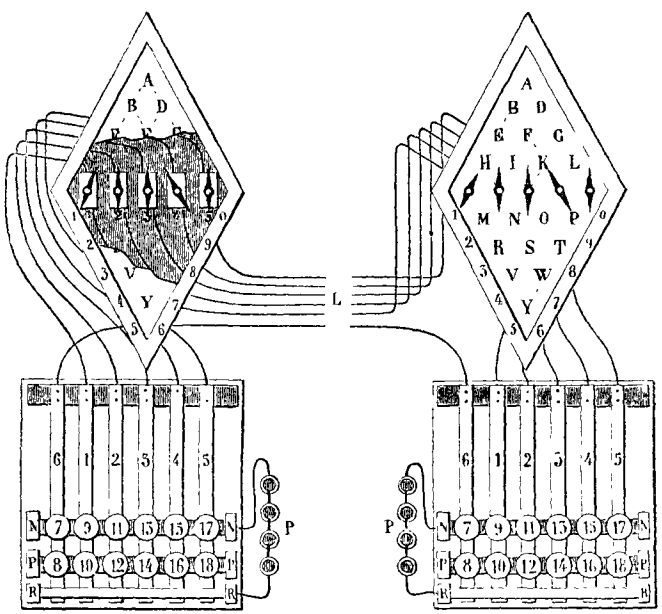


Рис. 102. Телеграфъ Витстона и Кука съ пятью стрѣлками.

щеніемъ тока, магнитныя свойства желѣза пропадаютъ. Если мы желаемъ воспользоваться гальваническимъ токомъ для передачи извѣстій изъ мѣста А въ В, то въ А мы устанавливаемъ батарею изъ элементовъ и соединяемъ ее проволоками съ обмоткой электромагнита, установленнаго въ В. Около электромагнита мы помѣщаемъ небольшой якорь—желѣзную пластинку, удерживаемую на незначительномъ отъ электромагнита разстояніи возможно слабой пружинкой. Замыкая токъ въ А, мы сообщаемъ сердцевинной полосѣ электромагнита въ В магнитныя свойства, и она сейчасъ же притягиваетъ къ себѣ якорь. Размыкаемъ токъ въ А, магнитныя свойства пропадаютъ, и якорь силою пружинки отъ электромагнита отодвигается. Это движеніе якоря легко можетъ быть приспособлено къ

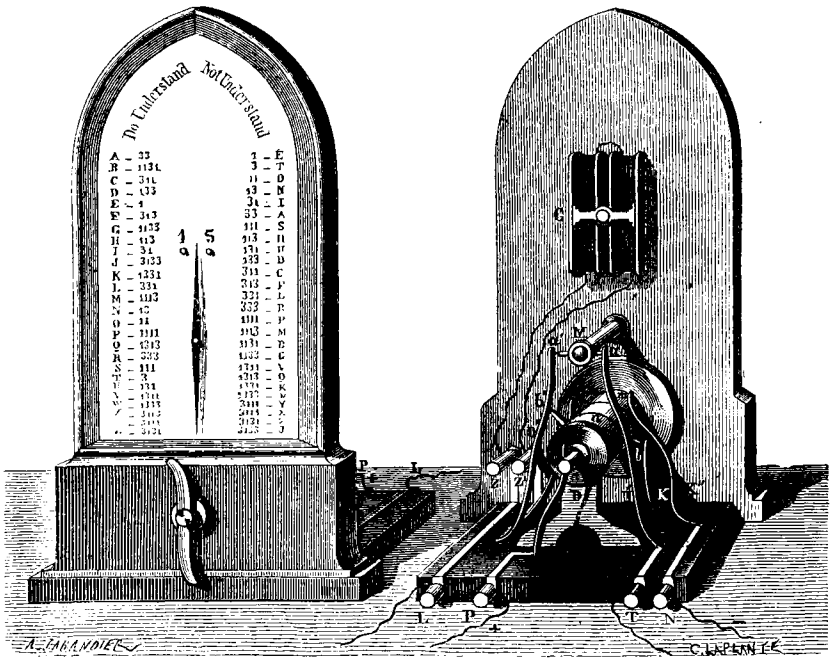


Рис. 103. Телеграфъ Витстона и Кука съ одной стрѣлкой.

подаванію тѣхъ или другихъ знаковъ или сигналовъ, напр. къ передвиженію стрѣлки по циферблату и т. п.

Однако, какъ мы видѣли, первые телеграфы примѣняли гальваническій токъ прямо къ дѣйствію на магнитную стрѣлку.

Во всѣхъ системахъ электрическаго телеграфа можно различать слѣдующія главныя составныя части: источникъ тока — обыкновенно батарея гальваническихъ элементовъ, рѣже индукціонная машина, провода — проволоки, соединяющія станціи, манипуляторъ — приборъ, помощью котораго передаютъ сигналы, и пріемникъ — приборъ, воспринимающій передаваемые сигналы и знаки. Съ частями второстепеннаго значенія мы познакомимся далѣе при описаніи различныхъ системъ телеграфовъ.

Телеграфъ Витстона и Кука.

Въ началѣ телеграфъ этотъ устраивался съ пятью гальванометрами, что̀ требовало пяти отдѣльныхъ проводовъ и шестого обратнаго общаго. Рисунокъ 102-й представляетъ схематически двѣ станціи этого телеграфа. Стрѣлки укрѣплены на поверхности ромбоидальнаго циферблата, на которомъ въ правильномъ порядкѣ изображены буквы алфавита. Нажатіемъ клавишей манипулятора пропускаютъ токъ въ два гальванометра и при томъ въ

направленіяхъ противоположныхъ (гальванометры расположены сзади циферблата). Соотвѣтствующія гальванометрамъ стрѣлки наклоняются другъ къ другу и указываютъ на одну какую-либо букву, на нашемъ рисункѣ, напримѣръ, стрѣлки 1 и 4 указываютъ на букву B. Отклоненіемъ одной какой-либо стрѣлки производятся указанія на изображенныя внизу ромба цифры.

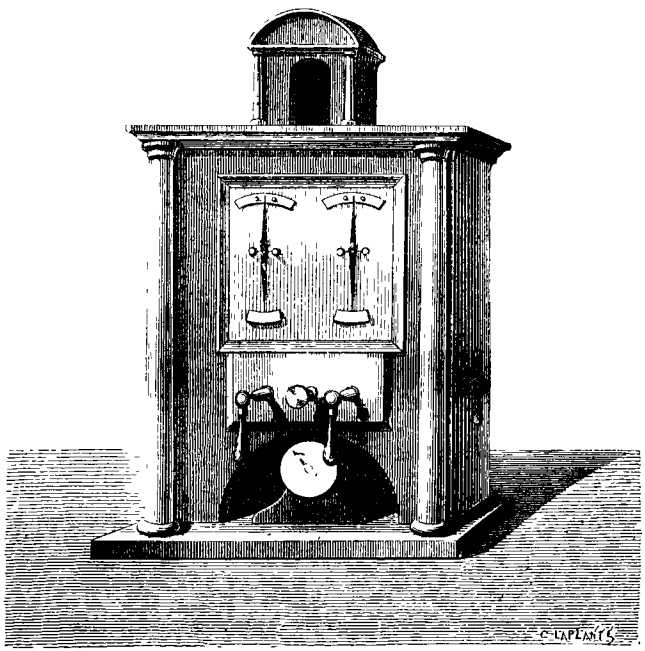


Рис. 104. Телеграфъ Витстона и Кука съ двумя стрѣлками.

Телеграфъ, только что описанный, хотя и примѣнялся на практикѣ, но оказался слишкомъ дорогимъ, требуя много проводовъ. Изобрѣтатели въ довольно скоромъ времени замѣнили его телеграфомъ съ одной стрѣлкой (рис. 103). Лѣвая часть рисунка представляетъ видъ аппарата спереди. По серединѣ таблицы имѣется стрѣлка гальванометра, отклоненія которой ограничены съ обѣихъ сторонъ костяными штифтиками 1 и 3[1]. Внизу таблицы имѣется рукоятка манипулятора, поворотъ которой въ ту или другую сторону вызываетъ отклоненія въ ту же сторону стрѣлки.

Комбинируя направленіе и число отклоненій (ихъ не приходится дѣлать выше четырехъ), можно передавать всѣ буквы алфавита, цифры и условные знаки. Отклоненія влѣво обозначаются цифрой 1, а отклоненія вправо цифрой 3. Такимъ образомъ, два отклоненія вправо и одно отклоненіе влѣво могутъ быть обозначены 331; какъ правая таблица пріемнаго аппарата показываетъ, это число отвѣчаетъ буквѣ L.

Правая часть рисунка 103-го представляетъ аппаратъ сзади, и на немъ хорошо видно устройство манипулятора-коммутатора. G—мультипликаторъ съ астатическими стрѣлками, одна изъ которыхъ служитъ указателемъ; къ нему идетъ токъ съ другой станціи. Самъ коммутаторъ или манипуляторъ изображенъ внизу рисунка. Онъ состоитъ изъ буковаго цилиндра, ось котораго вращается въ металлическихъ подшипникахъ. Поворачиваніе этого цилиндра достигается помощью упоминавшейся нами рукоятки. По краямъ цилиндръ этотъ обернутъ двумя другъ отъ друга изолированными металлическими листочками m и n. Подшипникъ D находится въ постоянномъ контактѣ съ пружиной R и листочкомъ n. Листочки n и m снабжены остріями b и b′, которые могутъ при извѣстномъ положеніи коммутатора приходить въ соприкосновеніе, первое съ пружиной K, а второе съ пружиной U. Листочекъ m, кромѣ того, находится въ постоянномъ контактѣ съ пружиной K″. Повыше коммутатора имѣется металлическій стержень M съ двумя горизонтально повернутыми остріями a и a′ на концѣ; въ зависимости отъ положенія манипулятора или a соприкасается съ пружиной U или a′ съ пружиной U′. Проволоки отъ гальванометра прикрѣпляются къ зажимамъ Z и Z′, изъ которыхъ Z, въ свою очередь, соединенъ съ зажимомъ L, откуда идетъ проводъ на сосѣднюю станцію, а Z′ съ пружинами U′K′ и положительнымъ полюсомъ батареи. Съ другой стороны, пружины UK соединены съ обратнымъ проводомъ T, а пружина K″ съ отрицательнымъ полюсомъ батареи.

[1] На рисункѣ ошибочно обозначено: 1 и 5.

Представимъ себѣ теперь, что рукоятка коммутатора стоитъ вертикально; въ этомъ случаѣ въ вертикальномъ положеніи оказываются и острія b и b', металлическія части коммутатора не находятся въ соединеніи, токъ не замкнутъ, и стрѣлка гальванометра находится въ покоѣ.

Повернемъ рукоятку вправо (какъ разъ въ этомъ положеніи комутаторъ изображенъ на рисункѣ 103-мъ), штифты b и b' упрутся въ пружины K и U' и отодвинутъ эту послѣднюю отъ контакта a' стержня M. Токъ при этомъ пойдетъ черезъ части прибора (обозначаемъ ихъ буквами рисунка) въ такомъ направленіи: PRDnb'Ž'GZL; затѣмъ токъ по проводу пойдетъ на сосѣднюю станцію, отклонитъ тамъ стрѣлку гальванометра въ ту же сторону, что̀ и на первомъ приборѣ и, по T вернувшись на станцію отправленія, замкнетъ кругъ черезъ TKbmK''N.

При поворотѣ рукоятки влѣво, направленіе тока будетъ измѣнено, такъ какъ штифты b и b' упрутся въ пружины K' и U и отведутъ эту послѣднюю отъ стержня M. Токъ въ этомъ случаѣ будетъ слѣдовать направленію: NK''mbK'Z'GZL и обратно TUb'nRP. Стрѣлка гальванометра отклонится въ сторону обратную отклоненію предыдущему.

При однострѣлочномъ телеграфѣ, число колебаній стрѣлки въ одну сторону пришлось, какъ мы говорили выше, допустить до четырехъ, а всего въ комбинаціяхъ до восьми.

Чтобы уменьшить число колебаній, а слѣдовательно ускорить передачу депешъ, Витстонъ и Кукъ дѣлали также двухстрѣлочный телеграфъ (рис. 104). Телеграфистъ на немъ работаетъ одновременно обѣими руками и при помощи двухъ коммутаторовъ заразъ заставляетъ отклоняться обѣ стрѣлки. Комбинація движеній двухъ стрѣлокъ позволяетъ уменьшить нужное для передачи всѣхъ буквъ азбуки число колебаній для каждаго знака.

Во Франціи, Фой и Брегетъ вмѣсто стрѣлокъ примѣнили линеечки, совершенно подобныя линейкамъ оптическаго телеграфа Шаппа (рис. 105). Азбука была принята та же, что̀ у Шаппа.

Замѣна обратнаго провода соединеніемъ съ землей.

Мы видѣли, что первые телеграфы требовали большого числа проволокъ; телеграфы съ одной стрѣлкой требовали уже только двухъ проводовъ, изъ которыхъ одинъ, «обратный проводъ», служилъ для обратнаго возвращенія тока на ту станцію, съ которой онъ былъ посланъ.

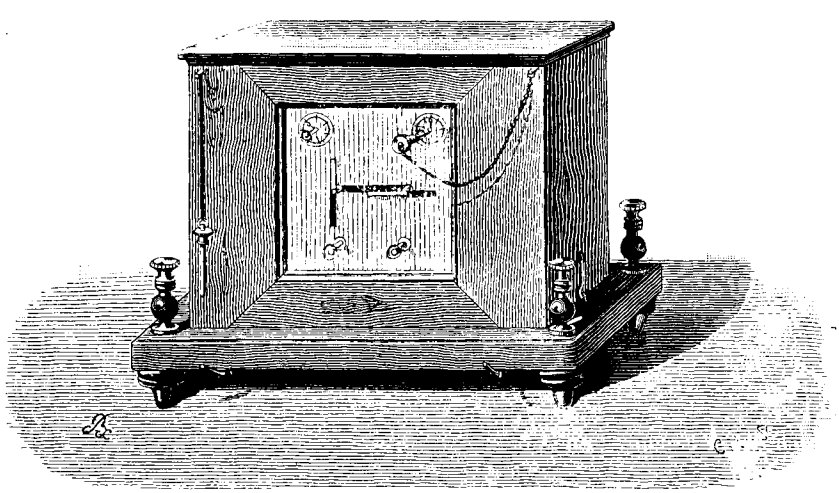


Рис. 105. Телеграфъ Фой и Брегета.

Въ 1837 году Мюнхенскому физику Штейнгелю удалось обойти устройство этого обратнаго провода.

Это важное упрощеніе имѣло такого рода происхожденіе. Въ 1747 году нѣсколько членовъ Лондонскаго Королевскаго Общества сошлись на берегахъ Темзы, чтобы продѣлать кой-какіе опыты передачи статическаго электричества черезъ рѣку. Между ними были Кавендишъ, Ватсонъ, Мартинъ и Фолькъсъ. Ватсонъ на одномъ берегу держалъ металлическую проволоку, соединенную съ внутренней обкладкой лейденской банки, которую на другомъ берегу держалъ въ одной рукѣ Кавендишъ. Лейденская банка была заряжена. Помѣстившись такимъ образомъ, Кавендишъ и Ватсонъ взяли въ свободныя руки по желѣзной палкѣ и окунули концы ихъ въ рѣку. Какъ только они устроили, такимъ образомъ, соединеніе между собой черезъ воду рѣки, произошелъ разрядъ, и они оба получили характерный толчекъ. Вода послужила, такимъ образомъ, току вторымъ проводникомъ. Кавендишъ и Ватсонъ повторили свой опытъ, увеличивъ разстояніе между собой, и прибавили къ ширинѣ рѣки еще полосу земли; разрядъ получился попрежнему. Этотъ основной опытъ былъ затѣмъ нѣсколько позже повторенъ съ гальваническимъ токомъ. Результаты этого послѣдняго наблюденія натолкнули Штейнгеля на мысль воспользоваться ими при телеграфированіи. Одинъ изъ проводовъ батареи онъ соединилъ съ металлической пластиной, закопанной въ сырую землю; точно также соединилъ съ землею онъ и пріемный аппаратъ на другой станціи. Токъ, такимъ образомъ, въ одну сторону идетъ по проволокѣ, а обратно возвращается по землѣ.

Телеграфъ Штейнгеля.

Такъ какъ Штейнгель выработалъ свой аппаратъ на годъ раньше Морзе, то его можно считать изобрѣтателемъ пишущаго телеграфа, тѣмъ болѣе, что онъ придалъ своему аппарату примѣнимую на практикѣ форму, чего Морзе достигъ при своемъ изобрѣтеніи только черезъ нѣсколько лѣтъ. Штейнгель пользуется въ своемъ телеграфѣ, подобно Шиллингу и Куку съ Витстономъ, отклоненіемъ магнитной стрѣлки отъ тока, при чемъ эта стрѣлка производитъ остающіеся знаки на сматывающейся бумажной полоскѣ, такъ что ихъ можно читать въ какое угодно время.

За пріемникъ Штейнгель взялъ плоскую проволочную катушку, въ которой помѣщались двѣ свободно вращающіяся магнитныя стрѣлки cc (рис. 106). У концовъ этихъ стрѣлокъ находились маленькіе изогнутые рычажки съ сосудиками d для краски. При пропусканіи тока черезъ катушку, отклонялась та или другая изъ стрѣлокъ, смотря по направленію тока, и при томъ такимъ образомъ, что ея рычажокъ съ сосудикомъ выдвигался на нѣсколько миллиметровъ изъ середины катушки и прикасался къ бумажной полоскѣ, на которой сосудикъ d дѣлалъ цвѣтную черточку.

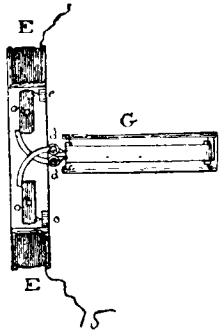


Рис. 106. Телеграфъ Штейнгеля.

Каждая стрѣлка ставила свои точки въ особую строку и, такимъ образомъ, движеніемъ стрѣлокъ можно было воспроизводить на сматывающейся бумажной лентѣ группы точекъ, представляющія различные условные знаки. Для этой цѣли стрѣлкамъ сообщаютъ рядъ слѣдующихъ одно за другимъ движеній, пропуская, соотвѣтствующимъ образомъ, мгновенные токи.

Передатчикомъ служилъ магнитный индукторъ, который, при каждой половинѣ оборота, производилъ отклоненіе одной изъ стрѣлокъ.

Аппаратъ Штейнгеля представляетъ, безъ сомнѣнія, значительный прогрессъ въ сравненіи съ прежними аппаратами, хотя онъ не можетъ похвалиться скоростью телеграфированія, что̀ легко видно изъ простоты знаковъ; имъ можно было телеграфировать всего по шести словъ въ минуту.

Телеграфъ Штейнгеля не вполнѣ удовлетворительно рѣшилъ задачу пишущаго телеграфа и, можно сказать, что мы обязаны, главнымъ образомъ, американскому художнику Самуилу Морзе за дѣйствительное созданіе всесвѣтнаго электрическаго телеграфа въ наибольшей простотѣ его устройства.

Изобрѣтеніе Морзе.

Самуилъ Морзе былъ сыномъ пастора; родился онъ 27-го апрѣля 1791 года, учился въ школѣ въ Коннектикутѣ и, выйдя оттуда въ 1810 году, рѣшилъ заняться рисованіемъ. Послѣ перваго путешествія въ Англію, гдѣ онъ удостоился получить за свои произведенія золотую медаль, Морзе посѣтилъ, въ 1829 году, во второй разъ Европу, съ цѣлью завершить свое художественное образованіе.

Во время своего второго возвращенія на пакетботѣ «Сюлли», въ 1832 году, Самуилу Морзе пришла впервые мысль объ электромагнитномъ телеграфѣ, мысль, вызванная чтеніемъ описанія опытовъ Эрстедта, Араго и новѣйшихъ наблюденій Франклина. Пріѣхавъ въ Америку, онъ, изъ-за отсутствія денежныхъ средствъ, самъ кое-какъ по-

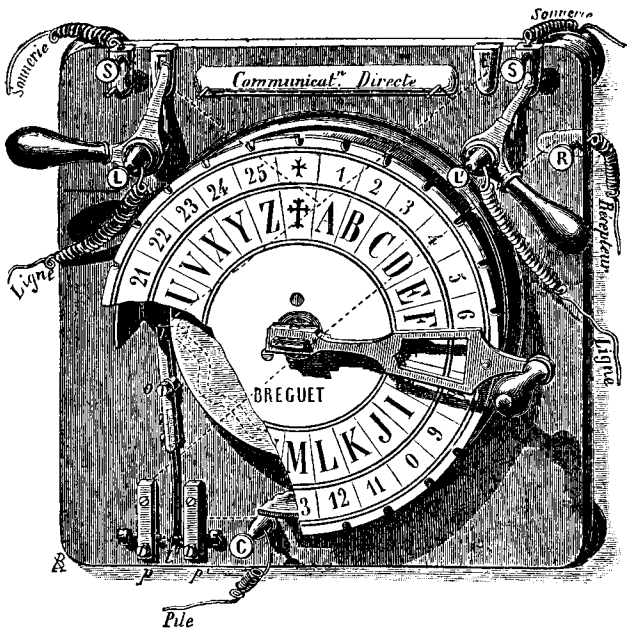


Рис. 107. Манипуляторъ кадраннаго телеграфа Брегета.

строилъ первый грубый аппаратъ, который убѣдилъ его въ возможности осуществить свои идеи на практикѣ.

Получивъ съ великимъ трудомъ отъ сената вспомоществованіе, онъ принялся за обработку своей модели и въ 1842 году выпустилъ ее почти въ оконченной формѣ, сдѣлавшейся вскорѣ извѣстной всему свѣту. Въ Европѣ, ранѣе телеграфа Морзе былъ принятъ также электромагнитный, но не самопечатающій кадранный телеграфъ Брегета.

Телеграфъ Брегета.

Телеграфъ этотъ, изобрѣтенный Брегетомъ въ 1852 году, примѣняется еще и до сихъ поръ на нѣкоторыхъ французскихъ желѣзныхъ дорогахъ. Какъ и во всѣхъ телеграфахъ, въ немъ можно различать манипуляторъ (коммутаторъ) и пріемникъ.

Манипуляторъ (рис. 107), устанавливаемый на столѣ горизонтально, состоитъ, въ общихъ чертахъ, изъ передвижной рукоятки, снабженной на концѣ штифтикомъ, который можетъ входить въ 26 зарубокъ, или выемокъ, расположенныхъ по краямъ круглаго

металлическаго циферблата. Каждому вырѣзу отвѣчаетъ написанная подъ нимъ буква и цифра; верхняя вырѣзка, обозначенная крестомъ, служитъ для помѣщенія рукоятки внѣ работы. Подъ циферблатомъ имѣется второй металлическій дискъ, укрѣпленный на одной оси съ рукояткой и вмѣстѣ съ ней вращающійся. На ободѣ этого диска имѣется зигзагообразная дорожка, при помощи которой пружинка ol получаетъ колебательныя движенія между контактами p' и p. Соприкосновеніями пружинки ol съ контактомъ p' — соприкосновеніе это происходитъ каждый разъ, какъ рукоятка манипулятора проходитъ черезъ буквы, расположенныя на нечетныхъ мѣстахъ или останавливается на нихъ, — замыкается цѣпь и токъ посылается на сосѣднюю станцію; при отходѣ пружинки ol къ контакту p, что отвѣчаетъ буквамъ на четныхъ мѣстахъ, токъ прерывается. Хотятъ передать, напримѣръ, букву Д; начинаютъ двигать рукоятку отъ крестика, всегда слѣва направо; по пути, при прохожденіи рукоятки черезъ А, токъ будетъ замкнутъ; далѣе на В онъ будетъ прерванъ, на С снова замкнутъ и на Д окончательно прерванъ. Посмотримъ, какъ отразятся эти замыканія и размыканія тока на пріемной станціи. Пріемный аппаратъ телеграфа Брегета представляетъ изъ себя циферблатъ (рис. 108) съ буквами и цифрами, расположенными точно такъ, какъ на вышеописанномъ, но поставленный вертикально. Посрединѣ его имѣется стрѣлка. Стрѣлка эта движется при помощи часового механизма, но движеніе и остановка этого послѣдняго вызывается колебаніями якоря маленькаго электромагнита, токъ въ который получается изъ манипулятора сосѣдней станціи. Въ нашемъ случаѣ, при передачѣ буквы Д, вслѣдствіе двухъ замыканій и двухъ перерывовъ тока, движеніе часового механизма будетъ вызвано 4 раза, 4 раза придетъ въ движеніе стрѣлка на циферблатѣ и, проходя каждый разъ по одному дѣленію, передвинется съ креста на букву Д. Каждый постъ телеграфа Брегета снабженъ какъ описаннымъ манипуляторомъ, такъ и пріемникомъ и, такимъ образомъ, имѣетъ возможность посылать и принимать телеграммы. Кромѣ того, на каждомъ посту имѣется звонокъ, чтобы предупреждать о посылкѣ телеграммы, гальванометръ, показаніями котораго контролируютъ исправность линіи и, наконецъ, громоотводъ, защищающій аппаратъ и телеграфирующее лицо отъ атмосфернаго электричества.

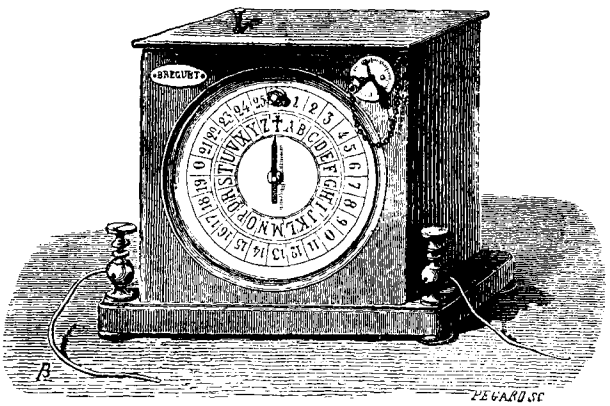
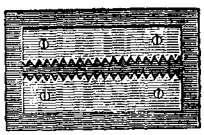


Рис. 108. Пріемникъ кадраннаго телеграфа Брегета.

Большею частью громоотводъ состоитъ изъ двухъ зазубренныхъ металлическихъ пластинокъ, укрѣпленныхъ параллельно другъ другу (рис. 109).


Рис. 109. Громоотводъ.

Одна изъ пластинокъ введена въ цѣпь съ телеграфной линіей и аппаратами, а другая соединена исключительно съ землей.

Обыкновенный рабочій токъ не бываетъ настолько силенъ, чтобы перескочить съ зубцовъ включенной въ цѣпь пластинки на зубцы пластинки, соединенной съ землей, и токъ этотъ безпрепятственно и полнымъ количествомъ проходитъ черезъ громоотводъ къ пріемному аппарату; не то бываетъ во время грозы: атмосферное электричество привлекается металлическими проводами телеграфа и течетъ по немъ въ видѣ весьма сильнаго тока, могущаго принести вредъ какъ аппаратамъ, такъ и людямъ, на нихъ работающимъ. Но какъ только токъ на проводахъ достигаетъ такого опаснаго напряженія, онъ уже не проходитъ цѣликомъ черезъ громоотводъ, а стекаетъ черезъ острія включенной въ цѣпь пластинки на острія второй пластинки, а съ нея въ землю.

Въ аппаратѣ Брегета примѣняется уже, какъ у Морзе, электромагнитъ, но телеграфъ этотъ все еще не оставляетъ никакихъ вещественныхъ знаковъ переданной депеши.

Телеграфъ Морзе.

Первымъ вполнѣ удачнымъ пишущимъ телеграфомъ является телеграфъ Самупла Морзе. Онъ проводитъ черточки большей или меньшей длины; комбинаціи ихъ обозначаютъ буквы. Буква а, напр., на русскомъ телеграфѣ обозначается(- —). Наиболѣе сложное обозначеніе имѣетъ четыре знака: буква б, напр., обозначается(— - - -). Буквы другъ отъ друга раздѣляются пустымъ пространствомъ равнымъ длинѣ трехъ короткихъ черточекъ, а слово отъ слова пространствомъ равнымъ пяти такимъ же черточкамъ. Слѣд. таблица представляетъ русскую телеграфную азбуку (рис. 110).

а . —	б — . . .	в . — —	г — — .
д — . .	е, э .	ж . . . —	з — — . .
и, і . .	к — . —	л . — . .	м — —
н — .	о — — —	п . — — .	р . — .
с . . .	т —	у . . —	ф . . — .
х	ц — . — .	ч — — — .	ш — — — —
щ — — . —	ъ, ь — . . —	ы — . — —	э . . — . .
ю . . — —	я . — . —	й . — — —	

Рис. 110. Азбука Морзе [1].

Разберемъ теперь отдѣльныя составныя части телеграфа Морзе. Манипуляторъ или коммутаторъ (рис. 111)—небольшой мѣдный рычагъ съ деревянной ручкой, качающійся

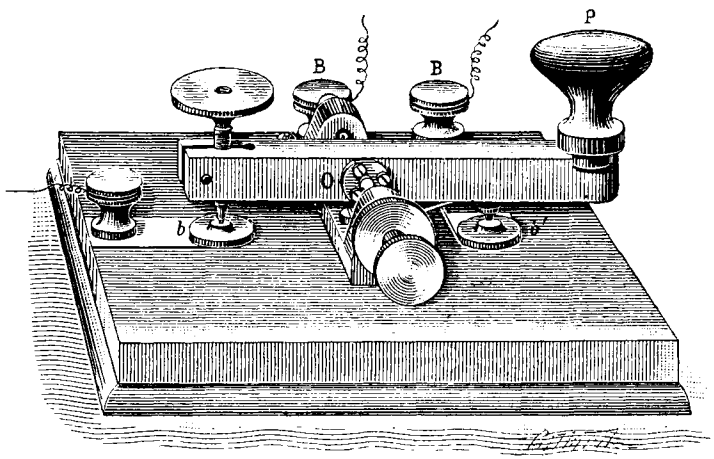


Рис. 111. Манипуляторъ Морзе.

около средней оси между двумя металлическими кнопками. Въ этомъ коммутаторѣ три контакта: первая кнопка b', до которой дотрогивается рычагъ, при нажатіи его внизъ за рукоятку р, соединена съ батареей въ точкѣ В, вторая кнопка О находится въ постоянномъ сообщеніи съ одной стороны черезъ В съ линіей, а съ другой, черезъ посредство средней оси, съ рычагомъ коммутатора, третья кнопка b, на которой покоится конецъ рычага во время бездѣйствія, сообщается съ пріемникомъ.

[1] Въ обозначеніи буквъ: ц—послѣдняя верхняя точка лишняя; ф—послѣ черточки пропущена точка. Слѣдуетъ читать: ц (— . — .), ф (. . — .).

Телеграфирующій качаетъ ручкою рычагъ коммутатора и стучитъ по кнопкѣ b' болѣе или менѣе продолжительными ударами замыкающими или прерывающими токъ на болѣе или менѣе продолжительное время; короткимъ замыканіямъ отвѣчаютъ на пріемникѣ короткія черточки, продолжительнымъ—черточки длинныя. На рис. 112 коммутаторъ изображенъ въ двухъ своихъ положеніяхъ: сначала поднятый пружиною r, что́ вызываетъ прикосновеніе въ точкѣ b и прекращаетъ его въ b', а затѣмъ опущенный нажимомъ пальца, что́ вызываетъ соприкосновеніе въ b' и прекращаетъ его въ b.

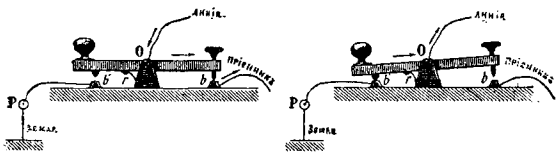


Рис. 112. Различныя положенія манипулятора.

Теперь перейдемъ къ устройству пріемника въ телеграфѣ Морзе. На рис. 113 изображенъ онъ нѣсколько устарѣвшей конструкціи, но зато легче поддающійся объясненію. Токъ течетъ по обмоткѣ электромагнита M M. Надъ полюсами этого послѣдняго находится якорь KK съ нишущимъ рычагомъ H, снабженнымъ штифтикомъ на концѣ Z. При каждомъ опусканіи якоря, этотъ штифтикъ поднимается и, нажимая на бумажную ленту, проходящую передъ нимъ, дѣлаетъ на ней знакъ. Если токъ продолжается очень короткое время, магнитъ возбуждается на мгновеніе, и якорь притягивается лишь на весьма короткій промежутокъ времени; въ этомъ случаѣ штифтъ выдавливаетъ на бумажной лентѣ точку. Если токъ продолжается болѣе долго, то передъ приподнятымъ штифтомъ успѣваетъ пройти болѣе длинный отрѣзокъ ленты, и на ней появляется черточка. Изъ этихъ точекъ и черточекъ и составляется вся азбука Морзе. Чтобы якорь не могъ быть прижатъ къ электромагниту до соприкасанія, имѣются еще части D и D', ограничивающія движеніе рычага. Таковы приспособленія, позволяющія получать знаки на ни-

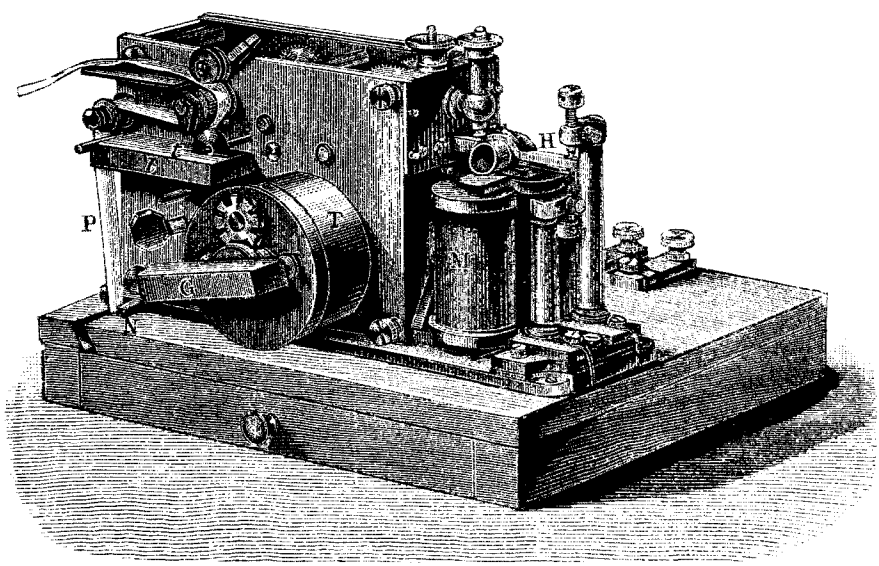


Рис. 114. Черпопечатающій пріемникъ Морзе.

шущимъ аппаратѣ Морзе. Бумажная лента навертывается на особую катушку, затѣмъ пропускается между латунными стерженьками H и между двумя валиками, установленными одинъ надъ другимъ. Верхній валикъ приводится въ равномѣрное вращеніе часовымъ механизмомъ, а за нимъ увлекается треніемъ и нижній валикъ. Двигателемъ служитъ

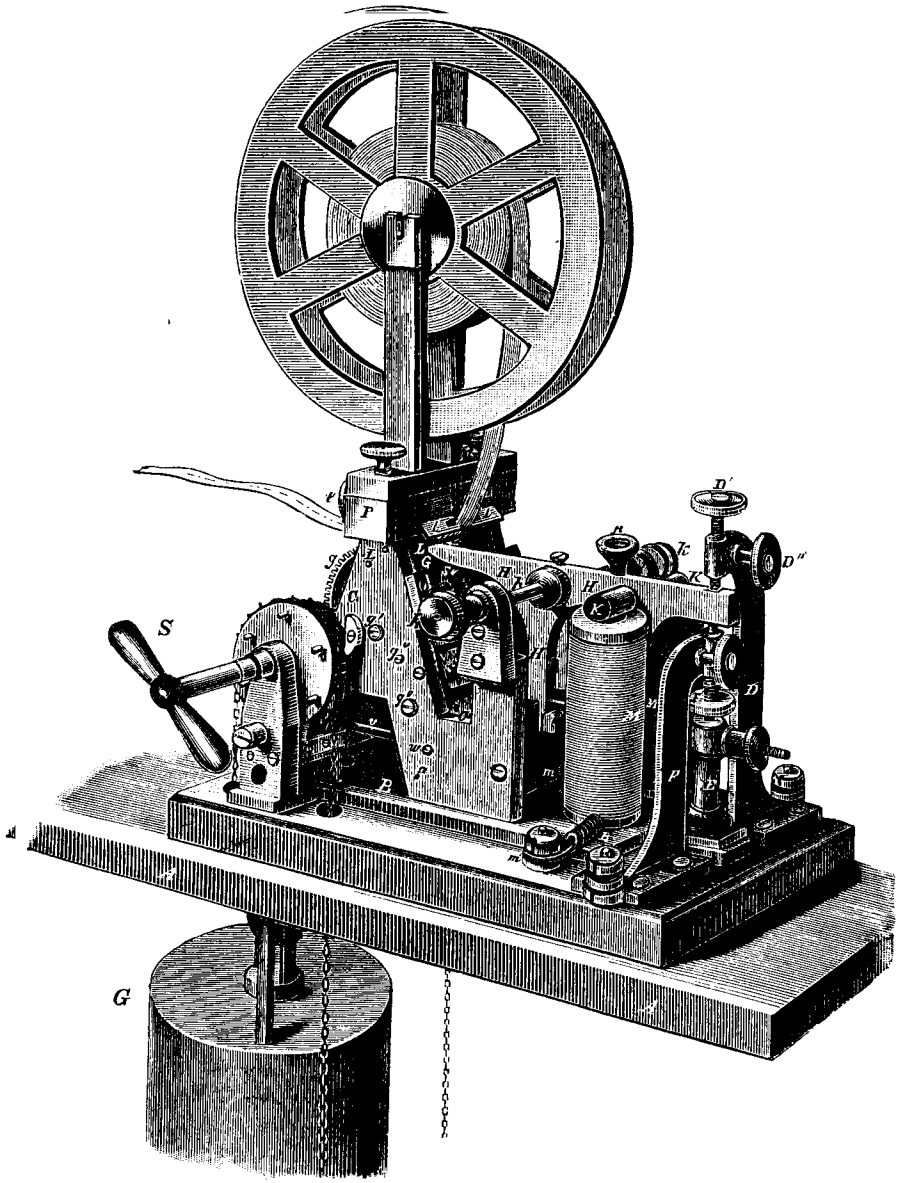


Рис. 113. Пріемный аппаратъ Морзе.

грузъ G, который виситъ на цѣпи, перекинутой черезъ блокъ, и приводитъ въ движеніе верхній валикъ черезъ посредство нѣсколькихъ зубчатыхъ колесъ. Заводной ключъ S служитъ для того, чтобы поднимать грузъ, когда онъ слишкомъ опустится.

Пишущій аппаратъ Морзе изображаетъ буквы черточками и точками, какъ мы говорили выше, наносимыми штифтомъ на бумажной лентѣ. Но скоро же оказалось, что знаки, такимъ образомъ полученные, не достаточно ясны, и потому стали искать способа тискать эти знаки красками. Приборъ, изобрѣтенный съ этой цѣлью, называется чернопечатающимъ, тогда какъ приборъ, описанный выше, носитъ названіе рельефнаго. Для полученія красочныхъ знаковъ дѣлаютъ такъ, чтобы якорь магнита Морзе прижималъ къ бумажной лентѣ на долгій или короткій промежутокъ времени особое колесико, на которомъ находится краска. Такимъ образомъ знаки азбуки Морзе выходятъ красками.

Въ настоящее время, послѣ многихъ преобразованій, всего чаще употребляютъ тотъ типъ аппарата Морзе, пишущаго красками, какой изображенъ на рис. 114. Въ правой части чертежа виденъ электромагнитъ M съ его якоремъ H; этотъ послѣдній поднимается и опускается между придаточными частями, которыя могутъ быть различнымъ образомъ установлены. Продолженіе якоря находится въ ящикѣ и захватываетъ вилочкой ось красочнаго колесика t. Краска находится въ коробкѣ l, въ которую и погружается колесико. Это колесико поднимается пишущимъ рычагомъ, когда якорь притягивается, и вслѣдствіе этого, пишетъ на бумажной лентѣ, пока по аппарату проходитъ токъ. Такимъ образомъ оно пишетъ на бумагѣ точки и черточки. Катушка бумаги находится въ ящикѣ, служащимъ основаніемъ аппарату, и лента P сматывается съ катушки у N, какъ показано на рис. 114. Двигателемъ въ часовомъ механизмѣ служитъ пружина, заключенная въ коробкѣ T и заводимая ключемъ G. Сердечникъ электромагнита этого

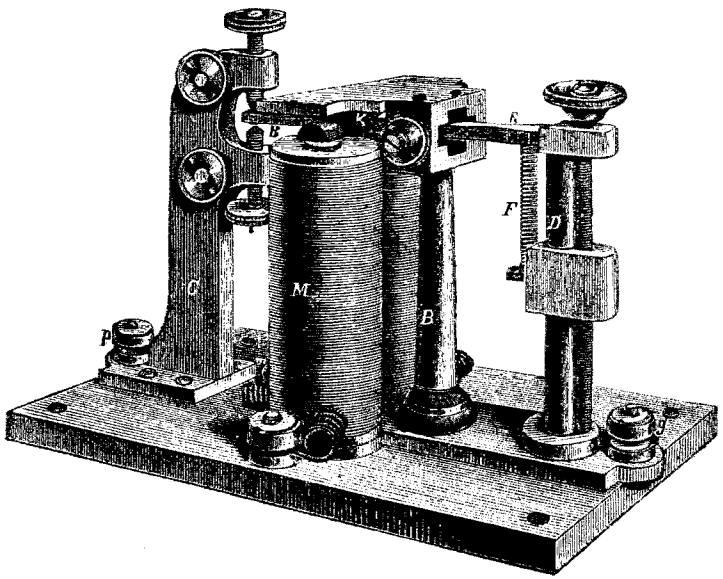


Рис. 115. Релэ пружинное.

прибора сдѣланъ изъ полыхъ желѣзныхъ трубокъ, вмѣсто массивнаго желѣзнаго стержня; этимъ достигается то, что магнитизмъ быстро пропадаетъ и быстро проявляется вновь.

Релэ.

Электромагниты пишущаго прибора требуютъ довольно сильный токъ, чтобы быть въ состояніи притянуть якорь съ тою силою, какая необходима для явственнаго начертанія пишущимъ рычагомъ знаковъ на бумажной лентѣ. Но если разстояніе между станціями значительно, сопротивленіе линіи оказывается столь большимъ, что является необходимою огромная батарея для достаточнаго возбужденія электромагнита пріемной станціи.

Витстонъ первый предложилъ устранить это затрудненіе. По его весьма остроумному способу, токъ, поступающій съ линіи, не назначается непосредственно для возбужденія электромагнита аппарата Морзе, но долженъ лишь возбуждать особый электромагнитъ, находящійся тоже на пріемной станціи, якорь котораго долженъ исполнить весьма малое движеніе, и этимъ уже замкнуть другую цѣпь; токъ этой-то послѣдней и приведетъ аппаратъ Морзе въ дѣйствіе. Такой приборъ называется релэ. Онъ изображенъ

на рис. 115. И состоитъ изъ электромагнита M, имѣющаго обмотку съ огромнымъ числомъ оборотовъ тонкой проволоки: этотъ электромагнитъ возбуждается токомъ, приходящимъ со станціи отправленія, даже если этотъ токъ очень слабъ, и слегка притягиваетъ якорь K. Этому послѣднему нужно лишь весьма малое движеніе, чтобы нажать на острый кончикъ винта B и тѣмъ замкнуть особую цѣпь. Эта послѣдняя образована отдѣльною батареею, соединенною съ g, ножкою D, якоремъ K, а если K нажимаетъ на R, то цѣпь замыкается чрезъ B, C, зажимной винтъ p, аппаратъ Морзе и снова батареею. Такимъ образомъ, токъ съ отдаленной станціи вовсе не долженъ приводить въ дѣйствіе аппаратъ Морзе, но лишь производитъ контактъ, замыкающій цѣпь другой батареи, дающей токъ, достаточный для возбужденія магнитовъ Морзе. Если токъ въ линіи прекратится, то якорь K вновь отстаетъ отъ B подъ дѣйствіемъ пружины F. Употребленіе релэ устраняетъ существенное затрудненіе при передачѣ депешъ на большія разстоянія. Достаточенъ даже весьма слабый токъ, чтобы сообщить якорю релэ малое перемѣщеніе,

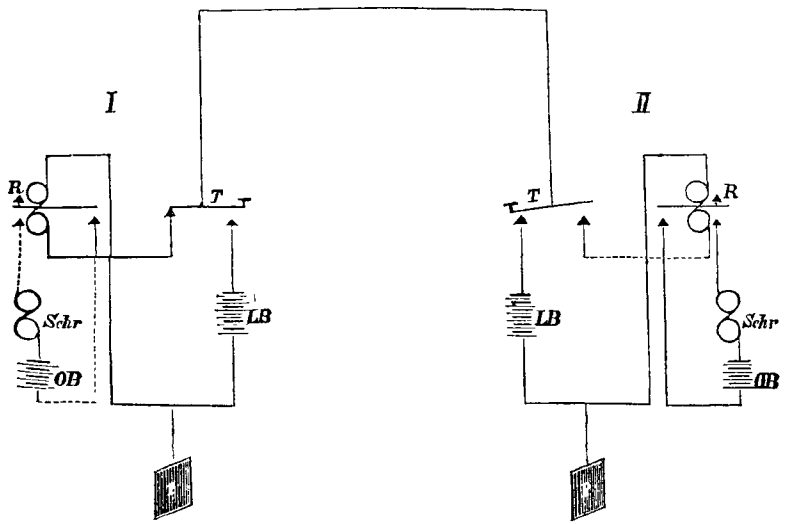


Рис. 116. Схема двухъ станцій съ аппаратами Морзе и Релэ.

а уже и такого перемѣщенія достаточно, чтобы замкнуть цѣпь батареи, приводящей аппаратъ Морзе въ дѣйствіе.

Примѣненіе релэ требуетъ, чтобы на каждой станціи было по двѣ батареи, одна—дающая токъ на другую станцію, такъ называемая линейная батарея, и другая для аппарата Морзе, мѣстная батарея. Какъ производится соединеніе всѣхъ приборовъ на обѣихъ станціяхъ, указываетъ рис. 116. LB обозначаетъ на этомъ рис. линейную батарею, OB—мѣстную, Schr—аппаратъ Морзе, R—релэ, T—ключъ и P—земную пластинку.

Если на станціи II нажимаютъ на ключъ, т. е. съ этой станціи отправляютъ депешу, то токъ направляется отъ линейной батареи II, чрезъ ключъ II, по линіи L, въ ключъ T. Съ этого послѣдняго онъ идетъ въ релэ R, къ земной пластинкѣ P и возвращается чрезъ землю на станцію отправленія. Возбужденный магнитъ релэ притягиваетъ якорь, замыкаетъ этимъ цѣпь мѣстной батареи, и пишущій аппаратъ приходитъ въ дѣйствіе.

Релэ представляетъ собою весьма чувствительный телеграфный пріемникъ; онъ приходитъ въ дѣйствіе даже отъ очень слабыхъ токовъ, идущихъ съ большого разстоянія. Необходимо, чтобы въ моментъ прекращенія тока на линіи якорь релэ былъ бы освобожденъ; иначе, знаки на аппаратѣ Морзе не выйдутъ точными. Въ этомъ состоитъ большой недостатокъ описаннаго релэ; его якорь долженъ быть быстро приводимъ въ положеніе равновѣсія пружиною F, какъ только прекратится токъ, и если телеграфированіе

производится быстро, эта пружина должна дѣйствовать очень точно, что̀ трудно достижимо на практикѣ. Къ этому присоединяется еще то, что въ релэ приходятъ токи разной силы, смотря по тому, съ какой станціи посылается депеша, болѣе далекой или болѣе близкой, между тѣмъ какъ пружина имѣетъ всегда одно и то же напряженіе и оказываетъ, слѣдовательно, всегда одно и то же противодѣйствіе.

Многіе конструкторы предлагали различныя средства помочь этому недостатку. Радикальнымъ средствомъ является, конечно, совершенное уничтоженіе пружины. Такъ и сдѣлали Сименсъ и Гальске; въ приборахъ этой фирмы токъ линіи не возбуждаетъ магнита, но лишь усиливаетъ или ослабляетъ уже существующіе магнитные полюса. Релэ, построенное на этомъ принципѣ, называютъ поляризованнымъ релэ. Рис. 117 изображаетъ подобное релэ. Постоянный стальной магнитъ Ab согнутъ подъ прямымъ угломъ; при aa′ находится южный его полюсъ, при b—сѣверный. На сѣверномъ полюсѣ насажено два

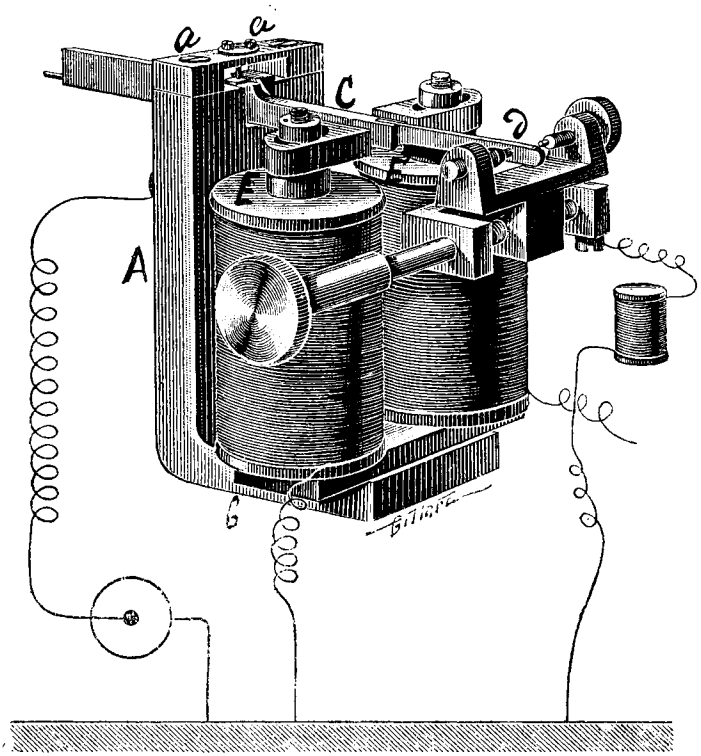


Рис. 117. Станція Сименса.

сердечника изъ мягкаго желѣза, которые тоже становятся сѣверными полюсами; они обмотаны проволокою. На южномъ полюсѣ aa′ стального магнита сдѣлана вырѣзка, въ которой находится длинный рычагъ Cd изъ мягкаго желѣза, немного вращающійся вокругъ вертикальной оси. Этотъ рычагъ представляетъ собою тоже южный полюсъ, какъ и тотъ конецъ магнита, продолженіемъ котораго онъ служитъ. Рычагъ находится въ равновѣсіи подъ дѣйствіемъ обоихъ сѣверныхъ полюсовъ, пока по обмоткамъ сердечниковъ не протекаетъ никакого тока. Но представимъ себѣ, что токъ съ линіи, достигнувъ станціи назначенія, протекаетъ по обмоткѣ нѣкоторой катушки, имѣющей вторичную обмотку, соединенную съ катушками релэ. Тогда въ моментъ появленія тока въ линіи, во вторичной спирали будетъ индуктироваться токъ, который при томъ будетъ такъ направленъ по катушкамъ релэ, что одинъ изъ сердечниковъ, напримѣръ E, станетъ болѣе сильнымъ сѣвернымъ полюсомъ, другой E′ болѣе слабымъ или даже перемѣнитъ свой

магнитизмъ. Вслѣдствіе этого, рычагъ Cd притянется къ E, и его острый кончикъ d замкнетъ станціонную батарею. Въ моментъ прекращенія линейнаго тока, въ спирали индуктируется токъ противоположнаго направленія; онъ обтечетъ по оборотамъ катушекъ въ обратномъ направленіи и усилитъ полюсъ E', ослабивъ E. Вслѣдствіе этого, рычагъ притянется тотчасъ же къ E', и станціонная цѣпь окажется разомкнутой. Такимъ образомъ, дѣйствіе релэ происходитъ безъ всякой пружины, и рычагъ Cd вполнѣ точно и надежно

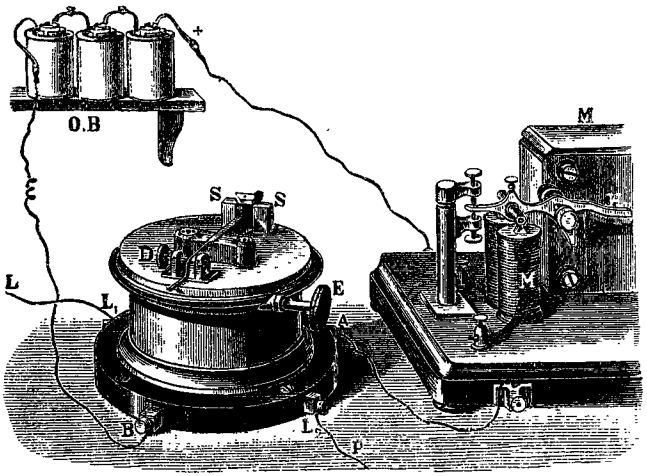


Рис. 118. Станція съ поляризованнымъ релэ.

слѣдитъ за замыканіями и размыканіями тока. Рис. 118 изображаетъ способъ соединенія поляризованнаго релэ, имѣющаго удобную форму ящика, съ пишущимъ аппаратомъ M и мѣстной батареей OB. Какъ только линейный токъ, входящій на станцію по L и уходящій въ землю по L_2, заставитъ рычагъ релэ придти въ соприкосновеніе съ D, мѣстная батарея OB замыкается и ея токъ, вступающій въ релэ по B, направляется въ аппаратъ по A.

Печатающій телеграфъ Юза.

Хотя телеграфъ Морзе и самъ записываетъ получаемыя депеши, но запись эта производится условными знаками и ее затѣмъ надобно еще разъ переписывать. Въ 1855 году Юзъ построилъ приборъ, принимающій депешу не условными знаками, а прямо печатными буквами. Телеграфъ Юза (рис. 119)—весьма сложнаго устройства, но идея его проста. Представимъ себѣ, что на двухъ станціяхъ при помощи часовыхъ механизмовъ синхронически, т. е. съ одинаковою угловой скоростью, вращаются съ одной стороны брусокъ, а съ другой стороны дискъ съ выступающими буквами на его окружности. Брусокъ вращается надъ неподвижной круглой доской съ отверстіями, чрезъ которыя помощью клавиши можно выдвинуть тотъ или другой стерженекъ, соотвѣтствующій данной буквѣ; когда вращающійся брусокъ коснется выступающаго стерженька, линейный токъ замкнется и на другой станціи помощью электромагнита къ вращающемуся диску прикладывается движущаяся бумажная лента, на которой и отпечатается соотвѣтствующая буква. Аппаратъ Юза отличается отъ другихъ печатающихъ приборовъ, изобрѣтенныхъ раньше, главнымъ образомъ тѣмъ, что движеніе въ немъ производится не токомъ, а часовымъ механизмомъ съ опускающейся тяжелой гирей, и производится непрерывно, не задерживаясь на время отпечатыванія буквы на бумагѣ. Главнѣйшія части прибора составляютъ: 1) клавіатура съ вращающимся замыкателемъ (брускомъ, или телѣжкой, или салазками)

и доской съ отверстіями (это принадлежности передатчика или манипулятора) и 2) буквенное колесо съ приспособленіями для печатанія (пріемникъ или рецепторъ). На клавіатурѣ всего 28 клавишей бѣлыхъ и черныхъ; изъ нихъ двѣ бѣлыя съ лѣвой стороны, именно 1 и 6, имѣютъ особое назначеніе; при нажатіи одной изъ нихъ буквенное колесо передвигается на одинъ зубецъ впередъ, а надавливаніе на другую поворачиваетъ колесо на одинъ зубецъ назадъ. На каждой изъ остальныхъ 26 клавишей вырѣзаны по два знака, буквы и цифры. Клавиши соотвѣтствуютъ поэтому 52 различнымъ знакамъ. На 14 черныхъ клавишахъ обозначены буквы отъ А до О, цифры отъ 1 до 9 и буквы ф, и, ш и щ. На 12 бѣлыхъ клавишахъ намѣчены остальныя буквы, знаки препинанія и др.

Каждая клавиша системою рычаговъ соединена съ соотвѣтствующимъ изъ 28 мѣдныхъ стерженьковъ, помѣщающихся въ отверстіяхъ мѣднаго круга. При нажатіи клавиши одинъ изъ стерженьковъ приподнимается и выступаетъ изъ отверстія. На оси, перпендикулярной къ мѣдному кругу и проходящей черезъ его центръ, находится телѣжка, или салазки. Ось вмѣстѣ съ телѣжкой приводится во вращеніе (2 оборота въ секунду) опускающеюся гирею, вѣсомъ около 60 кгр. (4 пд.), и системою зубчатыхъ колесъ. Гиря эта вращаетъ и печатающее буквенное колесо съ 56 зубцами пріемнаго

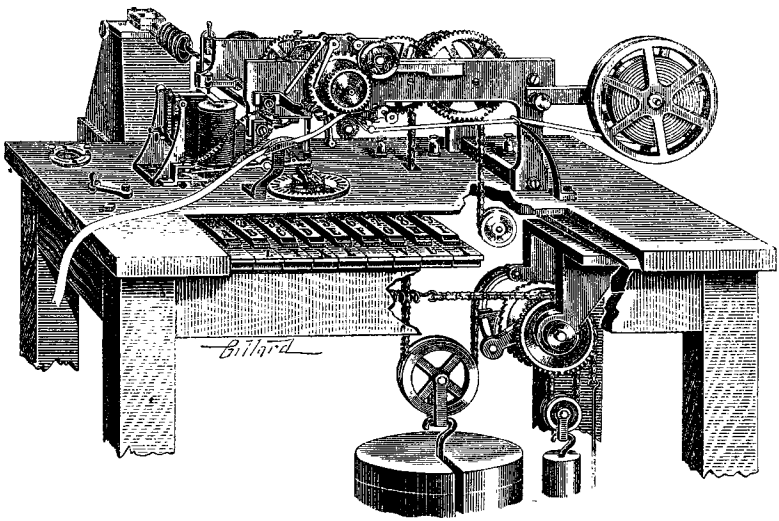


Рис. 119. Аппаратъ Юза.

аппарата, помѣщающагося на одномъ столѣ съ передаточнымъ приборомъ. Такимъ образомъ телеграмма отпечатывается за разъ на обѣихъ станціяхъ. Выпуклые буквы и знаки на зубцахъ печатающаго колеса нарѣзаны такъ, что четные изъ нихъ соотвѣтствуютъ первымъ обозначеніямъ клавишей, а нечетные—вторымъ. Краска намазывается на зубцы посредствомъ соприкасающагося съ ними валика, обернутаго шерстяной матеріей съ густой краской. Оси вращеній телѣжки и буквеннаго колеса соединены между собою посредствомъ зубчатокъ, такимъ образомъ, чтобы подлежащая буква колеса приходилась бы внизу какъ разъ въ то время, когда телѣжка пробѣгаетъ надъ выступающимъ стерженькомъ, соотвѣтствующимъ той же буквѣ. Въ это время цѣпь замыкается, и токъ, проходя черезъ обмотки электромагнитовъ обоихъ пріемниковъ, заставляетъ бумажную ленту приподняться и коснуться нижняго зубца печатающаго колеса. Электромагниты при этомъ примѣняются поляризованные; желѣзные сердечники ихъ опираются на полюсы стальныхъ магнитовъ и потому и сами намагничены. Токи, пропускаемые черезъ электромагниты, ослабляютъ намагничиваніе сердечниковъ, вслѣдствіе чего притянутый ими якорь на концѣ рычага отскакиваетъ съ большой силой подъ дѣйствіемъ пружинъ, и такимъ образомъ пускается въ ходъ печатающій механизмъ съ бумажной лентой. Но

ію прекращеніи тока электромагнитъ не въ состояніи снова притянуть къ себѣ рычагъ; для этого требуется уже внѣшняя сила. Вслѣдствіе этого, чтобы воспользоваться тою же силой падающаго груза общаго часового механизма и для данной цѣли, устроено довольно сложное приспособленіе, посредствомъ котораго сильнымъ ударомъ упомянутаго рычага приводится въ сообщеніе на короткое время, на одинъ лишь оборотъ, особою быстро вращающеюся осью, ось печатающаго механизма; при этомъ одинъ изъ выступовъ послѣдней оси при своемъ вращеніи прижимаетъ бумажную ленту къ буквенному колесу, а другой выступъ на ней вслѣдъ за тѣмъ приподнимаетъ одинъ конецъ рычага, опуская другой его конецъ до прикосновенія съ электромагнитомъ, и расцѣпляетъ снова обѣ оси, послѣ чего печатающая ось снова останавливается до новаго пропуска тока черезъ электромагнитъ. Печатающая ось въ дѣйствіи прибора играетъ еще другую роль: при помощи особаго третьяго выступа на ней, буквенное колесо можетъ быть передвинуто на одинъ зубецъ въ ту или другую сторону. Когда телеграфистъ желаетъ перейти съ буквы на цифру (или вообще на второй знакъ клавиши) онъ нажимаетъ на особую, пустую клавишу, такъ называемый циферный бланкъ (шестая слѣва), какъ объ этомъ уже упоминалось. Тогда упомянутый третій выступъ печатающей оси, приходящей во вращеніе, попадаетъ въ промежутокъ между зубцами особаго, такъ называемаго коррекціоннаго, колеса, соединеннаго посредствомъ двухъ рычаговъ съ буквеннымъ колесомъ. Промежутокъ частью закрытъ концомъ перваго рычага, но при ударѣ выступа конецъ этотъ опускается, а другой конецъ въ это время приподнимается и закрываетъ другой промежутокъ, соотвѣтствующій буквенному бланку. При поворачиваніи этого рычага, скрѣпленнаго съ коррекціоннымъ, поворачивается и другой, второй рычагъ, а вмѣстѣ съ нимъ и буквенное колесо, надѣтое на ту же ось, но непосредственно къ ней не прикрѣпленное. Изъ всего предыдущаго видно, что для правильнаго дѣйствія приборовъ требуется полный изохронизмъ движеній, а потому и возможность его регулированія. Не входя въ подробности относительно регулирующихъ приспособленій, упомянемъ только, что въ 1871 г. главнымъ механикомъ Э. Ѳ. Краевскимъ въ Москвѣ предложено было примѣненіе коническаго маятника, введеннаго какъ въ Россіи, такъ и на иностранныхъ телеграфахъ. Помощью прибора Юза можно передавать въ минуту до 30 словъ, тогда какъ на приборѣ Морзе только 15. Вслѣдствіе этого, на главныхъ линіяхъ теперь пользуются преимущественно приборами Юза, тогда какъ болѣе простые, но зато медленнѣе работающіе, приборы Морзе примѣняются на внутреннихъ, второстепенныхъ линіяхъ. Телеграфы Юза введены были съ 1861 года во Франціи, затѣмъ въ Италіи, Англіи, съ 1865 года въ Россіи, а съ 1867 г. въ Австріи, Турціи и т. д.

Пантелеграфъ Казелли.

Многіе изобрѣтатели задавались задачей передавать по телеграфу факсимиле посылаемыхъ депешъ, а также и рисунки. Такіе приборы предлагались уже съ 1843 года, но успѣхомъ пользовался, а кое-гдѣ и сейчасъ примѣняется только пантелеграфъ аббата Казелли. Пантелеграфъ Казелли основанъ, какъ и другіе подобные приборы, на томъ, что гальваническій токъ, пропускаемый черезъ пропитанную надлежащимъ химическимъ составомъ бумагу, разлагаетъ это химическое соединеніе и такимъ образомъ оставляетъ на бумагѣ окрашенный слѣдъ. Представимъ себѣ, что на обѣихъ станціяхъ синхронически движутся два желѣзныхъ острія, описывая ряды параллельныхъ линій на металлическихъ доскахъ. Такое синхроническое движеніе обоихъ штифтовъ производится посредствомъ качанія двухъ длинныхъ (2 м.) маятниковъ, регулируемаго электрическимъ путемъ помощью двухъ короткихъ (въ 4 раза) маятниковъ. Депеша пишется жирными непроводящими чернилами на оловянномъ листѣ, который затѣмъ кладется на металлическую доску подъ штифтъ. На другой станціи, на доскѣ подъ пишущимъ штифтомъ кладется бумажный листъ, пропитанный воднымъ растворомъ желѣзо-синеродистаго калія. Обѣ доски сообщены съ землею, а острія съ линіей. Поэтому, когда на станціи отправленія остріе при своемъ движеніи касается металлическихъ частей депеши, то токъ изъ батареи не идетъ въ

линію; когда же остріе коснется непроводящей части депеши, то сообщеніе его съ доской и съ землей нарушится, и токъ нойдетъ по линіи на другую станцію, гдѣ, проходя изъ острія въ землю черезъ растворъ, разложитъ его и образуетъ синій слѣдъ.

Вслѣдствіе синхронизма движенія штифтовъ, надписи и рисунки, переданныя по линіи, на воспроизведенной депешѣ получаются не сплошными, а состоятъ изъ маленькихъ по-



Рис. 120. Передача рисунка пантелеграфомъ Казелли.

перечныхъ черточекъ (рис. 120). Главный недостатокъ всѣхъ автографическихъ приборовъ — медленность ихъ работы.

Телавтографъ Грея.

Къ автографическимъ телеграфамъ относится также телавтографъ Грея, изобрѣтенный въ 1892 году, а въ 1893 году уже демонстрированный на Чикагской выставкѣ и представлявшій одну изъ приманокъ ея. Курьезно было видѣть на пріемной станціи перо, какъ бы одушевленное и одаренное разумомъ, выводящее буквы, слова, фразы, перечерки-

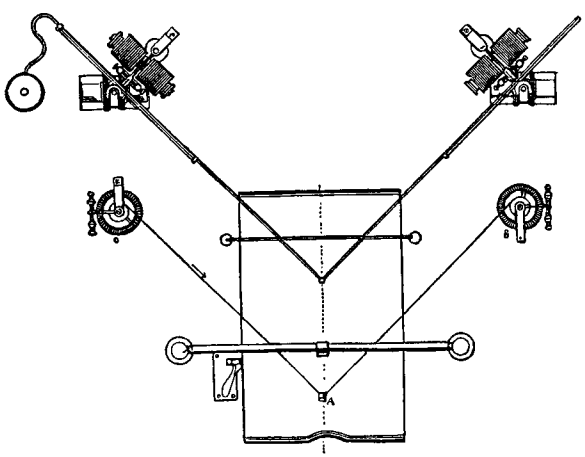


Рис. 121. Схема телавтографа Грея.

вающее, возвращающееся назадъ къ позабытымъ знакамъ препинанія, дѣлающее помарки и т. д. Телавтографъ состоитъ изъ пріемника и передатчика, одинаковыхъ по наружному виду и соединенныхъ между собою тремя проводами. На рис. 121 оба прибора представлены схематически рядомъ. У передатчика остріе карандаша или пера вставляютъ въ кольцо A, къ которому привязаны двѣ нити, идущія по барабанамъ B и C. У каждаго изъ бараба-

новъ на оси насаженъ цилиндрическій прерыватель, соединенный съ одной изъ трехъ линій; концы линіи соединяются съ одинаковыми полюсами двухъ батарей, у одной изъ которыхъ электровозбудительная сила вдвое больше, чѣмъ у другой. Прерыватели, вращающіеся при движеніяхъ карандаша, вводятъ и выводятъ болѣе сильную батарею изъ цѣпи болѣе слабой, и въ результатѣ по линіи будутъ пробѣгать мгновенные токи перемѣннаго направленія. Общій видъ передатчика представленъ на рис. 122. У пріемника перо соединяется съ двумя тягами, которыя при посредствѣ шнурковъ получаютъ движеніе отъ барабановъ, вращающихся синхронично съ прерывателями передатчика, благодаря чему перо пріемника вычерчиваетъ на подложенной бумагѣ фигуры, одинаковыя съ тѣми, какія вычерчивалъ телеграфирующій карандашомъ передатчика. Перемѣнные токи изъ передаточной станціи идутъ въ динамомоторъ, который при посредствѣ довольно сложной передачи сообщаетъ вращеніе двумъ барабанамъ пріемнаго прибора. Для этого сообщенія служатъ двѣ линіи проводовъ, а третья имѣетъ назначеніе приподнимать перо пріемника одновременно съ карандашомъ передатчика, чтобы дѣлать перерывы между словами.

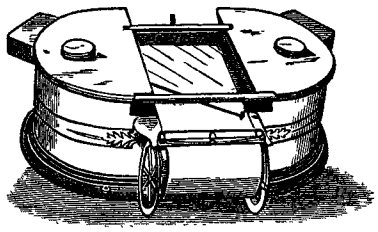


Рис. 122. Телавтографъ Грея.

Мультиплексная телеграфія.

Для лучшей утилизаціи линій въ настоящее время весьма часто примѣняется посылка по одной проволокѣ въ одномъ или разныхъ направленіяхъ двухъ и даже больше телеграммъ. Различаютъ обыкновенно дуплексную—двѣ телеграммы по одному направленію, дуплексную или встрѣчную — двѣ телеграммы навстрѣчу другъ другу и квадруплексную—но двѣ телеграммы навстрѣчу—телеграфію.

Встрѣчное телеграфированіе наичаще производится по системѣ Гинтля.

Способъ этотъ изобрѣтенъ въ 1855 году. Схема его изображена на рис. 123. Каждый электромагнитъ E снабжается двойной обмоткой или состоитъ изъ двухъ катушекъ на одномъ и томъ же сердечникѣ. Обмотка одной (нижней) катушки соединяется съ батареей

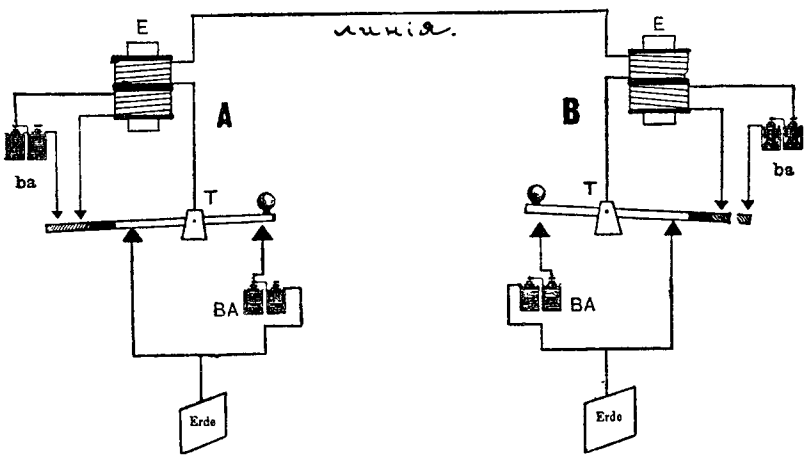


Рис. 123. Встрѣчное телеграфированіе по системѣ Гинтля.

ВА, а другой (верхней) съ батареей ba. Замыканіе токовъ обѣихъ батарей производится однимъ коммутаторомъ Т. Сила токовъ, ихъ направленіе и число витковъ въ катушкахъ выбираютъ такъ, чтобы намагничивающее дѣйствіе верхней катушки уничтожалось дѣйствіемъ нижней. Поэтому, если одна изъ станцій замкнетъ токъ, то ея собственный электромагнитъ не возбуждается. Но что будетъ на сосѣдней станціи В? Токъ на эту станцію со станціи А идетъ въ верхнюю катушку, нижняя катушка тока не получаетъ; электромагнитъ поэтому на станціи В возбуждается. И такъ, при описанномъ устройствѣ, каждая станція можетъ передавать депешу на другую, не вліяя на электромагнитъ своего пріемнаго аппарата.

Посмотримъ теперь, что произойдетъ, если обѣ станціи А и В будутъ за разъ передавать навстрѣчу телеграммы. По линіи при этомъ будутъ навстрѣчу пущены токи отъ батарей ВА черезъ верхнія катушки и, будучи равной силы, взаимно другъ друга нейтрализуютъ. Верхнія катушки поэтому никакого дѣйствія на сердцевину электромагнита оказывать не будутъ. Батареи же ba, токъ которыхъ также въ это время замкнутъ манипуляторами Т, черезъ нижнія катушки дѣйствіе на сердцевину окажутъ, и электромагниты будутъ работать на обѣихъ станціяхъ одновременно.

Вмѣсто двойной батареи примѣняется иногда одиночная, а чтобы токъ не возбуждалъ электромагнита своей станціи, въ линію вводится боковое соотвѣтственное сопротивленіе.

Перейдемъ теперь къ системѣ диплексной, при которой двѣ телеграммы передаются по одному проводу не навстрѣчу другъ другу, а по одному и тому же направленію.

При этомъ способѣ телеграфированія, на станціи В долженъ возбуждаться только одинъ электромагнитъ I при нажатіи на станціи А коммутатора I, и одинъ электромагнитъ II при нажатіи коммутатора II. При одновременномъ нажатіи обоихъ коммутаторовъ на станціи А должны при этомъ работать оба электромагнита на станціи В. Для этой цѣли пользуются токами различной силы: ключъ I пропускаетъ, скажемъ, токъ=1, ключъ II токъ равный 2, а оба ключа вмѣстѣ=3. На пріемной станціи В устанавливаютъ три послѣдовательно соединенныхъ релэ, изъ которыхъ при силѣ тока въ 1 можетъ отозваться только первое, при силѣ тока=2 также и второе, а при силѣ тока=3 всѣ три релэ. Пользуясь этими тремя различными движеніями, можно направлять токъ мѣстной батареи пріемной станціи въ первомъ случаѣ на электромагнитъ перваго пріемнаго аппарата, во второмъ случаѣ—на электромагнитъ второго аппарата, а въ третьемъ—на оба аппарата. Въ подробности устройства диплекснаго телеграфа мы входить здѣсь не имѣемъ возможности.

Комбинируя системы дуплексной и диплексной телеграфіи, получаютъ возможность передавать за разъ по двѣ телеграммы навстрѣчу однѣ другимъ по одной и той же линіи. Это и есть сильно распространенная въ Америкѣ телеграфія квадруплексная.

Телеграфы Мейера и Бодо.

Существуютъ и другіе, механическіе способы мультиплексной телеграфіи. Въ системѣ Мейера, для ускоренія передачи депешъ, пользуются тѣмъ обстоятельствомъ, что при передачѣ одной какой-либо депеши проволока никогда не бываетъ занята безъ небольшихъ, правда, но неизбѣжныхъ промежутковъ, во время приготовленія слова или буквы и т. д. Этими паузами въ работѣ пользуются для передачи другой телеграммы. Въ системѣ Мейера обыкновенно за разъ работаютъ четыре телеграфиста; линія автоматически соединяется по очереди съ манипуляторомъ каждаго изъ нихъ. Телеграфистъ подготовляетъ на своемъ манипуляторѣ буквы и, предупрежденный особымъ слуховымъ сигналомъ о наступившемъ соединеніи съ линіей, посылаетъ свою одну или нѣсколько буквъ. Затѣмъ наступаетъ очередь второго, третьяго, четвертаго телеграфиста, а первый въ это время успѣваетъ подготовить слѣдующую передачу. Такимъ образомъ, линія оказывается занятой все время, и количество передаваемыхъ въ минуту словъ при такой системѣ весьма велико. Зато она требуетъ отъ телеграфистовъ особеннаго вниманія и чрезвычайно для нихъ утомительна.

Въ телеграфѣ Бодо имѣется шесть клавіатуръ и шесть печатающихъ пріемныхъ аппаратовъ Юза. Распредѣлитель устроенъ такъ, что позволяетъ передавать по нѣсколько депешъ навстрѣчу другъ другу. Скорость работъ телеграфа Бодо превосходитъ обыкновенный телеграфъ Морзе почти въ 10 разъ.

Автоматическое телеграфированіе по системѣ Витстона и Поллака и Вирага.

Можно чрезвычайно ускорить передачу депешъ и не прибѣгая къ мультиплексному телеграфу. Въ системѣ Витстона депешу, которую желаютъ передать, сначала посредствомъ перфоратора изображаютъ на бумажной лентѣ въ видѣ отверстій, расположенныхъ въ два ряда. Два отверстія, какъ разъ другъ надъ другомъ, отвѣчаютъ короткой черточкѣ Морзе, а наискось — длинной. Такая лента посредствомъ вращающейся зубчатки быстро протягивается черезъ особый манипуляторъ и своими отверстіями вызываетъ рядъ замыканій

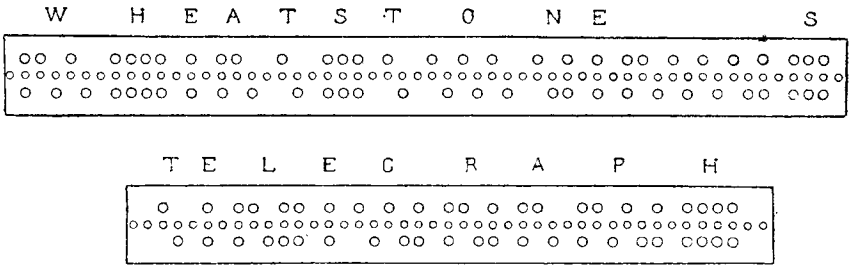


Рис. 124. Пробивная лента телеграфа Витстона.

и размыканій тока, которыя на пріемномъ аппаратѣ выражаются обыкновенными черточками Морзе. Рис. 124 представляетъ перфорированную полосу телеграфа Витстона, а рис. 125—ленту пріемнаго прибора съ тѣми же самыми словами, что и на полосѣ, а именно «Wheatstone 's Telegraph». При такой автоматической передачѣ число передаваемыхъ въ минуту словъ доходитъ до 130, въ то время какъ на аппаратѣ Юза самый опытный телеграфистъ не можетъ передать ихъ больше 30, а на приборѣ Морзе—15. До-

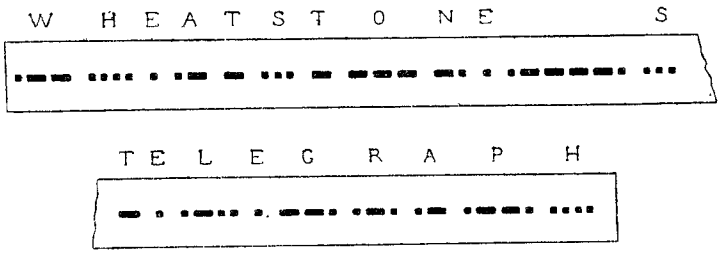


Рис. 125. Лента съ принятой депешей.

вольно много времени идетъ, конечно, на изготовленіе перфорированныхъ полосъ, но этимъ независимо отъ линіи можетъ заниматься какое угодно количество служащихъ. Введя систему Витстона можно увеличить производительность каждаго провода больше чѣмъ въ четыре раза.

Еще большая скорость передачи, а именно до 1600 словъ въ минуту, достигается при помощи телеграфа Поллака и Вирага. Преимущество этого фотохимическаго прибора еще

въ томъ, что получаемая депеша пишется не особыми условными знаками, которые еще надо переписывать, а прямо курсивомъ. Здѣсь также сначала депеша переносится въ видѣ трехъ рядовъ различной величины кружковъ на особую пластинку, а эта пластинка, вставленная въ пріемный аппаратъ, вызываетъ замыканія токовъ трехъ родовъ: прямого, обратнаго и прямого двойной силы. Токи эти, достигая пріемной станціи, сообщаютъ надлежащія движенія зеркальцу при посредствѣ электромагнита и магнита въ пріемномъ аппаратѣ. Направленный на зеркальце пучокъ свѣтовыхъ лучей отъ электрической лампы отражается отъ него на движущуюся свѣточувствительную ленту, на которой, вслѣдствіе комбинацій упомянутыхъ движеній, образуются при обыкновенномъ фотографическомъ проявленіи буквы переданной депеши. Аппаратъ Поллака и Вирага употребляется въ настоящее время въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ Австро-Венгріи.

Воздушныя телеграфныя линіи.

Телеграфныя станціи соединяются между собой всего чаще воздушными проводами—желѣзной проволокой, укрѣпленной на столбахъ при помощи фарфоровыхъ изоляторовъ. Воздушныя телеграфныя сѣти (рис. 126) настолько общеизвѣстны, что говорить о нихъ намъ не приходится. Скажемъ только нѣсколько словъ о врагахъ воздушныхъ телеграфныхъ линій.

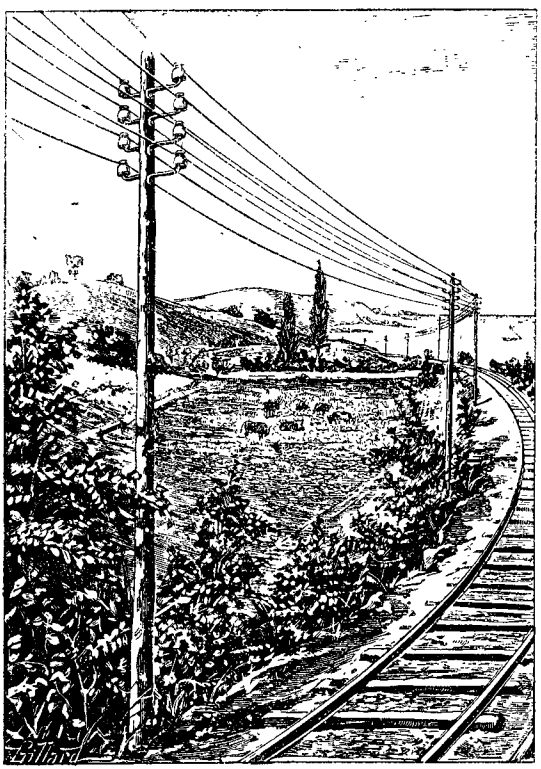


Рис. 126. Воздушные провода.

На электрической выставкѣ 1881 года въ Норвежскомъ Отдѣлѣ подъ колпакомъ было выставлено чучело зеленаго дятла, а рядомъ съ нимъ—кусокъ раздолбленнаго мѣстами дерева. Многіе удивлялись этому экспонату и спрашивали себя, какое отношеніе можетъ имѣть дятелъ къ электричеству. Никто не догадывался, что деревянный обломокъ представляетъ собою часть испорченнаго дятломъ телеграфнаго столба. Извѣстно, что дятелъ очень любитъ насѣкомыхъ. Часто можно видѣть, какъ онъ, впившись своими острыми когтями въ стволъ дерева, долбитъ его своимъ клювомъ, чтобы найти себѣ пищу. Телеграфные столбы для него просто сухіе стволы деревьевъ. Слыша гудѣніе отъ вѣтра проводовъ, дятелъ приписываетъ его скрывшимся въ древесинѣ столбовъ насѣкомымъ и усердно начинаетъ разыскивать ихъ, долбя столбъ. Подобнымъ же образомъ обманывается зачастую и медвѣдь. Извѣстно, какъ медвѣдь любитъ свѣжій медъ; гудѣніе въ телеграфномъ столбѣ онъ принимаетъ за признакъ того, что внутри его помѣщается пчелиный рой. Обхватить столбъ въ свои тяжелыя объятья, раскачать и вывернуть его изъ земли не представляетъ особеннаго труда для Михаила Ивановича; велико, вѣроятно, бываетъ его негодованіе при видѣ, вмѣсто пчелъ, какихъ-то ни на что негодныхъ бѣлыхъ колначковъ и проволоки.

Оригинально отношеніе волковъ къ воздушнымъ телеграфнымъ линіямъ. Проволока, протянутая между столбами, кажется имъ подозрительной, и они не рѣшаются переступить границу, проведенную этой магической линіей. Западня, по ихъ мнѣнію, слишкомъ ясна и груба, и они отворачиваются отъ нея, смѣясь надъ глупостью людей, которые думаютъ ихъ такъ легко провести. На сѣверѣ наблюдалось, что цѣлыя мѣстности избавлялись отъ волковъ, вслѣдствіе проведенія телеграфныхъ линій.

Подземныя телеграфныя линіи.

Подземная проводка телеграфныхъ проводовъ употребляется значительно рѣже, чѣмъ надземная; къ ней прибѣгаютъ иногда въ городахъ, чтобы не безобразить столбами улицъ, и ее употребляютъ изрѣдка въ стратегическихъ цѣляхъ. Проводами въ этихъ случаяхъ служатъ тѣмъ или инымъ способомъ изолированныя проволоки—кабели, съ которыми мы познакомимся при описаніи подводныхъ линій. Однако, при подземномъ прокладываніи линій можно пользоваться кабелями значительно болѣе простыми, и иногда они представляютъ собою просто проволоку, толсто обмотанную хлопчатой бумагой, густо напитанной асфальтомъ.

Подводныя телеграфныя линіи. Кабель.

Для подводныхъ кабелей употребляются исключительно мѣдныя проволоки, и вмѣсто одной толстой берутъ нѣсколько тонкихъ, включенныхъ параллельно, какъ показываетъ рис. 127, на которомъ хорошо видны всѣ слои кабеля. Тонкія (около 7 мм. діам.) мѣдныя проволоки покрываются слоемъ гуттаперчи. Въ кабелѣ всегда имѣется нѣсколько

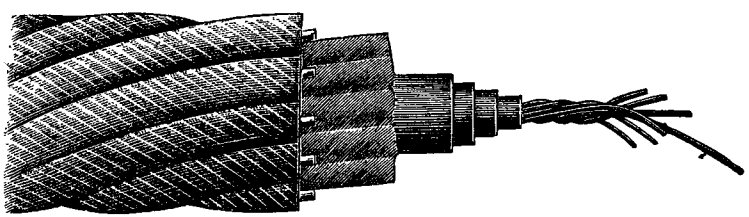


Рис. 127. Подводный кабель.

подобныхъ проводовъ, называемыхъ жилами. Эти жилы свиваются вмѣстѣ; въ нашемъ случаѣ шесть жилъ навиты на седьмую среднюю. Жилы составляютъ сердцевину кабеля. Вокругъ сердцевины наматываютъ двойнымъ слоемъ осмоленную пеньковую матерію, которую покрываютъ слоемъ оцинкованной желѣзной проволоки или заключаютъ въ свинцовую оболочку. Снаружи кабель покрываютъ асфальтомъ и еще разъ оплетаютъ пенькою.

Исторія подводнаго телеграфа.

Первая мысль о подводномъ телеграфномъ сообщеніи явилась у Витстона и онъ, еще въ 1837 году, выработалъ планъ телеграфнаго соединенія Англіи съ Франціей. Такая же мысль явилась и у Морзе, предложившаго, въ 1843 году, правительству Соединенныхъ Штатовъ устроить подводное телеграфное соединеніе Америки съ Англіей. Оба эти предложенія не были осуществлены, и главнымъ препятствіемъ къ этому служило отсутствіе надежныхъ способовъ изоляціи кабелей. Только открытіе примѣненія гуттаперчи для изолировки проводовъ, сдѣланное Вернеромъ Сименсомъ, удовлетворительно рѣшило эту задачу.

Наконецъ, въ 1850 году было устроено первое подводное сообщеніе Англіи съ Франціей. Кабель, употребленный для этого, состоялъ изъ двухъ мѣдныхъ проволокъ съ гуттаперчевой оболочкой. Кабель не былъ защищенъ отъ механическихъ поврежденій и его испортили чуть ли не до первой посылки телеграммы. Въ 1851 году былъ проложенъ новый кабель, уже по своему устройству весьма близкій къ нынѣшнимъ, нами выше описаннымъ. Эта новая проводка увѣнчалась полнымъ успѣхомъ, и вслѣдъ за ней были проложены кабели между Англіей и Ирландіей, Англіей и Голландіей, Италіей, Сардиніей и Корсикой. Оставалось соединить Старый Свѣтъ съ Новымъ, что и было выполнено, съ громадными на первый разъ затрудненіями и неудачами, благодаря особой энергіи и талантливости американскаго инженера Сайроса Фильда.

Первая прокладка кабеля между Ирландіей и Нью-Фаундлэндомъ кончилась два раза неудачей. Въ первый разъ (1857 г.) разрывъ кабеля произошелъ послѣ того, какъ его было проложено 300 миль; вторая прокладка (1858 г.) была доведена благополучно до конца и въ продолженіи 20 дней трансатлантическій телеграфъ работалъ болѣе или менѣе исправно, но затѣмъ токъ по кабелю пересталъ проходить, и причина порчи кабеля осталась неизвѣстной до сихъ поръ. Одновременно съ трансатлантическимъ кабелемъ стали проводить кабель изъ Суэца въ Индію, но эта проводка кончилась полной неудачей. Уроки троекратной прокладки подводнаго кабеля стоили болѣе 12 милл. рублей, но Сайросъ Фильдъ сумѣлъ этими уроками воспользоваться и въ 1865 году снова приступилъ къ выполненію своей задачи — соединить Старый и Новый Свѣтъ телеграфомъ.

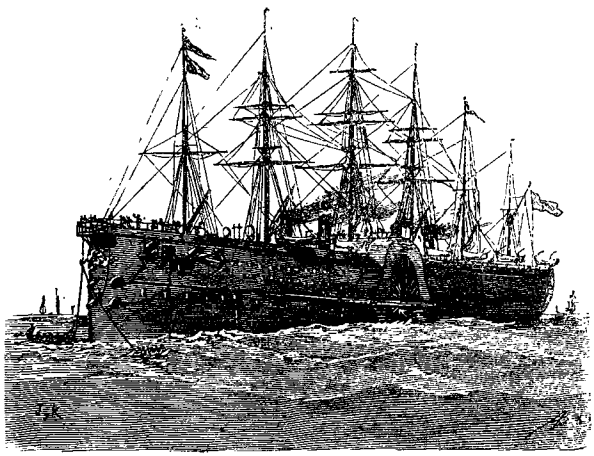


Рис. 128. «Great-Eastern».

Тщательнымъ изслѣдованіемъ дна океана была подыскана наилучшая линія для прокладки кабеля. Кабель былъ сдѣланъ значительно прочнѣе прежняго (общій діаметръ доходилъ до 3 сантиметровъ). Для прокладки былъ приспособленъ особый гигантскій пароходъ «Great-Eastern» (рис. 128); въ качествѣ главнаго техника былъ приглашенъ Вильямъ Томсонъ. Работа прокладки съ самаго начала пошла скверно, кабель оказался при размоткѣ попорченнымъ во многихъ мѣстахъ; были предположенія даже, что порчу производили подкупленные рабочіе. Какъ бы то ни было, работа прокладки шла, хотя и съ затрудненіями, съ 23-го іюля по 2-ое августа и за это время пройдено было 1200 миль. Тутъ было обнаружено новое поврежденіе, и кабель пришлось поднимать съ глубины 2000 саженей. Работа эта производилась при томъ же во время сильнаго волненія; машина для подъема кабеля попортилась, а кабель оборвался и утонулъ. Драгированіемъ оборванный конецъ былъ, впрочемъ, довольно скоро найденъ, но отсутствіе достаточно сильныхъ канатовъ и якорей не позволило его вытащить. Пришлось возвратиться въ Англію.

Компанія, проводившая кабель, отчаялась въ успѣхѣ дѣла и продала права на него «Anglo-American C°», которая тотчасъ же приступила къ изготовленію новаго, еще болѣе крѣпкаго кабеля и къ оборудованію «Great-Eastern» новыми машинами.

7-го іюля 1866 года было приступлено въ четвертый разъ къ прокладкѣ кабеля черезъ Атлантическій океанъ, и на этотъ разъ предпріятіе удалось довести до конца вполнѣ успѣшно; 27-го іюля 1866 года кабель былъ закрѣпленъ на берегу Нью-Фаундлэнда.

Удача новой компаніи на этомъ не остановилась; «Great-Eastern», кончивъ прокладку, отправился снова въ море, и 2-го сентября ему удалось поднять конецъ кабеля, упущенный въ 1865 году. Поднятый конецъ соединили съ запасомъ кабеля, имѣвшимся на суднѣ и прокладку продолжили до Нью-Фаундленда. 8-го сентября было готово и это второе соединеніе.

Французская линія трансатлантическаго телеграфа.

Въ настоящее время техника укладки подводнаго кабеля настолько разработана, что проводка новой линіи не представляетъ особыхъ затрудненій и не вызываетъ такого всеобщаго вниманія, какъ это было ранѣе.

Въ 1898 году, напр., уже сравнительно безъ затрудненій была проложена французская линія отъ Бреста до Бостона. Работа эта была исполнена Французскимъ обществомъ

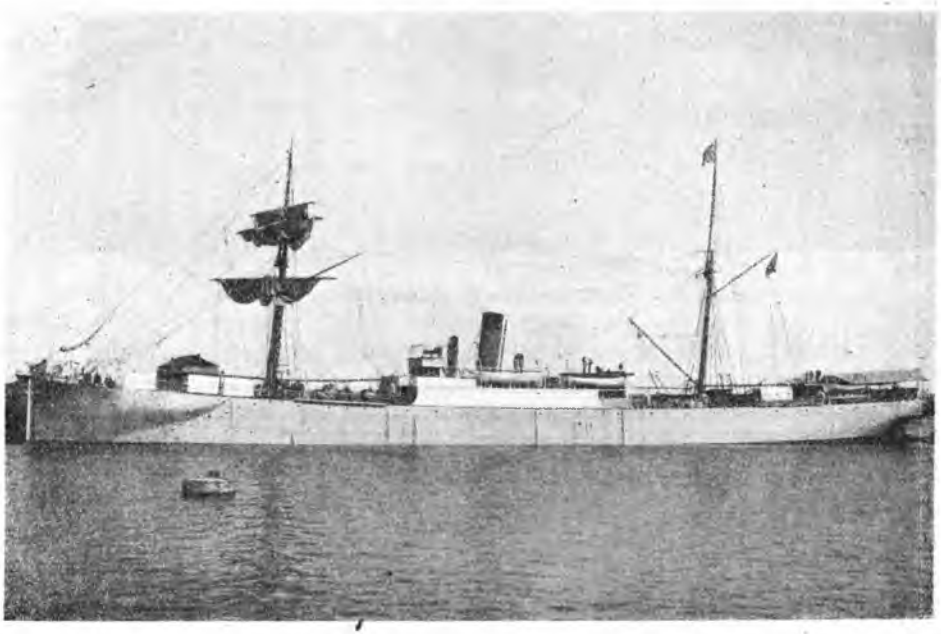


Рис. 129. «Франсуа Араго».

телефоновъ съ помощью спеціально выстроеннаго парохода «Франсуа Араго» (рис. 129). На палубѣ этого парохода имѣется барабанъ въ 1,7 метра діаметромъ (рис. 130), около котораго кабель раньше, чѣмъ опуститься въ воду, окручивается 3—4 раза. На окружность этого барабана, съ цѣлью уменьшить скорость погруженія кабеля, дѣйствуютъ тормоза, и сила дѣйствія ихъ регулируется сообразно съ глубиной, на которую производится укладка кабеля.

Машина для подъема кабеля состоитъ изъ барабана; барабанъ этотъ приводится въ дѣйствіе паровой машиной въ 150 — 200 лошадиныхъ силъ при посредствѣ зубчатыхъ сцѣпленій, которыя даютъ скорость подъема отъ полъ-мили до 3-хъ миль въ часъ, отвѣчающую натяженію кабеля отъ 18 до 3-хъ тоннъ. Малая скорость, соотвѣтствующая большому натяженію, примѣняется для подъема кабеля съ большихъ глубинъ; большая же скорость (малое натяженіе) служитъ для подъема буевъ или кабелей съ неглубокихъ мѣстъ.

Трюмы парохода Араго заняты въ большей своей части помѣщеніями для кабеля (рис. 131), затѣмъ машиной, лабораторіей, снабженной всѣми необходимыми для электри-

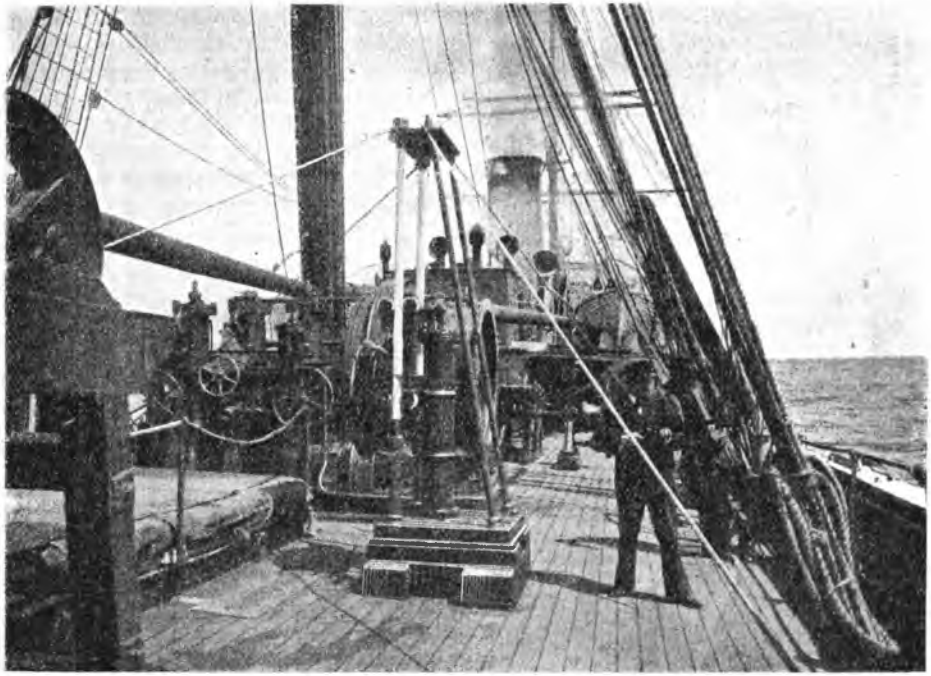


Рис. 130. Машины для спуска кабеля на «Араго».

ческихъ измѣреній инструментами, наконецъ, обширными магазинами съ буями, цѣпями, крюками и другими принадлежностями. Кабель для линіи Брестъ—Бостонъ былъ сдѣланъ въ собственныхъ мастерскихъ телеграфной компаніи въ Безонѣ и Кале; онъ состоялъ изъ центральнаго мѣднаго провода, имѣющаго 3,04 mm въ діаметрѣ, и двѣнадцати проводовъ въ 1,06mm, около него закрученныхъ. Изолирующая покрышка сдѣлана была

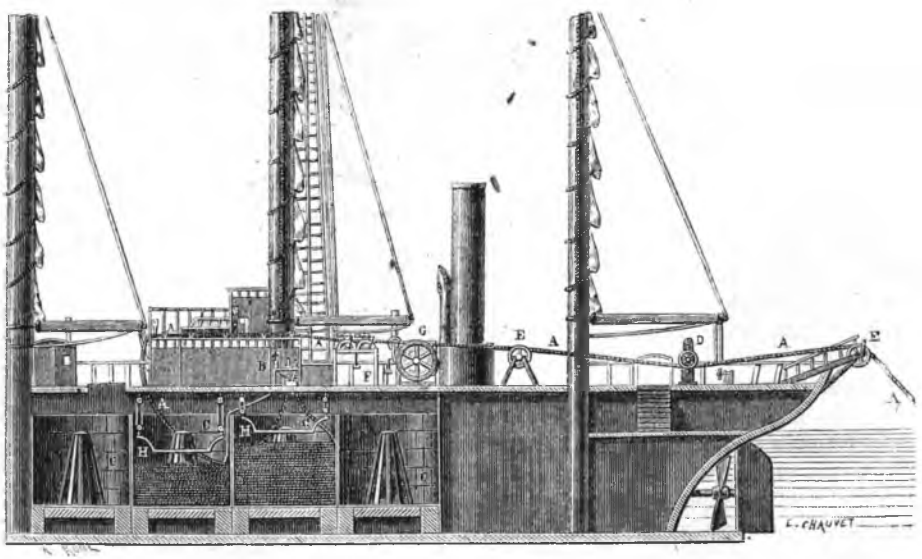


Рис. 131. Трюмъ парохода для прокладки кабеля.

изъ гуттаперчи, толщиною въ 3,5 mm и вѣсомъ 180 килограммовъ на морскую милю (1852 м.). Кабель употреблялся въ нѣсколькихъ моделяхъ; наиболѣе характерными являются кабели для большихъ глубинъ и для вывода изъ-подъ воды на землю. Въ первомъ случаѣ (рис. 132) внѣшняя оболочка кабеля состоитъ изъ 24 стальныхъ проводовъ въ 2,29 mm въ діаметрѣ и можетъ оказать сопротивленіе въ 120 килограммовъ на квадратный миллиметръ. Кабель, который укладывается въ мелкихъ мѣстахъ, главнымъ образомъ при выводѣ на материкъ, защищенъ еще лучше, такъ какъ ему грозятъ различнаго рода поврежденія, преимущественно отъ корабельныхъ якорей. Онъ окруженъ (рис. 133) еще второй оболочкой изъ 10 канатныхъ прядей; каждая такая прядь состоитъ изъ трехъ желѣзныхъ проволокъ въ 5,6 mm толщины. Вся длина проложеннаго кабеля составляетъ 5700 килом., а вѣсъ его равняется 9 милліонамъ клгр.

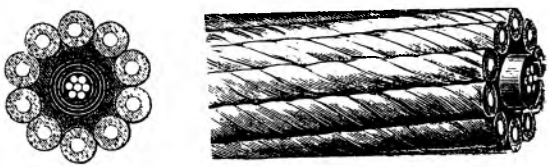


Рис. 132. Кабель для большихъ глубинъ.

При разрывахъ кабеля благодаря дреку, спеціально приспособленному для драгированія и подъема кабелей инженеромъ телефоннаго общества, Руильяромъ (рис. 134), самые трудные подъемы могли происходить безъ потери времени и трудовъ на безполезные поиски.

Рисунокъ 135 изображаетъ буекъ, которымъ обозначено мѣсто, гдѣ произошелъ разрывъ каната, а на рисункѣ 136 мы видимъ сцену подъема кабеля со дна океана.

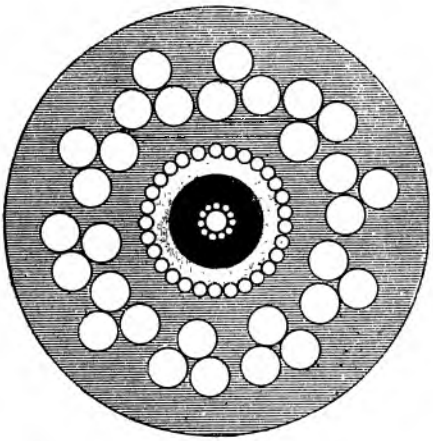


Рис. 133. Кабель для мелкихъ мѣстъ.

Передъ нами корабль, который соединенъ крѣпкою снастью съ оборваннымъ кон-



Рис. 134. Подъемъ оборваннаго кабеля.

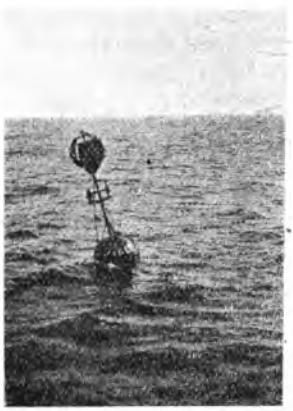


Рис. 135. Буй.

цомъ кабеля. Большая часть поднятаго уже почти до поверхности кабеля поддерживается большимъ яйцеобразнымъ буемъ. Кабель можно легко поднять на бортъ корабля, но необходимо отвязать прежде буй и притянуть этотъ послѣдній къ кораблю. Это

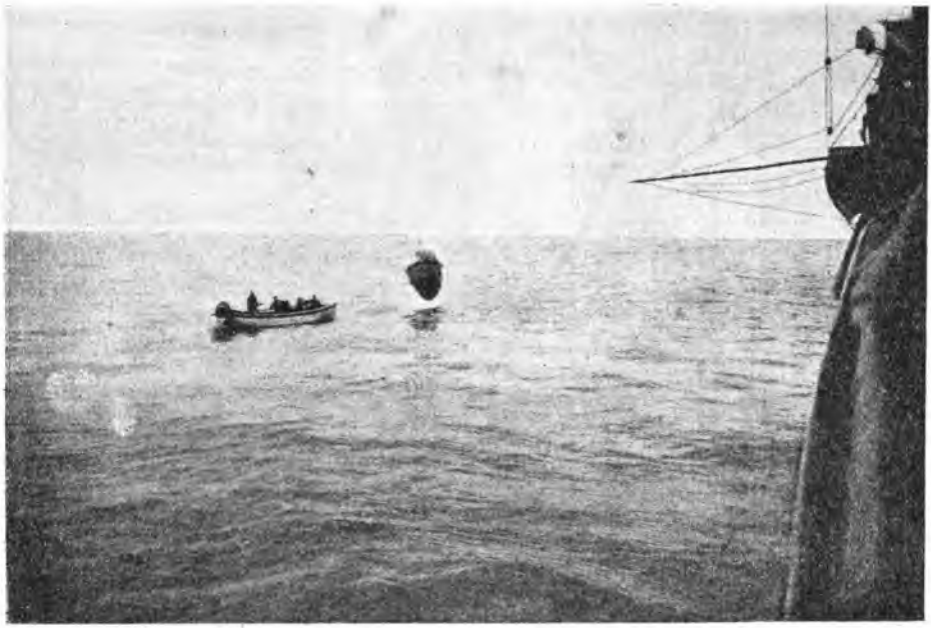


Рис. 136. Отвязываніе буя отъ приподнятаго со дна кабеля по новому способу.

поручается командѣ на небольшой шлюпкѣ; команда, прикрѣпивъ къ бую канаты отъ парохода, привязала одинъ конецъ особой веревки къ цѣпи, соединяющей буй съ кабелемъ, и, разворачивая его, отъѣхала въ сторону. Боцманъ, быстрымъ смыкомъ веревки, отцѣпляетъ собачку на цѣпи, соединяющей буй съ кабелемъ. Кабель, такимъ образомъ, остался привязаннымъ только къ корабельной снасти. Вся эта работа прежде была сопряжена съ большой опасностью, потому что ее нужно было исполнять вручную на самомъ буѣ (рис. 137). Буй же, вѣсящій не менѣе 1300 килограммовъ, будучи освобожденъ отъ тяжести кабеля, который онъ поддерживалъ, выскакиваетъ наверхъ изъ воды на вышину болѣе, чѣмъ на одинъ метръ. Такой моментъ выскакиванія буя изображенъ на рис. 136. Рис. 134 изображаетъ петлю поднятаго при помощи дрека Руильяра кабеля. Захватить кабель за самый конецъ его оторванной части невозможно; необходимо подъемный крючекъ отъ этого



Рис. 137. Отвязываніе буя, какъ оно практиковалось прежде.

его конца отвести настолько, чтобы вѣсъ свободнаго конца кабеля былъ достаточно великъ и удерживалъ кабель отъ спаденія съ крючка. Два человѣка, изображенные на рисункѣ висящими надъ водой, привязываютъ цѣпи къ каждому изъ концовъ поднятой

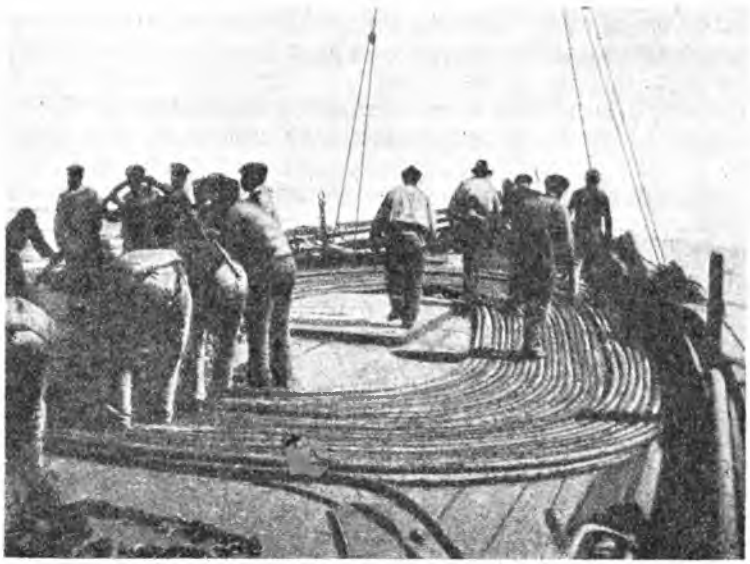


Рис. 138. Укладка кабеля въ бухтѣ Нью-Іорка.

петли. Затѣмъ петлю въ серединѣ разрубаютъ, концы втаскиваютъ на палубу и съ помощью электроизмѣрительныхъ приборовъ рѣшаютъ, который конецъ представляетъ обрѣзокъ, а который составляетъ настоящій кабель.

Обрѣзокъ втаскивается цѣликомъ на пароходъ, а конецъ настоящаго кабеля соединяется съ кабелемъ, находящимся на кораблѣ и правильная прокладка возстановляется.

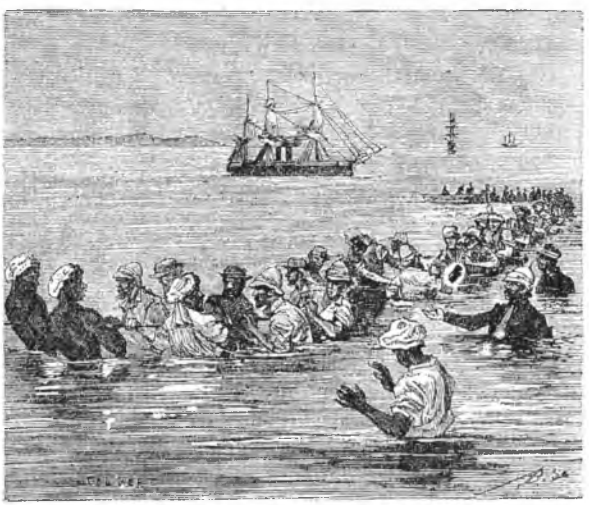


Рис. 139. Прокладка кабеля на мелкомъ мѣстѣ.

Въ сентябрѣ мѣсяцѣ 1899 года французская компанія телеграфныхъ кабелей проложила кабель отъ мыса Кодъ до Нью-Іорка: онъ послужилъ продолженіемъ линіи изъ Бреста до мыса Кодъ, проложеннаго въ предыдущемъ году. Рис. 138 показываетъ прокладку кабеля здѣсь на мелкомъ мѣстѣ; она производится съ палубы небольшаго парового судна, такъ какъ «Араго» около берега, въ силу своей глубокой осадки, работать не могъ. Кабель приподнимается и опускается въ воду рабочими. Въ еще болѣе мелкихъ мѣстахъ и при выводѣ кабеля на берегъ прокладка производится, какъ показываетъ рис. 139, непосредственно людьми, идущими въ бродъ.

Аппаратъ для передачи телеграммъ по подводному кабелю.

При телеграфированіи по кабелю съ самаго же начала натолкнулись на неожиданное затрудненіе. Оказалось, что всякій кабель, состоящій изъ внутреннихъ мѣдныхъ проволокъ, окруженныхъ внѣшними желѣзными, съ изолирующимъ слоемъ между ними, дѣйствуетъ какъ конденсаторъ. На проволокѣ такого кабеля, если ее соединить съ полюсомъ батареи, собирается огромное количество электричества, такъ какъ его емкость весьма велика. Вслѣдствіе этого, во-первыхъ, приходится считаться съ явленіями заряженія, а, во-вторыхъ, происходитъ замедленіе тока. Отсюда являются весьма вредныя для телеграфіи обстоятельства. Дѣйствительно, если при телеграфированіи кабель заряженъ замыканіемъ на батарею одной изъ станцій и затѣмъ разобщенъ отъ батареи и соединенъ съ землей, то все зарядившее его количество электричества потечетъ теперь обратно въ землю, черезъ аппараты. Произойдутъ такъ называемые токи разряда. Если вторая станція разобщена,

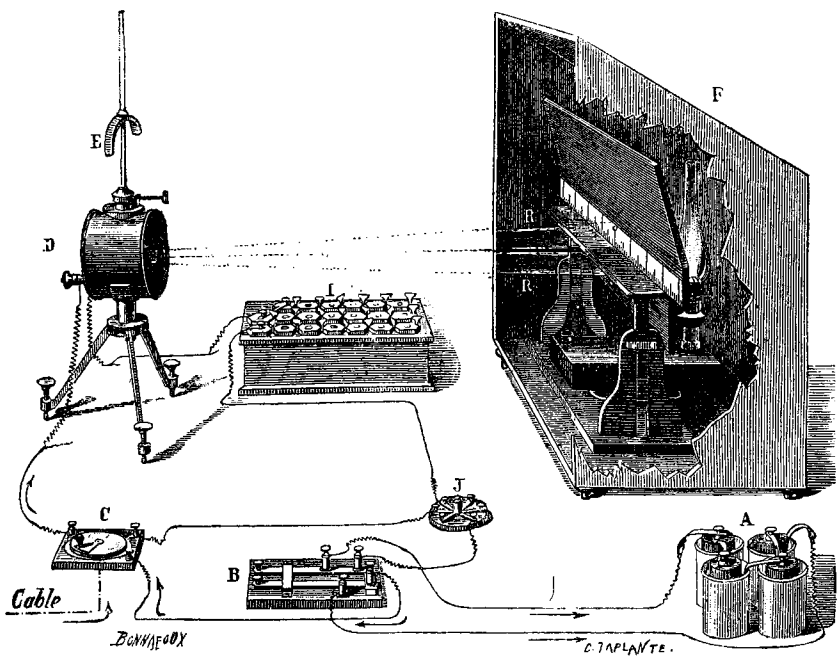


Рис. 140. Пріемный телеграфный приборъ съ зеркальнымъ гальванометромъ.

то весь разрядъ направляется въ землю черезъ аппараты первой. Такимъ образомъ, послѣ каждаго телеграфирующаго тока протечетъ токъ обратнаго направленія, который приведетъ аппараты въ нежелаемое и вредное дѣйствіе. Имѣются различные способы устранить эти токи. Напримѣръ, устраиваютъ такъ, что въ моментъ размыканія цѣпи черезъ кабель посылается токъ обратнаго направленія изъ особой батареи; этотъ токъ и уничтожаетъ,— по крайней мѣрѣ, отчасти, — токъ разряда. Въ случаѣ большой кабельной линіи въ настоящее время прибѣгаютъ почти исключительно къ конденсаторамъ, позволяющимъ достигнуть той же цѣли. При этомъ слѣдуетъ лишь на станціи отправленія зарядить телеграфирующимъ токомъ одну изъ обложекъ большого конденсатора, другая обложка котораго соединена съ кабелемъ; тогда по кабелю потечетъ электричество одноименное съ заряжающимъ. При прекращеніи телеграфирующаго тока электричество, заряжавшее кабель, уничтожится съ противоположнымъ электричествомъ, заряжавшимъ ту обложку

конденсатора, которая была соединена съ кабелемъ, тогда какъ съ другой обложки токъ просто стечетъ въ землю.

Такимъ образомъ, подводная телеграфія потребовала совершенно новые приборы. На трансатлантическихъ линіяхъ вернулись снова къ стрѣлочнымъ телеграфнымъ аппаратамъ, совершенно, однако, переработаннымъ.

Чтобы можно было пользоваться самыми слабыми токами, токъ посылается по оборотамъ очень чувствительнаго мультипликатора; отклоненія магнита наблюдается въ зрительную трубу. Въ настоящее время пользуются почти исключительно зеркальными гальванометрами Вильяма Томсона, при чемъ элементами телеграфной азбуки служатъ или отклоненія направо и налѣво или отклоненія въ одну сторону, но разной величины (отъ 15° до 25°). Замедляющія причины не позволяютъ передать по кабелю болѣе 12 знаковъ въ минуту.

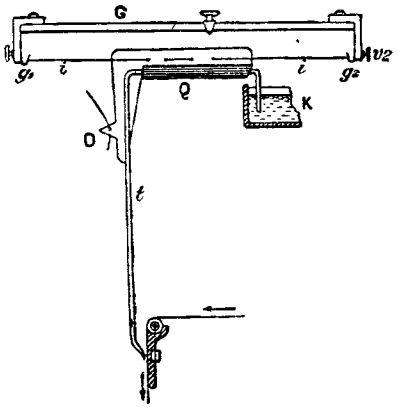


Рис. 141. Пишущій сифонъ Томсона.

Аппаратъ Томсона изображенъ на рис. 140. D—зеркальный гальванометръ Томсона; F—помѣщенная въ темной камерѣ шкала, на которую отбрасываются зеркаломъ гальванометра сигналы; C—коммутаторъ; B—манипуляторъ; A — батарея; I—соединеніе съ землей.

Недостатокъ описаннаго прибора—тотъ, что свѣтовые знаки очень утомляютъ телеграфиста и, не оставляя никакихъ слѣдовъ, ведутъ къ частымъ ошибкамъ.

Вильяму Томсону удалось придумать приборъ, работающій при весьма слабыхъ токахъ. Изобрѣтеніе это—пишущій сифонъ, названный такъ по одной своей части, съ которой мы и начинаемъ описаніе прибора. На весьма незначительномъ разстояніи отъ бумажной ленты, которая приводится въ движеніе часовымъ механизмомъ, расположено остріе крайне тонкой стеклянной трубочки t (рис. 141), изогнутой какъ сифонъ и опущенной своимъ короткимъ концомъ въ сосудъ k съ синей краской.

Когда сифонъ движется перпендикулярно къ направленію движенія бумажной ленты, онъ вычерчиваетъ на послѣдней ломаную линію краской, регулярно стекающей по трубкѣ. Если заставить его двигаться такъ, чтобы при пропусканіи по кабелю тока одного направленія онъ перемѣщался направо, а при обратномъ токѣ — налѣво, то по его движеніямъ можно составить знаки такимъ же образомъ, какъ и по движеніямъ стрѣлки зеркальнаго гальванометра. Теперь остается только посмотрѣть, какъ пользуются получаемыми изъ кабеля слабыми импульсами тока для движенія сифона, и затѣмъ, какъ заставляютъ синюю краску течь по трубкѣ (такъ какъ сама собою жидкость не пойдетъ по волосной трубкѣ).

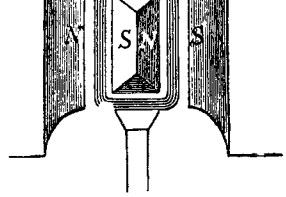


Рис. 142. Подвижная катушка между полюсами магнита въ аппаратѣ Томсона.

Телеграфными токами пользуются для движенія сифона при помощи слѣдующаго приспособленія: между полюсами N и S очень сильнаго магнита (рис. 142) виситъ прямоугольная рама, обмотанная большимъ числомъ витковъ очень тонкой проволоки; она легко вращается, будучи подвѣшена на тонкой шелковой нити, а въ положеніе покоя возвращаютъ ее двѣ привязанныя внизу нити съ подвѣшенными на нихъ маленькими грузами. Внутри рамки находится неподвижный, не соединяющійся съ рамкой, желѣзный сердечникъ. Если пропустить по обмоткѣ рамки токъ, то она дѣйствуетъ сама какъ магнитъ и, стремясь повернуться въ ту или другую сторону, смотря по направленію тока, вращаетъ и рамку. Эта обмотка вводится въ телеграфную линію.

Итакъ, каждый получающійся изъ кабеля импульсъ тока сообщаетъ рамкѣ отклоненіе; приборъ настолько чувствителенъ, что для сообщенія ему этихъ движеній достаточно и слабыхъ телеграфныхъ токовъ. Для передачи этихъ движеній отъ катушки къ сифону, послѣдній положенъ на аллюминіевое корытце Q (рис. 141), которое виситъ на горизонтально натянутой проволокѣ ii и соединяется съ рамкой при помощи нитей и рычажка; будучи отклоненъ катушкой въ ту или другую сторону, сифонъ всегда возвращается въ свое положеніе покоя упругостью проволоки ii.

Вторая задача разрѣшена Томсономъ очень простымъ способомъ. Сосудъ съ краской соединяется съ полюсомъ маленькой электрической машинки; когда электричество послѣдней проходитъ черезъ жидкость въ сифонѣ и бумагу въ другой полюсъ машины,—въ силу извѣстнаго закона оно гонитъ жидкость по трубкѣ.

Въ телеграфной конторѣ.

Говоря о телеграфахъ, мы не должны забывать тѣхъ, кто стоитъ между чудесами его и нами—публикой: мы говоримъ о телеграфистахъ. Каждый изъ насъ бывалъ въ телеграфной конторѣ, каждый получалъ и отправлялъ телеграммы, но задумывался ли онъ надъ той работой, которую приходится выполнять телеграфисту? Днемъ и ночью, въ будни и въ праздники сидитъ онъ надъ манипуляторомъ и выстукиваетъ и разсылаетъ по всѣмъ направленіямъ тысячи разнообразныхъ подробностей нашихъ житейскихъ, подчасъ важныхъ, а зачастую и пустыхъ дѣлъ. Научиться телеграфированію—не трудно, но дойти до той скорости передачи, которая требуется на большихъ, бойкихъ станціяхъ,—не легко. Не легка и сама работа, требующая сильнѣйшаго напряженія вниманія; однообразный стукъ коммутаторовъ въ связи съ сидячимъ образомъ жизни не могутъ не оказывать вліянія на нервы. Хорошій телеграфистъ такъ свыкается съ однообразнымъ для нашего неопытнаго слуха стукомъ электромагнита, что читаетъ телеграммы ухомъ.

Аппаратъ для служащихъ служитъ въ перерывы между работой и для развлеченія. По аппарату завязывается знакомство между служащими на разныхъ станціяхъ; извѣстны примѣры, когда такія знакомства между телеграфистками и телеграфистами приводили къ бракамъ, при чемъ женихъ и невѣста видѣлись впервые во время обрученія.

Телеграфисты такъ привыкаютъ къ сношеніямъ по телеграфу, что прибѣгаютъ къ нимъ иногда въ довольно странныхъ случаяхъ. Вотъ, напримѣръ, истинное происшествіе, имѣвшее мѣсто нѣсколько лѣтъ назадъ въ Лондонѣ и поведшее, правда, къ штрафу одного изъ участниковъ въ немъ. Въ лондонскомъ Post-Office, въ одномъ и томъ же коридорѣ помѣщаются двѣ телеграфныхъ конторы: одна соединена съ Дувромъ и Калэ, а другая—съ Гавромъ и Парижемъ. Дежурному чиновнику въ первой конторѣ захотѣлось покурить; хватился онъ своей трубки—оказывается, онъ позабылъ ее во второй конторѣ. Приказываетъ онъ дежурному мальчику принести трубку, но тотъ, будучи не въ духѣ, не желаетъ исполнять это, не входящее въ его служебныя обязанности, приказаніе. Что было дѣлать? Встать и пойти самому за трубкой, но къ чему тогда прогрессъ техники, къ чему телеграфы! Чиновникъ и не подумалъ встать; по аппарату требуетъ онъ отъ станціи въ Дуврѣ, чтобы его соединили съ Калэ, Калэ по его требованію соединяетъ его съ Парижемъ, Парижъ съ Гавромъ, Гавръ съ Діеппомъ, Діеппъ съ Ньюгавеномъ, а Ньюгавенъ, наконецъ, съ Лондономъ, съ той самой конторой, въ которой онъ позабылъ свою трубку; на все это ушло, правда, около часа, но зато онъ, не двигаясь съ мѣста, черезъ Англію, Па-де-Калэ и Францію протелеграфировалъ въ комнату, находившуюся по другую сторону коридора: «пришлите забытую мною у Васъ трубку съ Вашимъ мальчикомъ, мой отказывается идти за нею».

Много непріятностей причиняютъ зачастую перевираемыя телеграфистами при передачѣ телеграммы; всѣмъ извѣстны разсказы о морякѣ, получившемъ на третій годъ заграничнаго плаванія поздравленіе отъ жены «съ сыномъ» вмѣсто «съ чиномъ», о передачѣ вмѣсто «повѣнчался»—«скончался» и т. д. Но не всегда виноваты въ ошибкахъ телеграфисты; надо и намъ стараться поотчетливѣе писать текстъ телеграммы и составлять его такъ, чтобы перестановка какой-либо запятой не измѣняла смысла депеши. Трудно также

требовать точности въ передачѣ депешъ, такъ сокращенно составленныхъ, что смыслъ ихъ ясенъ только для посвященныхъ.

Вообще же, повторяемъ, надо снисходительно относиться къ промахамъ телеграфа, надо помнить, какой каторжный трудъ несутъ телеграфисты. Не дурно вспомнить тотъ отвѣтъ, что далъ телеграфный чиновникъ толпившейся у окошечка телеграфа публикѣ, негодовавшей на медленную пріемку депешъ:—«Эхъ, господа», сказалъ онъ, «вы стоите у рѣшетки всего какихъ-либо полъ-часа и уже недовольны; я двадцать лѣтъ торчу около нея, да молчу».

IV.

Электрическій телеграфъ безъ проводовъ.

Изъ предыдущей главы мы видѣли, что первые телеграфы, то-есть способы быстрой передачи извѣстій изъ одного мѣста въ другое, состояли изъ различнаго рода сигналовъ, непосредственно видимыхъ станціей полученія на станціи отправленія. Такіе телеграфы не требовали, конечно, никакихъ связующихъ станціи проводовъ. Электрическій же телеграфъ или, говоря точнѣе, телеграфированіе при помощи гальваническаго тока требуетъ обязательнаго соединенія станцій металлическими проводами. Первые телеграфы требовали весьма большого количества проводовъ, теперь число проводовъ сведено до одного, но прокладка и этого одного провода въ нѣкоторыхъ случаяхъ,—напримѣръ, для подводнаго телеграфа,—связана съ большими трудностями. Въ самое послѣднее время появилась возможность примѣнить электричество къ телеграфу вовсе безъ проводовъ, и такой телеграфъ дѣлаетъ съ каждымъ днемъ гигантскіе успѣхи.



Михаилъ Фарадей.

Для того, чтобы выяснить устройство безпроводнаго электрическаго телеграфа, намъ придется начать издалека и обратиться къ основнымъ понятіямъ объ электричествѣ.

Діэлектрики.

Въ ученіи объ электромагнитныхъ явленіяхъ главная роль всегда приписывалась тѣмъ тѣламъ, которымъ мы даемъ названіе проводниковъ, и типичнѣйшими представителями которыхъ являются металлы. Значеніе непроводниковъ, или изоляторовъ, казалось, состоитъ только въ томъ, что они, составляя слой, недоступный прохожденію электричества, задерживаютъ его на проводникахъ.

При такомъ значеніи непроводниковъ въ явленіяхъ индукціи тока токомъ же, о которой мы говорили въ первой главѣ, приходилось допускать непосредственное дѣйствіе электрическихъ силъ на разстояніи,—дѣйствіе, слѣдовательно, въ этомъ смыслѣ подобное тяготѣнію тѣлъ, гдѣ взаимодѣйствіе ихъ между собой происходитъ, повидимому, безъ всякаго участія раздѣляющей ихъ среды.

Ученый, открывшій явленіе индукціи, извѣстный англійскій физикъ Фарадей, придерживался другихъ взглядовъ. Онъ полагалъ, что сущность электрическихъ явле-

ній происходитъ не въ проводникахъ электричества, а именно въ непроводникахъ, или изоляторахъ,—тѣлахъ, которымъ его современики придавали только пассивное значеніе. Непроводники Фарадей назвалъ діэлектриками. Онъ шелъ дальше и изъ того, что пустота, то-есть невѣсомый эѳиръ, также представляетъ собою діэлектрикъ, выводилъ, что и въ вѣсомыхъ діэлектрикахъ (воздухъ, вода, стекло) при электрическихъ явленіяхъ главная, если не единственная роль принадлежитъ тому же эѳиру, заполняющему, по нашимъ понятіямъ, пространства между отдѣльными атомами тѣлъ. При этомъ ему приходилось дѣлать допущеніе, что въ проводникахъ, гдѣ эѳиръ находится точно такъ же, какъ въ діэлектрикахъ, состояніе его иное и именно такое, при которомъ онъ не способенъ къ измѣненіямъ, обусловливающимъ электрическія явленія.

Въ выводахъ первенствующаго въ электрическихъ явленіяхъ значенія діэлектриковъ Фарадей опирался главнымъ образомъ на слѣдующія соображенія: электрическія силы проявляются только на поверхности проводниковъ; электростатическія дѣйствія проявляются на проводникахъ, при одномъ и томъ же источникѣ электричества, совершенно одинаковыя, внѣ зависимости отъ матеріала проводника; проводники при пропусканіи черезъ нихъ тока не испытываютъ никакого измѣненія въ своемъ молекулярномъ строеніи, въ то время, какъ таковое наблюдается въ соприкасающихся съ ними діэлектрикахъ.

Электрическіе заряды, по Фарадею, поэтому помѣщаются не въ проводникахъ, а на границѣ наружной поверхности ихъ и окружающаго ихъ діэлектрика, будетъ ли то какой-либо жидкій или твердый изоляторъ, или воздухъ.

Прекрасныя подтвержденія взглядовъ Фарадея даютъ опыты съ Лейденской банкой и вообще конденсаторами.

Лейденская банка.

Этотъ всѣмъ извѣстный приборъ, изобрѣтенный въ 1745 году голландскимъ физикомъ Мушенброкомъ и получившій свое названіе «лейденской» потому, что первый ударъ отъ разряда его испыталъ на себѣ лейденскій гражданинъ Кунеусъ, обыкновенно состоитъ изъ стеклянной банки, обклеенной листовымъ оловомъ снаружи и внутри (наружная и внутренняя обкладка), примѣрно, до $^2/_3$ высоты. Горло банки закрывается пробкой, сквозь которую пропускается мѣдный стерженекъ сверху, надъ банкой заканчивающійся шарикомъ, а внутри цѣпочкой, свободно на днѣ банки лежащей. Дно банки снаружи и внутри такъ же, какъ стѣнки, оклеивается фольгой.



Рис. 143. Разборная Лейденская банка.

Можно составить лейденскую банку и иначе, а именно такъ, какъ это представлено на рис. 143. *C*—стеклянная банка, *A*—внутренняя; *B*—наружная обкладки. Весь приборъ собирается, какъ показано слѣва на рисункѣ, но весьма легко можетъ быть разобранъ на свои составныя части. Разрядъ такой банки, послѣ того какъ она была заряжена съ помощью какой-либо статической машины, производится, какъ обыкновенно, соединеніемъ посредствомъ проводника внѣшней обкладки съ внутренней. Попробуемъ теперь поступить съ этой банкой такъ: зарядивъ, быстро разберёмъ ее на составныя части и, оставя въ сторонѣ стеклянный сосудъ, приведемъ въ соприкосновеніе обкладки,—разряда никакого не получится. Снова соберемъ банку и, какъ всегда, прикоснемся разрядникомъ одновременно къ шарику стержня и внѣшней обкладкѣ,—разрядъ получится, какъ обыкновенно. Очевидно, что электричество оставалось въ діэлектрикѣ, которымъ въ этомъ случаѣ являлась стеклянная банка.

Еще яснѣе значеніе діэлектриковъ можно вывести изъ опытовъ съ другими конденсаторами.

Пластинчатый конденсаторъ.

Конденсаторами вообще называютъ приборы, служащіе для скопленія, на поверхности небольшого объема вещества, большаго количества электричества безъ значительнаго повышенія при этомъ напряженія электричества въ тѣлѣ. Лейденская банка является также конденсаторомъ, но не особенно хорошимъ.

Значительно лучше конденсаторы пластинчатые: подобный конденсаторъ состоитъ изъ ряда стеклянныхъ пластинъ, переложенныхъ листами фольги. Всѣ четные, равно какъ и нечетные листы фольги соединены между собой, но четный съ нечетнымъ нигдѣ не соприкасаются. Подобный конденсаторъ изображенъ на рис. 144. Сущность его та же, что и лейденской банки: стеклянная пластинка замѣняетъ банку, а листы фольги представляютъ внѣшнюю и внутреннюю обкладки, при чемъ одинъ и тотъ же листъ ея служитъ внѣшней обкладкой для одной пластинки и внутренней—для другой.

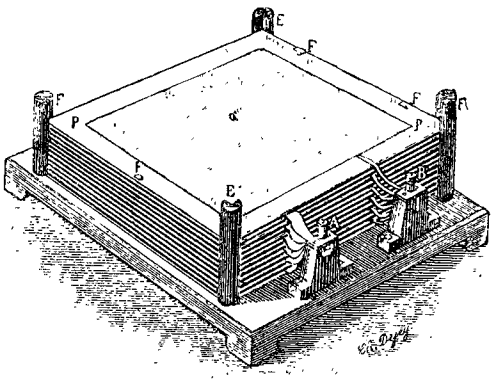


Рис. 144. Пластинчатый конденсаторъ.

Вмѣсто стекла могутъ быть взяты какіе угодно другіе діэлектрики; опытъ показываетъ при этомъ, что количество скопляемаго конденсаторомъ электричества зависитъ только отъ діэлектриковъ, входящихъ въ составъ конденсатора, и вовсе не зависитъ отъ проводниковъ.

Электроемкость.

Одно и то же количество электричества, будучи придано различнымъ тѣламъ, вызоветъ въ нихъ неодинаковое повышеніе напряженія, подобно тому, какъ одно и то же количество тепла повыситъ температуру различныхъ тѣлъ на различное число градусовъ. Обратно, чтобы повысить напряженіе (потенціалъ) различныхъ тѣлъ на одну и ту же величину, нужны различныя количества электричества, для однихъ тѣлъ весьма малыя, для другихъ весьма большія. О первыхъ тѣлахъ говорятъ, что они обладаютъ малой электрической емкостью, о вторыхъ—что ихъ электрическая емкость весьма велика. Вообще же электроемкость тѣла опредѣляется тѣмъ количествомъ единицъ электричества—кулоновъ,—которые надо придать этому тѣлу, чтобы повысить его напряженіе, его потенціалъ на единицу электрическаго потенціала, на одинъ вольтъ. За единицу электроемкости принимается емкость такого тѣла, потенціалъ котораго повысится на одинъ вольтъ при передачѣ ему какимъ-либо источникомъ количества электричества въ одинъ кулонъ. Такая единица емкости называется фарадой.

Фарада, однако, является такой большой величиной, которою въ практикѣ пользоваться не приходится. Въ практикѣ употребляется одна милліонная часть фарады, или микрофарада.

Прямымъ опытомъ съ различнаго рода конденсаторами можно убѣдиться, что емкость ихъ не зависитъ отъ природы проводниковъ, входящихъ въ ихъ составъ. Проводники оказываютъ на емкость конденсаторовъ вліяніе исключительно своими размѣрами и геометрической формой. Не то относительно діэлектриковъ. Не только величина ихъ оказываетъ вліяніе на емкость, но и толщина, а также, и въ особенности, природа. Зависимость емкости отъ природы діэлектриковъ характеризуется діэлектрической постоянной.

Діэлектрическая постоянная какого-либо діэлектрика представляетъ собою отношеніе электроемкости какого-либо конденсатора съ изолирующимъ слоемъ въ немъ изъ этого діэлектрика къ электроемкости того же конденсатора съ изолирующимъ слоемъ изъ воздуха. Для воздуха, такимъ образомъ, діэлектрическая постоянная равна единицѣ, для стекла около—2,8; для парафина—1,68; эбонита—2,21; алкоголя—26,5; воды—76 и т. д.

Такъ какъ воздухъ является діэлектрикомъ, то извѣстнаго рода конденсаторомъ можно считать всякій проводникъ. Проволока, протянутая надъ землей, напримѣръ, явится также конденсаторомъ, діэлектрикомъ котораго будетъ воздухъ. Ясно, что все, что мы говорили для конденсаторовъ (лейденской банки и пластинчатаго конденсатора), будетъ одинаково вѣрно и для всякаго проводника.

Вездѣ электричество будетъ помѣщаться на границѣ проводника и окружающаго его діэлектрика.

Разъ роль діэлектриковъ, по Фарадею, такова, какъ разобрано выше, разъ активная роль въ электростатическихъ явленіяхъ принадлежитъ эѳиру діэлектриковъ, то вполнѣ понятно и другое положеніе этого же ученаго, что проявленіе электрическихъ силъ на разстояніи нельзя считать слѣдствіемъ мгновеннаго и непосредственнаго вліянія ихъ вдаль, а слѣдуетъ объяснить, такъ же какъ и всѣ электромагнитныя явленія, постепенной передачей воздѣйствія черезъ среду эѳира, наполняющаго пространство между источникомъ электрическихъ силъ и преемникомъ ихъ.

Электромагнитная теорія свѣта Максвелля.

Взгляды Фарадей не были приняты его современниками, но на основаніи ихъ другой знаменитый англійскій ученый Максвелль развилъ свою электромагнитную теорію свѣта. Вотъ какъ вкратцѣ излагаетъ эту теорію профессоръ Хвольсонъ въ статьѣ «Опыты Герца и ихъ значеніе»:

«Кромѣ такъ называемой вѣсомой матеріи, т.-е. тѣлъ твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ, существуетъ, какъ это предполагалось и прежде, еще одна, и только одна, среда, которую можно назвать эѳиромъ. Эѳиръ этотъ не только служитъ передатчикомъ свѣта и тепла, но въ то же время представляетъ собою и истинную причину всѣхъ электрическихъ и магнитныхъ явленій, которыя отъ явленій свѣтовыхъ вообще отличаются не столько качественно, сколько количественно. Въ этомъ всемірномъ электромагнито-оптическомъ эѳирѣ могутъ происходить разнаго рода внутреннія измѣненія, какъ статическаго, такъ и динамическаго характера. Первыя изъ нихъ представляютъ внутреннее видоизмѣненіе, сохраняющееся въ теченіе бо́льшаго или меньшаго времени и соотвѣтствующее разнообразнымъ упругимъ измѣненіямъ, которыя наблюдаются въ твердыхъ тѣлахъ; оно можетъ быть сгущеніе, натяженіе, можетъ быть скручиваніе и т. д. Динамическія измѣненія въ эѳирной средѣ суть движенія, пертурбаціи, которыя, какъ это допускаетъ и оптика, послѣдовательно передаются сосѣднимъ частицамъ и, вслѣдствіе громадной упругости эѳира, распространяются черезъ его массу съ весьма большою скоростью. Если въ какомъ-нибудь мѣстѣ эѳирной среды опредѣленная пертурбація повторяется періодически, то такая періодическая пертурбація будетъ распространяться вдаль и будетъ повторяться въ той же послѣдовательности въ весьма отдаленныхъ мѣстахъ эѳира.

Смотря по характеру статической или динамической пертурбаціи эѳира, мы въ различныхъ случаяхъ будемъ имѣть передъ собою различныя явленія, которыми занимаются электростатика, электрокинетика и оптика.

Явленія, изучаемыя электростатикою, происходятъ въ тѣхъ случаяхъ, когда въ эѳирной средѣ имѣетъ мѣсто статическая деформація. Когда мы говоримъ, что нередъ нами проводникъ, наэлектризованный положительно, а не далеко отъ него находится другой проводникъ, отъ дѣйствія индукціи наэлектризованный отрицательно, то въ дѣйствительности мы должны представить себѣ, что эѳирная среда, находящаяся между этими двумя тѣлами, подверглась особой деформаціи, заключающейся существенно въ натяженіяхъ

вдоль нѣкоторыхъ линій, идущихъ отъ одного проводника къ другому. Вдоль этихъ линій произошло, какъ сказано, натяженіе, а, можетъ быть, и боковое перемѣщеніе эѳира, сопряженное съ боковыми сжатіями. Внутри проводника эѳиръ такимъ деформаціямъ подверженъ быть не можетъ; линіи натяженія кончаются у поверхности проводника, и то, что мы называемъ положительными и отрицательными зарядами, въ дѣйствительности не что иное, какъ геометрическія мѣста началъ или концовъ этихъ линій, вдоль которыхъ произошло натяженіе или перемѣщеніе въ эѳирѣ.

Металлы или вообще проводники играютъ, такимъ образомъ, какъ бы роль пустоты въ эѳирной средѣ; мы ихъ называемъ проводниками, но съ этой точки зрѣнія ихъ скорѣе можно назвать непроводниками, ибо они не въ состояніи передать пертурбацій эѳирной среды.

Динамическая пертурбація, т.-е. движеніе въ эѳирной средѣ, какъ и всякое движеніе, представляетъ нѣкоторый запасъ энергіи; передача пертурбацій въ эѳирной средѣ сопровождается, слѣдовательно, передачею или переливомъ энергіи съ одного мѣста на другое.

По ходячему взгляду, мы полагаемъ, что въ электрическомъ токѣ имѣемъ дѣло съ движеніемъ электричества, энергія котораго непрерывно передается частицамъ проводника, превращаясь въ теплоту. По теоріи Максвелля, особенно если принять ея дальнѣйшее развитіе другими учеными, мы должны сущность электрическаго тока видѣть въ особаго рода непрерывныхъ движеніяхъ, а, можетъ быть, только натяженіяхъ, происходящихъ въ эѳирной средѣ, окружающей проводникъ. Электрическая энергія тока, если можно говорить о таковой, содержится, слѣдовательно, первоначально не въ проводникѣ, но въ окружающемъ эѳирѣ; проводникъ же имѣетъ способность непрерывно поглощать эту электрическую энергію, неспособную черезъ него проникнуть и превращать ее въ движеніе частицъ самаго проводника, т.-е. въ теплоту. Всѣ дѣйствія электрическаго тока, обнаруживающіяся въ окружающемъ его пространствѣ, объясняются, такимъ образомъ, тѣми движеніями, которыя происходятъ въ окружающей его эѳирной средѣ. Здѣсь не мѣсто входить въ дальнѣйшія и намъ не нужныя подробности теоріи Максвелля; достаточно сказать, что всѣ явленія, которыми занимается электростатика и электрокинетика, могутъ быть объяснены деформаціями и пертурбаціями, имѣющими мѣсто въ эѳирной средѣ.

Свѣтъ есть не что иное, какъ частный случай періодически и весьма быстро повторяющейся пертурбаціи въ той же самой, единственно существующей, всемірной эѳирной средѣ. Свѣтовая пертурбація отличается отъ всевозможныхъ другихъ, въ сущности, только количественно и именно: она представляетъ собою весьма быстрыя періодически повторяющіяся пертурбаціи. Эти пертурбаціи, повторяющіяся нѣсколько тысячъ билліоновъ (милліонъ милліоновъ) разъ въ секунду, имѣютъ способность дѣйствовать на нашъ глазъ и по этому казались намъ чѣмъ-то совершенно отдѣльно существующимъ.

Мы судимъ о явленіяхъ окружающей насъ природы по тѣмъ дѣйствіямъ, которыя они производятъ на наши органы чувствъ, и всегда склонны разнохарактерныя дѣйствія приписывать разнохарактернымъ причинамъ. Въ дѣйствительности упомянутыя быстрѣйшія періодическія пертурбаціи эѳира, вѣроятно, только количественно отличаются отъ болѣе медленныхъ, не производящихъ впечатлѣнія на нашъ глазъ, но зато обнаруживающихся въ нашихъ приборахъ, въ видѣ того или другого, такъ называемаго, электрическаго или магнитнаго дѣйствія. Кажущаяся обособленность свѣтовыхъ явленій сводится, такимъ образомъ, въ сущности, къ особому свойству нашего глаза, замѣчающаго присутствіе быстрѣйшихъ пертурбацій въ эѳирѣ и не реагирующаго, когда медленныя пертурбаціи распространяются до сѣтчатой оболочки.

Скорость, съ которою передаются пертурбаціи въ эѳирной средѣ, не зависитъ отъ того, какъ часто они повторяются, а такъ какъ мы знаемъ, что свѣтъ передается со скоростью 300.000 килом. въ секунду, то должны заключить, что и другія, не такъ быстро повторяющіяся пертурбаціи должны распространяться съ тою же самою скоростью.»

Итакъ, явленія электричества, какъ мы говорили уже, впрочемъ, въ первой главѣ, представляютъ собою такія же колебанія эѳира, какъ и свѣтъ; разница только въ томъ,

что колебанія свѣтовыя, улавливаемыя глазомъ, въ большое число разъ чаще колебаній электрическихъ. Во всемъ остальномъ волны свѣтовыя и электрическія должны быть аналогичны по своимъ свойствамъ.

Таковъ выводъ теоріи Максвелля, но творецъ ея не далъ одного, весьма существеннаго, а именно опытной провѣрки своихъ воззрѣній. Теорія была нова, рѣзко расходилась со всѣмъ, что вошло уже въ плоть и кровь другихъ ученыхъ, теорія была только умозрительна, прямыхъ фактическихъ доказательствъ ея не имѣлось—вотъ причина, почему и она была встрѣчена такимъ же скептицизмомъ, такъ же замолчана, какъ и теорія Фарадея.



Генрихъ Герцъ (1857—1895).

Только Генрихъ Герцъ, сначала ассистентъ Гельмгольца, а затѣмъ профессоръ физики въ высшемъ техническомъ училищѣ въ Карлсруэ, въ 1888 году первый показалъ на опытѣ воспроизведеніе электромагнитныхъ волнъ въ пространствѣ, измѣрилъ длину ихъ и доказалъ, что эти волны, отличаясь отъ свѣтовыхъ въ милліонъ разъ большей длиной, въ то же время обладаютъ одинаковыми съ ними свойствами, а именно могутъ отражаться, преломляться, поглощаться, подвергаться поляризаціи.

Прежде, чѣмъ описать, однако, главнѣйшіе опыты Герца, мы должны остановиться еще на нѣсколькихъ основныхъ понятіяхъ изъ области электричества, а отчасти и изъ области общей механики. Намъ необходимо сказать нѣсколько словъ о самоиндукціи и колебательномъ разрядѣ, о резонансѣ и о стоячихъ волнахъ.

Самоиндукція.

Самоиндукціей называется индукція тока въ проводникѣ, вызываемая измѣненіемъ силы тока, протекающаго по этому проводнику. Явленіе самоиндукціи открыто Фарадеемъ. Фарадей нашелъ, что всякое измѣненіе силы тока въ проводникѣ сопровождается возникновеніемъ особой электродвижущей силы, которая стремится возбудить въ этомъ проводникѣ токъ, противодѣйствующій происходящему измѣненію главнаго тока. При увеличеніи силы тока въ проводникѣ, въ немъ появляется электродвижущая сила, замедляющая возрастаніе силы главнаго тока; при уменьшеніи силы тока появляющаяся электродвижущая сила противодѣйствуетъ этому уменьшенію. Такая электродвижущая сила, возникающая въ моментъ измѣненія тока въ проводникѣ, называется электродвижущей силой самоиндукціи, а токъ, возбуждаемый ею, носитъ названіе экстратока.

Самоиндукція наблюдается особенно хорошо, когда въ цѣпи тока находится катушка и, въ особенности, если эта катушка имѣетъ желѣзный сердечникъ. Въ этомъ случаѣ при замыканіи цѣпи сначала появляется слабый токъ, затѣмъ онъ постепенно возрастаетъ и, наконецъ, пріобрѣтаетъ силу согласно закона Ома. При размыканіи цѣпи, самоиндукція усиливаетъ искру, являющуюся въ мѣстѣ разрыва цѣпи.

О явленіяхъ самоиндукціи мы упоминали, между прочимъ, при описаніи подводныхъ телеграфовъ.

Не разбирая причины самоиндукціи, мы покажемъ только аналогію между нею и явленіями гидравлическими, воспользуемся слѣдовательно, аналогіей, которою столько разъ пользовались въ первой главѣ.

Возьмемъ (рис. 145) два сообщающихся сосуда A и B, соединенныхъ длинной и толстой трубой T съ краномъ R. Когда мы откроемъ кранъ R, то вода, вслѣдствіе инерціи, не сразу потечетъ изъ A въ B съ нормальной скоростью, а дойдетъ до этой скорости постепенно. Попробуемъ разобраться въ этомъ явленіи.

Двигающееся тѣло отличается отъ тѣла, находящагося въ покоѣ, тѣмъ, что оно обладаетъ извѣстнымъ количествомъ энергіи движенія; явленія, происходящія при столкновеніи двухъ быстро другъ другу навстрѣчу двигающихся тѣлъ, являются механическими результатами этой энергіи движенія.

Когда мы открываемъ кранъ R (рис. 145), то жидкость въ сосудѣ A отъ покоя переходитъ къ движенію, для этого она должна поглотить извѣстное количество энергіи движенія. Эта энергія можетъ взяться только изъ той энергіи, которою обладаетъ вода въ сосудѣ A и которая есть результатъ энергіи, приложенной къ этой водѣ при наливаніи ея изъ нижняго сосуда въ верхній. Передача эта или переходъ потенціальной энергіи въ энергію движенія происходитъ постепенно, постепенно достигается и нормальная скорость истеченія воды.

Перенесемъ аналогію на электрическій проводникъ: проводникъ, по которому идетъ токъ, отличается отъ инертнаго проводника тѣмъ, что вокругъ перваго находится такъ называемое магнитное поле—особое состояніе окружающаго эѳира, особыя линіи силъ.

Чтобы создать такое магнитное поле, надо затратить извѣстное количество электрической энергіи, какъ надо было затратить извѣстное количество потенціальной энергіи, чтобы создать энергію движенія въ первомъ нашемъ примѣрѣ; но разъ магнитное

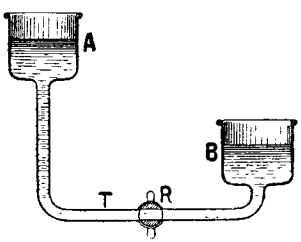


Рис. 145. Опытъ съ сообщающимися сосудами.

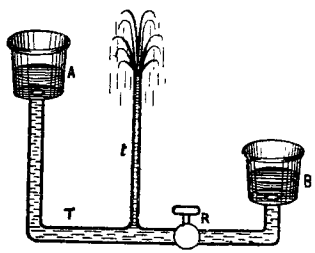


Рис. 146. Опытъ съ сообщающимися сосудами.

полѣ образовалось,—оно остается около проводника, пока по нему идетъ токъ, не требуя на свое поддержаніе ни малѣйшаго новаго расхода электрической энергіи. Поэтому, при замыканіи тока, сначала не вся электрическая энергія идетъ по проводу въ видѣ тока, а часть ея тратится на созданіе магнитнаго поля; сила тока входитъ въ норму только постепенно. Періодъ увеличенія силы тока до нормальнаго долженъ быть тѣмъ длиннѣе, чѣмъ интенсивнѣе магнитное поле; магнитное поле весьма интенсивно, если проводникъ смотанъ въ видѣ катушки; отсюда понятно, почему явленія самоиндукціи сильнѣе, какъ мы говорили выше, если въ цѣпи тока имѣется катушка.

Однако, что произойдетъ съ энергіей, собравшейся около проводника при размыканіи тока? Опять обратимся къ нашимъ сообщающимся сосудамъ. Если мы (рис. 145) быстро закроемъ кранъ R, то услышимъ сухой, сильный ударъ; мы прервали движеніе воды, энергія движенія должна во что-либо превратиться, быть какъ-нибудь израсходованной. Ударъ въ стѣнки трубки—механическій эквивалентъ энергіи движенія. Если бы (рис. 146) передъ краномъ R къ трубкѣ T была придѣлана вертикальная трубка t, открытая сверху, то, при быстромъ закрываніи крана, мы увидали бы, что вода изъ трубки T съ силой хлынула въ трубку t и поднялась бы въ ней на высоту бо́льшую, чѣмъ высота уровня воды въ сосудѣ A. Если трубка t, какъ это показано на рисункѣ, недостаточно длинна, то вода будетъ при быстромъ закрываніи крана R выкинута изъ нея въ видѣ фонтана. Итакъ, энергія движенія при закрываніи крана въ трубкѣ, соединяющей два сосуда съ водой, какъ показываетъ описанный опытъ, можетъ на нѣкоторое время сдѣлать разницу уровней воды бо́льшею, чѣмъ она была въ началѣ опыта.

Точно также размыканіе тока въ цѣпи съ большой самоиндукціей поведетъ къ повышенію разности электрическихъ потенціаловъ. Энергія, собранная въ магнитномъ полѣ, при прекращеніи тока сразу освободится и дастъ такой же электрическій толчокъ, какой механическій давала въ предыдущемъ опытѣ энергія движенія. Образовавшаяся электродвижущая сила будетъ значительно бо̀льшей, чѣмъ таковая источника тока; отсюда—возникновеніе экстратока и сильная искра въ разрывѣ проводника. Сила экстратока при сильномъ источникѣ тока и проводникѣ съ большой самоиндукціей, можетъ быть, поразительна, и отъ нея, въ большинствѣ случаевъ, зависятъ несчастія при разрывѣ проводовъ электрическаго освѣщенія и т. п. Всѣ явленія, происходящія при замыканіи и размыканіи тока, наблюдаются въ соотвѣтственно ослабленномъ видѣ при уменьшеніи и увеличеніи его силы.

Колебательный разрядъ.

Если какой-либо проводникъ обладаетъ за разъ большой емкостью и большой самоиндукціей, то совокупность этихъ двухъ, только-что нами разсмотрѣнныхъ, факторовъ можетъ дать то явленіе, которое извѣстно подъ названіемъ колебательнаго разряда.

Колебательный разрядъ замѣченъ былъ еще въ 1842 году физикомъ Генри, а посредствомъ математическаго анализа объясненъ Гельмгольцемъ и В. Томсономъ.

Что̀ же собственно называется колебательнымъ разрядомъ? Возьмемъ нѣкоторый конденсаторъ C, заряженный отъ какого-либо источника съ постоянной разностью потенціаловъ. Быстро замкнемъ этотъ конденсаторъ проводникомъ L, обладающимъ большою самоиндукціей. Если бы проводникъ не обладалъ самоиндукціей, то произошелъ бы обыкновенный разрядъ конденсатора, накопленная въ немъ электрическая энергія ушла бы на треніе, на разогрѣваніе проводника. Но изъ-за самоиндукціи проводника разрядъ выразится въ токѣ, мѣняющемъ свое направленіе, при чемъ число перемѣнъ, число колебаній можетъ дойти до десятковъ милліоновъ въ секунду!

Попробуемъ разобраться въ этомъ явленіи, представивъ себѣ нѣчто аналогичное въ явленіяхъ гидравлическихъ.

Возьмемъ (рис. 147) два сообщающихся сосуда A и B, соединенныхъ между собой длинной и толстой трубой T, имѣющей расширеніе V и передъ нимъ кранъ R. Въ расширеніи V укрѣплена упругая перепонка D. Откроемъ какъ можно быстрѣе кранъ R; вода, переливаясь изъ A въ V, натянетъ перепонку D настолько, что ея натяженіе будетъ равно давленію столба воды въ AT. Но вода, въ силу законовъ инерціи, не можетъ сразу при этомъ остановиться, еще нѣкоторое количество ея протекаетъ въ V, и перепонка D будетъ натянута нѣсколько сильнѣе, чѣмъ того требовало бы равновѣсіе. Вслѣдствіе этого, когда движеніе воды остановится, перепонка, стремясь возстановить равновѣсіе, съежится, и при томъ, въ силу той же инерціи, нѣсколько болѣе, чѣмъ слѣдуетъ, и вытолкнетъ изъ V извѣстное количество воды. Равновѣсіе будетъ нарушено снова, но уже въ противоположную сторону. Подобнаго рода колебаній, съ каждымъ разомъ все уменьшающихся, произойдетъ цѣлый рядъ раньше, чѣмъ равновѣсіе возстановится окончательно.

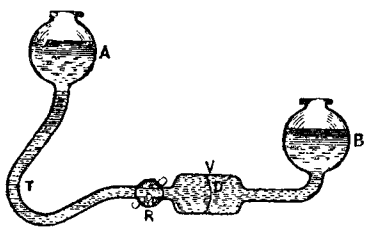


Рис. 147. Опытъ съ сообщающимися сосудами.

Совершенно аналогично происходятъ электрическія колебанія. Колебанія воды въ нашемъ опытѣ были вызваны, съ одной стороны, энергіей движенія ея, а съ другой,—той энергіей, которая была воспринята перепонкой въ видѣ растяженія, т. е. извѣстнаго напряженія ея молекулъ; колебательныя движенія электричества при вышеописанномъ разрядѣ конденсатора посредствомъ проводника съ сильной самоиндукціей вызываются, съ одной стороны, электрической энергіей, накопленной въ конденсаторѣ въ видѣ извѣстнаго рода

смѣщеній частицъ эѳира въ діэлектрикѣ, а съ другой стороны, той же—энергіей, скопляющейся около проводника въ видѣ магнитнаго поля. Можно провести аналогію еще дальше и болѣе близко изучить всѣ особенности колебательнаго разряда.

Если въ нашей гидравлической системѣ діафрагма D велика, то ея колебанія, понятно, будутъ медленны, но большой амплитуды. Діафрагма аналогична электроемкости; слѣдовательно, увеличеніемъ электроемкости можно сдѣлать колебанія разряда болѣе медленными. Точно также колебанія перепонки будутъ тѣмъ медленнѣе, чѣмъ больше масса воды; аналогичное будетъ происходить при увеличеніи самоиндукціи. Еще въ сильнѣйшей степени, понятно, будутъ замедлены колебанія одновременнымъ увеличеніемъ емкости и самоиндукціи. Мы видѣли, что колебанія разряда достигаютъ десятковъ милліоновъ въ секунду; большимъ увеличеніемъ емкости и самоиндукціи, число этихъ колебаній можно уменьшить до 100 и даже меньше въ секунду. Если бы, наоборотъ, емкость и самоиндукцію можно было сдѣлать чрезвычайно малыми,—можетъ быть, удалось бы достичь числа колебаній, отвѣчающихъ уже не электрическимъ, а свѣтовымъ волнамъ.

Съ другой стороны, продолжительность колебаній въ нашей гидравлической системѣ зависитъ отъ того тренія, которое приходится водѣ при колебаніяхъ преодолѣвать; чѣмъ шире, слѣдовательно, будетъ трубка T, тѣмъ колебанія будутъ происходить дольше, и обратно. Можно, наконецъ, трубку T сдѣлать настолько узкой, треніе настолько увеличить, что оно поглотитъ всю энергію движенія съ одного раза и колебаній не будетъ вовсе. Точно также тѣмъ дольше будетъ періодъ колебательнаго разряда, чѣмъ проводникъ будетъ оказывать меньшее сопротивленіе. Можно подобрать, наконецъ, такое высокое сопротивленіе, при которомъ никакой колебательный разрядъ не будетъ въ состояніи произойти.

Резонансъ.

Всякое звучащее тѣло способно издавать главнымъ образомъ одинъ опредѣленный звукъ, соотвѣтственно которому оно настроено. Положимъ, что какое-либо тѣло настроено подъ опредѣленный звукъ,—иначе говоря, допустимъ, что нѣкоему тѣлу соотвѣтствуетъ опредѣленное число колебаній, которыя оно совершаетъ въ секунду, если его заставить звучать. Если вблизи такого тѣла помѣстить другое звучащее тѣло, издающее тотъ же звукъ, то окажется, что первое также начинаетъ звучать. Это звучаніе, которое какъ бы вызывается звукомъ, долетающимъ до тѣла, называется резонансомъ. Резонансъ объясняется слѣдующимъ образомъ. Положимъ, что нѣкоторое тѣло A, если его заставимъ звучать, дѣлаетъ тысячу колебаній въ секунду, производя при этомъ нѣкоторый опредѣленный звукъ. Если другое тѣло B вблизи первоначально неподвижнаго тѣла A начинаетъ звучать, издавать тотъ же звукъ, т.-е. также производя тысячу колебаній въ секунду, то, какъ извѣстно, и частицы окружающаго воздуха начнутъ колебаться, также дѣлая по тысячѣ колебаній въ секунду. Тѣло A будетъ подвергаться нѣкоторымъ толчкамъ со стороны прилегающихъ къ нему частицъ воздуха, когда колебательныя движенія, исходящія отъ тѣла B, дойдутъ до того мѣста, гдѣ находится тѣло A. Число такихъ толчковъ равно одной тысячѣ въ секунду, т.-е. равно числу колебаній, которыя тѣло A производитъ, если оно звучитъ. Не трудно сообразить, что дѣйствія этихъ толчковъ должны складываться, что тѣло A должно придти въ колебательное движеніе и начать звучать. Если бы число колебаній тѣла B было иное, напримѣръ, равнялось бы 1.300 въ секунду, то тѣло A подверглось бы 1.300 толчкамъ въ секунду со стороны частицъ окружающаго воздуха. Такъ какъ эти колебанія слѣдуютъ другъ за другомъ не съ тою скоростью, съ которою слѣдуютъ другъ за другомъ возможныя колебанія тѣла A, то дѣйствіе ихъ не будетъ складываться. Тѣло A, не приведенное въ движеніе, остается нѣмымъ.

Явленія резонанса особенно легко удается воспроизвести съ помощью двухъ камертоновъ, настроенныхъ подъ одинъ и тотъ же звукъ. Если такіе два камертона поставить на небольшомъ разстояніи другъ отъ друга и одинъ изъ нихъ заставить звучать, хотя бы въ теченіе нѣсколькихъ секундъ, то окажется, что другой камертонъ также будетъ приведенъ

въ колебательное состояніе и будетъ издавать звукъ. Опытъ не удается, если взять два камертона, настроенные подъ различные звуки.

Явленія резонанса можно, какъ оказывается, наблюдать и для электрическихъ волнъ.

Интерференція волнъ и стоячія волны.

Интерференціей волнъ называется взаимодѣйствіе между ними при встрѣчѣ (усиленіе, ослабленіе или полное уничтоженіе волнъ другъ другомъ). Особенно интересный случай интерференціи представляетъ явленіе стоячихъ волнъ, которое сравнительно легко обнаруживается при звуковыхъ колебаніяхъ въ воздухѣ. Положимъ, что колебательное движеніе, распространяясь вдоль нѣкоторой прямой линіи, встрѣчаетъ плоскость, отъ которой оно отражается. Если плоскость перпендикулярна къ направленію распространяющагося колебательнаго движенія, то отраженіе колебанія пойдетъ назадъ по той же прямой, по которой распространялось первое, встрѣтившее преграду. Каждая точка подвергается въ нашемъ случаѣ двумъ колебательнымъ движеніямъ, изъ которыхъ одно распространяется по направленію къ плоскости отраженія, а другое—обратно отъ этой плоскости. Эти два колебанія интерферируютъ и, смотря по относительному направленію двухъ импульсовъ, мы въ различныхъ точкахъ пространства получаемъ либо весьма сильное движеніе, либо почти полный покой. Очевидно, этотъ покой будетъ въ тѣхъ точкахъ, гдѣ частица прямой волны должна была бы двигаться вверхъ, а та же частица отраженной волны должна была бы двигаться внизъ: такія противоположныя и равныя движенія уничтожаютъ другъ друга. Напротивъ, тамъ, гдѣ частица и въ отраженной, и въ прямой волнѣ получаетъ импульсъ, заставляющій ее двигаться въ одномъ направленіи, или отъ обоихъ импульсовъ вверхъ или отъ обоихъ импульсовъ внизъ, получается большой «размахъ» частицы. Если воспроизвести подобную волну, напримѣръ, колеблющейся веревкой, то послѣдняя представилась бы намъ въ видѣ ряда восьмерокъ. Точки покоя волны зовутся узлами, а точки, наиболѣе удаленныя отъ линій распространенія волны или отъ луча ея, соотвѣтствуютъ «пучностямъ» волны.

Весьма важно замѣтить, что, наблюдая стоячія волны и зная скорость распространенія колебательнаго движенія, можно опредѣлить число колебаній въ секунду и, наоборотъ, зная число колебаній, можно опредѣлить скорость распространенія. Дѣйствительно, измѣряя разстояніе узловъ или пучностей другъ отъ друга, или разстояніе пучности отъ сосѣдняго узла, получаемъ въ первомъ случаѣ длину полуволны, а во второмъ случаѣ длину $^1/_4$ волны, а отсюда и длину всей волны.

Въ томъ пространствѣ, на которое колебательное движеніе распространяется въ теченіе секунды, укладывается столько волнъ, сколько совершается колебаній въ одну секунду. Иначе говоря, длина волны, помноженная на число колебаній, равняется скорости распространенія, движенія. Ясно, что, зная число колебаній, можно найти скорость распространенія, и наоборотъ. Допустимъ, напримѣръ, что разстояніе двухъ сосѣднихъ узловъ равно полутора метрамъ и что число колебаній въ секунду равно ста милліонамъ. Въ этомъ случаѣ длина волны равна тремъ метрамъ, а скорость распространенія равна тремъ стамъ милліонамъ метровъ, т.-е. 300.000 километровъ.

Опыты Герца.

Мы говорили, что великое значеніе опытовъ Герца заключается въ его опытномъ доказательствѣ существованія электромагнитныхъ волнъ, въ измѣреніи ихъ длины, въ изученіи ихъ свойства, — словомъ, въ опытномъ доказательствѣ теоретическихъ воззрѣній Максвелля.

Для того, чтобы изслѣдовать свойства электромагнитныхъ волнъ, надо было получить ихъ такой длины, чтобы, по крайней мѣрѣ, одна волна помѣстилась цѣликомъ въ

лабораторіи, гдѣ производятся опыты. Надо было получить волны длиной не болѣе трехъ метровъ, а для этого, при скорости распространенія въ 300.000 килом., надо (мы это только-что видѣли) получить частоту колебаній въ секунду около ста милліоновъ.

Герцъ получилъ такой колебательный разрядъ при помощи прибора, изображеннаго на рис. 148 и названнаго имъ вибраторомъ. Это катушка Румкорфа C, вторичная обмотка которой соединена съ металлическими стержнями (5 мм. діам.), заканчивающимися съ одной стороны шариками BB′ (діаметръ 3 сант.), а съ другой—шарами A и A′ (діаметръ 30 сант.). Разстояніе между A и A′—около 1 метра, а между B и B′—около 7 м.м. При пропусканіи тока черезъ катушку между шариками B и B′ получается колебательный разрядъ весьма высокаго числа колебаній.

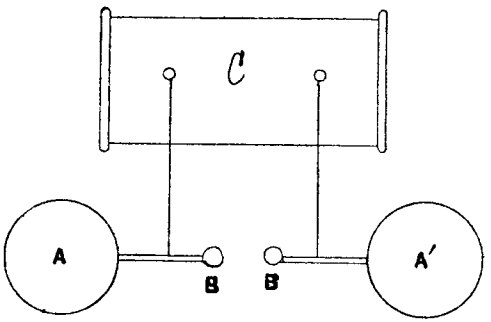
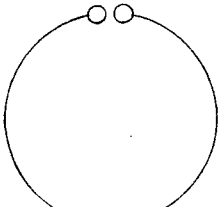


Рис. 148. Вибраторъ Герца.

Шары AA′ представляютъ собою конденсаторы, діэлектрикомъ которыхъ является воздухъ; стержни, несущіе шары, обладаютъ нужной самоиндукціей — мы имѣемъ, слѣдовательно, всѣ условія для колебательнаго разряда, а такъ какъ емкость такихъ конденсаторовъ и самоиндукція такихъ проводниковъ очень малы, то число колебаній должно быть весьма велико.

Собственно говоря, между шариками B и B′ происходитъ два рода разрядовъ: во-первыхъ, обыкновенный разрядъ катушки, а во-вторыхъ—разрядъ того электричества, которое скопляется въ конденсаторахъ AA′. Заряды эти не настолько велики, чтобы разноименное электричество, скопившееся на шарахъ A и A′, могло соединиться черезъ разстояніе между шариками B и B′ въ обыкновенное время, но во время разряда, происходящаго отъ самой катушки, между этими послѣдними получается полоска хорошо проводящая электричество, и тутъ-то и происходитъ колебательный разрядъ конденсаторовъ. Затѣмъ слѣдуетъ новое накопленіе электричества въ конденсаторахъ, новая искра индукціоннаго тока катушки и новый колебательный разрядъ. Колебательные разряды будутъ, такимъ образомъ, слѣдовать одинъ за другимъ съ той скоростью, какъ получаются искры изъ катушки, каждый же разрядъ будетъ состоять изъ тѣхъ 100 милл. колебаній, о которыхъ мы говорили. Конечно, и разрядъ катушки даетъ электромагнитныя волны, но онѣ будутъ такой значительной длины, что одна волна въ комнатѣ не помѣстится и, слѣд., волны эти не могутъ мѣшать изслѣдованію волнъ, происходящихъ при разрядѣ конденсаторовъ.


Рис. 149. Резонаторъ Герца.

Оставалось еще найти инструментъ, помощью котораго можно было бы улавливать электромагнитныя волны, оставалось найти электрическій резонаторъ. Таковымъ Герцу послужила изогнутая въ кольцо металлическая проволока съ перерывомъ въ одной своей части (рис. 149). Въ такомъ резонаторѣ при надлежащемъ положеніи его въ районѣ электромагнитныхъ колебаній, возбуждаемыхъ вибраторомъ, возникаетъ индукція, сопровождающаяся пробѣганіемъ по нему продольныхъ электрическихъ токовъ поперемѣнно то въ ту, то въ другую сторону. Если вибраторъ и резонаторъ настроены въ унисонъ, т.-е. если размѣры проволоки таковы, что время, потребное для пробѣганія такихъ токовъ въ точности равно продолжительности одного электрическаго колебанія, то въ перерывѣ резонатора получается сильная искра.

Настраиваніе въ унисонъ вибратора и резонатора производится передвиганіемъ шаровъ-конденсаторовъ перваго.

Самый опытъ полученія стоячихъ электромагнитныхъ волнъ и измѣреніе длины ихъ Герцъ производилъ такъ: небольшой вибраторъ располагался вдоль фокусной линіи параболическаго зеркала, такъ что колебательный разрядъ происходилъ въ вертикальномъ направленіи. На разстояніи 13 метровъ устанавливалась отражательная металлическая ширма. Пространство между вибраторомъ и этой ширмой изслѣдовалось посредствомъ вышеописаннаго резонатора. Узлы стоячей волны опредѣлялись тѣмъ мѣстомъ на линіи электрическаго луча, гдѣ резонанса не проявлялось; наоборотъ, гдѣ это явленіе было всего сильнѣе, опредѣлялось мѣсто пучности волны. Прямое измѣреніе такимъ образомъ могло дать длину волны, а зная ее и скорость колебаній разряда, не трудно было Герцу изъ опыта, а не по теоретическимъ соображеніямъ, какъ Максвелль, высчитать скорость распространенія электромагнитной волны, которая и оказалась на самомъ дѣлѣ равной, какъ намъ уже извѣстно, скорости распространенія свѣта.

Объ опытахъ Герца съ преломленіемъ, поляризаціей и т. д. электромагнитныхъ волнъ намъ нѣтъ возможности здѣсь говорить. Для нашей цѣли важно, что Герцъ доказалъ дѣйствительное, реальное существованіе электромагнитныхъ волнъ и посредствомъ резонатора далъ возможность улавливать ихъ. Опытъ Герца, въ томъ видѣ, какъ онъ нами описанъ, есть прототипъ безпроволочнаго телеграфа.

Трубка Бранли.

Резонаторъ Герца не является достаточно чувствительнымъ приборомъ для улавливанія электромагнитныхъ колебаній эѳира.

Эдуардъ Бранли, профессоръ физики въ Парижѣ, работая въ 1890—1891 году съ волнами Герца, обратилъ вниманіе на вліяніе, оказываемое ими на проводимость нѣкоторыхъ плохихъ проводниковъ. Оказалось, что металлическій порошокъ, нанесенный слоемъ на пластинку изъ какого-либо діэлектрика или помѣщенный въ стеклянную или костяную трубочку между электродами, представляя вообще громадное сопротивленіе, доходящее иногда до милліона омовъ, въ присутствіи колебательнаго электрическаго разряда мгновенно становится хорошимъ проводникомъ и остается имъ, оставляемый въ покоѣ, на долгое время. Свойство это въ отсутствіе электромагнитной волны исчезаетъ, если пластинкѣ или трубкѣ дать рѣзкій толчекъ. Описанная трубка, названная Бранли радіокондукторомъ, изображена на рис. 150. Теорію ея дѣйствія вывелъ англійскій ученый

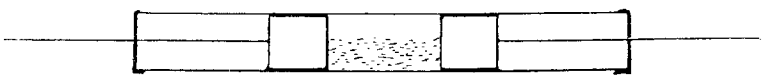


Рис. 150. Трубка Бранли.

О. Лоджъ. По его мнѣнію, дѣло здѣсь въ томъ, что когда къ взаимному частичному притяженію между металлическими зернами присоединяются еще электрическія силы, возбуждаемыя прохожденіемъ черезъ ихъ массу электромагнитной волны, то наступаетъ «сцѣпленіе» между частицами. При значительной силѣ колебательныхъ разрядовъ можетъ происходить даже родъ спаиванія частицъ металла, такъ что въ массѣ ихъ образуются нити сплошного металла по направленію происходившаго разряда. Трубку Бранли Лоджъ называетъ когереромъ (отъ cohesion — сцѣпленіе), и это названіе къ ней привилось больше, чѣмъ «радіокондукторъ».

Трубкой Бранли былъ рѣшенъ вопросъ чуткаго улавливанія электромагнитныхъ волнъ; при посредствѣ ея явилась возможность посредствомъ колебательнаго разряда замыкать токъ на разстояніи. Для безпроволочнаго телеграфа нужны были еще только приспособленія для размыканія тока, т. е. встряхиванія когерера, и для той или другой записи сигналовъ.

Безпроволочный телеграфъ Приса.

Раньше опытовъ Герца и открытія Бранли, однако, были уже попытки воспользоваться электромагнитными волнами для безпроволочнаго телеграфа.

Въ 1884 году въ Лондонѣ, на улицѣ Gray's Inn Road, было замѣчено въ телефонныхъ проводахъ, помѣщенныхъ на крышахъ домовъ на высотѣ 25 метровъ отъ почвы, прохожденіе индуктивныхъ токовъ. Источникомъ индукціи были телеграфные провода, проложенные параллельно телефоннымъ, но въ подземныхъ чугунныхъ трубахъ. Чѣмъ дальше, тѣмъ больше стало появляться подобнаго рода наблюденій; вліяніе телеграфныхъ проводовъ на телефонные сказывалась въ нѣкоторыхъ случаяхъ на 500, 600 и 2.000 метровъ разстоянія.

Присъ обратилъ вниманіе на эти наблюденія, и они его натолкнули на мысль о возможности электрической сигнализаціи безъ проводовъ. Мысль эта была подкрѣплена имъ теоретическими соображеніями, высказанными въ публичной лекціи, прочитанной въ 1894 году, и рядомъ опытовъ, сдѣланныхъ еще раньше.

Первый изъ ряда опытовъ, произведенныхъ на сѣверѣ Англіи, былъ исполненъ на городскомъ полѣ, у Ньюкестля. Результаты индукціи въ параллельныхъ линіяхъ при работѣ телеграфомъ Морзе были столь рѣзко выражены, что поле оказалось не достаточно большимъ, чтобы можно было уйдти за границу ихъ вліянія. Опыты производились надъ проводниками, соединяющими большой павильонъ на полѣ съ Синимъ Домомъ. По одной изъ проволокъ пропускали сильный перемѣнный токъ, и колебанія ясно могли быть различаемы въ телефонъ, соединенный съ проводами, расположенными параллельно первымъ на разстояніи четверти мили.

Опыты продолжались въ теченіе лѣта 1886 года и производились даже на разстояніи 40 миль. Передавались сигналы Морзе, но впослѣдствіи было доказано, что эти результаты были получены не черезъ пространство, а при посредствѣ больной сѣти телеграфовъ, покрывающихъ желѣзныя и другія дороги.

Слѣдующій по времени опытъ былъ произведенъ въ августѣ 1886 года въ Сварландскомъ паркѣ. Здѣсь было доказано съ достовѣрностью, что переговоры по телефону могутъ быть передаваемы благодаря индукціи между двумя квадратами, составленными изъ изолированной проволоки, со сторонами въ четверть мили длиной, и расположенными параллельно другъ другу тоже на разстояніи четверти мили. Было подтверждено наблюденіе, сдѣланное уже въ самомъ началѣ, а именно, что ясность сигналовъ уменьшается, когда разстояніе между параллелями превышаетъ длину самихъ параллелей. Даже профессоръ Сильванусъ Томпсонъ, еще осторожнѣе, чѣмъ другіе авторитеты, обращающійся съ понятіями объ индукціи, электромагнитизмѣ и электрическихъ волнахъ, соглашается, что этотъ опытъ «исключаетъ всякую мысль о возможности участія земли, какъ проводника». Скоро въ Брумхильскихъ угольныхъ копяхъ было установлено еще другое обстоятельство, а именно, что твердыя тѣла не задерживаютъ электрическихъ волнъ. На днѣ копей, на глубинѣ въ 360 футъ, былъ устроенъ въ горизонтальной плоскости равносторонній треугольникъ изъ изолированной проволоки, сторона котораго равнялась $^3/_4$ мили.

Подобный же треугольникъ былъ расположенъ надъ копями параллельно первому и строго надъ нимъ. Разговоръ по телефону былъ ясно слышенъ между аппаратами, введенными въ цѣпь каждаго треугольника. Треугольники были отдѣлены скалистой почвой, толщиною въ 360 футъ, и, несмотря на то, разговоры свободно передавались изъ одного въ другой.

Присъ также съ большимъ успѣхомъ передавалъ извѣстія на разстояніи въ $4^1/_2$ мили въ мѣстности между Глочестеромъ и Бристолемъ. Съ такимъ же успѣхомъ имъ были произведены опыты въ долинѣ Мерсей и въ Портколѣ, въ южномъ Валлисѣ, и результаты надо приписать электромагнитнымъ волнамъ. Пользуясь квадратами, со сторонами въ 1.200 ярдовъ изолированной проволоки, положенной параллельно, на различныхъ разстояніяхъ отъ другихъ меньшихъ квадратовъ, изъ такой же проволоки, Присъ могъ передавать извѣстія изъ Пенарта, на Бристольскомъ каналѣ, на островъ Флэнтскольмъ

на разстояніи 3-хъ миль. Точно также были замѣчены слабые звуки при опытахъ между Пенартомъ и Стипольмомъ, на разстояніи 5-ти миль.

Въ 1895 году попортился кабель между Обаномъ и островомъ Мюль, исправить его тотчасъ же не было возможности, а потому попробовали установить сообщеніе между этими пунктами по способу Приса. Для этого по обоимъ берегамъ канала были протянуты параллельно другъ другу длинные изолированные провода. Каждый проводъ былъ соединенъ со станціей, состоявшей (рис. 151) изъ вращающагося посредствомъ мотора С прерывателя и реотома А, замыкающаго и размыкающаго токъ въ проводникѣ отъ батареи въ 100 элементовъ Лекланше, манипулятора Морзе Е и телефона D, служащаго пріемникомъ.

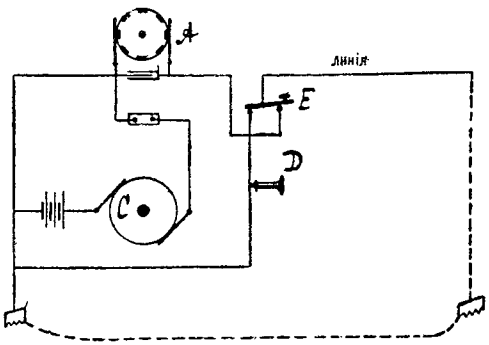


Рис. 151. Схема опытовъ Приса.

Число электрическихъ колебаній на проводникѣ составляло всего около 260 въ секунду.

Каждый проводникъ въ зависимости отъ того, въ какую сторону передавались телеграммы, становился первичнымъ (отправленіе) или вторичнымъ (пріемъ); разстояніе между ними было 8.000 метровъ. Длинныя и короткія прерыванія тока посредствомъ манипулятора Морзе прекрасно различались въ телефонѣ.

Были и другія попытки практическаго пользованія системой Приса, но особеннаго успѣха они не имѣли. Самъ Присъ признаетъ, что зачастую изъ-за невозможности натянуть параллельно провода нужной, по разстоянію ихъ отдѣляющему, длины, система его оказывается вовсе не примѣнимой; въ своихъ лекціяхъ и статьяхъ онъ указываетъ на полное превосходство системы Маркони надъ его системой.

Опыты А. С. Попова.

Преподаватель миннаго офицерскаго класса въ Кронштадтѣ А. С. Поповъ первый осуществилъ на дѣлѣ истинную передачу извѣстій на разстояніе при помощи электромагнитныхъ волнъ.

Въ 1895 году онъ для изученія грозовыхъ явленій воспользовался слѣдующаго рода устройствомъ: пріемная станція (рис. 152) состоитъ изъ когерера N, батареи Р и релэ R. Какъ только когереръ становится проводникомъ, онъ замыкаетъ токъ батареи на релэ, а это послѣднее, въ свою очередь, замыкаетъ токъ на звонокъ S, молотокъ котораго ударяетъ по когереру и возвращаетъ его къ обыкновенному состоянію непроводника. Двойная металлическая обкладка защищаетъ при этомъ когереръ отъ вліянія искръ звонка, и въ ней оставляется только одно окошечко для пріема электромагнитныхъ волнъ. Одинъ изъ электродовъ когерера Поповъ соединялъ или со стержнемъ громоотвода А, или съ мѣдной проволокой, выходившей изъ его лабораторіи въ горизонтальномъ положеніи, а затѣмъ загнутой и вертикально поднимавшейся на вершину мачты, а другой тѣмъ или другимъ способомъ съ зем-

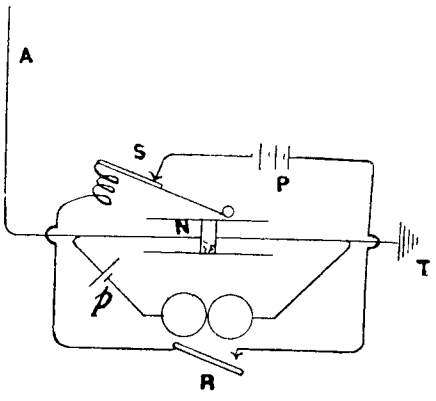


Рис. 152. Схема прибора Попова.

лей (на нашемъ рисункѣ соединеніе съ землей обозначено буквой Т). Чтобы получить записи, Поповъ устраивалъ при помощи релэ еще второе замыканіе цѣпи на особый пишущій приборъ.

Примѣненіе звонка къ встряхиванію когерера было сдѣлано еще раньше Попова—Лоджемъ; важная особенность аппарата Попова—въ соединеніи когерера съ землей и въ поднятіи на достаточную высоту проводниковъ.

Вотъ что говоритъ одинъ изъ французскихъ историковъ телеграфа относительно опытовъ Попова:

«Уже въ это время (1895 г.), когда никто еще не могъ выступить съ предложеніемъ безпроволочнаго телеграфа, былъ уже кто-то, кто телеграфировалъ при помощи электричества, безъ проводовъ и съ далекаго разстоянія. Этотъ кто-то была молнія, которая телеграфировала Попову въ его лабораторію: «я здѣсь» и давала ему точныя указанія своего капризнаго пути.»

Переходъ отъ регистрированія приближающейся грозы къ настоящему безпроволочному телеграфу былъ такъ естественъ, что Поповъ занялся соотвѣтствующими опытами, давшими благопріятные результаты. Однако, по словамъ только-что цитированнаго нами автора, «онъ предвидѣлъ возможные практическіе результаты своихъ опытовъ, но не отдавалъ себѣ отчета во всей ихъ громадной важности. Онъ пріоткрылъ дверь, но не вошелъ въ нее».

Въ этихъ словахъ есть много правды, и Маркони принадлежитъ честь перваго широко практическаго осуществленія электрическаго телеграфа безъ проводовъ, но не надо забывать, что все-таки первымъ изобрѣтателемъ безпроводнаго, какъ и перваго магнито-электрическаго телеграфа, мы можемъ съ гордостью называть нашего соотечественника.

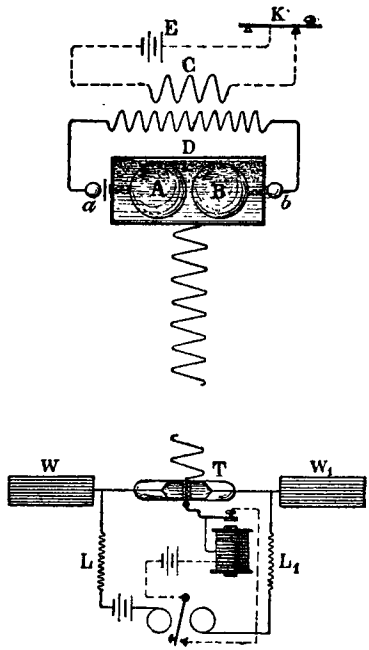


Рис. 153. Схематическое изображеніе станцій Маркони.

Телеграфъ Маркони.

Вибраторъ Маркони употребляетъ аналогичный вибратору Герца, но съ измѣненіями, введенными въ него профессоромъ Риги: онъ состоитъ изъ двухъ сплошныхъ мѣдныхъ шаровъ, 0,101 m въ діаметрѣ, А и В (рис. 153), погруженныхъ въ ванну D, наполненную вазелиновымъ масломъ.

Источникомъ тока служитъ батарея Е, соединяющаяся съ первичной обмоткой катушки Румкорфа съ помощью манипулятора Морзе К. Вторичная обмотка этой катушки соединена съ мѣдными шариками а и b, помѣщенными вблизи шаровъ А и В.

При замыканіи тока мунипуляторомъ К между А и В получается колебательный разрядъ, посылающій во всѣ стороны электромагнитныя волны. Число колебаній доходитъ въ секунду до 250 милліоновъ, ибо длина получаемыхъ при помощи описаннаго вибратора волнъ=1,20 m.

Пріемникомъ или резонаторомъ Маркони служитъ нѣсколько имъ измѣненный когереръ Бранли; это маленькая стеклянная трубка Т, длиною въ 0,04 m, наполненная разряженнымъ до 4 мм. давленія воздухомъ; въ нее впаяны серебряные электроды, не достающіе другъ до друга всего на $^1/_2$ мм.; этотъ промежутокъ между ними заполненъ тонкимъ металлическимъ порошкомъ, состоящимъ изъ смѣси серебра и никкеля съ прибавкой слѣдовъ ртути. Когереръ замыкаетъ токъ одного элемента (на рис. на лѣвой сторонѣ, внизу показана батарея вмѣсто одного элемента) на чрезвычайно чувствительное релэ, а это послѣднее замыкаетъ токъ сильной батареи на пріемникъ Морзе и особый электро-

магнитъ съ колеблющимся молоткомъ, который ударяетъ по когереру и уничтожаетъ его проводимость. Мы указали сейчасъ, что когереръ связанъ съ однимъ элементомъ, а не цѣлой батареей; это обстоятельство имѣетъ большое значеніе, ибо если черезъ когереръ Маркони пропустить сколько-либо сильный токъ, то проводимость его не будетъ нарушена даже ударомъ.

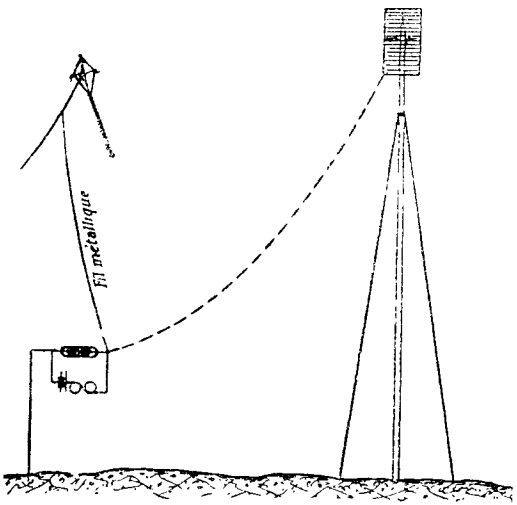


Рис. 154. Схема пріемнаго поста Маркони.



Рис. 155. Вибраторъ Маркони.

Расположенныя по бокамъ пріемника катушки съ самоиндукціей L и L_1 концентрируютъ дѣйствіе электромагнитныхъ волнъ на когереръ, а металлическія пластины W и W_1, легко передвигаемыя по продольной оси, позволяютъ строить пріемникъ сообразно числу колебаній отправляющаго аппарата, вибратора.

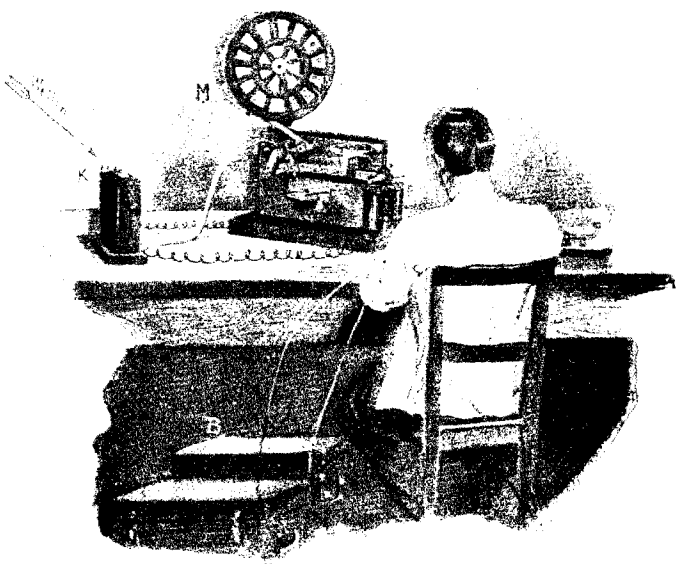


Рис. 156. Пріемная станція Маркони.

Разстояніе, на которомъ могутъ работать описанныя станціи Маркони, зависитъ прежде всего отъ силы колебательнаго разряда. Съ катушками, дающими искры въ пятнадцать сантим., можно работать на разстояніи въ 600 метровъ. На большее разстояніе слѣдуетъ брать катушки, дающія искры въ 50 сантиметровъ. Разстояніе передачи можетъ быть увеличено также увеличеніемъ діаметра шаровъ A и B; особенно интересно то обстоятельство, что удалось удвоить это разстоя-

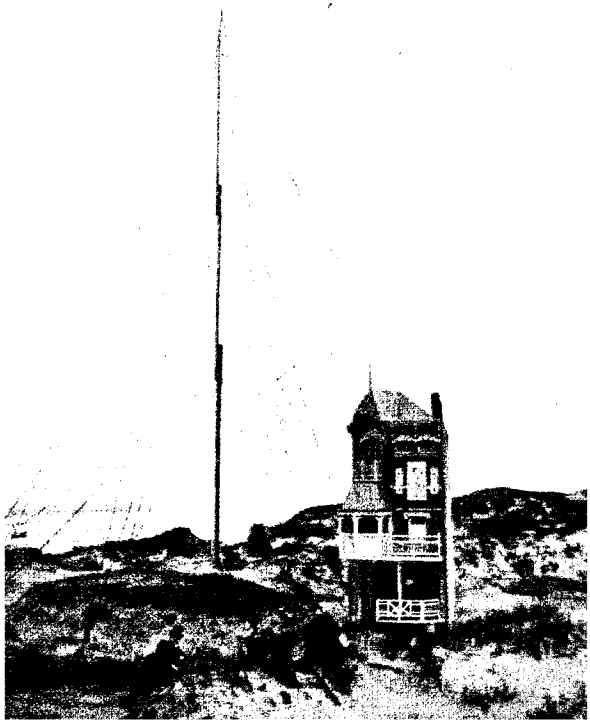


Рис. 158. Постъ телеграфа Маркони въ Бельгіи.

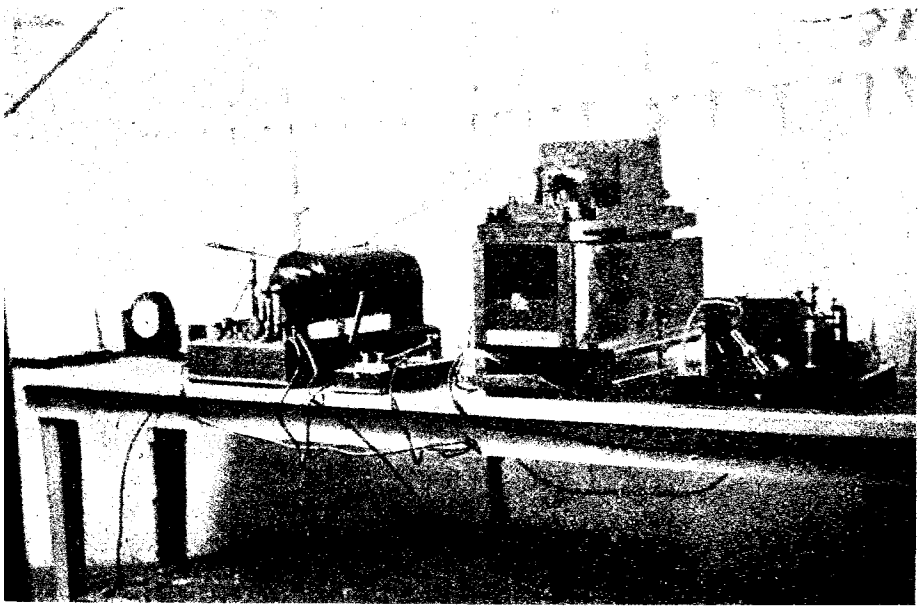


Рис. 157. Станція телеграфа Маркони въ Боркумѣ.

ніе, взявши вмѣсто ранѣе употреблявшихся полыхъ шаровъ такіе же шары, но цѣлой мѣди.

Если разстояніе очень велико, или если на пути волнъ находятся препятствія, нужно нѣсколько видоизмѣнить расположеніе металлическихъ крыльевъ W W_1 и помѣщать ихъ на вершинѣ мачты, или на воздушномъ змѣѣ (рис. 154).

Приборы Маркони подвергались нѣсколько разъ измѣненіямъ и усовершенствованіямъ. Оказалось возможнымъ различные спеціальные вибраторы, какъ источники электромагнитныхъ волнъ, замѣнить простымъ проводникомъ, поднятымъ по возможности выше и сообщеннымъ съ однимъ изъ шариковъ обыкновеннаго разрядника, другой шарикъ

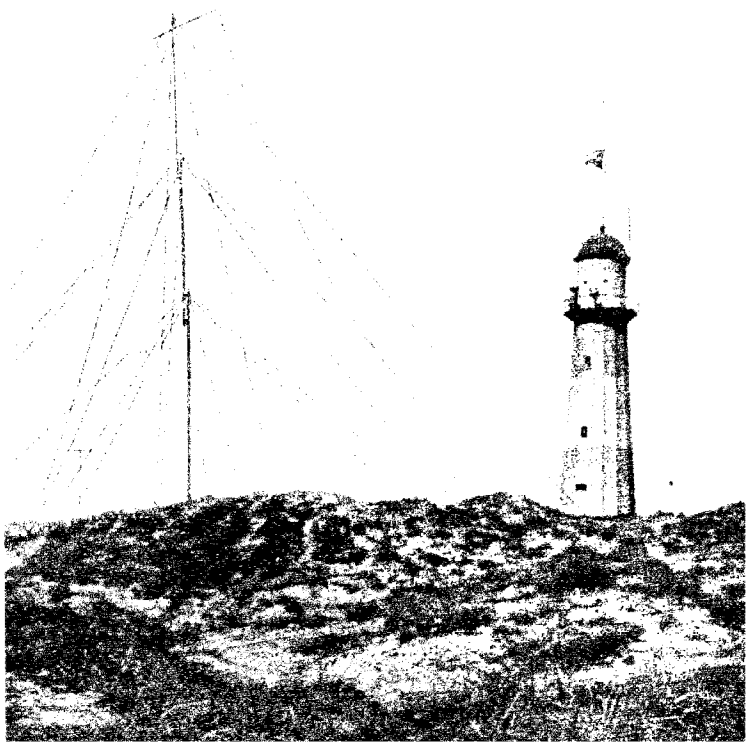


Рис. 159. Постъ безпроволочнаго телеграфа на маякѣ.

котораго соединенъ съ землей. Электрическія колебанія происходятъ въ самомъ проводникѣ при разрядѣ. Надо полагать, что вертикальный проводникъ вмѣстѣ съ землей составляетъ какъ бы конденсаторъ[1], колебательный разрядъ котораго и образуетъ въ окружающей средѣ электромагнитныя волны.

Далѣе оказалось выгоднымъ изолированный проводникъ пріемной станціи соединять съ землей посредствомъ первичной обмотки маленькаго трансформатора Тесла (безъ желѣза), а когереръ сообщать со вторичной его обмоткой.

Окончательный типъ приборовъ Маркони—все еще, повидимому, дѣло будущаго.

[1] Проводъ — одна проводящая поверхность, земля — другая проводящая поверхность, а изоляторъ—воздухъ.

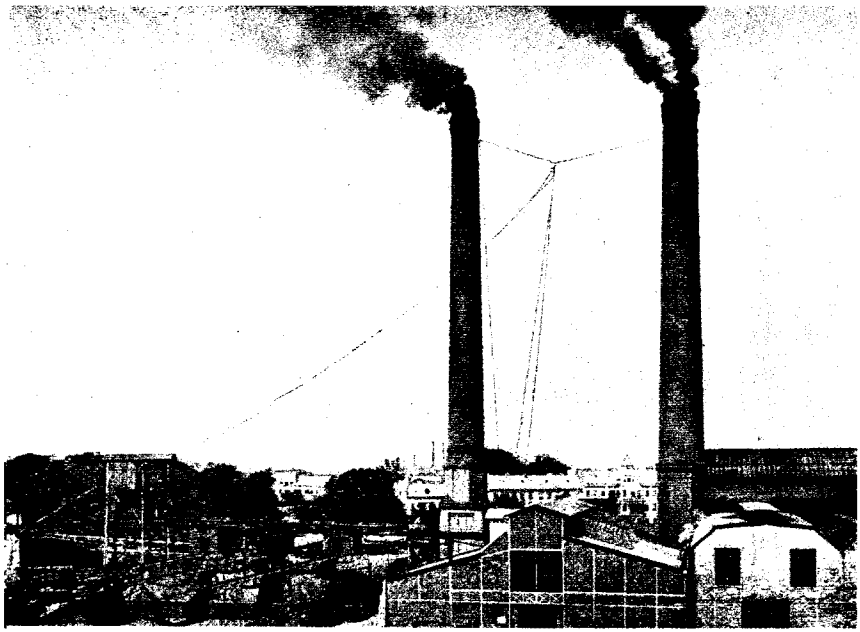


Рис. 160. Постъ безпроволочнаго телеграфа въ Обершёнвейде.

Рис. 155 и 156 представляютъ станціи отиравленія и пріема депешъ телеграфа Маркони въ ихъ простѣйшемъ видѣ, а рис. 157—пріемную и отправляющую станцію вмѣстѣ болѣе поздней системы. Рис. 158—161 представляютъ различнаго рода закрѣпленія внѣшнихъ проводниковъ, служащихъ источникомъ электромагнитныхъ волнъ.

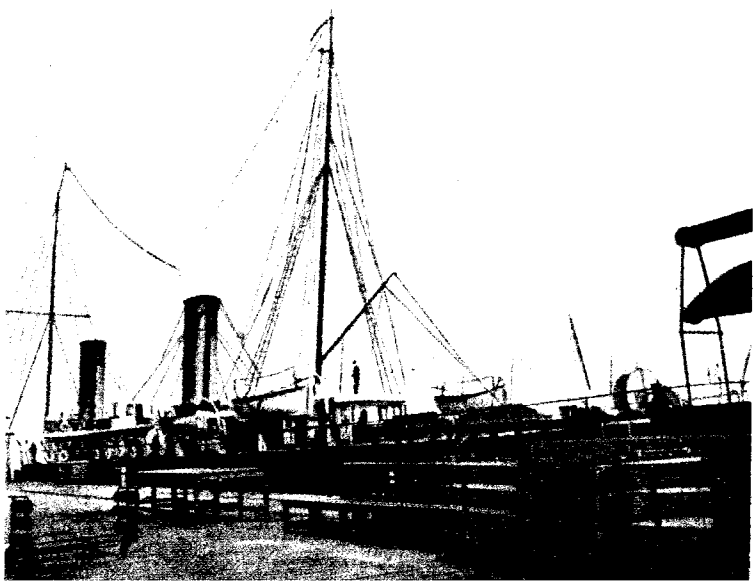


Рис. 161. Бельгійскій пароходъ «Принцесса Клементина» со станціей телеграфа Маркони (воздушный проводъ отъ лѣвой мачты до снасти надъ правой трубой).

Телеграфъ Попова.

Поповъ частью самъ, а частью съ помощью французской фирмы Дюкрете выработалъ аппараты безпроволочнаго телеграфа, отличные отъ аппаратовъ Маркони.

Когереръ, употребляемый Поповымъ, состоитъ изъ стеклянной трубки съ приклеенными къ внутренней поверхности платиновыми полосками, представляющими электроды; разстояніе между краями полосокъ 0,5—2 мм. при ширинѣ 5—8 мм. Порошокъ употребляется желѣзный или стальной. Пріемная станція телеграфа Попова изображена на рис. 162 и 163. LCa—пріемный проводъ къ мачтѣ, TCa'—соединеніе съ землей, RR—провода, соединяющіе станцію съ пишущимъ аппаратомъ, Br—когереръ, F—замыкатель для цѣпи сотрясателя, Fa—замыкатель для цѣпи когерера, P'—сухіе элементы для замыканія, E—сотрясатель [1], R—релэ, замыкающее цѣпь сотрясателя и телеграфнаго аппарата, Re и Re'—шунты для уничтоженія дѣйствія экстратоковъ.

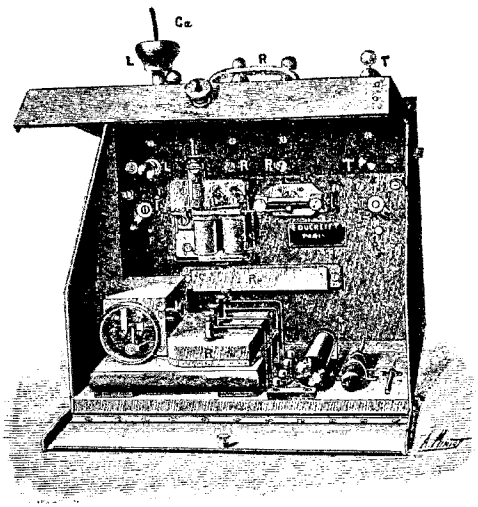


Рис. 162. Пріемная станція Попова. Видъ спереди.

Какъ это короткое описаніе показываетъ, мы находимъ здѣсь всѣ части первоначальнаго прибора Попова, употреблявшагося имъ для регистраціи приближенія грозъ.

Источникомъ колебаній служитъ вертикальный проводникъ, о которомъ мы говорили раньше при описаніи видоизмѣненій аппаратовъ Маркони.

Безпроволочные телеграфы другихъ системъ.

Кромѣ описанной системы безпроволочнаго телеграфа Маркони и Попова, существуетъ еще нѣсколько другихъ системъ.

Не описывая ихъ, мы упомянемъ только о системѣ Слаби-Арко и Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft и Браунъ—Сименсъ и Гальске. При помощи телеграфа первой системы удалось при опытахъ въ Даніи передавать депеши на разстояніе въ 220 километровъ.

Еще лучшіе результаты были достигнуты съ телеграфомъ системы Брауна. Вообще эта послѣдняя во многихъ отношеніяхъ чрезвычайно интересна, и, повидимому, ею Маркони инспирировался при устройствѣ послѣднихъ моделей своихъ аппаратовъ.

Успѣхи, достигнутые безпроволочнымъ телеграфомъ, и его значеніе.

Мы только-что познакомились, въ чемъ состоитъ телеграфированіе безъ проводовъ. Намъ остается выяснить настоящее положеніе этого вопроса и перечислить тѣ опыты, произведенные въ различныхъ странахъ, которыми выяснена практичность новаго изобрѣтенія. При всякомъ поразительномъ открытіи всегда послѣ перваго періода изумленія, сомнѣнія или даже отрицанія наступаетъ періодъ преувеличенныхъ похвалъ которые бываютъ тѣмъ восторженнѣе, чѣмъ сильнѣе было первоначальное недовѣріе, Новому изобрѣтенію приписываютъ всевозможныя невѣроятныя качества, ему придаютъ неограниченное могущество, но если, по истеченіи нѣкотораго времени, это изобрѣтеніе не получитъ успѣшнаго примѣненія на практикѣ, наступаетъ сильное разоча-

[1] На рис. 163 этотъ сотрясатель, находящійся подъ когерером Br, ошибочно обозначенъ F.

рованіе. Все это было съ безпроволочнымъ телеграфомъ. Первоначально его считали за утку, затѣмъ о немъ стали говорить съ извѣстной проніей, какъ о чудѣ, и, наконецъ, стали превозносить и ждать отъ него то, на что̀ не надѣялся въ своихъ мечтахъ самъ изобрѣтатель. Недавно въ Англіи произошла паника между акціонерами Общества подводныхъ кабелей: акціи этого Общества сильно упали при извѣстіи, что телеграфъ безъ проводовъ соединитъ въ недалекомъ будущемъ Старый Свѣтъ съ Новымъ и сдѣлаетъ такимъ образомъ совершенно ненужными подводные кабели. Чего только ни говорилось объ этомъ пресловутомъ телеграфѣ! Отнынѣ прекратятся столкновенія судовъ въ морѣ, такъ какъ они будутъ сообщаться другъ съ другомъ на самыхъ невѣроятныхъ разстояніяхъ и будутъ легко сговариваться о курсѣ, просить помощи и т. д.; отнынѣ должны прекратиться кораблекрушенія изъ-за тумановъ, такъ какъ береговые посты будутъ на далекомъ разстояніи предупреждать корабли и диктовать имъ, какія мѣры необходимо принять для избѣжанія опасности; не будетъ больше военныхъ телеграфовъ, обременительныхъ своимъ тяжелымъ матеріаломъ, корпуса армій будутъ постоянно сообщаться другъ съ другомъ и согласовать свои движенія, тогда какъ у непріятеля не будетъ возможности испортить телеграфную линію противника и прекратить этимъ всякое сообщеніе между отдѣльными частями войскъ и т. д., и т. д.

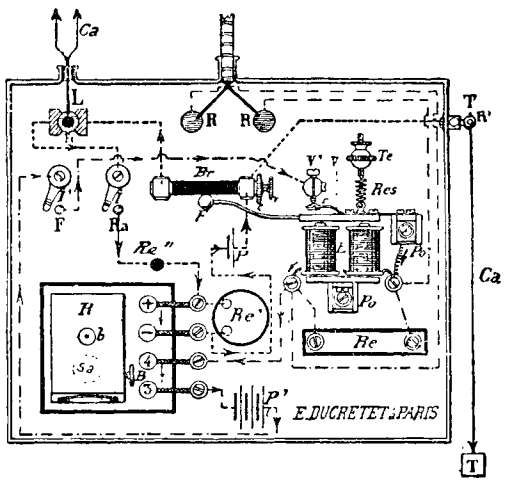


Рис. 163. Пріемная станція Попова. Видъ въ разрѣзѣ.

Однимъ словомъ, новое изобрѣтеніе возбудило въ обществѣ массу толковъ. По истеченіи же нѣкотораго времени воображеніе улеглось, и все вошло въ обычную колею. Тогда только пришло людямъ въ голову разсудить совершенно точно о выгодахъ или невыгодахъ примѣненія новаго телеграфа, т.-е., иными словами говоря, установить балансъ этого открытія, подсчитать доходы и посмотрѣть, какова, такъ сказать, свободная наличность его въ настоящее время. Эта наличность настолько велика, что мы можемъ ею вполнѣ удовольствоваться, а будущее достаточно полно надеждъ. Совершенно не къ чему поэтому излишне раздувать значеніе изобрѣтенія.

Подводя итоги опытовъ, мы постараемся вычислить то наибольшее разстояніе, на которомъ были уловлены электромагнитныя волны, и показать, на что̀ мы можемъ навѣрное надѣяться въ будущемъ.

Во Франціи съ аппаратами Дюкрете было установлено безпроволочное электрическое сообщеніе между Пантеономъ и Эйфелевой башней на разстояніи 400 m. Опытъ этотъ интересенъ тѣмъ, что производился посреди города, а не въ поляхъ или въ морѣ, какъ обыкновенно.

Въ большомъ городѣ и при томъ между зданіями, раздѣленными весьма высокими строеніями, былъ произведенъ опытъ г. Делла-Ричіа, соединившимъ безпроволочнымъ телеграфомъ электротехническій институтъ и залу засѣданія ассоціаціи инженеровъ-электриковъ въ Льежѣ. Разстояніе въ этомъ случаѣ равнялось всего 300 метрамъ. Станціи какъ отправленія, такъ и полученія были устроены обѣ въ первомъ этажѣ. Верхніе проводы поднимались до крыши, но не возвышались надъ нею, а нижніе шли до земли, но соединенія съ нею устроено не было. Можно было опасаться перерыва волнъ, вслѣдствіе громадныхъ построекъ, которыя должны были встрѣтиться на пути ихъ. Была даже еще бо̀льшая опасность: по сосѣдству находилась станція электрическихъ трамваевъ, и сильныя перемѣны напряженія тока въ моменты остановокъ и отправленія вагоновъ его могли чувствительно повліять на работу телеграфа. Несмотря на всѣ эти препятствія, опытъ удался какъ нельзя лучше.

Въ Швейцаріи въ августѣ 1899 года увѣнчались большимъ успѣхомъ опыты, имѣвшіе цѣлью установить постоянное телеграфное сношеніе деревни Шамуни съ несчастными изгнанниками обсерваторіи на вершинѣ Монблана.

Въ Англіи Общество, эксплоатирующее привилегію Маркони, желая добиться какъ можно скорѣе практическаго примѣненія этого изобрѣтенія, произвело и производитъ особенно много опытовъ безпроволочнаго телеграфированія. Всѣ эти опыты можно разбить на три главныя серіи: первая серія опытовъ была произведена черезъ Бристольскій каналъ, на протяженіи около пяти километровъ, съ пріемниками, поднятыми на мачты въ 34 m. высоты. Разстояніе между станціями удалось увеличить до девяти миль. Во второй серіи опытовъ между Барнемусомъ и заливомъ Алумъ оно было увеличено до 18 миль при высотѣ мачтъ въ 27 метровъ. Индуктивная катушка при этомъ давала искру въ 15 сант. Третью серію составляютъ опыты телеграфированія изъ Дувра въ Калэ на разстояніи 40 километровъ. Всѣ эти опыты дали массу интереснаго матеріала; оказалось, напр., что съ мачтъ вышиной въ 16 м. можно установить сообщеніе на разстояніи 20 килом., если между станціями мѣстность ровная; при холмѣ шириной въ основаніи въ 4 кил. и высотой, превосходящей мачты телеграфа на 40 метровъ, сообщеніе становилось возможнымъ только на 8 килом.

Во время войны въ Трансваалѣ Маркони предложилъ свои услуги англійскому правительству. Англія приняла его предложеніе. Маркони, бывшій въ это время въ Америкѣ, сѣлъ немедленно на пароходъ «Св. Павелъ», шедшій въ Англію. На пароходѣ онъ установилъ станцію своего телеграфа, настроенную въ унисонъ съ аппаратами залива Алумъ (въ Англіи). Въ одинъ прекрасный день дежурный на станціи въ Алумѣ (станція помѣщается въ гостиницѣ) услышалъ звонокъ телеграфа.—«Откуда сигналъ?»—«Со «Св. Павла».—«Гдѣ вы находитесь?»—«Въ семидесяти миляхъ (140 километрахъ) отъ берега». Это было самое большое до тѣхъ поръ достигнутое разстояніе, и восторгамъ какъ на сушѣ, такъ и на пароходѣ не было конца. Все время, пока пароходъ приближался къ Англіи со скоростью 20 узловъ въ часъ, сношенія между «Св. Павломъ» и станціей въ Алумѣ не прекращались: одинъ пассажиръ заказалъ даже обѣдъ, который должны были ему приготовить ко времени его схода на берегъ. Эти переговоры послужили прекрасной рекламой для англійской телеграфной Марконіевской компаніи.

Въ Италіи, на родинѣ молодого изобрѣтателя, морскимъ министерствомъ были произведены опыты, давшіе блестящіе результаты. Всѣ италіанскія суда снабжены теперь аппаратами Маркони. Телеграфъ Маркони официально признанъ въ Италіи, какъ средство сношеній въ морѣ.

И, дѣйствительно, система Маркони всего легче примѣнима именно на морѣ. При отсутствіи всякихъ преградъ и при чистотѣ воздуха надъ океаномъ, электрическія волны будутъ имѣть возможность проходить гораздо большее пространство и будутъ яснѣе воспрининматься резонаторами. Въ недавно вышедшемъ трудѣ морского лейтенанта Боссьера, изданномъ «Revue maritime», авторъ говоритъ о всѣхъ примѣненіяхъ телеграфа безъ проводовъ, которые возможны въ настоящее время. Онъ доказываетъ, что при помощи азбуки, секретной въ случаѣ надобности, можно отдавать приказанія цѣлой эскадрѣ независимо отъ времени дня и состоянія погоды. Является возможность отмѣнить ночные сигналы, которые нерѣдко даютъ знать непріятелю о приближеніи эскадры. Чтобы дать возможность передавать сигналы одному опредѣленному судну, Маркони предлагаетъ употреблять строго настроенныя пары вибраторовъ и резонаторовъ. — «Можно себѣ представить,—говоритъ Боссьеръ,—на палубѣ адмиральскаго корабля, напримѣръ, родъ арфы, имѣющей столько различныхъ струнъ-проводовъ, сколько можетъ быть корреспондентовъ. Каждый проводникъ даетъ спеціальныя электромагнитныя волны, улавливаемыя только тѣмъ судномъ, на которомъ находится настроенный нужнымъ образомъ пріемный аппаратъ.»

Перейдемъ теперь за океанъ. Въ Америкѣ точно такъ же, какъ и въ Европѣ, очень интересуются телеграфомъ безъ проводовъ, производятъ съ нимъ массу опытовъ и стараются его усовершенствовать. Послѣдніе опыты были произведены подъ управленіемъ директора военныхъ телеграфовъ Соединенныхъ Штатовъ, генерала Грили; эти опыты

происходили между судами военнаго и морского министерства и береговымъ фортомъ. Въ этомъ случаѣ была примѣнена катушка, питаемая токомъ въ 125 вольтъ. Сообщеніе было устроено съ извѣстнымъ успѣхомъ, несмотря на то, что опыты происходили возлѣ Нью-Іорка съ его громадными зданіями, состоящими къ тому же чуть ли не на половину изъ желѣза. Однако, нужно замѣтить, что успѣхъ былъ только, какъ мы сказали выше, относительный, и въ Америкѣ, какъ и въ другихъ странахъ, лучше удались опыты съ безпроволочнымъ телеграфомъ въ морѣ.

Въ декабрѣ 1899 года, во время столь знаменитыхъ въ Америкѣ гонокъ судовъ на извѣстный призъ кубка, Маркони лично слѣдилъ за ходомъ судовъ съ палубы парохода. При помощи своего телеграфа онъ сообщалъ всѣ перипетіи гонки на судно, стоящее въ гавани на якорѣ. Судно это, въ свою очередь, передавало эти извѣстія американской и даже европейской печати при помощи спеціальной вѣтви, соединявшей его непосредственно съ трансатлантическимъ кабелемъ.

Кромѣ службы военнаго телеграфа и морское министерство С.-А. С. Ш. произвело цѣлый рядъ опытовъ съ телеграфомъ Маркони въ открытомъ морѣ.

Крейсеру «Нью-Іоркъ» и броненосцу «Массачузетсъ» удалось передавать другъ другу телеграммы со скоростью въ среднемъ 12 словъ въ минуту на разстояніи въ 30 миль. Одинъ матросъ изъ экипажа «Нью-Іоркъ», упавшій въ море, былъ немедленно спасенъ шлюпкою шедшаго сзади «Массачузетса» только благодаря безпроволочному телеграфу.

Мы не въ состояніи перечислить всѣхъ опытовъ съ телеграфомъ Маркони; скажемъ въ заключеніе, что наибольшее разстояніе, на которое ему удалось передавать телеграммы, было 350 миль (изъ нихъ 100 миль суши) (опытъ произведенъ въ октябрѣ 1901 г.). Что касается до извѣстій о передачѣ буквы S съ Нью-Фаундленда въ Англію, т.-е. на разстояніе въ 2.800 килм., то къ нему покуда надо отнестись съ большимъ скептицизмомъ [1].

Объ опытахъ съ безпроволочнымъ телеграфомъ въ Россіи говорить намъ не приходится; Попову удавались опыты и въ Петербургѣ (на съѣздѣ 1901 г. телеграммы передавались изъ Электротехническаго института въ Университетъ) и на морѣ. Большинство судовъ русскаго флота снабжено аппаратами Попова; всѣмъ памятна работа безпроволочнаго телеграфа отъ 28 января по 12 апрѣля 1900 г. между островомъ Готландомъ и сѣвернымъ берегомъ Финскаго залива на разстояніи 43 килм., гдѣ сообщеніе было устроено по случаю аваріи, случившейся съ «Адмираломъ Апраксинымъ». Пріемникомъ въ этомъ случаѣ служилъ не обыкновенный аппаратъ Морзе, а телефонъ, посредствомъ котораго можно было довольно отчетливо различать короткія и длинныя замыканія тока.

Вотъ въ общихъ чертахъ настоящее положеніе опытовъ практическаго примѣненія телеграфа безъ проводовъ. Нельзя сказать, чтобы ихъ результаты вполнѣ оправдали надежды сильно увлекающихся поклонниковъ новаго телеграфа, но нельзя назвать ихъ и ничтожными.

Какое значеніе будетъ имѣть телеграфъ безъ проводовъ въ торговомъ отношеніи—это еще трудно предвидѣть. Чтобы сообщенія между Франціей и Англіей, напримѣръ, сдѣлались возможными на практикѣ, необходимы многія усовершенствованія. Нужно, напр., чтобы скорость сигналовъ системы Маркони была увеличена, такъ какъ пока можно передавать не болѣе двадцати словъ въ минуту; между тѣмъ, при помощи простого подводнаго кабеля ихъ передаютъ до 1.500. Необходимо также достигнуть такого усовершенствованія, чтобы не придерживаться главнаго до сихъ поръ правила при телеграфированіи безъ проволоки, а именно, строгаго отношенія между вышиной вертикальныхъ проводниковъ и между пространствомъ, которое нужно преодолѣть. Иными словами, будущность этого телеграфа въ торговомъ отношеніи зависитъ отъ успѣховъ въ усовершенствованіи приборовъ, которые удастся сдѣлать Маркони, Попову и другимъ ученымъ и техникамъ, работающимъ на этомъ поприщѣ.

[1] Однако въ самое послѣднее время сообщеніе Америки съ Европой по безпроволочному телеграфу, повидимому, сталс совершившимся фактомъ.

Безпроволочный земной телеграфъ.

При выше описанномъ нами безпроволочномъ телеграфѣ предполагается распространеніе электромагнитныхъ волнъ исключительно черезъ воздухъ, а потому для передачи на дальнія разстоянія и ставятся высокія мачты.

Однако нашлись такіе ученые и инженеры, которые усомнились въ непреложности распространенія Герцевскихъ волнъ исключительно по воздуху, а предположили, что часть

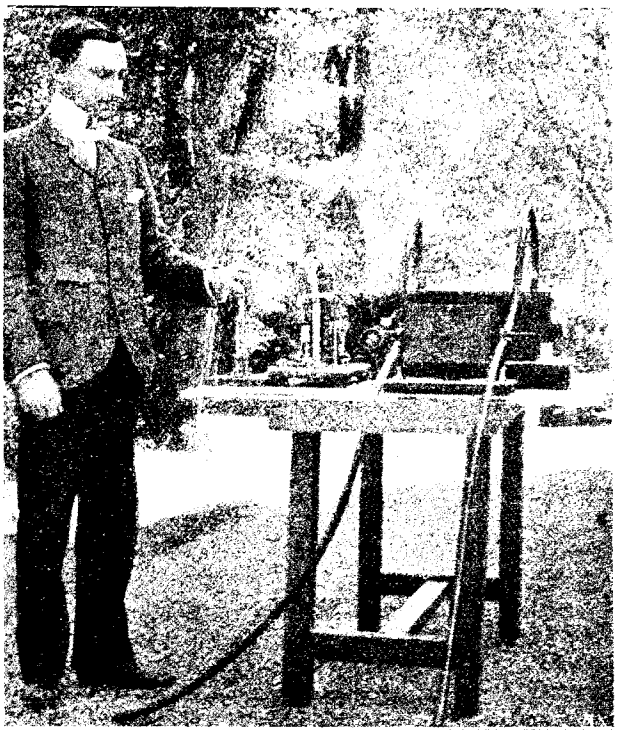


Рис. 164. Телеграфъ Пильсудскаго—станція отправленія.

ихъ—и, можетъ быть, даже большая—проходитъ по землѣ. Въ такомъ случаѣ надо не поднимать воздушный проводъ—источникъ колебаній въ воздухѣ, а, наоборотъ, соединять его съ землей.

На подобныхъ соображеніяхъ основана система безпроводнаго, но не воздушнаго, а земного телеграфа полковника Пильсудскаго. Детали этого телеграфа Пильсудскимъ разработаны совмѣстно съ французскимъ электрикомъ Викторомъ Поптомъ. Опыты съ этимъ телеграфомъ были произведены въ 1901 году во Франціи между двумя виллами, на разстояніи 583 метровъ и увѣнчались полнымъ успѣхомъ, несмотря на то, что мѣстность, раздѣлявшая станціи, была вовсе не подходящей для воздушнаго безпроволочнаго телеграфа, ибо изобиловала домами, рѣшетками, садами, оврагами и т. д. Станціи отправленія и пріема изображены на рис. 164 и 165 и не представляютъ ничего особеннаго, это обыкновеннѣйшіе, нами разсмотрѣнные выше аппараты Дюкрете. Разница вся въ соединеніи съ землей.

Полюсы вибратора Пильсудскій соединяетъ съ двумя металлическими электродами, соединенными между собой посредствомъ болѣе или менѣе длиннаго проводника. Одинъ изъ электродовъ, представляющій при такой комбинаціи конденсаторъ съ большимъ сопро-

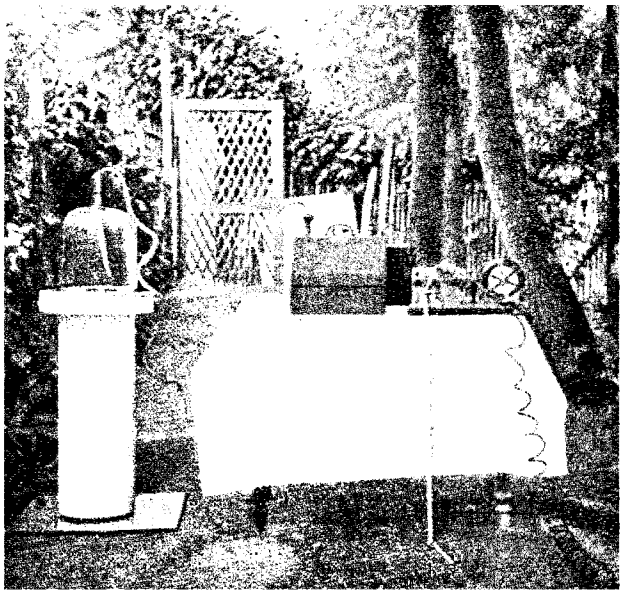


Рис. 165. Телеграфъ Пильсудскаго—станція пріема.

тивленіемъ, лежитъ на землѣ, отдѣляясь отъ нея всего стеклянной пластинкой; другой электродъ—металлическая большой поверхности пластина—закопанъ въ землю на значительную глубину. Точно такое же соединеніе съ землей и пріемнаго аппарата.

Полученныхъ результатовъ съ телеграфомъ Пильсудскаго еще очень недостаточно; нельзя, въ сущности, съ увѣренностью сказать даже, шли ли въ приведенномъ опытѣ электромагнитныя волны черезъ землю или черезъ воздухъ, но, во всякомъ случаѣ, идеи, лежащія въ основѣ изобрѣтенія, заслуживаютъ вниманія.

V

Телефонъ.

Исторія.

Исторія телефона не велика, но попытки передавать звуки на разстояніе дѣлались давно. Въ комментаріяхъ Цезаря встрѣчается нѣсколько строкъ, которыя намъ показываютъ, что галлы пытались посредствомъ повторныхъ криковъ передавать извѣстія: «Когда происходили какія-нибудь особенныя событія», говоритъ Цезарь, «галлы увѣдомляли о нихъ другъ друга посредствомъ крика, который раздавался съ одного мѣста на другое». Такимъ образомъ извѣстіе объ избіеніи римлянъ, происшедшее въ Орлеанѣ при солнечномъ восходѣ, дошло къ девяти часамъ вечера въ Овернь, пройдя разстояніе въ пятьдесятъ верстъ.

Подобнаго рода звуковыя передачи существовали и существуютъ повсюду до сихъ поръ. Александръ Великій пользовался громаднымъ охотничьимъ рогомъ (рис. 166), если ему нужно было собрать своихъ солдатъ и отдать приказанія на значительномъ разстояніи.

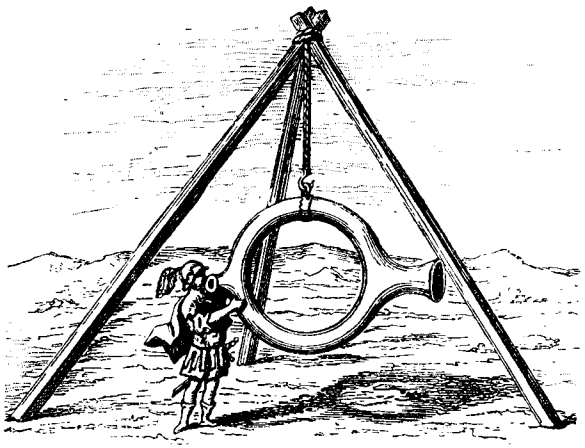


Рис. 166. Рогъ Александра Великаго.

Пораженный на смерть Роландъ, умирая, находитъ возможность, собравъ послѣднія силы, трубить въ рогъ, надѣясь, что протяжный звукъ этого инструмента призоветъ къ нему его вѣрныхъ слугъ, и онъ получитъ давно ожидаемую помощь. Рупоръ, которымъ пользуется командиръ судна, можетъ также считаться за телефонъ своего рода. Онъ служитъ командиру въ тѣхъ случаяхъ, когда онъ хочетъ, напримѣръ, вести переговоры съ довольно далеко отстоящимъ берегомъ или другимъ судномъ. Вой вѣтра и грохотъ пушекъ не могутъ помѣшать переговорамъ при посредствѣ рупора, который ведетъ свое начало съ семнадцатаго столѣтія. Теперь его употребляютъ рѣдко и то только на мелкихъ коммерческихъ судахъ (рис. 167).



Рис. 167. Рупоръ.

Церковные колокола, разнообразнымъ звономъ оповѣщающіе всѣхъ вѣрующихъ о началѣ или извѣстныхъ моментахъ службы, о похоронахъ или радостныхъ молебствіяхъ, являются тоже своего рода телефономъ. Барабанный бой, сигналъ горниста, пожарный набатъ, фабричный гудокъ, пушечные салюты, все это—передача извѣстій звукомъ на большее или меньшее разстояніе. Встрѣчаются иногда условія, особенно благопріятныя для передачи звуковъ на разстояніе. Одинъ изъ самыхъ любопытныхъ опытовъ, сюда относящихся, можно произвести съ чашами, находящимися въ Античномъ залѣ Луврскаго музея. На обоихъ концахъ этого зала помѣщено по мраморной чашѣ, имѣющей въ діаметрѣ около одного метра. Если вы встанете передъ одной вазой и будете говорить въ нее шопотомъ, то человѣкъ, стоящій противъ васъ и наклонившійся надъ другой вазой

будетъ ясно слышать ваши слова, какъ будто звуки, изданные вами, усилились и выходятъ изъ глубины второй вазы.

Всѣ эти передачи звуковъ далеки отъ истиннаго телефона. Только въ 1782 году мы замѣчаемъ первую попытку настоящей телефоніи.

Въ это время молодой бенедиктинецъ, донъ Готей, прислалъ въ Парижскую Академію Наукъ докладъ, въ которомъ говорилъ о возможности передавать звуки на далекое разстояніе по металлическому шесту. Онъ просилъ разрѣшить ему произвести публичный опытъ. Просьба его была уважена, и опытъ былъ произведенъ.

Приспособленіе Готея состояло изъ металлическихъ трубокъ, сращенныхъ своими концами, общей длины въ 800 метровъ. Удары, производимые на одномъ концѣ линіи, были слышны совершенно отчетливо на другомъ. Однако, несмотря на большой успѣхъ,



Рис. 168. Телефонъ съ веревочкой.

проектъ дона Готея не былъ принятъ вслѣдствіе большихъ расходовъ, необходимыхъ для устройства подобныхъ линій.

Позже, въ 1823 году, Франсуа Сюдръ хотѣлъ примѣнить къ дѣлу музыку, или, по крайней мѣрѣ, нѣкоторыя ноты рожка, комбинаціей которыхъ передавать сообщенія.

Этотъ родъ телефоніи,—слово, употребляемое уже самимъ Франсуа Сюдромъ для обозначенія своей системы,—могъ бы принести пользу преимущественно въ арміи. Опыты, произведенные въ 1827 году на Марсовомъ полѣ, доказали пригодность изобрѣтенія. Успѣхъ былъ полный, но все-таки единственной наградой за открытіе послужила золотая медаль, которая была присуждена изобрѣтателю въ 1862 году на всемірной Лондонской выставкѣ.

Сюдръ умеръ въ томъ же году въ полной нищетѣ.

Телефонъ съ веревкой.

Первый настоящій телефонъ, передающій звукъ, такъ сказать, безшумно, упоминается въ XVII вѣкѣ. Мы говоримъ, конечно, не о телефонѣ магнито-электрическомъ, а только объ общеизвѣстномъ теперь веревочномъ телефонѣ (рис. 168).

Въ 1667 году физикъ Робертъ Гукъ сдѣлалъ полное его описаніе. Онъ туго натягивалъ веревочку, и колебанія, сообщенныя ей разговоромъ, передавались въ пріемный аппаратъ.

Телефонъ Гука прошелъ малозамѣченнымъ, и только уже послѣ изобрѣтенія Гр. Бэлля онъ появился повсюду въ видѣ дѣтской игрушки.

Телефонъ такого рода состоитъ изъ двухъ металлическихъ или картонныхъ трубокъ, дно которыхъ сдѣлано изъ натянутаго пергамента. Посреди дна проходитъ соединяющая обѣ трубки веревка. Говоря въ одну изъ трубокъ довольно тихо, можно быть услышаннымъ въ другую трубку на разстояніи въ 140 метровъ. Для такого большого разстоянія надо брать шелковый, а не пеньковый или бумажный шнурокъ. Шнурокъ долженъ быть натянутъ по прямой линіи и не прикасаться ни къ чему, такъ какъ прикосновеніе прерветъ колебанія.

Описанные телефоны доставляли удовольствіе многимъ дѣтямъ въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, но все бываетъ мимолетнымъ, все проходитъ, и теперь они уже забыты, мода на нихъ прошла.

Электрическій телефонъ.

На всемірной выставкѣ въ Филадельфіи, въ іюнѣ 1876 года, можно было среди многочисленныхъ диковинокъ замѣтить небольшой снарядъ, слегка похожій на бильбоке, длиною въ 20 сантиметровъ. Этотъ снарядъ былъ снабженъ двумя металлическими проволоками, которыя, какъ говорили, передавали человѣческую рѣчь на неизмѣримое разстояніе. Изобрѣтатель этого снаряда Гр. Бэлль находился тамъ же и объяснялъ каждому дѣйствія телефона. Этимъ словомъ онъ называлъ свое изобрѣтеніе.

Ученые, которымъ такое изобрѣтеніе казалось чѣмъ-то сверхъестественнымъ, произвели тотчасъ же опыты съ телефономъ. Они соединили два прибора съ одной изъ телеграфныхъ линій, и въ Нью-Іоркѣ были слышны всѣ малѣйшіе звуки — восклицанія, смѣхъ, вздохи, даже дыханіе,—производимые передъ аппаратомъ въ Филадельфіи. Среди слушателей находился, какъ членъ жюри, одинъ изъ самыхъ знаменитыхъ физиковъ — сэръ Вильямъ Томсонъ. Онъ былъ въ восторгѣ отъ изобрѣтенія Бэлля и назвалъ его «чудомъ изъ чудесъ».

Александръ-Грагамъ Бэлль былъ сыномъ шотландскаго переселенца. Онъ посвятилъ всю свою молодость изученію способовъ заставить говорить глухонѣмыхъ. Онъ былъ профессоромъ Института глухонѣмыхъ въ то время, когда дошелъ до того, что, по его собственнымъ же словамъ, заставилъ говорить желѣзо.

Другія лица еще раньше Бэлля искали возможности при помощи электричества передавать звуки. Въ 1837 году Пажъ открылъ, что быстрое намагничиваніе и размагничиваніе стержня изъ мягкаго желѣза производило звуки, которые онъ назвалъ гальванической музыкой.

Въ 1843 году женевцу де-ла-Риву удалось усилить эти гармоническіе эффекты звуковъ. Наиболѣе же подошелъ къ истинному рѣшенію вопроса простой нѣмецкій учитель Филиппъ Рейсъ. Онъ устроилъ телефонъ, у котораго былъ деревянный передаточный аппаратъ, весьма похожій на настоящее человѣческое ухо съ барабанной перепонкой изъ пузыря. Колебаніями этой перепонки приподнимался легкій колѣнчатый рычагъ, который прерывалъ или замыкалъ токъ элемента на пріемникъ, состоявшій изъ электромагнита и издававшій, какъ и у Пажа, звуки.

Намъ остается еще упомянуть немногимъ извѣстное имя француза Шарля Бурселя, который въ 1854 году выработалъ теорію индуктивнаго телефона. Мы не можемъ удержаться, чтобы не привести in extenso, напечатанной въ «Illustration», въ номерѣ отъ 26-го августа 1854 года, статьи этого ученаго, умершаго, не добившись ни славы, ни награды за свои труды: «Итти въ мірѣ чудесъ дальше усовершенствованныхъ телеграфовъ, которые могутъ воспроизводить на громадномъ разстояніи почеркъ того или другого лица и даже болѣе или менѣе сложные рисунки, казалось бы невозможно. Попробуемъ все-таки сдѣлать нѣсколько шаговъ впередъ. Я себѣ зада-

валъ вопросъ, напримѣръ: не можетъ ли рѣчь передаваться посредствомъ электричества,—короче говоря, нельзя ли говорить въ Вѣнѣ и быть услышаннымъ въ Парижѣ? Устроить это на практикѣ можно слѣдующимъ образомъ: звуки, какъ мы знаемъ, образуются колебаніями, колебанія эти передаются по промежуточной средѣ и воспринимаются ухомъ. Напряженіе этихъ колебаній уменьшается очень быстро при увеличивающемся разстояніи, такъ что даже при помощи рупоровъ и слуховыхъ трубъ ихъ нельзя передать дальше извѣстнаго, очень ограниченнаго разстоянія. Представимъ себѣ, что мы говоримъ около подвижной пластинки, достаточно гибкой для того, чтобы отзываться на каждое колебаніе, производимое голосомъ; представимъ себѣ далѣе, что эта пластинка послѣдовательно размыкаетъ и замыкаетъ токъ гальванической батареи; ясно, что мы можемъ по-



Рис. 169. Гр. Бэлль.

мѣстить на разстояніи другую пластинку, которая будетъ производить въ то же время тѣ же колебанія. Правда, что напряженность издаваемыхъ звуковъ будетъ перемѣнною въ точкѣ ихъ отправленія, гдѣ пластинка приводится въ колебаніе голосомъ, и будетъ постоянной въ точкѣ прибытія, гдѣ она колеблется электричествомъ; но доказано, что это не можетъ измѣнять самихъ звуковъ.

«Звуки будутъ воспроизводиться съ одинаковой высотой тона.

«Настоящее положеніе знаній объ акустикѣ не позволяетъ мнѣ сказать, a priori, будетъ ли то же самое со слогами, произносимыми человѣческимъ голосомъ. Ученые еще не достаточно изслѣдовали способъ, которымъ образуются эти слоги; замѣчено, правда, что одни изъ нихъ произносятся съ помощью зубовъ, другіе—губъ и т. п., но это и все.

«Какъ бы тамъ ни было, нужно помнить, что и слоги представляютъ собою сочетанія звуковъ, сочетанія колебаній промежуточной среды; воспроизведите точно эти колебанія, и вы воспроизведете точно слоги.

«Во всякомъ случаѣ, нельзя доказать, при настоящемъ положеніи науки, что передача звуковъ при помощи электричества невозможна. Вся видимость, напротивъ, говоритъ въ пользу этой возможности.

«Когда зашелъ въ первый разъ разговоръ о примѣненіи электромагнитизма для передачи депешъ, одно очень извѣстное въ наукѣ лицо насмѣхалось надъ этой странной мыслью; теперь же, при помощи простой металлической проволоки, ведутся непосредственныя сношенія между Лондономъ и Вѣной. Казавшееся невозможнымъ теперь на самомъ дѣлѣ существуетъ.

«Несомнѣнно, что вслѣдъ за введеніемъ передачи разговора при помощи электричества явились бы безчисленныя и весьма значительныя примѣненія этого способа. За исключеніемъ глухихъ и нѣмыхъ, каждый могъ бы пользоваться переговорами этого рода, не требующими никакихъ сложныхъ приспособленій. Вполнѣ достаточно электрической батареи, двухъ колеблющихся пластинокъ и металлической проволоки.

«Во многихъ случаяхъ, напримѣръ, въ обширныхъ учрежденіяхъ, можно такимъ способомъ передавать изъ одного конца въ другой то или другое распоряженіе, тогда какъ всякій откажется сообщать ихъ при помощи телеграфа, ибо, въ послѣднемъ случаѣ, приходится передавать букву за буквой, да еще необходимо умѣть телеграфировать и даже пріобрѣсти въ этомъ навыкъ.

«Какъ бы тамъ ни было, мы можемъ быть увѣрены, что въ болѣе или менѣе недалекомъ будущемъ наша рѣчь будетъ передаваться на разстояніе при помощи электричества. Я уже началъ опыты въ этомъ направленіи, они затруднительны и требуютъ много времени и терпѣнія, но и то, что̀ мною получено, указываетъ на возможность получить удовлетворительный результатъ.

Шарль Бурсель».

Дальнѣйшихъ извѣстій объ опытахъ Бурселя не имѣется, и не онъ ввелъ телефонъ въ практику.

Изобрѣтателями телефона можно считать Е. Грея и Гр. Бэлля.

24-го февраля 1876 года эти два американца явились въ патентное бюро Вашингтона: Бэлль въ два часа пополудни получилъ патентъ на свое изобрѣтеніе, а Грей въ четыре часа—простое caveat на защиту своихъ правъ до тѣхъ поръ, пока онъ не усовершенствуетъ свой аппаратъ.

Благодаря тому, что Бэлль на два часа опередилъ своего соотечественника и, будучи больше увѣренъ въ своихъ силахъ, взялъ полный патентъ, Вашингтонскій трибуналъ, приглашенный высказаться по вопросу о пріоритетѣ, отдалъ ему первенство и привилегію на изобрѣтеніе телефона.

Бэлль недаромъ былъ увѣренъ въ своихъ силахъ, онъ усовершенствовалъ свой аппаратъ въ очень короткое время и далъ намъ тотъ телефонъ, которымъ былъ такъ пораженъ весь Новый и Старый Свѣтъ.

Когда слухъ объ изумительной новости, волновавшей въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ умы американскихъ ученыхъ, проникъ въ Европу, большинство думало, что телефонъ навсегда останется рѣдкимъ аппаратомъ въ витринахъ коллекціонеровъ и въ физическихъ кабинетахъ. Многіе считали американскаго ученаго прямо за помѣшаннаго. Но вотъ телефонъ проникъ въ Англію, а немного спустя и во Францію; предубѣжденія пришлось передъ лицомъ фактовъ бросить, и аппараты Бэлля быстро получили повсемѣстное право гражданства.

Теорія телефона.

Теорія телефона чрезвычайно проста. Дѣйствіе его понятно изъ схематическаго рисунка 170. Два стальныхъ магнита SN и S′N′ у сѣверныхъ полюсовъ обмотаны проволокой, соединяющей оба магнита другъ съ другомъ. На небольшомъ разстояніи отъ сѣвернаго полюса каждаго магнита имѣется по тонкой пластинкѣ PP′ и PP изъ мягкаго желѣза. Въ пластинкахъ, подъ вліяніемъ магнитовъ, возникаютъ на сторонахъ, обращенныхъ къ



Рис. 170. Схема устройства телефонной передачи звуковъ.

послѣднимъ, два южныхъ полюса S и S′. Если мы нажмемъ одну изъ пластинокъ,—напримѣръ, PP, и такимъ образомъ приблизимъ ее къ сѣверному полюсу магнита и окружающей его спирали, то возникнетъ индукціонный токъ, который по проволокѣ распространится до сѣвернаго полюса другого магнита и усилитъ этотъ послѣдній, благодаря имѣющейся на немъ спирали. Вслѣдствіе этого усиленія, пластинка P P′ будетъ выведена изъ равновѣсія и нѣсколько къ магниту приблизится. Дадимъ пластинкѣ PP вернуться на свое мѣсто,

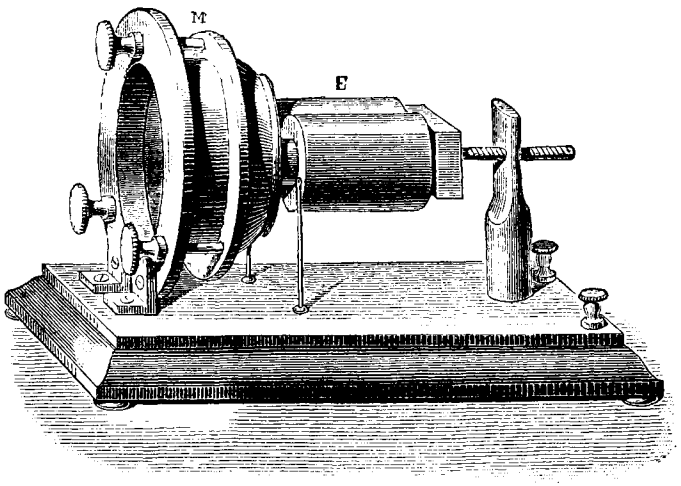


Рис. 171. Телефонъ Белля; модель, выставленная на Филадельфійской выставкѣ.

пластинка PP′ также вернется въ свое первоначальное положеніе. И такъ всякому перемѣщенію пластинки PP будетъ отвѣчать пропорціональное перемѣщеніе пластинки PP′. Если мы будемъ говорить передъ пластинкой PP, то она получитъ весьма небольшія перемѣщенія, т.-е. будетъ совершать весьма небольшія колебанія. Каждое такое колебаніе вызоветъ индукціонный токъ и соотвѣтственное колебаніе пластинки PP′. Эти

послѣднія колебанія пластинкой P P′ передаются воздуху, и въ результатѣ у этой пластинки получаются колебанія воздуха точно такого же характера, какъ и колебанія, вызвавшія токъ, у пластинки P P′; получается воспроизведеніе звуковъ, произнесенныхъ передъ пластинкой P P. Около P P говорятъ, а около P P можно слышать произнесенныя слова. Проще подобнаго устройства нельзя себѣ ничего представить.

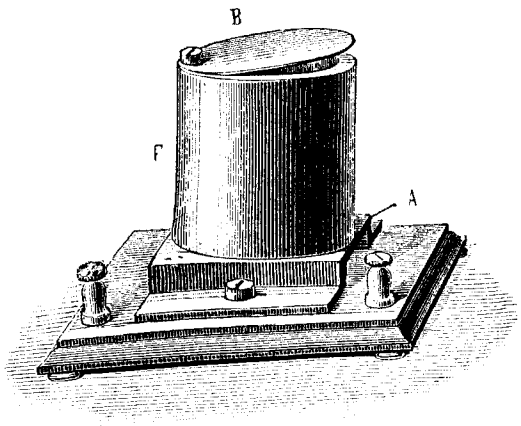


Рис. 172. Телефонъ Белля; модель, выставленная на Филадельфійской выставкѣ.

Несмотря на всю простоту устройства телефона, несмотря на то, что онъ, какъ мы видѣли, былъ, такъ сказать, предсказанъ Ш. Бурселемъ, осуществить первый удачный приборъ на практикѣ Гр. Бэллю удалось только послѣ долгихъ опытовъ и изысканій, и первоначальная его форма сильно разнилась отъ нынѣ принятой.

Телефонъ Г. Бэлля въ первоначальной формѣ.

Вначалѣ имъ былъ проектированъ родъ музыкальнаго телефона, который могъ, по его мнѣнію, передавать также болѣе или менѣе ясно и слова. Аппаратъ этотъ не былъ выполненъ на дѣлѣ.

Телефонъ въ той формѣ, въ какой онъ былъ выставленъ Бэллемъ въ Филадельфіи, изображенъ на рис. 171 и 172. Говорящій или воспроизводящій передаваемыя слова ап-

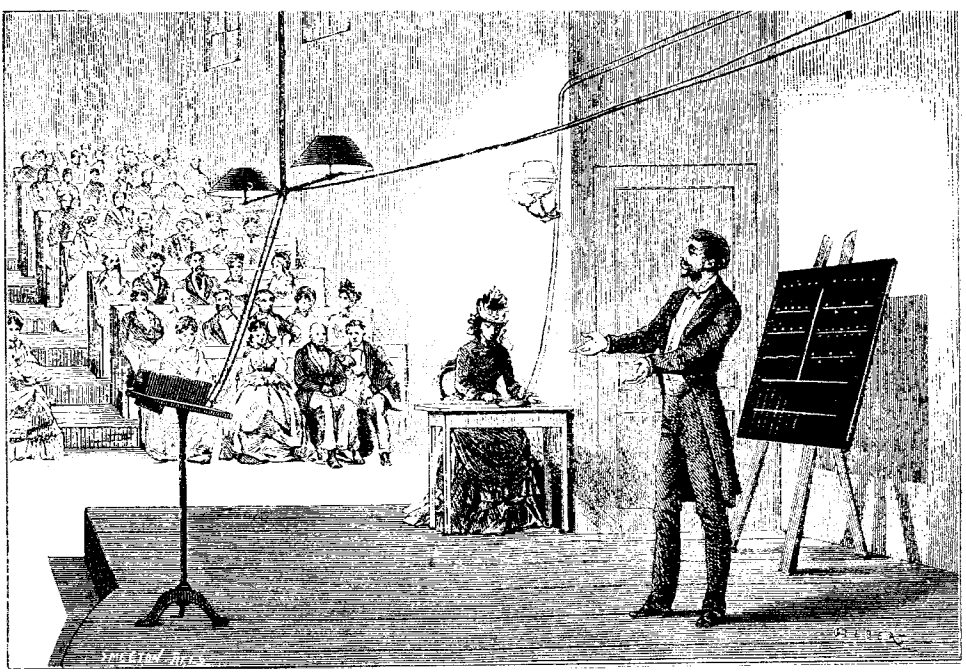


Рис. 173. Демонстрированіе телефона въ Салемѣ.

паратъ (рис. 171.) состоялъ изъ электромагнита E и вибрирующей пластинки M, снабженной якоремъ въ видѣ маленькой часовой пружины. Пріемный аппаратъ (рис. 172) состоялъ изъ трубчатаго электромагнита F, укрѣпленнаго на маленькомъ резонаторѣ A. Надъ электромагнитомъ прикрѣплялась вибрирующая тоненькая пластинка B, воспринимавшая звуки. Оба аппарата были связаны проволокой, проходившей черезъ гальваническую батарею. Въ описанномъ приборѣ для воспринятія и воспроизведенія звуковъ имѣлось два различныхъ аппарата; вскорѣ Бэллю удалось замѣнить ихъ однимъ, при чемъ онъ вмѣсто электромагнитовъ началъ примѣнять магниты постоянные. Подобнаго рода приборъ былъ Гр. Бэллемъ демонстрированъ въ первый разъ въ Эссекскомъ Институтѣ въ Салемѣ (Массачузетсъ) 12 февраля 1877 года. Зала, гдѣ производилось это демонстрированіе, была со-



Рис. 174. Станція въ Бостонѣ.

единена посредствомъ обыкновенной телеграфной линіи съ телефономъ, установленнымъ на разстояніи 22 километровъ въ Бостонѣ. Лекція Бэлля была прекрасно слышна въ Бостонѣ. Рис. 173 и 174 иллюстрируютъ это событіе.

Телефонъ Бэлля въ окончательномъ видѣ.

При Салемскихъ опытахъ Бэлль употреблялъ аппараты, хотя и одинаковые какъ для пріема звуковъ, такъ и для ихъ воспроизведенія, но по внѣшней формѣ отличные отъ слѣдующей модели, оставшейся почти безъ измѣненій до нашихъ дней.

Телефонъ въ этой послѣдней формѣ изображенъ на рис. 175 и 176. Въ деревянной трубкѣ находится стальной магнитъ S, на сѣверный полюсъ котораго надѣта катушка D изъ весьма тонкой проволоки. Очень близко къ этому полюсу, но, не касаясь его, находится тонкая изъ мягкаго желѣза пластинка C, закрѣпленная своими краями PP между частями деревянной трубки. Устье трубки имѣетъ отверстіе M, въ которое смотритъ верхняя поверхность этой пластинки, такъ что можно говорить или пѣть на эту послѣднюю.

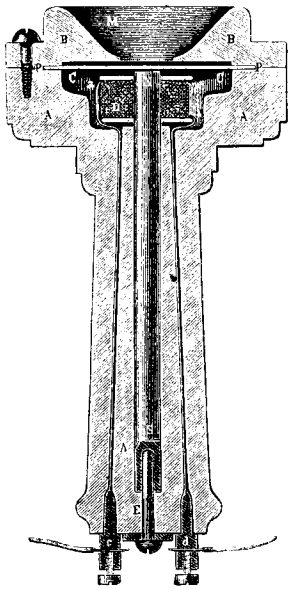


Рис. 175. Разрѣзъ телефонной трубки Бэлля.

Каждый звукъ приводитъ пластинку въ дрожаніе, и это дрожаніе передается электричествомъ по проволочной линіи болѣе или менѣе далеко отстоящей станціи и производитъ тамъ такое же дрожаніе подобной пластинки, даетъ такой же тонъ, передаетъ тотъ же звукъ.

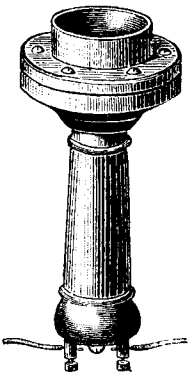


Рис. 176. Внѣшній видъ телефонной трубки Бэлля.

Въ каждомъ звукѣ мы различаемъ три качества: его высоту, силу и оттѣнокъ. Что высота и соотвѣтственныя отношенія между различными звуками будутъ передаваться правильно и точно телефономъ—вполнѣ понятно, такъ какъ они находятся въ прямомъ отношеніи къ числу и силѣ колебанія пластинокъ. Не такъ съ перваго раза ясно дѣло относительно оттѣнковъ звуковъ. Если мы припомнимъ, выводъ Гельмгольца о зависимости оттѣнка звука (различіе, напримѣръ, человѣческаго голоса отъ звуковъ флейты или скрипки) отъ того, что каждый звукъ состоитъ не изъ одного какого-либо колебанія, но его основное колебаніе сопровождается цѣлымъ рядомъ другихъ колебаній, находящихся въ простыхъ отношеніяхъ съ основными, что эти обертоны имѣютъ число колебаній отличное отъ основного,—то очевидно, что нѣтъ причины не быть переданными и этимъ обертонамъ, а, слѣд., и оттѣнкамъ различныхъ родовъ звуковъ. Въ телефонъ мы должны слышать не только слова въ томъ же тонѣ и съ той же интонаціей, т.-е. съ соотвѣтственнымъ усиленіемъ и ослабленіемъ извѣстныхъ звуковъ, но и со всѣми характерными отличіями даннаго голоса, т.-е. съ его тембромъ.



Рис. 177. Телефонъ съ подковообразнымъ магнитомъ.

Сила звуковъ въ телефонѣ Бэлля въ передачѣ, разумѣется, значительно уменьшается, ибо энергія колеблющагося воздуха тратится отчасти на приведеніе въ дрожаніе пластинки, отчасти при переходѣ механической энергіи въ электрическую, отчасти на побѣжденіе сопротивленія проволоки линіи. Чѣмъ больше разстояніе между станціями, тѣмъ больше сопротивленіе проводовъ, тѣмъ слабѣе передаваемый токъ и тѣмъ слабѣе дѣйствіе телефоновъ. При короткихъ разстояніяхъ звуки передаются ясно и отчетливо, при большихъ—далеко не удовлетворительно.

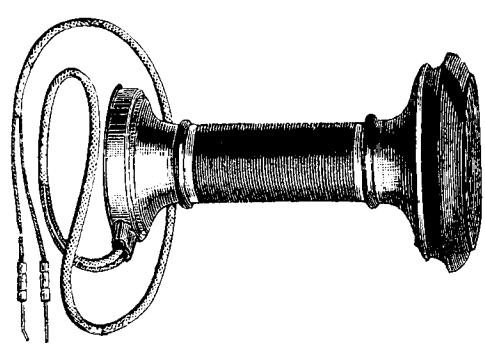


Рис. 178. Внѣшній видъ телефона съ подковообразнымъ магнитомъ.

Телефонная трубка съ подковообразными магнитами.

Всего проще можно увеличить силу тока въ телефонѣ, усиливъ магнитъ, его возбуждающій, употребивъ вмѣсто магнита обыкновеннаго магнитъ подковообразный. Рис. 177 показываетъ подобный телефонъ съ подковообразнымъ магнитомъ; аа обо-

значаетъ магнитъ, bb бобинки, навитыя въ одномъ направленіи, d—винтъ, помощью котораго магнитъ можно приближать и удалять отъ вибрирующей пластинки, или, такъ сказать, настраивать для наивыгоднѣйшаго дѣйствія. Внѣшней формой (рис. 178) такая телефонная трубка вполнѣ напоминаетъ трубку Бэлля. Во Франціи въ большомъ распространеніи телефонъ съ подковообразнымъ магнитомъ другой формы. Рис. 179 изображаетъ слѣва разрѣзъ, а справа внѣшній видъ трубки этого телефона. Магнитъ А согнутъ въ видѣ кольца и служитъ ручкой для слуховой трубки. ВВ—катушки, намотанныя на полюсы магнита, ХХ—желѣзное кольцо, служащее для увеличенія магнитнаго дѣйствія, ММ — вибрирующая пластинка, Е—слуховое отверстіе.

Существуетъ цѣлая масса телефонныхъ трубокъ и другихъ формъ, но описывать ихъ мы не будемъ.

Усиленіе магнитовъ позволяетъ увеличить разстояніе, на которое можно посредствомъ такихъ телефоновъ разговаривать, но сравнительно незначительно. Надо было

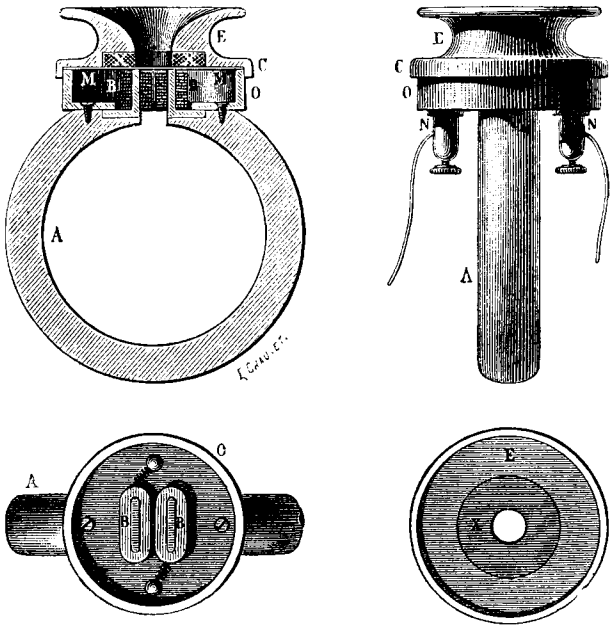


Рис. 179. Телефонъ Адера.

придумать еще что-либо другое, и оказалось всего удобнѣе и дѣйствительнѣе измѣнить устройство телефона въ его основаніяхъ. Въ телефонѣ Бэлля токъ возникаетъ вслѣдствіе индуктирующаго дѣйствія магнита. Работа голосовыхъ связокъ человѣка служитъ причиной возникновенія тока, часть котораго, и при томъ наибольшая, тратится на побѣжденіе сопротивленія проводовъ, на приведеніе пластинокъ въ колебаніе. Оказалось удобнѣе сообщать системѣ двухъ телефоновъ электрическую энергію гальваническаго тока извнѣ. Токъ этотъ сообщаетъ извѣстное вибрированіе пластинкамъ, а токъ, индуктированный магнитами подъ вліяніемъ звуковыхъ колебаній воздуха, даетъ періодическія колебанія силы доходящаго до пріемнаго аппарата тока, и эти колебанія выражаются въ звукахъ. Такое устройство оказалось возможнымъ при помощи микрофона, и при этомъ вмѣсто одного аппарата, служащаго какъ для принятія, такъ и для воспроизведенія звуковъ, пришлось на каждой станціи употребить два отдѣльныхъ прибора: одинъ, въ который говорятъ, другой—при помощи котораго слушаютъ.

Микрофонъ.

Что же такое микрофонъ? Положимъ на столъ или, еще лучше, на пустой ящикъ, на разстояніи одного миллим. одинъ отъ другого, два гвоздя C и C′ (рис. 180) и соединимъ ихъ проводами XY, введя въ нихъ батарею P и телефонъ T. При такой установкѣ токъ не пойдетъ въ телефонъ, такъ какъ между гвоздями будетъ перерывъ провода. Положимъ поперекъ нашихъ двухъ первыхъ гвоздей третій гвоздь C′. Этотъ третій гвоздь замкнетъ токъ, хотя и не достаточно хорошо, такъ какъ соприкосновеніе его съ двумя другими гвоздями не будетъ полнымъ и контактъ не будетъ совершеннымъ; это-то и нужно; благодаря этому неполному контакту всѣ звуки, направленные на нашъ третій гвоздь будутъ слышны въ телефонъ съ поразительной силой и ясностью. Происходитъ это отъ того, что при дѣйствіи звуковой волны, подъ ея давленіемъ, гвоздь C′ приходитъ въ лучшее соприкосновеніе съ двумя другими, получается лучшій контактъ и вслѣдствіе этого усиленіе тока. Незначительныя измѣненія въ тѣсности соприкосновенія гвоздей вызовутъ значительныя колебанія въ силѣ тока.

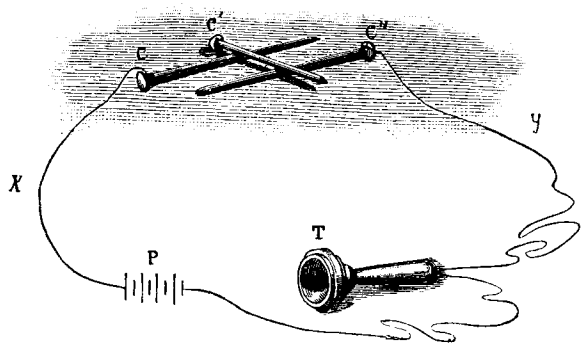


Рис. 180. Простѣйшій микрофонъ.

Описанный нами опытъ былъ продѣланъ Юзомъ, но для перваго микрофона, введеннаго имъ въ практику, онъ употребилъ не гвозди, а графитовыя палочки, такъ какъ изъ опытовъ Монселя, произведенныхъ еще въ 1856 году, было извѣстно, что различныя разновидности угля подъ вліяніемъ минимальныхъ давленій сильно измѣняютъ свою проводимость. Микрофонъ, построенный Юзомъ въ 1877 году, состоялъ изъ угольной палочки A (рис. 181), заостренной на концахъ и поддерживаемой въ вертикальномъ положеніи двумя угольными же стаканчиками C и C, прикрѣпленными къ тонкой пластинкѣ K и, при помощи проводовъ X и Y, соединенныхъ съ батареей B и телефонной слуховой трубкой, не показанной на рисункѣ. Изъ микрофона такого простого устройства вышли и всѣ остальные, такъ называемые, палочные микрофоны, одинъ изъ которыхъ, а именно Адера, описанъ нами дальше.

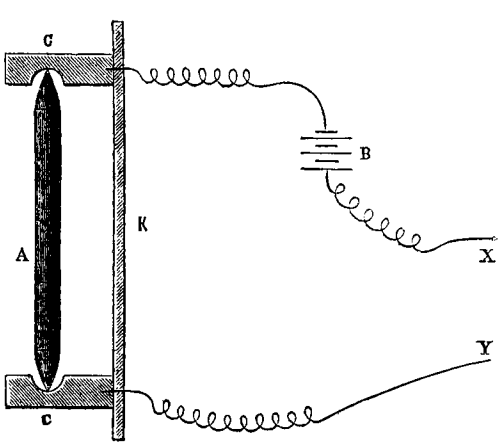


Рис. 181. Микрофонъ Юза.

Кромѣ пластинчатыхъ микрофоновъ существуютъ еще микрофоны крупичатые. Чѣмъ больше подвижными являются угли микрофона въ мѣстѣ своего соприкосновенія, тѣмъ больше колебанія силы тока, производимыя звуками голоса, тѣмъ сильнѣе и громче передаваемые звуки и тѣмъ на большее разстояніе, слѣд., можно разговаривать. Увеличеніе подвижности достигается замѣной сплошной угольной палочки рядомъ угольныхъ крупинокъ или зеренъ. Однимъ изъ лучшихъ микрофоновъ та-

кого устройства является микрофонъ Берлинера (рис. 182 и 183). Плоская цилиндрическая деревянная коробка съ отверстіемъ снизу прикрѣпляется къ прямоугольной коробкѣ, заключающей въ себѣ собственно микрофонъ. Къ первой коробкѣ привинчивается вторая, запирающая ее и несущая амбушюръ съ металлической діафрагмой. На днѣ верхней коробки прикрѣплена выходящимъ наружу винтомъ угольная плитка, снабженная концентрическими бороздками съ треугольнымъ поперечнымъ сѣченіемъ. Угольную плитку окружаетъ войлочный цилиндрикъ, доходящій до діафрагмы. Свободное пространство между діафрагмой и угольной плиткой заполнено угольнымъ порошкомъ, на который колеблющаяся діафрагма дѣйствуетъ періодически. Сдавливая отдѣльныя зернышки и то увеличивая, то уменьшая сцѣпленіе между отдѣльными частицами, она увеличиваетъ и уменьшаетъ сопротивленіе ихъ току, а отсюда и его силу.

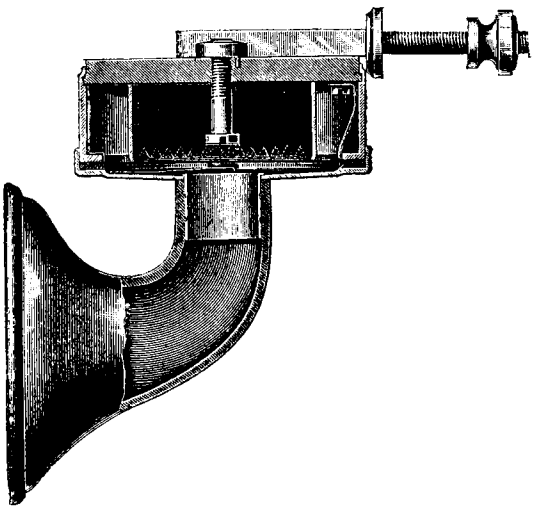


Рис. 182. Микрофонъ Берлинера.

Нѣсколько въ сторонѣ отъ описанныхъ нами палочныхъ и крупичатыхъ микрофоновъ стоитъ микрофонъ Эдиссона. Въ немъ измѣняется не степень соприкосновенія между двумя отдѣльными кусками угля, а сопротивленіе одного цѣльнаго уголька.

Схема устройства телефоннаго соединенія.

При введеніи въ телефонъ микрофона, какъ мы уже говорили, приходится пріемный аппаратъ отдѣлить отъ воспроизводящаго. Первымъ служитъ одинъ изъ микрофоновъ, а вторымъ—одна изъ описанныхъ нами ранѣе телефонныхъ трубокъ съ магнитами. Такимъ образомъ, каждая станція, должна имѣть микрофонъ и слуховую трубку. Но этого недостаточно. Какъ ни усиливаетъ звуки микрофонъ, все-таки ихъ можно слышать только приложивши слуховую трубку къ уху; можно поэтому часами говорить и кричать въ телефонъ съ одной станціи, а на другой и не догадаются, что кто-либо разговариваетъ съ нею. Поэтому надо къ телефонамъ присоединить какой-либо громкій сигналъ, предупреждающій о началѣ разговора. Наипростѣйшимъ и наиупотребительнѣйшимъ сигналомъ является электрическій звонокъ. Но какъ соединить звонки съ телефонами? Если соединить ихъ послѣдовательно, то это значительно увеличило бы сопротивленіе линіи, и пришлось бы примѣнять сильныя батареи, ясность передачи звуковъ неизбѣжно при этомъ бы уменьшилась, и происходящія послѣдовательно въ звонкахъ замыканія и размыканія цѣпи производили бы сильное движеніе телефонной діафрагмы, которая быстро бы отъ этого портилась. Эти неудобства устраняются такой установкой, при которой постоянно соединены съ линіей только звонки, а телефонъ пріемной станціи вводится въ цѣпь только послѣ вызова.

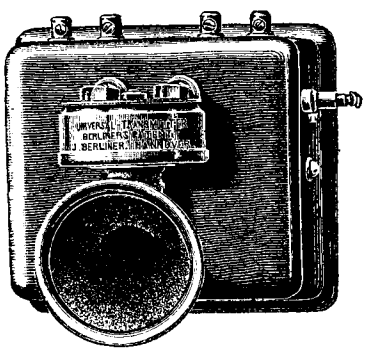


Рис. 183. Микрофонъ Берлинера: наружный видъ.

Рис. 184 изображаетъ схему соединенія двухъ станцій. Концы линіи L соединяются съ рычагами двухъ ключей T и T'. Пока рычагъ не нажатъ, онъ соединяетъ линію съ коммутаторомъ U или U'. Коммутаторы эти устанавливаются такъ, что въ нормальномъ, спокойномъ положеніи соединяютъ линію со звонками G и G'. Положимъ, что правая станція желаетъ вызвать лѣвую. Переставляютъ коммутаторъ такъ, чтобы линія соединилась съ телефономъ, и затѣмъ нажимаютъ на ключъ T, соединяя такимъ образомъ линію съ однимъ полюсомъ батареи B. Токъ идетъ изъ батареи по линіи и черезъ ключъ T' и коммутаторъ U' попадаетъ въ звонокъ второй станціи. Со звонка токъ возвращается назадъ или по особому проводу или черезъ землю. Вызываемый, услышавъ звонокъ, подходитъ къ телефону, переводитъ линію со звонка на телефонъ и уже словами даетъ знать вызвавшему, держащему въ это время слуховую трубку у своего уха, что онъ его слушаетъ. По окончаніи разговора посредствомъ коммутаторовъ обѣ станціи снова переводятъ линію съ телефоновъ на звонки, и линія готова къ новому вызову съ любой изъ сторонъ.

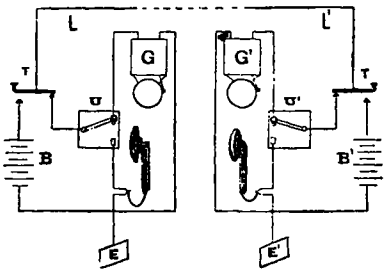


Рис. 184. Соединеніе для вызововъ и разговоровъ по телефону.

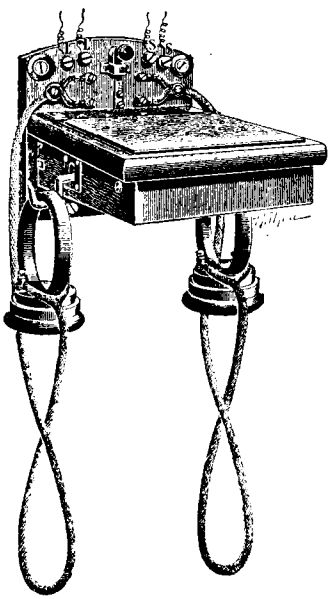


Рис. 185. Наружный видъ станціи телефона Адера.

Коммутаторы при этомъ употребляются обыкновенно автоматическіе, состоящіе изъ рычага съ крючкомъ, на который вѣшается слуховая трубка. Трубка эта, вися на рычагѣ, въ обыкновенное время между разговорами, оттягиваетъ коммутаторъ отъ соединенія съ телефономъ и соединяетъ линію со звонкомъ. Стоитъ снять трубку съ крючка, и коммутаторъ особой пружиной, болѣе не пересиливаемой тяжестью трубки, переводитъ соединеніе со звонка на телефонъ. Устройство подобнаго коммутатора мы опишемъ ниже при телефонѣ Адера.

Телефонный аппаратъ Адера.

Однимъ изъ лучшихъ современныхъ телефоновъ является, несомнѣнно, телефонъ Адера. Слуховую трубку его мы уже описывали выше. Микрофонный передаточный аппаратъ Адера имѣетъ наружный видъ пюпитра (рис. 185) съ крышкой изъ тоненькой сосновой дощечки, подъ которой помѣщенъ самъ микрофонъ (рис. 186). Онъ состоитъ изъ рѣшетки, составленной изъ трехъ поперечныхъ и десяти продольныхъ брусочковъ. Продольные брусочки могутъ измѣнять свое положеніе, какъ во всѣхъ микрофонахъ.

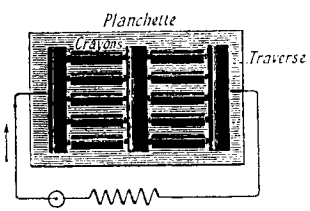


Рис. 186. Микрофонъ Адера.

Слуховыхъ трубокъ двѣ, и онѣ подвѣшены по обѣимъ сторонамъ передаточнаго аппарата (рис. 185).

Лѣвый крючокъ для трубки (рис. 187) находится на подвижномъ рычагѣ; рычагъ этотъ устроенъ такъ, что замыкаетъ токъ на звонокъ, когда на крючкѣ виситъ слуховая трубка, и переводитъ замыканіе на телефонный приборъ, разъ слуховая трубка съ крючка снята. Надъ пюпитромъ имѣется или кнопка, какъ у насъ на рисункѣ, или рукоятка для звонка. Подобно

описанному устроены и маленькіе переносные телефоны (рис. 188), которые могутъ помѣщаться и перемѣщаться на столѣ или на конторкѣ. Устройство ихъ ясно изъ рисунка.

Изъ другихъ переносныхъ телефонныхъ станцій укажемъ на аппаратъ Бальё для стола (рис. 189) и стѣнной (рис. 190). Его дѣлаютъ и другой формы (рис. 191). На рисункѣ видно, что слуховая трубка внѣ работы закрываетъ отверстіе микрофона.

Такого рода аппараты для большихъ учрежденій дѣлаются, какъ показываетъ рисунокъ 192, на 5 — 10 линій.

Упомянемъ, наконецъ, о великолѣпномъ конторскомъ телефонѣ Бертонъ-Адера (рис. 193). Слуховая трубка и микрофонъ соединены здѣсь вмѣстѣ на одной согнутой трубкѣ, которая берется лѣвой рукой. Правой можно въ это время свободно писать.

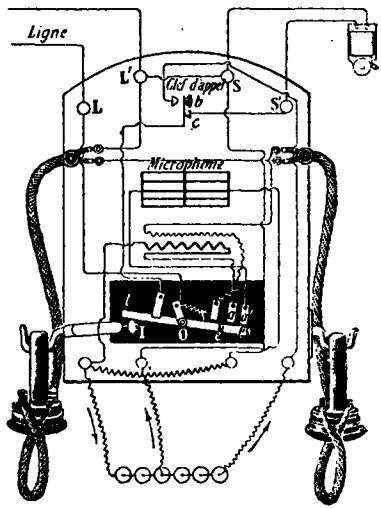


Рис. 187. Схема устройства станціи Адера.

Громко говорящіе телефоны.

Всѣ до сихъ поръ описанные нами телефоны передаютъ звуки настолько слабо, что необходимо прикладывать слуховую трубку, а то и двѣ трубки къ самому уху. Попытки устроить громко говорящіе телефоны производятся многими техниками.

Интересны въ этомъ отношеніи опыты парижскаго инспектора телефоновъ г. Жермена, которому, повидимому, удалось создать простой громко говорящій телефонъ.

Мы считаемъ не безъинтереснымъ привести, относительно этого изобрѣтенія, нѣкоторыя выдержки изъ сообщенія, сдѣланнаго 14-го мая 1899 года Густавомъ Дюмономъ въ Обществѣ Поощренія Національной Промышленности въ Парижѣ:

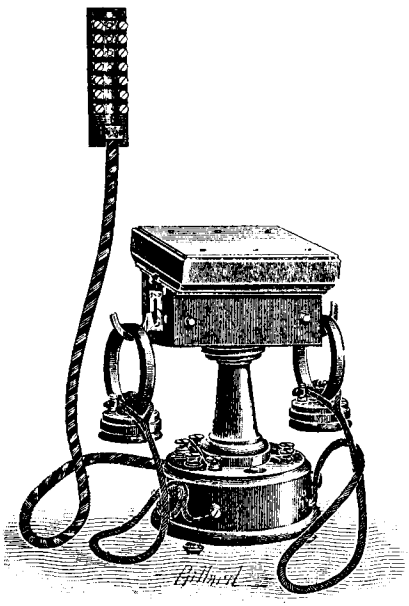


Рис. 188. Переносный телефонъ Адера.

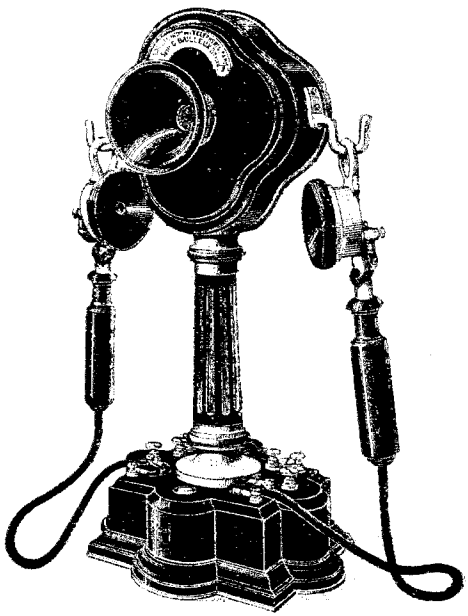


Рис. 189. Переносный телефонъ Бальё.

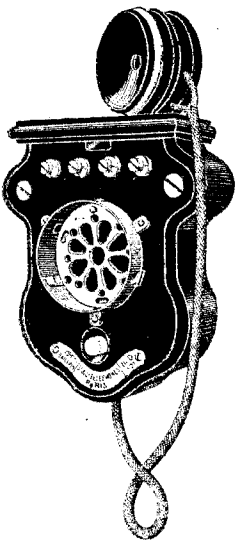


Рис. 190. Стѣнной телефонъ Бальё.

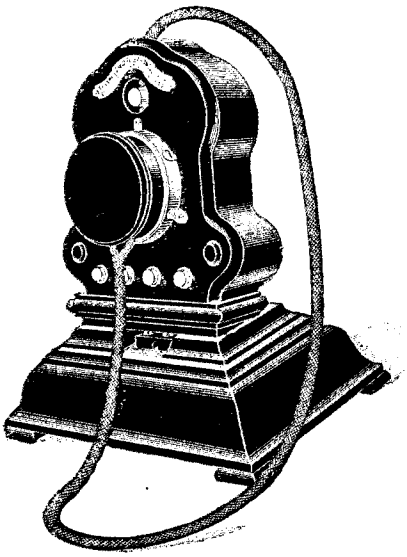


Рис. 191. Столовый телефонъ Бальё.

«Телефонъ очень быстро развился, но, въ противоположность телеграфу, онъ, быстро достигнувъ вершины, остановился въ своемъ развитіи. Такое положеніе вещей происходитъ отъ того, что телефонъ еще слишкомъ дорогъ.

«Для дальнѣйшаго распространенія телефона необходимъ хорошій, простой аппаратъ, при которомъ можно было бы пользоваться линіями изъ желѣзной проволоки, линіями съ академической точки зрѣнія негодными, обладающими слишкомъ большимъ сопротивленіемъ, но зато дешевыми.

«Такой аппаратъ теперь существуетъ; онъ изобрѣтенъ г. Жерменомъ.»

Телефонъ Жермена, своими качествами обязанный, какъ мы сейчасъ увидимъ, всего болѣе своему микрофону, дѣлаетъ теперь возможнымъ устройство дешевыхъ телефонныхъ сѣтей съ желѣзными проводами.

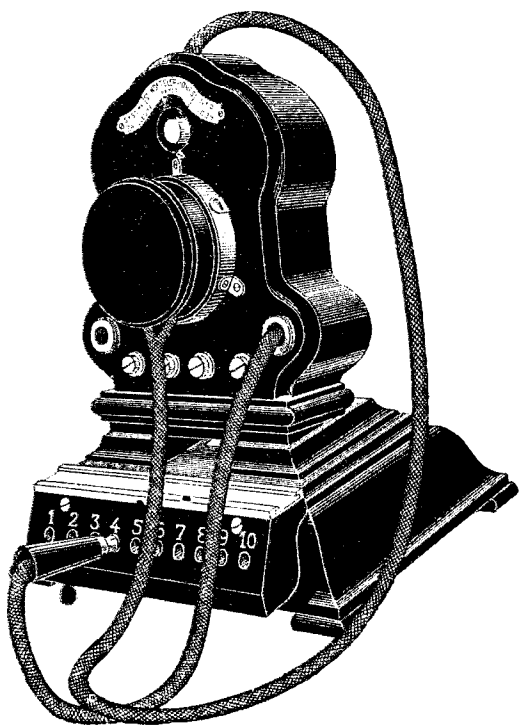


Рис. 192. Телефонъ Бальё для 10 линій.

Можно сказать, что шагъ, сдѣланный впередъ этимъ изобрѣтеніемъ, настолько же великъ и значителенъ, какъ шагъ, сдѣланный съ появленіемъ микрофона.

Микрофонъ далъ возможность разговаривать по телефону на далекое разстояніе. Изобрѣтеніе Жермена дѣлаетъ эту возможность вполнѣ практичной. Аппаратъ Жермена (рис. 194) называется «громко говорящимъ», но не это его главная особенность и главное достоинство. Какимъ же образомъ Жерменъ дошелъ до устройства своего аппарата?

Ему было поручено изыскать способы увеличить разстояніе телефонной передачи по подземнымъ кабелямъ. Разсмотрѣвши всѣ обстоятельства, Жерменъ ясно увидѣлъ, что замѣной однихъ аппаратовъ другими изъ существующихъ, хотя бы и болѣе совершенныхъ, ничего не сдѣлаешь, ибо при всѣхъ ихъ величина электрической энергіи, пересылаемой по линіи, не можетъ быть увеличиваема пропорціонально длинѣ и сопро-

тивленію этой послѣдней. Устройство всѣхъ употребляемыхъ въ телефонахъ микрофоновъ таково, что они не выдерживаютъ большой силы тока, и, какой длины ни была бы линія, силу эту нельзя увеличить больше четырехъ вольтъ.

Поэтому все свое вниманіе Жерменъ обратилъ на микрофонъ, и ему удалось построить его изъ такихъ матеріаловъ, что телефонный токъ оказалось возможнымъ поднять до 20 вольтъ; есть, кромѣ того, полная надежда, что въ будущемъ силу тока возможно будетъ увеличить и еще, и увеличеніе это, вѣроятно, можно довести до величинъ сравнительно громадныхъ (сотни вольтъ).

Возможность употреблять въ телефонахъ токи большой силы позволяетъ, понятно, пользоваться плохими съ большимъ сопротивленіемъ проводами, уменьшаетъ во многое число разъ устройство линій и позволяетъ дѣлать ихъ съ успѣхомъ большой длины.

Въ томъ же приблизительно направленіи, какъ Жерменъ, производитъ опыты женевскій техникъ Дюссо.

Уже въ декабрѣ 1898 года Дюссо увѣдомилъ Академію Наукъ въ Парижѣ, что ему удалось заставить телефонъ произносить переданныя слова совершенно громко, но его открытіе еще нельзя было примѣнять практически. Только въ декабрѣ 1899 года онъ опубликовалъ результаты, которые ему удалось достичь на практикѣ.

Для передаточнаго аппарата онъ убѣдился, что передача бываетъ тѣмъ лучше, чѣмъ болѣе мембранъ заключено въ резонаторномъ ящикѣ, гдѣ колеблется воздухъ, приводимый въ движеніе голосомъ. Эта передача еще улучшается, если колеблющійся воздухъ будетъ оказывать дѣйствіе на обѣ поверхности пластинокъ. Что же касается пріемника, передача дѣлается лучше, если увеличить количество граней на обоихъ концахъ электромагнита. Каждая грань имѣетъ противъ себя колеблющуюся пластинку.

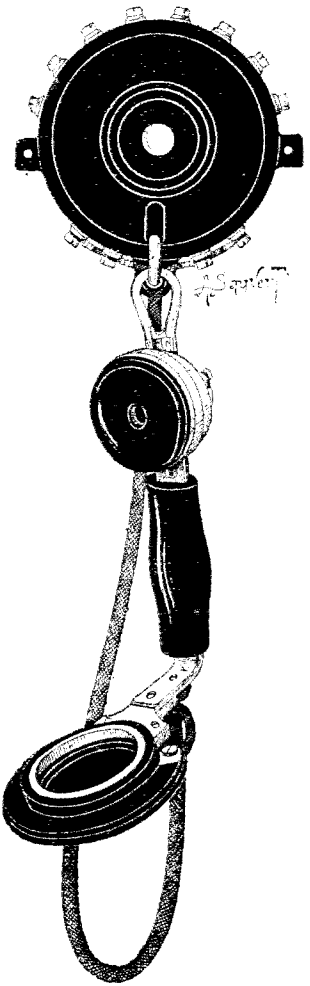


Рис. 193. Телефонъ Бертона-Адера.

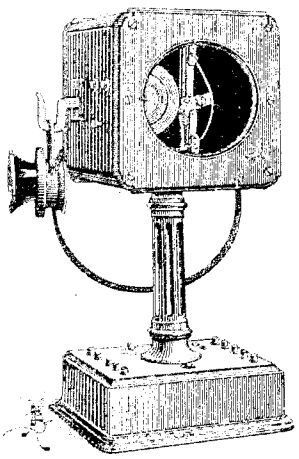


Рис. 194. Телефонъ Жермена.

Пользуясь телефономъ со станціями подобнаго устройства, можно дать возможность цѣлому залу слышать передаваемый разговоръ. Сила колебаній мембранъ въ подобномъ телефонѣ такова, что онъ оказывается въ состояніи дѣйствовать непосредственно на штифтъ фонографа, и такимъ образомъ является возможность записывать въ фонографѣ, на разстояніи сотни километровъ, разговоры, рѣчи, пѣніе и музыку.

Представимъ себѣ, напримѣръ, что абонента телефона нѣтъ дома, когда его вызываютъ. Фонографъ, поставленный передъ телефономъ, можетъ его замѣнить. Онъ запишетъ переданное сообщеніе и повторитъ его по возвращеніи абонента.

Телефонныя станціи.

При устройствѣ телефоновъ общественнаго пользованія отдѣльные абоненты сообщаются другъ съ другомъ при помощи центральной телефонной станціи. Каждый абонентъ помѣченъ на центральной станціи опредѣленнымъ номеромъ. Если онъ звонитъ на станцію, при звонкѣ автоматически замыкается токъ на одну изъ станціонныхъ распредѣлительныхъ досокъ, вслѣдствіе чего падаетъ пластинка, закрывавшая номеръ, отвѣчающій его телефону,—напримѣръ, тридцатый.

Эта пластинка, приводимая въ дѣйствіе небольшимъ электромагнитомъ, находящимся сзади ея, называется анунціаторомъ. Служащій на станціи спрашиваетъ вызывающее лицо о номерѣ, который тому нуженъ, и, узнавъ, что абонентъ проситъ соединить его съ № 11, онъ вставляетъ штепсель провода № 30 въ отверстіе, надъ которымъ надписанъ № 11. Такимъ образомъ линіи двухъ абонентовъ оказываются соединенными. Такая распредѣлительная доска, на которой соединены №№ 30 и 11, изображена на рис. 195.

По окончаніи разговора абоненты даютъ отбой, чтобы ихъ разъединили. Это приспособленіе, названное по имени своего изобрѣтателя, станціей Мандру, можетъ обслуживать, самое бо́льшее, шестьдесятъ линій. Имъ пользуются на центральныхъ станціяхъ, не имѣющихъ большого значенія.

На станціяхъ бо́льшаго значенія приходится ставить нѣсколько коммутаторныхъ досокъ, изъ которыхъ каждая поручается отдѣльному дежурному и обслуживаетъ извѣстное число проводовъ. Если абонентъ, вызывной аппаратъ котораго находится, скажемъ, на первой доскѣ, требуетъ соединенія съ абонентомъ, находящимся въ вѣдѣніи того же дежурнаго, то соединеніе происходитъ такъ, какъ описано выше при одной коммутаторной доскѣ; если же абонента, находящагося на первой доскѣ, слѣдуетъ соединить съ абонентомъ доски, скажемъ, третьей, то приходится завѣдующему первой доской соединить ее съ третьей, а затѣмъ передать тамошнему дежурному нужный №. Словомъ, на станціи образуются подстанціи, которымъ постоянно приходится входить въ сообщеніе другъ съ другомъ. Понятно все неудобство и медленность подобной работы. Неудобство это устраняется употребленіемъ мультиплексной коммутаторной доски.

Приборъ этотъ основанъ на слѣдующемъ простомъ принципѣ: у каждаго дежурнаго телефониста имѣется ограниченное число вызывныхъ аппаратовъ, но штепселя для соединенія со всѣми абонентами. Если, напримѣръ, станція обслуживаетъ 2.000 абонентовъ, то на ней имѣется, скажемъ, 10 досокъ съ 200 вызывными и 2.000 контактными приспособленіями на каждой. Всего на такой станціи, такимъ образомъ, имѣется 20000 контактовъ.

Мультиплексной коммутаторной доской снабжена между прочимъ и наша Петербургская центральная телефонная станція. Считаемъ не безъинтереснымъ привести ея описаніе, заимствованное нами изъ журнала «Электричество».

Всѣ абоненты перенумерованы и раздѣлены на нѣсколько группъ сообразно съ направленіями ихъ линій отъ центральной станціи. Всѣ линіи сходятся на крышѣ зданія къ особой башнѣ, составленной изъ поддержекъ изоляторовъ. Каждая голая проволока линіи идетъ только до соотвѣтствующаго изолятора, къ которому и прикрѣпляется, а ея продолженіемъ служитъ изолированный проводъ. Послѣдніе провода распредѣлены въ группы по 20 штукъ, заключены въ желѣзныя трубы и въ нихъ проходятъ черезъ крышу на чердакъ зданія. На чердакѣ провода идутъ въ кабеляхъ, въ строгомъ порядкѣ, до верхняго этажа, гдѣ помѣщается доска скрещиванія линій, гдѣ контакты послѣднихъ расположены по порядку нумераціи. Эти контакты перенумерованы и распредѣлены на упомянутыя выше группы (по направленіямъ линій абонентовъ).

Доской скрещиванія пользуются для ежедневной повѣрки исправности цѣпей изъ станціи, для чего имѣется столъ съ измѣрительными приборами. На доскѣ скрещиваній установлены также громоотводы для каждой линіи, состоящіе изъ простыхъ мѣдныхъ пластинокъ, изолированныхъ тонкой, пропитанной парафиномъ бумагой. Отъ доски

скрещиваній линій провода идутъ въ кабеляхъ по 20 штукъ къ коммутаторнымъ доскамъ, каждая изъ которыхъ представляетъ собою небольшой вертикальный шкапъ съ двумя столиками.

Доски разсчитаны на 200 абонентовъ, и каждая изъ нихъ состоитъ изъ двухъ слѣдующихъ главныхъ частей: 1) приспособленій для ввода и размѣщенія проводовъ и

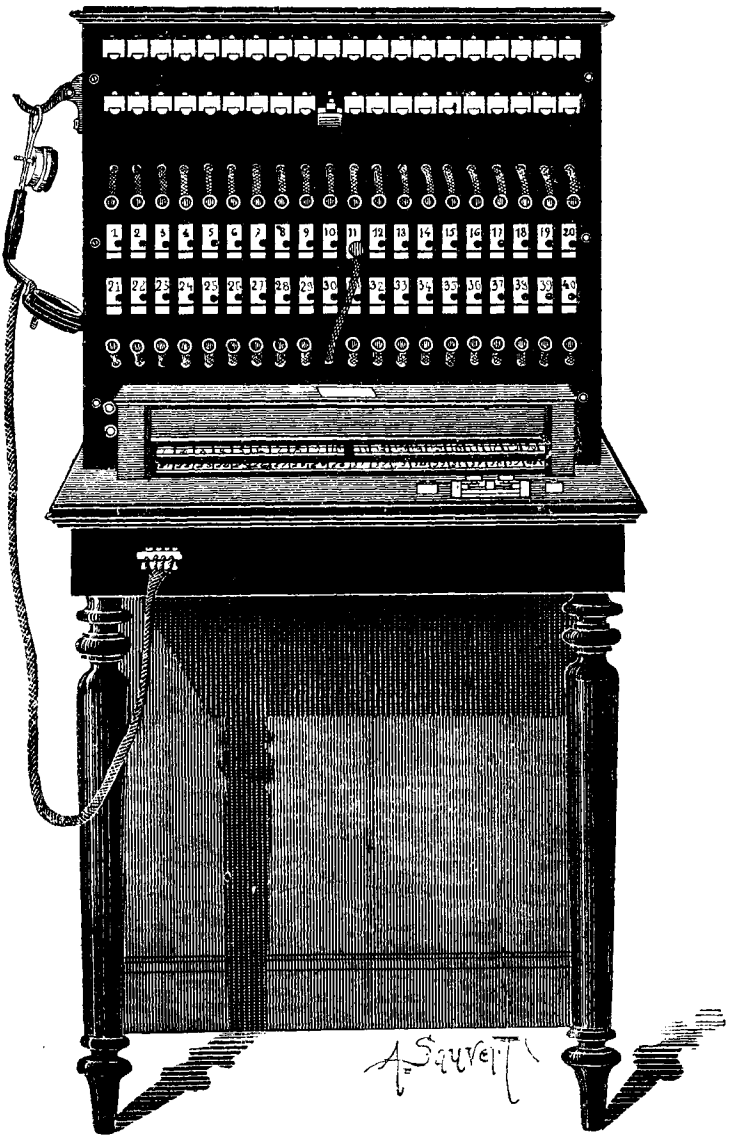


Рис. 195. Распредѣлительная доска Мандру.

2) приспособленій для сообщенія и включенія станціоннаго аппарата въ линію абонента. Для этого служатъ штепсельные контакты и отпадающія дверцы, при чемъ у каждаго абонента имѣется по штепсельному гнѣзду на каждой коммутаторной доскѣ (согласно указанному выше принципу устройства этихъ досокъ).

Передъ телефонистомъ подвѣшенъ на гибкихъ шнурахъ микрофонъ, а къ его ушамъ плотно прижимается пружинкой телефонъ. Этотъ телефонный аппаратъ можно соединять со станціей вызывающаго абонента при помощи особаго переговорнаго ключа, когда вставятъ штепсель въ контактное гнѣздо этого абонента. Узнавъ, съ кѣмъ желаетъ разговаривать вызывающій абонентъ, телефонистъ вставляетъ второй штепсель въ гнѣздо требуемаго нумера и приводитъ переговорный ключъ въ прежнее положеніе. При этомъ устанавливается требуемое сообщеніе между двумя абонентами; сигналъ звонкомъ вызываемому абоненту подается нажатіемъ на кнопку, которая сообщаетъ линію абонента съ индукторомъ, находящимся въ непрерывномъ вращеніи.

Кромѣ того у коммутаторныхъ досокъ имѣется особое приспособленіе, имѣющее цѣлью показывать телефонистамъ, свободна ли линія, требуемая вызывающимъ абонентамъ. Штепсельныя гнѣзда снабжены особыми пружинками, которыя на всѣхъ доскахъ соединены между собой. Если въ одно изъ гнѣздъ даннаго нумера вставленъ штепсель, то этимъ сообщаются всѣ пружинки, и телефонистъ, переставивъ рычагъ своего переговорнаго ключа и дотронувшись штепселемъ до металлическаго гнѣзда данной линіи, узнаетъ по треску въ своемъ телефонѣ, что эта линія уже занята на одной изъ другихъ досокъ. Подобное приспособленіе дѣлаетъ ненужными какіе-либо переговоры между телефонистами.



Рис. 196. Телефонистка съ каской на головѣ.

Можно прибавить, что все происходитъ такъ, какъ описано, если линіи въ порядкѣ и пресловутая «телефонная барышня», которую всегда слышатъ, но никогда не видятъ, въ состояніи соединить абонента съ требуемымъ номеромъ. Нерѣдко случается, что телефонистку, имѣющую въ своей группѣ сто абонентовъ, вызываютъ за разъ изъ десяти мѣстъ; она даетъ всѣмъ очень быстро отвѣты, дѣлаетъ у себя замѣтки объ ихъ желаніи, но, отвѣтивъ «сейчасъ», заставляетъ ихъ болѣе или менѣе долго ждать.

Абонентъ не можетъ провѣрить, чѣмъ вызвано его ожиданіе, и его нетерпѣніе выражается жалобой на «телефонную барышню». Но что она можетъ подѣлать, если у нея въ отдѣленіи имѣется всего двадцать проволокъ даннаго направленія, а въ этомъ направленіи желаютъ разговаривать за разъ тридцать человѣкъ?

Рисунокъ (рис. 196) изображаетъ телефонистку съ телефоннымъ пріемнымъ аппаратомъ, привѣшеннымъ къ ушамъ. Пріемникъ этотъ укрѣпленъ на пружинѣ, сжимающей голову, и часто носитъ названіе каски.

Электрическій проводъ отъ пріемника ведетъ къ трехконцовому штепселю, находящемуся въ рукахъ у телефонистки. При помощи его она входитъ въ сообщеніе съ абонентами. Рисунокъ 197 изображаетъ большую станцію на девять тысячъ абонентовъ. Не желая отыскивать того, кто первый началъ непримиримую войну, которая ведется во всемъ свѣтѣ между абонентами и телефонистками, мы должны прибавить, что эта война, вѣроятно, окончится, не вслѣдствіе умиротворенія одной или другой воюющей стороны,

но вслѣдствіе исчезновенія телефонныхъ барышенъ. Да, намъ угрожаетъ опасность потерять ихъ. Существуютъ вполнѣ успѣшныя попытки соединять абонентовъ между собой автоматически. Аппаратъ, соединяющій абонентовъ, находится на центральной станціи, и самъ абонентъ, пуская токъ, приводитъ аппаратъ въ дѣйствіе и заставляетъ его произвести соединеніе съ желаемымъ номеромъ. Разъединеніе происходитъ автоматически, какъ только телефоны вѣшаются на ихъ крючки. Въ случаѣ введенія автоматическихъ телефоновъ, пропадетъ утѣшеніе сваливать вину при неудачныхъ переговорахъ на «телефонную барышню».

Телефоны съ автоматически дѣйствующей центральной станціей.

Какъ ни сложно устройство автокоммутаторныхъ телефоновъ, мы не можемъ удержаться, въ виду особаго представляемаго ими интереса, привести описаніе одной изъ по-

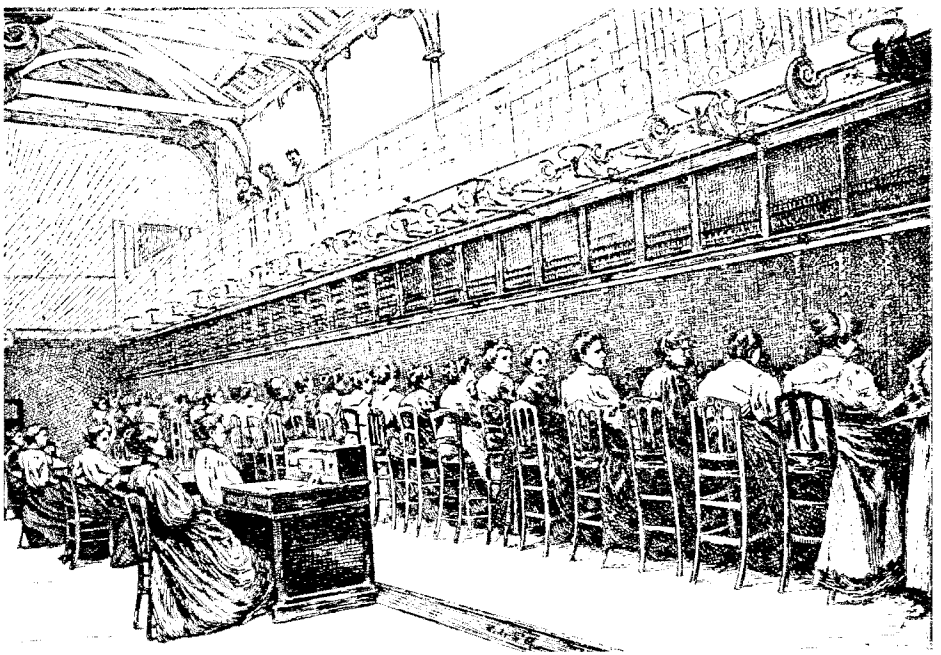


Рис. 197. Телефонная станція въ Парижѣ.

добныхъ системъ, находящейся въ настоящее время на испытаніи во французскомъ министерствѣ почтъ и телеграфовъ. Здѣсь находится въ дѣйствіи въ продолженіе уже болѣе года станція на пятьдесятъ проводовъ, соединяющая различныя отдѣленія министерства другъ съ другомъ автоматически безъ участія телефонныхъ барышенъ.

Главную часть пріемно-передаточныхъ аппаратовъ центральной станціи составляютъ, такъ называемые, коннекторы, внѣшній видъ которыхъ изображенъ на рис. 198, а детальное устройство—на рис. 199. Существенную часть коннектора составляетъ вертикальный валъ AB, расположенный впереди аппарата и имѣющій возможность перемѣщаться въ вертикальномъ и горизонтальномъ направленіи относительно трехъ соединителей C^1 C^2 C^3, состоящихъ каждый изъ нѣсколькихъ рядовъ контактовъ, расположенныхъ на вогнутой, полуцилиндрической поверхности. Каждый изъ контактовъ соединителей C связанъ съ однимъ изъ двухъ проводовъ какого-либо абонента.

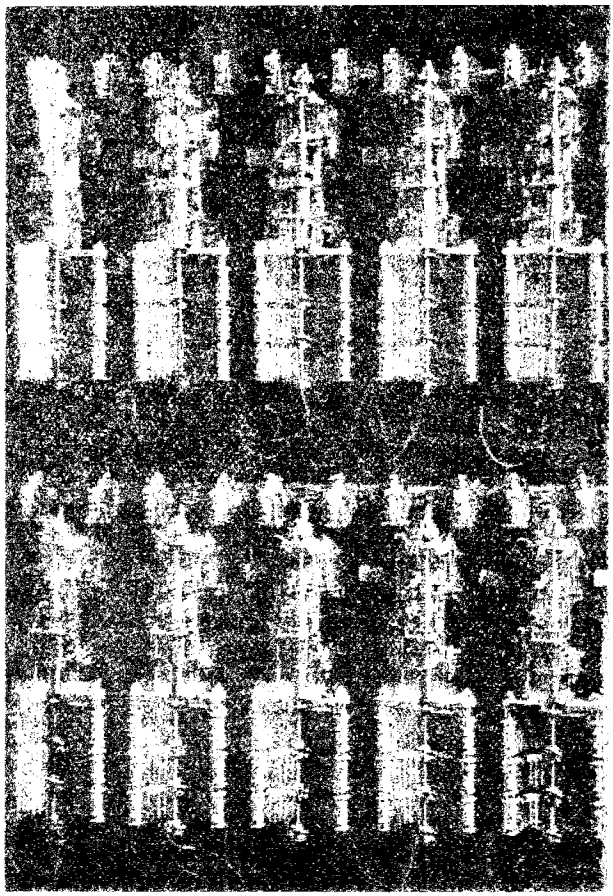


Рис. 198. Внѣшній видъ коннекторовъ автокоммутаторнаго телефона.

три щеточныхъ коммутатора BC_1, BC_2 и BC_3, расположенныхъ на одинаковомъ разстояніи другъ отъ друга и изолированныхъ отъ вала. Коммутаторы эти слѣдуютъ въ движеніи за движеніемъ вала и могутъ быть приведены въ соприкосновеніе съ контактами соединителей C. Только два коммутатора BC_2 и BC_3 служатъ для замыканія линій, а третій, BC_1 имѣетъ задачей извѣщать абонента, что требуемая ему линія занята.

Посредствомъ манипуляцій, которыя мы опишемъ ниже, абонентъ посылаетъ на центральную станцію рядъ токовъ. При помощи этихъ токовъ валъ коннектора сначала приподнимается на нужную высоту, а затѣмъ поворачивается около своей оси настолько, чтобы его щетки BC пришли въ соприкосновеніи съ нужнымъ абоненту контактомъ; всѣ эти движенія вала AB совершаются посредствомъ храповыхъ, нами описанныхъ, сцѣпленій LL', работающихъ отъ движенія арматуръ электромагнитовъ EV и EH, тока изъ мѣстной батареи, который замыкается абонентомъ на своемъ домашнемъ аппаратѣ. Замыканія эти производятся при томъ такъ, что каждое изъ храпо-

Валикъ AB поддерживается обоймицами S и S', составляющими одно цѣлое съ корпусомъ коннектора. Наверху онъ соединенъ съ пружиннымъ регуляторомъ T, который возвращаетъ валикъ послѣ его движенія всегда въ одно опредѣленное положеніе. Между обоймицами S и S' валикъ AB несетъ двѣ зубчатки P и P'; P имѣетъ зубцы въ вертикальномъ, а P' въ горизонтальномъ положеніи. Зубчатки эти находятся въ храповомъ сцѣпленіи съ концами угольника LL', и этими сцѣпленіями командуютъ два — вертикальный и горизонтальный — электромагнита.

Непосредственно подъ зубчаткой P' на валу AB имѣется выступъ C, поддерживающій арматуру коммутатора. Нижняя часть вала несетъ, наконецъ,

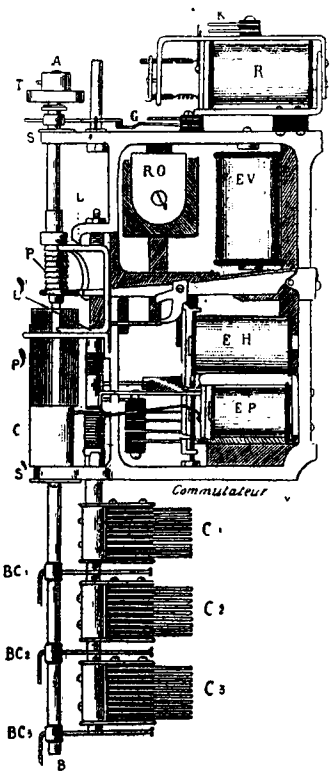


Рис. 199. Детальное устройство коннекторовъ автокоммутаторнаго телефона.

выхъ сцѣпленій можетъ работать только отдѣльно одно отъ другого, и въ то время, какъ валъ поворачивается, напримѣръ, въ горизонтальномъ положеніи, онъ другимъ сцѣпленіемъ удерживается въ неизмѣнномъ вертикальномъ положеніи и наоборотъ.

Электромашинка RO служитъ, во-первыхъ, для того, чтобы возвращать валъ въ нормальное положеніе—ей помогаетъ упоминавшійся нами выше пружинный регуляторъ T, а, во-вторыхъ, она послѣ того, какъ нужное абоненту соединеніе достигнуто, удерживаетъ угольникъ LL', а, слѣдовательно, и храповое сцѣпленіе и самый валъ AB въ неизмѣняемомъ положеніи.

Слѣва отъ коннектора, на станціи, расположенъ коммутаторъ для линій. Онъ состоитъ изъ двухъ частей: неподвижной и подвижной. Первая состоитъ изъ 8 контактовъ, расположенныхъ въ два вертикальныхъ ряда; лѣвые контакты соединены съ доской, соединяющей всѣ коннекторы данной установки другъ съ другомъ. Правые—съ обоими проводами абонентовъ. Четыре подвижныхъ, подобныхъ щеткамъ коннектора, пластинки упра-





Рис. 200 и 201. Пріемный аппаратъ автокоммутаторнаго телефона.

вляются посредствомъ вертикальнаго вала и могутъ передвигаться отъ лѣваго ряда контактовъ (положеніе покоя) къ правому (рабочее положеніе).

Выше мы уже упоминали о приспособленіи, посредствомъ котораго абонентъ извѣщается, что нужная ему для соединенія линія уже занята кѣмъ-то другимъ. Приспособленіе это очень не сложно и состоитъ изъ релэ, замыкаемаго, какъ только валъ AB поднимается въ вертикальномъ направленіи. Релэ это вызываетъ извѣстное характерное гудѣніе, которое даетъ знать абоненту, что нужное ему направленіе занято.

Аппаратъ, находящійся въ пользованіи абонентовъ (рис. 200 и 201), состоитъ изъ деревяннаго ящика, раздѣленнаго на два отдѣленія. Верхнее отдѣленіе содержитъ весь механизмъ, посылающій рядъ токовъ и вызывающій движеніе вала коннектора, а въ нижнемъ помѣщаются элементы Лекланше для микрофона. Механизмъ, посредствомъ котораго абонентъ управляетъ аппаратомъ, помѣщается снаружи, на дверцѣ верхняго отдѣленія, и состоитъ онъ изъ металлическаго, вращающагося около центральной оси круга съ десятью круглыми вырѣзками въ правой сторонѣ. Вырѣзки эти такой величины, что въ нихъ входитъ указательный палецъ. Они обозначены №№ отъ 1 до 10.

Положимъ, намъ надо вызвать абонента № 46. Мы вкладываемъ указательный палецъ въ вырѣзку № 4 и затѣмъ поворачиваемъ кругъ до тѣхъ поръ, пока нашъ палецъ

не упрется въ имѣющуюся неподвижную, задерживающую пуговку. Продѣлавъ эту операцію, даемъ кругу вернуться въ первоначальное положеніе и повторяемъ то же движеніе, но уже вложивъ палецъ въ отверстіе № 6. Соединеніе съ № 46 произведено, и дальнѣйшій вызовъ-сигналъ и разговоръ производятся, какъ обыкновенно.

Слуховая трубка виситъ сбоку аппарата; при выше описанныхъ манипуляціяхъ ее снимаютъ съ крюка. На крюкѣ она остается только во время подачи вызывнаго сигнала. Микрофонъ придѣланъ надъ аппаратомъ, какъ это ясно видно на рис. 200 и 201.

Существенную часть механизма описываемаго аппарата составляетъ секторъ съ 10 зубьями, отвѣчающими 10 углубленіямъ круга. При каждомъ движеніи круга секторъ каждымъ своимъ зубцомъ замыкаетъ токъ, а такъ какъ мы, вкладывая палецъ, ограничиваемъ движеніе круга, а, слѣдовательно, и сектора, то замыканія происходятъ столько разъ, сколько зубцовъ мы пальцемъ отдѣлили. По числу замыканій тока происходитъ и движеніе якорей электромагнитовъ и управляемыхъ ими храповыхъ сцѣпленій въ коннекторѣ на центральной станціи. Кромѣ числа движеній электромагнитовъ, какъ мы видѣли, играетъ большую роль и то обстоятельство, чтобы двигался именно якорь только одного изъ нихъ. Токъ долженъ итти то въ горизонтальный электромагнитъ, то въ вертикальный. Описывать въ подробностяхъ приспособленіе для такого измѣненія направленія тока мы не будемъ. Укажемъ только, что оно достигается посредствомъ особаго колесика съ загнутыми зубьями разной длины, и что при посредствѣ этого колесика всегда послѣднее замыканіе тока, которое бы оно по числу ни было, служитъ для того, чтобы закрѣпить храповыя зацѣпленія въ достигнутомъ положеніи коннектора и, слѣдовательно, удержать соединеніе абонента съ нужной ему линіей во все время разговора.

Мы не можемъ входить въ болѣе подробное описаніе этого крайне интереснаго аппарата, но надѣемся, что и того, что мы сказали, достаточно, чтобы составить приблизительное понятіе о сути устройства телефонной сѣти съ автокоммутаторами. Въ заключеніе приходится прибавить еще, что такая автокоммутація возможна только при ограниченномъ числѣ абонентовъ.

Телефонные провода.

При городскихъ не особенной длины соединеніяхъ телефонныхъ станцій провода и прокладка ихъ не представляютъ ничего особеннаго. Часто употребляются воздушные провода, нерѣдки кабели и подземные въ особыхъ трубахъ въ видѣ свитыхъ изъ большого числа кабелей. Обратнымъ проводомъ при городскихъ проводкахъ можетъ съ успѣхомъ служить земля.

Иначе дѣло обстоитъ съ телефонами междугородними, на большія разстоянія. Если телефонную однопроводную линію провести близко къ телеграфной, то индукція телеграфными токами настолько вредно отзывается на работѣ телефоновъ, что телефонное сообщеніе оказывается невозможнымъ. Помочь этому обстоятельству всего вѣрнѣе можно устройствомъ двухпроводной линіи, т.-е. съ возвратомъ тока по обратному проводу, а не черезъ землю. Оба провода при этомъ должны быть подвѣшены къ однимъ и тѣмъ же столбамъ. При такомъ устройствѣ всякая внѣшняя причина, индуктирующая токъ въ проводахъ телефона, будетъ индуктировать его одинаковой силы въ обоихъ проводахъ. Индуктированные такимъ образомъ токи потекутъ по проводамъ телефона навстрѣчу одинъ другому и потому взаимно уничтожатся. Описанная двойная линія позволяетъ телефонировать по обыкновеннымъ телеграфнымъ проволокамъ на довольно значительныя разстоянія. Есть, однако, предѣлъ, за который звуки по желѣзной проволокѣ передать не удается. Причина этого вполнѣ понятна: телефонные токи суть токи перемѣнные; при каждой перемѣнѣ тока въ линіи возбуждается экстратокъ, ослабляющій токъ первоначальный и измѣняющій его характеръ. Экстратокъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ длиннѣе линія, а въ проволокѣ желѣзной сильнѣе, чѣмъ въ мѣдной, въ 300 разъ. Для мѣдной проволоки также, очевидно, имѣется возможный для нынѣшнихъ телефоновъ предѣлъ, но онъ будетъ въ 300 разъ бо́льшій, чѣмъ для желѣзной. Съ двойной мѣдной проволокой удалось устроить такія соединенія, какъ Лондона съ Парижемъ, Москвы съ Петербургомъ, наконецъ, Нью-Іорка съ Чикаго (1.500 килом.).

Одновременное телеграфированіе и телефонированіе.

Дѣлалось и дѣлается не мало попытокъ устроить передачу одновременнаго телеграфированія и телефонированія по одному и тому же проводу. Наиболѣе удачной изъ нихъ, но все же не оправдавшей всѣхъ возлагаемыхъ на нее надеждъ, надо признать способъ бельгійскаго электротехника Ванъ-Риссельберга. Инженеръ этотъ работалъ надъ устраненіемъ индуктивнаго дѣйствія телеграфныхъ линій на телефонныя. Трескъ въ телефонныхъ аппаратахъ вслѣдствіе такой индукціи зависитъ главнымъ образомъ отъ того, что индуктивные токи почти моментально достигаютъ своей полной силы и такъ же быстро пропадаютъ, производя рѣзкіе толчки на діафрагму слуховой трубки. Надо было толчки эти смягчить, а для этого заставить импульсы токовъ для знаковъ Морзе возрастать и ослабѣвать постепенно. Съ этой цѣлью Ванъ-Риссельбергъ сталъ вводить въ телеграфныя линіи катушки съ самоиндукціей и конденсаторы. Конденсаторъ при этомъ устанавливается такъ, что при надавливаніи на ключъ телеграфа онъ соединяется съ обоими полюсами батареи. Такимъ образомъ конденсаторъ сначала беретъ на себя большую часть тока батареи и позволяетъ итти току на линію только при возрастаніи своего заряда; идущій на линію токъ постепенно усиливается и достигаетъ полной силы послѣ полнаго заряда конденсатора. При прерываніи тока ключемъ конденсаторъ оказывается разобщеннымъ отъ батареи, и тогда онъ отдаетъ свой зарядъ въ видѣ постепенно же слабѣющаго тока на линію. Такимъ постепенно возрастающимъ и падающимъ токамъ на телеграфной линіи отвѣчаютъ такого же характера индуктивные токи на проводахъ телефонныхъ. При этомъ діафрагма слуховой трубки хотя и колеблется, но колебанія настолько медленны и постепенны, что звука никакого не получается.

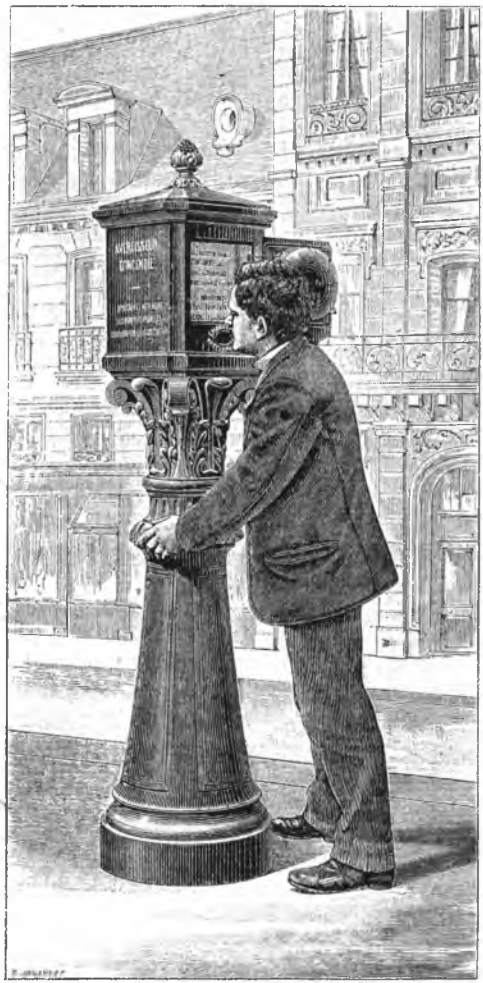


Рис. 202. Пожарный телефонъ Дижона.

Достигнувъ такихъ результатовъ, Ванъ-Риссельбергу пришло на мысль, что, пожалуй, не издавалъ бы звуковъ телефонъ, введенный непосредственно въ подобную телеграфную линію. Опытъ подтвердилъ это предположеніе. Для одновременнаго телеграфированія и телефонированія по одному и тому же проводу оставалось еще рѣшить двѣ задачи: не пропустить телеграфный токъ черезъ телефонъ, а телефонный — черезъ телеграфный аппаратъ. Первое достигается тѣмъ, что телефонъ вводится не непосредственно въ линію, а въ вѣтвь за конденсаторомъ. Послѣдній будетъ заряжаться отъ приходящаго телеграфнаго тока, но, въ виду постепенности въ измѣненіи тока, вліянія на телефонъ замѣтно не будетъ. Какъ только конденсаторъ получитъ полный зарядъ, приходящій токъ цѣликомъ пойдетъ на пріемный телеграфный аппаратъ. Те-

лефонные токи, какъ перемѣнные большой частоты, идутъ прямо черезъ конденсаторъ, къ телеграфному же аппарату ихъ почти не пропускаютъ тѣ катушки съ самоиндукціей, о которыхъ мы также упоминали выше, такъ какъ они оказываютъ при достаточно большомъ числѣ перемѣнъ тока весьма сильное сопротивленіе, которое телефонный токъ не преодолѣваетъ.

Вотъ суть системы Ванъ-Риссельберга; она, какъ мы говорили, не оправдала всѣхъ возлагавшихся на нее надеждъ и главнымъ образомъ потому, что при большомъ числѣ параллельно проведенныхъ линій на всѣхъ нихъ приходится устраивать предохранительные, описанные нами, аппараты (катушки съ самоиндукціей и конденсаторы), а пользоваться для телефонированія можно изъ всѣхъ этихъ проводовъ только однимъ.

Примѣненія телефона къ пожарному дѣлу.

Примѣненія телефона чрезвычайно разнообразны: имъ пользуются въ военномъ и морскомъ дѣлѣ, его употребляютъ медики, имъ пользуются во время ученыхъ работъ химики и физики; со многими изъ этихъ примѣненій мы еще встрѣтимся въ дальнѣйшемъ изложеніи. Пока же мы остановимся только на примѣненіи телефона къ пожарному дѣлу, къ пожарной сигнализаціи и опишемъ болѣе или менѣе подробно, какъ устроена эта сигнализація въ Парижѣ.

Въ Парижѣ съ апрѣля мѣсяца 1892 года введена сѣть пожарныхъ сигналовъ системы г. Дижона. На площадяхъ и улицахъ Парижа имѣются довольно высокія тумбы, привлекающія вниманіе прохожихъ своей зловѣщей огненно-красной окраской (рис. 202). Въ верхней части этихъ тумбъ помѣщается телефонный аппаратъ, соединенный съ ближайшимъ пожарнымъ депо. Чтобы сообщить въ депо о пожарѣ, надо произвести рядъ манипуляцій, цѣль которыхъ—помѣшать шутникамъ вызывать напрасную пожарную тревогу. Прежде всего надо разбить стекло, вставленное въ дверцу завершающаго пожарную тумбу ящика; сейчасъ же открывается дверца, и за ней оказывается амбушюръ телефоннаго аппарата. Вмѣстѣ съ тѣмъ въ моментъ разбиванія стекла и открыванія дверцы раздается сильный и довольно продолжительный звонокъ, привлекающій вниманіе прохожихъ и полиціи и предупреждающій, какъ мы говорили, неумѣстныя шутки съ пожарными сигналами. Звонокъ имѣетъ и другую цѣль: онъ вызываетъ дежурнаго пожарнаго въ депо къ телефону (рис. 203) и не позволяетъ подающему сигналъ о пожарѣ говорить въ телефонъ до окончанія звона и, слѣдовательно, до того времени, пока въ депо его не приготовятся слушать. Когда звонъ прекратится, слѣдуетъ нѣсколько разъ прокричать въ телефонъ о родѣ несчастія (во Франціи пожарные выѣзжаютъ не только на пожаръ, но также, напримѣръ, на обвалы и другія происшествія, требующія саперныхъ работъ), сообщить названіе улицы, № дома, и т. д. Особый характерный звуковой сигналъ даетъ знать говорящему, что его сообщеніе услышано.

Въ пожарномъ депо имѣется пріемный аппаратъ Морзе, который при разбиваніи стекла приводится въ дѣйствіе и буквой обозначаетъ мѣсто, откуда идетъ сообщеніе. Дежурный пожарный, на основаніи этого обозначенія и словесныхъ переданныхъ затѣмъ по телефону указаній, направляетъ выѣздъ пожарныхъ.

Въ Америкѣ пожарные сигналы получили еще большее распространеніе, въ большихъ городахъ ихъ можно найти тамъ на всѣхъ перекресткахъ. Сигналъ тамъ подается автоматически, безъ какихъ-либо словесныхъ указаній. Токъ сигнала при томъ не только выбрасываетъ № поста, откуда сигналъ поданъ, но открываетъ засовы стойлъ съ дежурными лошадями, которыя сами становятся въ оглобли и къ дышламъ пожарныхъ линеекъ; автоматически же открываются ворота сараевъ, и обозъ готовъ къ выѣзду. Интересно отмѣтить, что въ Америкѣ пожарной части, ранѣе другихъ прибывшей на пожаръ, выдается премія, и изъ этого нерѣдко можно видѣть забавныя сцены, какъ столкнувшіеся на какомъ-либо перекресткѣ два пожарныхъ обоза не хотятъ уступить одинъ другому дорогу; начинается ругань, ругань переходитъ въ драку, о пожарѣ забывается, и огонь зачастую имѣлъ бы возможность безпрепятственно закончить свое дѣло, если бы тѣмъ временемъ не подлетали пожарные съ другихъ сторонъ.

Безпроволочный телефонъ.

Въ 1897 году профессоръ Симонъ въ Эрлангенѣ, работая въ своей лабораторіи, замѣтилъ, что освѣщающая лабораторію дуговая электрическая лампа повторяетъ трещаніе индуктора, находившагося совсѣмъ въ другомъ помѣщеніи Эрлангенскаго института. Заинтересованный такимъ явленіемъ, Симонъ осмотрѣлъ всю электрическую установку и нашелъ, что провода постояннаго тока къ лампѣ идутъ нѣкоторое время параллельно съ проводами перемѣннаго тока индуктора. Въ проводахъ лампы появлялся индуктивный токъ, который обусловливалъ колебаніе силы свѣта лампы и пониженіе и повышеніе тона звуковъ, всегда въ лампѣ получаемыхъ.

На основаніи только-что описанныхъ наблюденій Симонъ составилъ, такъ называемую, говорящую или поющую лампу. Устройство ея изображено схематически на рис. 204. Проводъ Y, ведущій постоянный токъ къ дуговой лампѣ A, по дорогѣ смотанъ въ

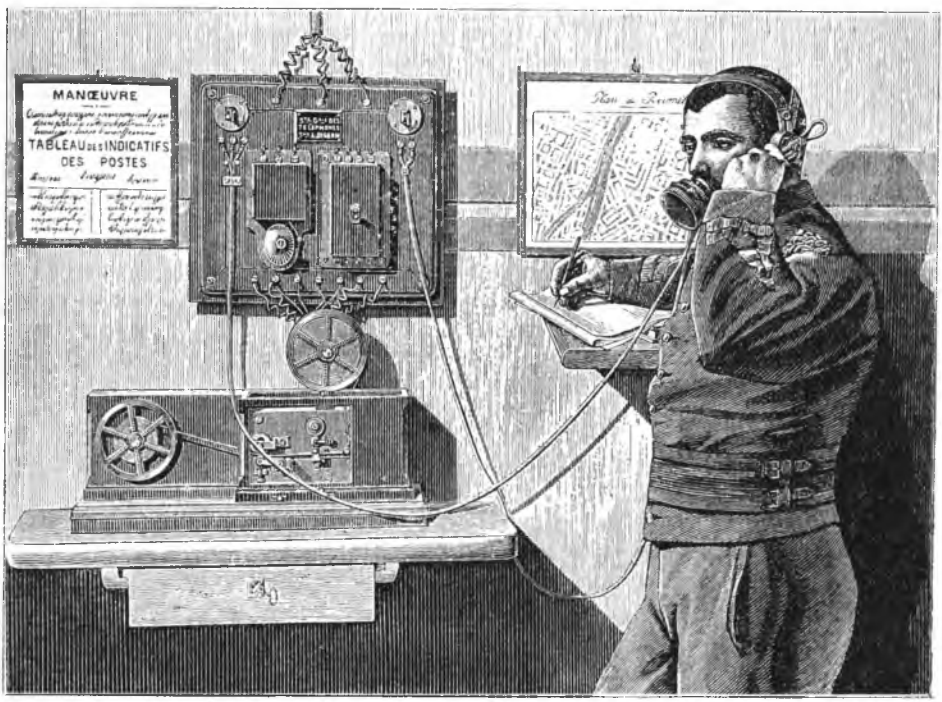


Рис. 203. Станція телефона въ пожарномъ депо.

первичную обмотку индукціонной катушки. Вторичная обмотка этой катушки проводами BB соединена съ микрофономъ M и гальваническою батареей B. Подъ вліяніемъ звуковъ, производимыхъ около микрофона, во вторичной обмоткѣ происходятъ колебанія тока, получаемаго ею изъ батареи B, и колебанія эти сказываются на индуктированномъ на первичной катушкѣ перемѣнномъ же токѣ. Этотъ индуктированный и мѣняющій свое напряженіе подъ вліяніемъ микрофона токъ идетъ рядомъ съ токомъ постояннымъ въ угли (ихъ слѣдуетъ ставить возможно дальше одинъ отъ другого) лампы A и, вызывая измѣненіе силы свѣта, а, слѣдовательно, и высоты тона гудѣнія лампы, заставляетъ эту послѣднюю повторять звуки, около микрофона произнесенные.

Описанное устройство поющей лампы было затѣмъ усовершенствовано Ф. Румеромъ, Амбергомъ, Дуделлемъ и Слаби, и вотъ какъ его можно примѣнить къ разговорамъ на разстояніи безъ проводовъ:

Пусть A (рис. 205) изображаетъ дуговую лампу съ сильнымъ рефлекторомъ C. Лампа эта соединена съ первичной обмоткой катушки Y, вторичная обмотка которой соединена съ батареей B и микрофономъ M. На извѣстномъ разстояніи отъ лампы A помѣщается другой рефлекторъ D и въ фокусѣ его кусокъ селена—тѣла, по виду и свойствамъ напоминающаго сѣру и обладающаго свойствомъ проводить электричество тѣмъ

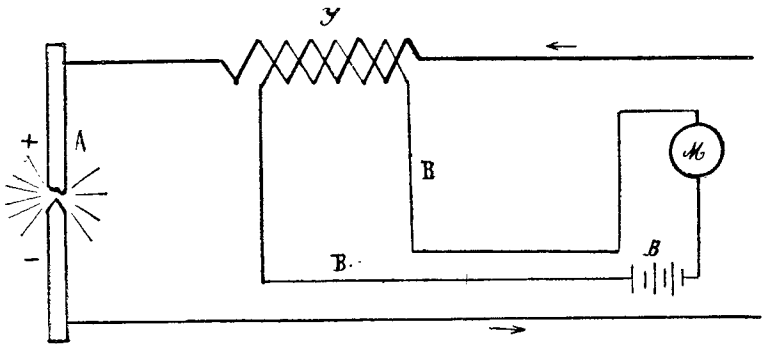


Рис. 204. Поющая лампа.

лучше, чѣмъ сильнѣе оно освѣщено. Кусокъ селена S включенъ въ цѣпь батареи B и телефона T. Рефлекторы C и D устанавливаются такъ, чтобы лампа A возможно лучше освѣщала селенъ S. Если около микрофона M говорятъ, то звуки эти, какъ мы видѣли, повторяются лампой A, и рядомъ съ колебаніями звуковыми идутъ колебанія въ силѣ свѣта. Эти вторыя колебанія, въ сущности, и вызываютъ первыя. Колеблется сила свѣта лампы A, колеблется и степень освѣщенія селена на второй станціи, мѣняется въ зависимости отъ силы освѣщенія его проводимость, происходятъ колебанія силы тока батареи, соединенной

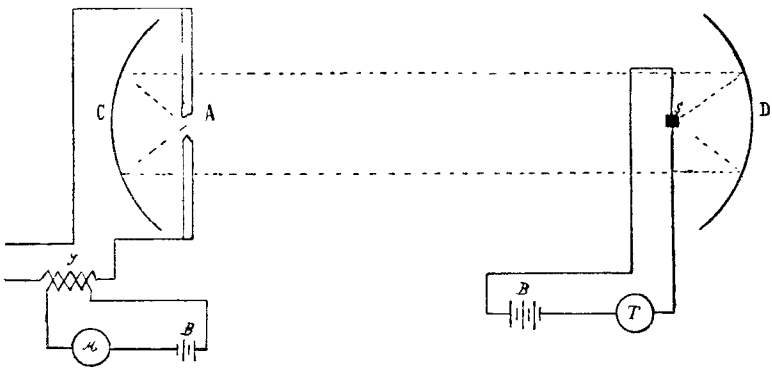


Рис. 205. Телефонъ безъ проводовъ.

съ телефономъ, мембрана его приходитъ въ движеніе и воспроизводитъ вызвавшія всѣ эти измѣненія звуки, воспринятые на первой станціи микрофономъ M.

Главное значеніе подобнаго безпроводнаго телефона—сношеніе судовъ, всегда обладающихъ сильными рефлекторами, другъ съ другомъ и съ береговыми маяками и спеціальными портовыми станціями.

Телеграфонъ.

Большимъ недостаткомъ телефона является то обстоятельство, что переданное по телефону никоимъ образомъ не закрѣпляется,—что токи, пройдя по проводамъ въ слухо-

вую трубку и приведя въ движеніе ея мембрану и воспроизведя такимъ образомъ звуки, никакихъ видимыхъ слѣдовъ этихъ колебаній мембраны не оставляютъ. Вы ушли изъ дому, безъ васъ кто-либо изъ вашихъ знакомыхъ передалъ по телефону важное для васъ извѣстіе, оно было выслушано прислугой и... забыто; вы сами тщетно вызывали вашего знакомаго по телефону и принуждены прибѣгнуть къ помощи почты или телеграфа.

Чтобы избѣжать указанныхъ неудобствъ датскій инженеръ Пульсенъ предлагаетъ присоединить къ телефону слѣдующее остроумное приспособленіе, названное имъ телеграфономъ и имѣющее извѣстное сходство съ такъ распространеннымъ теперь фонографомъ или граммофономъ. Рис. 206 изображаетъ схематически устройство телеграфона.

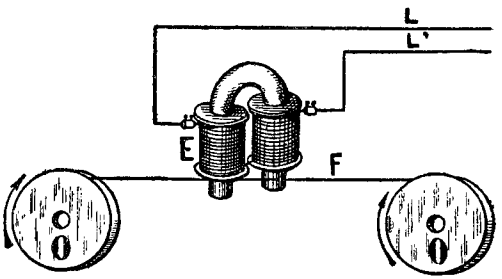


Рис. 206. Схема устройства телеграфона.

Вызывающій, убѣдившись, что вызываемаго нѣтъ около пріемнаго аппарата, при помощи особаго тока, приводитъ на этой пріемной станціи въ движеніе двѣ катушки 00, изъ которыхъ лѣвая начинаетъ разматывать, а правая наматывать стальную проволоку F $^1/_2$ мм. діаметромъ. Проволока эта проходитъ между полюсами электромагнита E, соединеннаго съ телефономъ и получающаго мѣняющейся сообразно передаваемымъ звукамъ силы токъ. Подъ вліяніемъ этого электромагнита стальная проволока намагничивается, но не одинаково, а мѣстами сильнѣе, мѣстами слабѣе, въ строгомъ соотвѣтствіи съ измѣненіемъ силы тока въ обмоткѣ электромагнита. Движеніе мембраны такимъ образомъ будутъ занесены, закрѣплены на проволокѣ въ видѣ магнитнаго, разной силы напряженія. Понятно, что если мы теперь передъ электромагнитомъ E, соединеннымъ со слуховой трубкой телефона, снова въ томъ же направленіи протянемъ намагниченную проволоку F, то она вызоветъ въ обмоткѣ его индукціонные токи, а они мембраной трубки будутъ воспроизведены въ видѣ звуковъ.

Описанный телеграфонъ фигурировалъ на послѣдней всемірной выставкѣ въ Парижѣ, но въ практику пока еще не вошелъ.

VI.

Электрическое освѣщеніе.

На землѣ все относительно.

Первые фонари съ сальными свѣчами, появившіеся на улицахъ, возбудили энтузіазмъ толпы. Энтузіазмъ былъ великъ, и, пожалуй, всѣ послѣдующія измѣненія въ освѣщеніи улицъ не вызывали ликованія подобной силы. Уличные фонари со свѣчами появились въ Парижѣ въ 1667 году, и только въ 1769-омъ они были смѣнены масляными лампами. Въ 1818 году масляныя лампы изъ уличныхъ фонарей были изгнаны газомъ. Замѣна эта, предпринятая по иниціативѣ Филиппа Лебона, нельзя сказать, чтобы была принята публикой благосклонно. Какъ и далѣе электричество, газъ обвиняли въ томъ, что онъ даетъ слишкомъ сильный свѣтъ, что онъ портитъ глаза, что онъ сожжетъ и взорветъ половину города и т. д.

Въ одномъ изъ забавныхъ предисловій Ш. Нодье выведенъ медикъ, который на всѣ жалобы своего паціента на нездоровье неизмѣнно отвѣчаетъ: «виновато въ томъ газовое освѣщеніе». Электричество при своемъ появленіи на улицахъ въ 1878 г. вызвало не меньшіе протесты.

Противъ газоваго освѣщенія или съ самымъ большимъ ожесточеніемъ торговцы масломъ; противъ электрическаго освѣщенія всего больше ратуютъ газовыя компаніи. Разница только въ томъ, что газъ сразу оказался побѣдителемъ надъ масляными лампами, а электричество еще долгое время не вытѣснитъ совершенно газовое освѣщеніе. Конкурренцію между газомъ и электричествомъ надо поддерживать и привѣтствовать: не все ли



Г. Дэви.

намъ, въ дѣйствительности, равно—какого рода освѣщеніемъ пользоваться, лишь бы оно было хорошо!

Что такое, однако, электрическій свѣтъ, и какъ его открыли?

Электрическій свѣтъ является результатомъ электрическаго разряда между не вполнѣ соприкасающимися проводниками или свѣтъ, выдѣляемый разогрѣтымъ электрическимъ токомъ до бѣлаго каленія проводникомъ.

Мы упоминали уже, что электрическая искра была подмѣчена первыми экспериментаторами съ электростатическими машинами. Отто Герикъ и В. Грэй въ 1834 году уже предвидѣли блестящую будущность электрической искры. «Есть полное основаніе думать», пишетъ Грэй, «что соэвременемъ удастся найти способъ собирать большое количество электрическаго огня и тимъ усилить его мощность».

Въ 1744 году нѣмецкій докторъ Людольфъ показалъ, что электрическая искра имѣетъ высокую температуру; съ ея помощью онъ зажигалъ спиртъ и другія горючія вещества.

Около этого же времени Вольта изобрѣлъ свой столбъ и показалъ, что между нѣсколько разведенными концами проводниковъ его появляется искра. Явленіе это получается ярче и красивѣе, если взять значительно болѣе сильный источникъ тока и концы

проводовъ соединить съ заостренными угольными стержнями. Стержни эти сначала приводятъ въ соприкосновеніе, а затѣмъ раздвигаютъ на нѣкоторое разстояніе. Между углями получается какъ бы потокъ пламени, сильно свѣтящаяся полоса, которая, если угли находятся въ горизонтальномъ положеніи, принимаетъ изогнутую дугообразную форму. Это свѣтящееся между концами углей пламя носитъ названіе вольтовой дуги.

Честь открытія вольтовой дуги принадлежитъ Петрову, профессору физики въ Медико-Хирургической Академіи въ С.-Петербургѣ, какъ это видно изъ его книги «О гальвановольтовскихъ опытахъ» (Спб., 1803 г.). Петровъ получилъ вольтову дугу при помощи устроеннаго имъ большого вольтова столба между концами двухъ стерженьковъ изъ древеснаго угля.

Мало кто знаетъ, однако, объ опытахъ Петрова, и изобрѣтеніе вольтовой дуги приписывается обыкновенно, англійскому ученому Г. Дэви.

Дэви въ 1813 году построилъ въ Королевскомъ институтѣ въ Лондонѣ батарею изъ 2000 элементовъ Волластона съ цѣлью продолжать при помощи ихъ свои изслѣдованія химическаго дѣйствія тока. На концы проводниковъ этой батареи Дэви укрѣпилъ по куску угля, затѣмъ сблизилъ ихъ одинъ съ другимъ,—тотчасъ между ними появилась громадная искра, или, вѣрнѣе сказать, блестящая, яркая полоса огня. Дэви разводитъ угли одинъ отъ другого на разстояніе въ 10 сант., свѣтящаяся полоса не исчезаетъ и не теряетъ въ своей силѣ свѣта. Угли при этомъ сгораютъ и сгораютъ неодинаково: уголь, соединенный съ положительнымъ полюсомъ, сгораетъ въ два раза скорѣе, чѣмъ уголь, соединенный съ полюсомъ отрицательнымъ. Характерна также форма, принимаемая углями: отрицательный уголь заостряется, а на концѣ положительнаго образуется родъ кратера (рис. 207).



Рис. 207. Вольтова дуга.

Вольтова дуга представляетъ собою потокъ пламени, который возникаетъ у одного угля, расширяется въ серединѣ своего: пути и, снова сузившись, оканчивается на остріѣ другого угольнаго стержня. Несмотря на незначительную длину этого пламени, оно испускаетъ ослѣпительный свѣтъ. Яркость свѣта объясняется очень просто. Воздухъ и пары, находящіеся между углями, нагрѣваются очень сильно и накаливаются; въ накаленномъ состояніи они испускаютъ сравнительно очень мало свѣта, но рядомъ съ воздухомъ и упомянутыми парами накаливаются добѣла концы углей, и они-то собственно и испускаютъ тотъ сильный свѣтъ, который наблюдается при вольтовой дугѣ. Вольтова дуга имѣетъ чрезвычайно высокую температуру; она представляетъ наивысшую температуру, какую мы умѣемъ получать при ней плавятся и испаряются всѣ извѣстныя тѣла.

Угли для вольтовой дуги.

Для своихъ опытовъ Дэви пользовался древеснымъ углемъ, потушеннымъ опусканіемъ въ воду или ртуть; горѣніе такого угля происходило слишкомъ быстро. Фуко предложилъ употреблять угольный налетъ, добываемый съ внутреннихъ стѣнокъ газовыхъ реторгъ. Это былъ большой шагъ впередъ, но и газовый уголь самъ по себѣ не однороденъ и содержитъ, между прочимъ, кремній, испаряющійся при температурѣ вольтовой дуги со взрывами.

Въ настоящее время, обыкновенно, употребляютъ угли, представляющіе собою агломератъ изъ весьма чистаго порошкообразнаго угля, кокса и сажи, размѣшанныхъ на патокѣ. Угли изъ этой массы прессуются пропусканіемъ черезъ волочильныя доски подъ давленіемъ нѣсколькихъ сотъ атмосферъ; полученныя угольныя палочки затѣмъ обжигаются, бракуются не вполнѣ прямые, отшлифовываются и заостряются концы на точильномъ камнѣ.

Кромѣ этихъ обыкновенныхъ углей, употребляютъ иногда угли съ сердечниками или съ фитилями. Такіе угли горятъ гораздо равномѣрнѣе. Угли изготовляются какъ обыкновенно, но посрединѣ ихъ оставляется продольное, центральное сквозное отверстіе, которое затѣмъ наполняется мелкимъ, мягкимъ угольнымъ порошкомъ.

Регуляторы.

Какъ примѣнить вольтову дугу къ освѣщенію на практикѣ? Мы видѣли уже, что угли сгораютъ, разстояніе между ними, слѣдовательно, постепенно мѣняется, дуга мѣняетъ свою силу, и вскорѣ наступаетъ моментъ, когда она совершенно исчезнетъ. Необходимо поддерживать, такимъ образомъ, между углями постоянное разстояніе. Достигается это при помощи особыхъ приборовъ, весьма разнообразно устроенныхъ, но имѣющихъ общее названіе регуляторовъ. Совокупность углей съ регуляторомъ въ примѣненіи къ освѣщенію носитъ названіе дуговой лампы; нерѣдко, впрочемъ, и сами лампы называютъ регуляторами.

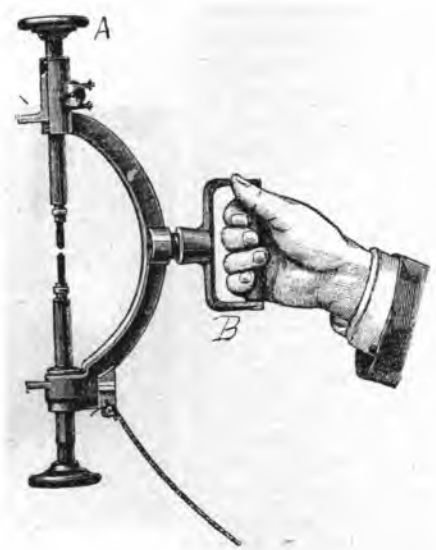


Рис. 208. Ручной регуляторъ Фейна.

Самымъ простымъ регуляторомъ является, конечно, регуляторъ механическій, гдѣ угли сближаются по мѣрѣ ихъ сгоранія прямо отъ руки. Для цѣлей постояннаго освѣщенія (улицъ, домовъ и т. п.) подобные регуляторы не пригодны вовсе, но они примѣняются и до сихъ поръ при употребленіи вольтовой дуги въ прожекторахъ въ морскомъ, военномъ и театральномъ дѣлѣ. Подобный регуляторъ системы Фейна изображенъ на рис. 208; для сближенія углей въ немъ служитъ кремальерка A на стержнѣ, держащемъ верхній уголь. Одной рукой управляющій прожекторомъ держитъ лампу за рукоятку B, а другой рукой управляетъ кремальеркой A.

Для механическаго регулированія не отъ руки, а автоматически можно приспособить часовой механизмъ, но почти невозможно устроить и вывѣрить его такъ, чтобы работа его была строго урегулирована со сгораніемъ углей. Къ часовому механизму регулятора является необходимымъ дѣлать дополненіе, регулирующее его работу сообразно скорости сгоранія углей и, слѣдовательно, силы тока, поступающаго въ лампу.

Принципъ устройства подобнаго автоматическаго регулятора съ часовымъ механизмомъ таковъ: токъ, идущій въ угли лампы, такъ или иначе заставляютъ проходить по обмоткѣ электромагнита, который притягиваетъ особый якорь все время, пока токъ достаточно силенъ, т.-е. пока угли лампы достаточно для образованія нужной интенсивности вольтовой дуги сближены одинъ съ другимъ. Упомянутый якорь кромѣ электромагнита находится подъ вліяніемъ стальной пружины. Пока токъ достаточно силенъ, вліяніе пружины нейтрализуется электромагнитомъ, но угли постепенно сгораютъ, сила тока слабѣетъ, слабѣютъ магнитныя свойства электромагнита, и наступаетъ моментъ, когда пружина его пересиливаетъ и оттягиваетъ отъ него якорь,—при этомъ движеніи якоря поднимается стопорное приспособленіе часового механизма, этотъ послѣдній приходитъ въ движеніе и сближаетъ угли. При сближеніи углей увеличивается сила тока, идущаго въ обмотку электромагнита, его притяженіе снова перевѣшиваетъ силу пружины, якорь притягивается и застопориваетъ часовой механизмъ.

Первый регуляторъ, основанный на только-что разобранномъ принципѣ, былъ устроенъ Фуко. Теперь число системъ ихъ считается десятками, даже, пожалуй, сотнями. Изъ нихъ мы разберемъ, понятно, только наиболѣе типичныя.

Регуляторъ Фуко.

Регуляторъ этотъ изображенъ на рис. 209. Угли въ немъ насажены на кремальеры D и H, соединенные съ двумя часовыми механизмами, изъ которыхъ одинъ служитъ для сближенія углей, а другой для удаленія (позволяетъ произвести зажиганіе лампы и предупреждаетъ ея потуханіе при случайномъ соприкосновеніи углей). Часовые механизмы имѣютъ крыльчатые регуляторы движенія O и O', на которые можетъ дѣйствовать головка t рычага T, соединеннаго съ якоремъ F электромагнита E. На другое плечо якоря F при помощи рычага XP дѣйствуетъ пружина R.

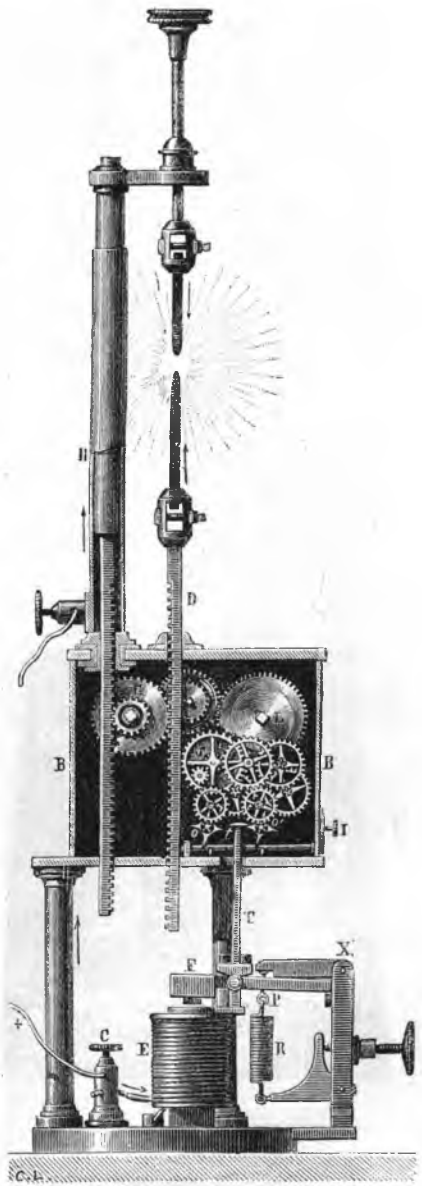


Рис. 209. Регуляторъ Фуко.

Пружина R регулируется такъ, что при нормальной силѣ тока якорь F находится въ горизонтальномъ положеніи, а рычагъ T въ строго вертикальномъ. Въ такомъ положеніи головка t рычага T сцѣплена съ обоими регуляторами O и O', и оба часовые механизма находятся въ покоѣ. Ослабѣетъ токъ—пружина R выведетъ якорь F изъ равновѣсія, рычагъ T наклонится вправо и освободитъ регуляторъ O лѣваго часового механизма, сближающаго угли. Усилится сверхъ нормы токъ,—якорь электромагнита покачнется въ сторону этого послѣдняго, T отойдетъ вправо, застопоритъ O и отпуститъ O'. Правый часовой механизмъ будетъ пущенъ въ ходъ и раздвинетъ угли. Оба часовыхъ механизма устроены при этомъ такъ, что могутъ подвигать угли или съ одинаковой скоростью оба (при питаніи лампы перемѣннымъ токомъ) или положительный уголь въ два раза скорѣе отрицательнаго (для тока постояннаго).

Вольтова дуга, такимъ образомъ, всегда занимаетъ опредѣленное въ лампѣ положеніе. Устройство пружины R съ передвижными рычагами и извѣстный изгибъ якоря F дѣлаютъ движеніе углей чрезвычайно малыми; это обусловливаетъ постоянство силы свѣта.

Регуляторъ Серрена.

Въ этомъ регуляторѣ (рис. 210) держатель для верхняго угля AB имѣетъ кремальеру, сцѣпляющуюся съ зубчаткой F; вслѣдствіе своего вѣса держатель стремится опуститься, опускаетъ уголь C и поворачиваетъ зубчатку F вмѣстѣ съ насаженнымъ на одной съ ней оси блокомъ G. Блокъ этотъ поворачиваетъ при этомъ цѣпочку, проходящую черезъ блочекъ I и поднимаетъ держатель KK нижняго угля. Такое движеніе происходитъ каждый разъ, какъ токъ въ лампу не проходитъ; угли сближаются и лампа готова къ зажиганію. Пущенъ въ лампу токъ—электромагнитъ E притягиваетъ якорь A, кото-

рый составляетъ одну изъ сторонъ шарнирнаго четыреугольника TUSR; четыреугольникъ этотъ перемѣщается вмѣстѣ съ якоремъ и при помощи часового механизма опускаетъ держатель КК нижняго угля. Защелка d при этомъ стопоритъ регуляторъ ее и останавливаетъ опускающееся движеніе верхняго угля. Угли расходятся на опредѣленное разстояніе, и между ними появляется вольтова дуга. По мѣрѣ сгоранія угли удаляются одинъ отъ другого, токъ ослабѣваетъ, якорь А отходитъ подъ дѣйствіемъ пружины R отъ электромагнита Е, четыреугольникъ TUSR приподнимается, поднимаетъ защелку d, задерживавшую опусканіе держателя АВ, и угли снова сближаются до нужнаго разстоянія.

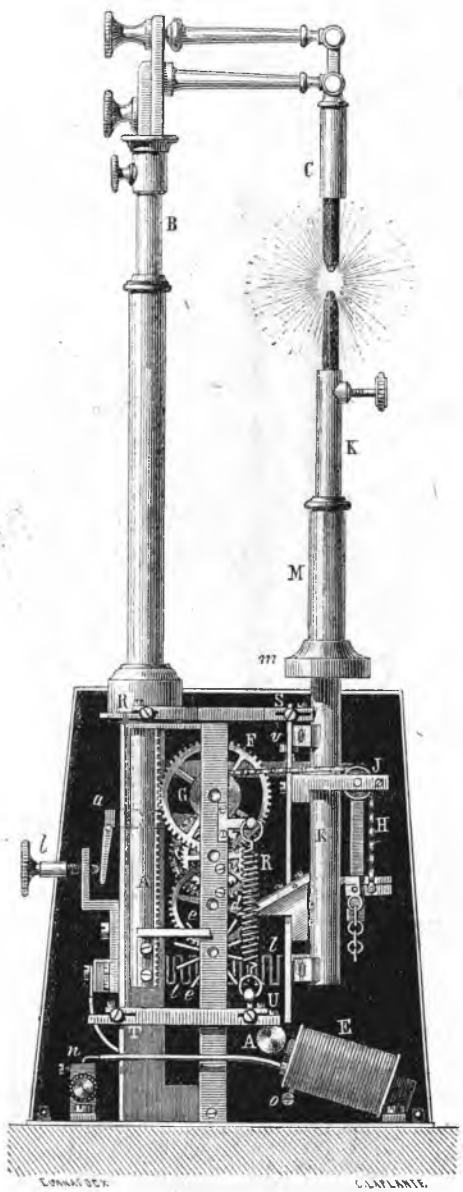


Рис. 210. Регуляторъ Серрена.

Токъ въ лампу Серрена поступаетъ черезъ АВ въ верхній уголь, а оттуда черезъ нижній уголь, держатель КК, пластинку J и обмотку электромагнита идетъ къ зажиму n, а отъ него обратно къ источнику тока.

Регуляторъ Жаспара.

Въ регуляторѣ Фуко мы имѣли два часовыхъ механизма, Серренъ удержалъ изъ нихъ только одинъ. Оказалось возможнымъ выбросить изъ механизма лампы и этотъ послѣдній. Простѣйшій примѣръ регулятора безъ часовыхъ механизмовъ представляетъ лампа Жаспара, изображенная на рис. 211. Къ нижней части стержня А, держащаго верхній уголь, прикрѣпляется шнурокъ, перекинутый и закрѣпленный затѣмъ на блокѣ Е. На одной оси съ этимъ блокомъ имѣется другой, меньшаго размѣра, со шнуркомъ, соединеннымъ съ нижней частью держателя В второго угля. При такомъ устройствѣ, опусканіе верхняго угля обусловливаетъ поднятіе нижняго и наоборотъ. Нижняя часть стержня В сдѣлана изъ желѣза и погружена въ катушку С, по которой проходитъ токъ. Эта катушка стремится втягивать въ себя стержень.

Когда токъ въ лампу не идетъ, верхній уголь, вслѣдствіе тяжести стержня, опускается до соприкосновенія съ нижнимъ угломъ. Если теперь пустить токъ, то его сила при соприкасающихся угляхъ будетъ наибольшей и катушка втянетъ въ себя съ наибольшей силой желѣзный конецъ нижняго стержня; при этомъ нижній уголь подвинется внизъ, его движеніе, при помощи шнурковъ и блоковъ, передастся верхнему углю, который поднимется, и концы углей разойдутся. При этомъ появится вольтова дуга. При расхожденіи углей сопротивленіе въ дугѣ увеличивается, а вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшается сила тока и втягивающее дѣйствіе катушки; расхожденіе углей остановится, какъ только вѣсъ верхняго стержня уравновѣ-

ситъ втягивающее дѣйствіе катушки. Вся система затѣмъ остается въ покоѣ, пока угли не обгорятъ и сила тока не уменьшится настолько, что вѣсъ верхняго стержня преодолѣетъ магнитное дѣйствіе катушки; стержень опустится, угли сблизятся и снова наступитъ равновѣсіе.

Плавное и медленное движеніе углей достигается примѣненіемъ особаго глицериноваго тормоза, состоящаго изъ цилиндра (на рис. 211 изображенъ въ разрѣзѣ подъ буквой D), наполненнаго глицериномъ, и движущагося въ немъ поршенька L, связаннаго съ нижнимъ угледержателемъ B. Въ поршнѣ имѣется рядъ мелкихъ отверстій, черезъ которыя глицеринъ протекаетъ изъ нижней части цилиндра въ верхнюю. Это протеканіе глицерина черезъ мелкія отверстія замедляетъ и регулируетъ движеніе поршня L, а, слѣдовательно, и держателей B и A.

Тяжесть стержня, держащаго верхній уголь, отчасти уравновѣшивается противовѣсомъ F, прикрѣпленнымъ къ вращающемуся рычагу K и соединеннымъ шнуркомъ съ выше упомянутыми блоками. Приспособленіе это служитъ для установки лампы на разныя силы тока и для регулированія неровностей въ работѣ катушки.

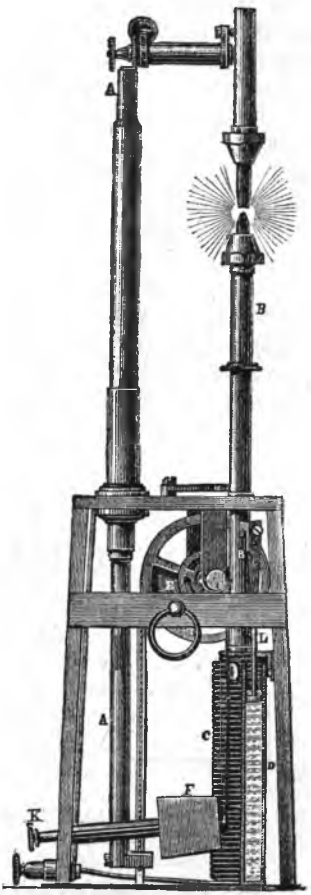


Рис. 211. Лампа Жаспара.

Лампы съ регуляторомъ въ отвѣтвленіи.

Во всѣхъ описанныхъ нами лампахъ регулирующій механизмъ включается прямо въ главную цѣпь тока. Поэтому всѣ эти лампы можно употреблять только каждую отъ отдѣльнаго источника тока. Соединять нѣсколько такихъ лампъ между собой и съ однимъ общимъ источникомъ тока нѣтъ возможности, ибо движеніе углей во всѣхъ лампахъ будетъ вызываться всякимъ измѣненіемъ силы тока въ цѣпи; удаленіе углей въ одной изъ лампъ, напримѣръ, вызоветъ сближеніе ихъ во всѣхъ лампахъ и т. д. Для того, чтобы была возможность питать нѣсколько лампъ отъ одного источника тока, надо прибѣгать къ другимъ способамъ включенія регуляторовъ.

Всего лучше это—дѣлить токъ вступающій въ лампу и ставить регуляторъ въ отвѣтвленіи, а не въ главной цѣпи. Схема такого устройства представлена на рис. 212.

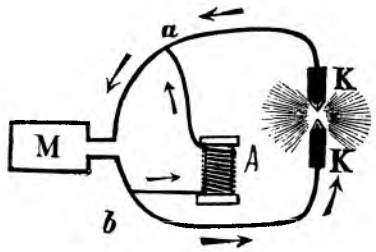


Рис. 212. Схема установки регулятора въ отвѣтвленіи.

Здѣсь токъ отъ машины M передъ тѣмъ, какъ вступить въ лампу KK, въ точкахъ a и b отвѣтвляется и частью идетъ въ регулирующій механизмъ A. Получаются двѣ вѣтви тока: одна къ углямъ, другая къ регулятору.

Сила тока въ этихъ двухъ вѣтвяхъ обратно пропорціональна сопротивленію ихъ; поэтому, если сопротивленіе дуги увеличится (угли разойдутся), то усиливается токъ въ цѣпи регулятора, онъ начинаетъ энергичнѣе дѣйствовать, и угли сближаются.

Регуляторъ приходитъ въ дѣйствіе, главнымъ образомъ, въ зависимости отъ явленій, происходящихъ въ соотвѣтствующей ему лампѣ. Колебанія тока во внѣшней цѣпи, въ сосѣднихъ лампахъ и т. д., измѣняютъ токъ приблизительно одинаково въ обѣихъ вѣтвяхъ

разсматриваемой нами системы и поэтому оказываютъ на регуляторъ значительно меньше вліянія, чѣмъ при прямомъ включеніи его въ главную цѣпь. Сильныя измѣненія тока во внѣшней цѣпи, конечно, и здѣсь окажутъ вліяніе на работу регулятора, но на практикѣ приходится имѣть дѣло, главнымъ образомъ, съ колебаніями силы тока незначительными. Электромагнитъ регулятора при описанной установкѣ долженъ имѣть обмотку изъ большаго числа оборотовъ очень тонкой проволоки; тогда лишь незначительная часть тока идетъ въ его отвѣтвленіе, а большая часть направляется въ угли лампы.

Итакъ, въ лампахъ съ регуляторомъ въ отвѣтвленіи вліяніе колебаній внѣшняго тока весьма ослаблено, но все же не вполнѣ избѣгнуто. Не вполнѣ избѣгнуто и вліяніе однѣхъ лампъ на другія. Чтобы воспользоваться этимъ вліяніемъ въ смыслѣ взаимной регулировки однѣхъ лампъ другими, выгоднѣе лампы съ регуляторами въ отвѣтвленіи включать въ общую цѣпь не послѣдовательно, а параллельно. Схема подобной установки двухъ лампъ A и B изображена на рис. 213. При нормальномъ горѣніи лампъ A и B обѣ параллельныя вѣтви имѣютъ равныя сопротивленія и по нимъ текутъ равные токи. Если въ лампѣ A угли разойдутся, сопротивленіе ея станетъ больше, а токъ слабѣе, и дѣйствіе регулятора снова сблизитъ угли. Въ то же самое время усилится токъ въ общей цѣпи и въ лампѣ B; регуляторъ этой лампы будетъ стремиться раздвинуть ея угли. Но какъ только разстояніе между углями въ B увеличится сравнительно съ разстояніемъ

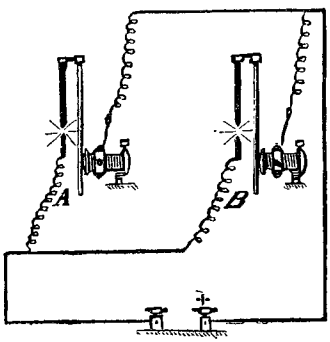


Рис. 213. Схема параллельнаго включенія лампъ.

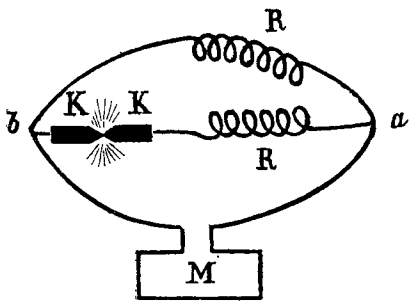


Рис. 214. Схема установки лампы съ дифференціальнымъ регуляторомъ.

въ A, токъ въ A снова усилится, и регуляторъ лампы A раздвинетъ угли. Такимъ образомъ, быстро наступитъ положеніе равновѣсія, при которомъ разстояніе между углями въ A будетъ такое же, какъ и въ B, а, слѣдовательно, и токи станутъ одинаковыми въ обѣихъ вѣтвяхъ. Каждая лампа регулируетъ, такимъ образомъ, силу свѣта остальныхъ.

Параллельное соединеніе лампъ, однако, имѣетъ свои неудобства, а именно требуетъ почти двойного, сравнительно съ послѣдовательнымъ ихъ включеніемъ, количества проводовъ, что сильно удорожаетъ всю установку.

Полной независимости лампъ одна отъ другой и при томъ при послѣдовательномъ ихъ включеніи въ цѣпь удалось достигнуть благодаря изобрѣтенію, такъ называемыхъ, дифференціальныхъ лампъ. Лампы эти были изобрѣтены техникомъ фирмы Сименсъ и Гальске г. Гефнеръ-Альтенекомъ и, можно сказать, произвели переворотъ въ сколько-нибудь значительныхъ установкахъ электрическаго освѣщенія.

Дифференціальныя дуговыя лампы.

При дифференціальныхъ лампахъ токъ, идущій къ нимъ отъ источника, также развѣтвляется и въ одну вѣтку включаются угли, а въ другую—регуляторъ. Отличіе главное въ томъ, что имѣется еще второй регуляторъ, включенный въ одну цѣпь съ углями.

Рис. 214 изображаетъ схематически установку дифференціальной лампы.

Изъ машины M токъ идетъ въ точку a и, развѣтвляясь, протекаетъ по вѣтви aR_1b съ регуляторомъ R_1 и по вѣтви aKKb съ регуляторомъ R и углями KK. Силы токовъ этихъ вѣтвей обратно пропорціональны ихъ сопротивленіямъ. Регуляторы устроены такъ (подробно мы ихъ опишемъ ниже), что при усиленіи тока въ R_1 угли сближаются, а при усиленіи тока въ R—расходятся. Токъ въ R_1 усиливается при этомъ, понятно, тогда, когда сопротивленіе увеличивается въ самой лампѣ, т.-е. когда угли отъ сгоранія слишкомъ разойдутся, а токъ въ R возрастаетъ при уменьшеніи сопротивленія въ этой вѣтви, т.-е. при слишкомъ большомъ сближеніи углей.

Токъ во внѣшней цѣпи при такомъ способѣ регулировки не находится подъ вліяніемъ дѣйствія лампы, такъ какъ угли всегда устанавливаются на одно и то же сопротивленіе. То, что происходитъ въ одной изъ лампъ, не оказываетъ вліянія на другія; внѣшній токъ находится внѣ зависимости отъ правильности горѣнія лампъ и наоборотъ.

Лампа Чиколева.

Въ первый разъ принципъ дифференціальной регулировки дуговыхъ лампъ былъ примѣненъ русскимъ электротехникомъ Чиколевымъ. Его регуляторъ представлялъ собою регуляторъ Фуко съ замѣной регулирующей пружины электромагнитомъ съ тонкой обмоткой, введенной въ отвѣтвленіе главной цѣпи. Электромагниты главной цѣпи и отвѣтвленій расположены рядомъ, а ихъ якоря прикрѣплены къ плечамъ коромысла, которое, наклоняясь въ ту или другую сторону подъ вліяніемъ притяженія якорей къ соотвѣтствующимъ электромагнитамъ, отстопоритъ тотъ или другой изъ двухъ часовыхъ механизмовъ, работающій точно такъ, какъ это мы видѣли при описаніи регулятора Фуко. При замыканіи тока пересиливаетъ электромагнитъ главной цѣпи, ибо негорящая лампа представляетъ сопротивленіе малое; коромысло наклоняется къ этому электромагниту и приводитъ въ дѣйствіе механизмъ, разводящій угли.

Угли расходятся до тѣхъ поръ, пока вслѣдствіе образованія вольтовой дуги дѣйствіе обоихъ электромагнитовъ не сравняется; коромысло становится въ среднее положеніе и застопориваетъ оба часовыхъ механизма. По мѣрѣ сгоранія углей сопротивленіе лампы увеличивается, мало-по-малу пересиливаетъ электромагнитъ отвѣтвленія, и коромысло, наклоняясь къ нему, приводитъ въ дѣйствіе второй часовой механизмъ, сближающій угли. При измѣненіи силы тока въ главной цѣпи лампа не выходитъ изъ равновѣсія, ибо сила тока измѣняется одинаково въ обоихъ электромагнитахъ; по этой же причинѣ одна лампа не вліяетъ на другія, находящіяся въ одной съ нею цѣпи.

Лампа Чиколева, при всѣхъ своихъ преимуществахъ, въ виду своей сложности и нѣкоторыхъ мелкихъ дефектовъ устройства, въ практику не вошла.

Регуляторъ Сименса.

Регуляторъ этотъ, сконструированный, какъ мы уже говорили, электротехникомъ фирмы Сименса г. Гефнеръ-Альтенекомъ, можно раздѣлить на двѣ части: электрическую и механическую.

Электрическая часть очень не сложна; ее можно легко понять изъ слѣдующей схемы (рис. 215). Въ два соленоида R и R входитъ одинъ и тотъ же желѣзный стержень A. Нижній соленоидъ R представляетъ малое сопротивленіе (небольшое число оборотовъ толстой проволоки), а верхній соленоидъ R—сопротивленіе большое (большое число оборотовъ проволоки тонкой). Нижній уголь K укрѣпленъ неподвижно; верхній же K посредствомъ рычага CC, вращающагося около точки D,

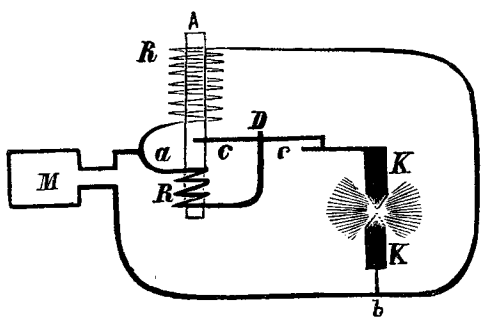


Рис. 215. Схема регулятора Сименса.

соединенъ со стержнемъ A. Когда усиливается токъ верхняго соленоида R, сердечникъ A поднимается и опускаетъ верхній уголь K; при пересиливаніи тока въ нижнемъ соленоидѣ R сердечникъ, наоборотъ, опускается и поднимаетъ нижній уголь K. Соленоиды R и R отвѣчаютъ регуляторамъ, обозначеннымъ тѣми же буквами на рис. 214.

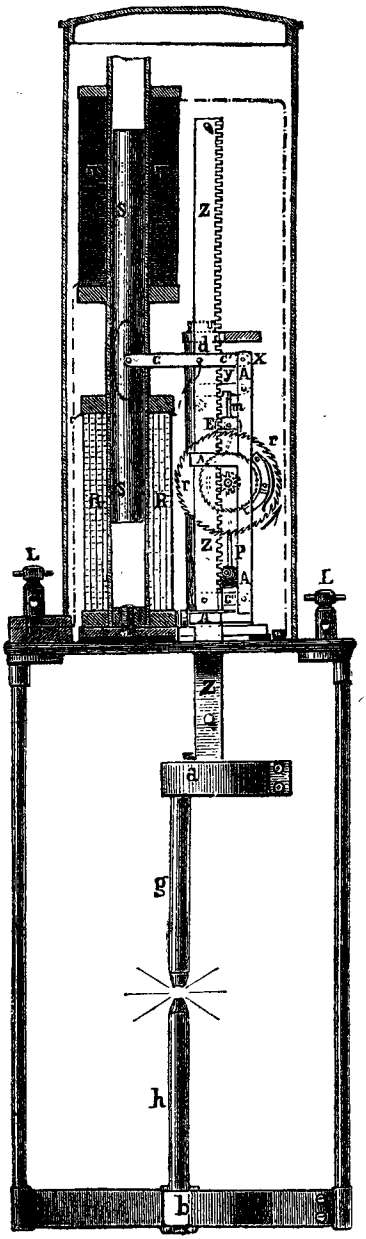


Рис. 216. Разрѣзъ регулятора Сименса.

Эти же соленоиды (R и T) и сердечникъ S изображены и на рис. 216, представляющемъ разрѣзъ лампы Сименса, внѣшній видъ механизма которой мы имѣемъ на рис. 217.

Механическая часть регулятора Гефнера сложнѣе электрической. На схемѣ мы предполагали, что сердечникъ S соединенъ съ верхнимъ углемъ непосредственно рычагомъ CC', на самомъ же дѣлѣ (рис. 216) соединеніе это произведено при помощи рамы AAA, которая можетъ двигаться только по вертикальному направленію. Къ рамѣ этой прикрѣплено зубчатое колесо r и спускъ E, приводящій въ движеніе маятникъ P. Маятникъ приводитъ въ движеніе вторую небольшую зубчатку, а эта послѣдняя сцѣпляется съ кремальерой Z, которая уже и поднимаетъ уголь g. Маятникъ p приходитъ въ движеніе только при извѣстномъ положеніи рамы AAA, а именно при опусканіи ея внизъ; при поднятіи же рамы маятникъ стопорится.

Пока угли разъединены, токъ протекаетъ единственно по катушкѣ T, и сердечникъ S втягивается въ нее. Вслѣдствіе этого рама AA опускается, стержень маятника P расцѣпляется, и кремальера Z медленно опускается. Какъ только угли придутъ въ соприкосновеніе, по спирали R потечетъ сильный токъ, сердечникъ S оттягивается внизъ, а рама A поднимается вверхъ и застопориваетъ маятникъ. Въ этомъ случаѣ кремальера Z слѣдуетъ за движеніемъ рамы вверхъ и удаляетъ верхній уголь отъ нижняго. По мѣрѣ сгоранія углей токъ слабѣетъ, рама снова падаетъ, уголь опускается и т. д.

Для того, чтобы можно было устанавливать лампу на желаемую длину вольтовой дуги, верхній соленоидъ дѣлается подвижнымъ, и лампа, такъ сказать, настраивается.

Лампа Шуккерта (Крижика).

Въ лампѣ Сименса имѣется одинъ существенный недостатокъ. Притяженіе желѣзнаго сердечника соленоидомъ измѣняется по мѣрѣ вхожденія его въ соленоидъ. Наибольшее притяженіе соленоидъ оказываетъ на сердечникъ, когда его конецъ дойдетъ до середины спирали; во всѣхъ иныхъ положеніяхъ оно меньше. Отъ измѣненія силы притяженія зависитъ и разная скорость движенія сердечника, а это сказывалось бы на точности и постепенности регулировки силы свѣта, если бы не было въ лампѣ Сименса сложнаго регулирующаго движеніе углей механизма.

Крижику удалось урегулировать движеніе сердечника безъ сложныхъ приспособленій, однимъ измѣненіемъ его формы. У Сименса сердечникъ цилиндрическій, у Крижика онъ заостренный по концамъ и утолщенный по серединѣ. При такой формѣ сердечника

увеличеніе силы притяженія уравновѣшивается измѣненіемъ массы сердечника. Рис. 218 представляетъ три различныхъ положенія сердечника A въ соленоидахъ S и S_1 лампы Крижика. Въ крайнихъ положеніяхъ (1 и 3) соленоидъ при наибольшей силѣ притяженія дѣйствуетъ лишь на остріе сердечника, т.-е. на малую его массу, а въ среднемъ положеніи (2) вліянію соленоидовъ значительно меньшему подвергается большая масса сердечника.

Въ лампѣ Крижика соленоиды были установлены другъ надъ другомъ съ сердечникомъ описанной нами формы. Впослѣдствіи фирма Шуккерта, владѣющая привилегіей Крижика, во избѣжаніе слишкомъ большой высоты лампы, видоизмѣнила это устройство. Такая видоизмѣненная лампа Крижика изображена на рис. 219.

Обѣ дифференціальныя катушки R и S поставлены рядомъ и въ каждой изъ нихъ находится сердечникъ въ видѣ простого конуса съ остріемъ, направленнымъ вверхъ. На рис. 219 направо катушка S изъ тонкой проволоки. Ея сердечникъ непосредственно соединенъ съ верхнимъ угледержателемъ. Катушка R сдѣлана изъ толстой проволоки, и ея сердечникъ несетъ нижній угледержатель. Оба сердечника соединены шнуромъ, перекинутымъ черезъ блокъ A. Это соединеніе дѣлаетъ ихъ въ работѣ совершенно подобнымъ вышеописанному и изображенному на рис. 218 сердечнику. Уменьшится разстояніе между углями — усиливается токъ въ R, и нижній уголь опускается; увеличится разстояніе между углями — усиливается токъ въ S и опускается верхній уголь.

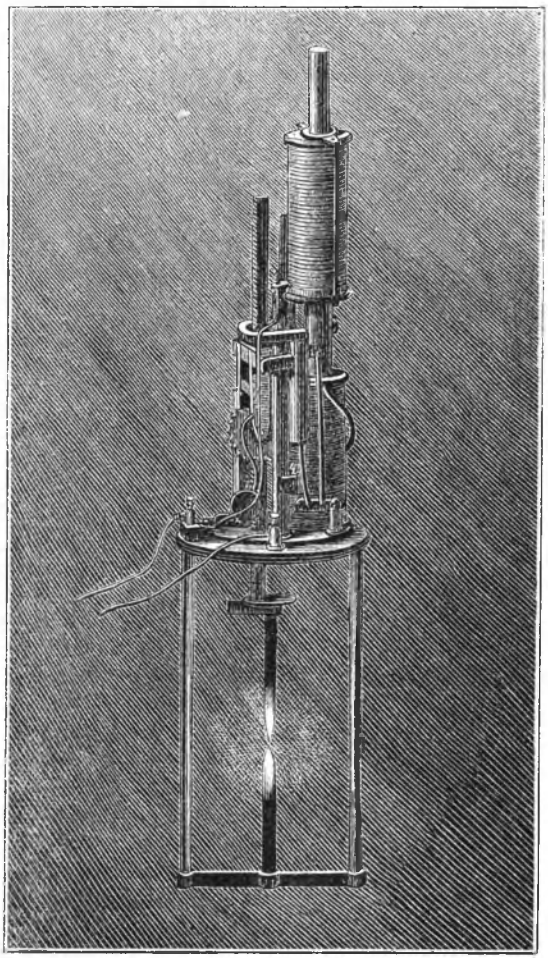


Рис. 217 Внѣшній видъ регулятора Сименса.

Лампа Сименса съ лентой.

Кромѣ вышеописанной лампы съ дифференціальнымъ сложнымъ регуляторомъ, фирма Сименса строитъ лампы болѣе простыя, съ такъ называемымъ ленточнымъ регуляторомъ. Рис. 220 представляетъ общій видъ ея, а рис. 221 — ея сѣченіе. Лампа эта включается параллельно. Электромагнитъ m, находящійся въ отвѣтвленіи у углей, имѣетъ обмотку изъ тонкой проволоки и, будучи намагниченъ, притягиваетъ якорь a, который прикрѣпленъ съ другой стороны къ массивной стойкѣ посредствомъ пружины f. Якорь a вращается вокругъ оси особаго колеса; на это послѣднее намотана мѣдная лента, несущая верхній угледержатель. Лишь только, вслѣдствіе притяженія электромагнитомъ (которое произойдетъ, если угли слишкомъ разойдутся), a нѣсколько наклонится впередъ, сейчасъ же у g освобождается механизмъ движенія. Колесо начнетъ вращаться, при чемъ балансикъ bb сдѣлаетъ это вращеніе медленнымъ и равномѣрнымъ. Верхній уголь начинаетъ

медленно опускаться, пока не окажется на нормальномъ разстояніи отъ нижняго. Если бы онъ опустился ниже, то пружина f оттянула бы якорь *a* и механизмъ при *g* былъ бы застопоренъ. Такимъ образомъ въ лампѣ постоянно поддерживается нормальное разстояніе между углями.

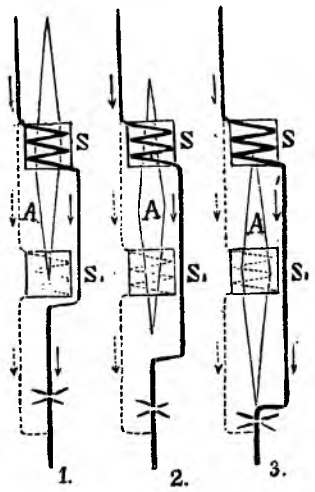


Рис. 218. Регуляторъ Крижика.

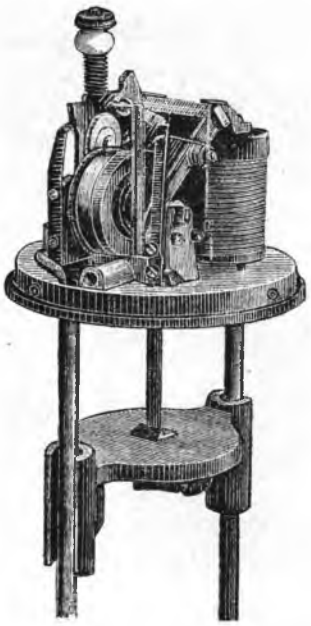


Рис. 220. Наружный видъ ленточнаго регулятора Сименса.

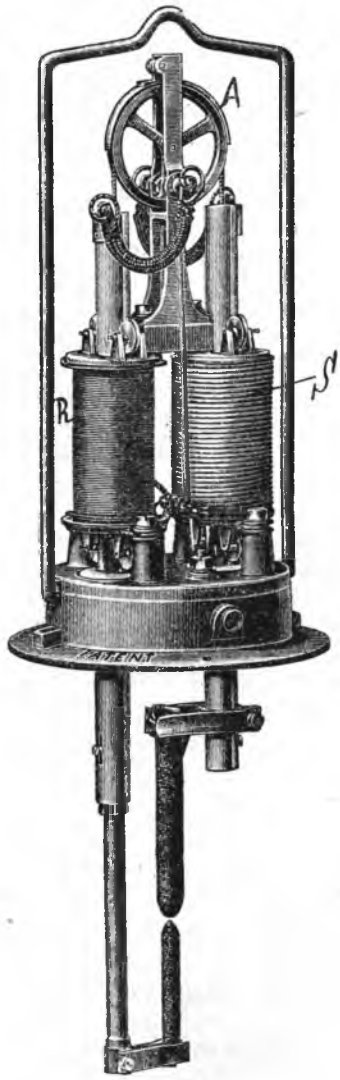


Рис. 219. Регуляторъ Шуккерта.

Лампа Гильхера.

Существуютъ лампы съ регуляторомъ безъ соленоидовъ и безъ электромагнитовъ, притягивающихъ якорь. Къ этому типу принадлежитъ лампа Гильхера. Въ ней верхній желѣзный угледержатель въ силу своего вѣса скользитъ передъ полюсомъ

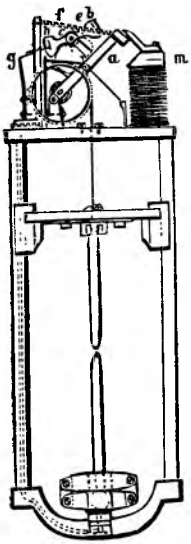


Рис. 221. Разрѣзъ ленточнаго регулятора Сименса.

магнита и, если черезъ послѣдній протекаетъ токъ, удерживается имъ, при чемъ магнитъ немного поворачивается. Лампа Гильхера и ей подобныя называются лампами съ магнитнымъ нажимомъ.

Лампа Жандуса.

Нѣкоторые изобрѣтатели, стремясь уменьшить скорость сгоранія углей въ дуговыхъ лампахъ заключаютъ ихъ въ герметически закрытый колпакъ. Къ такимъ лампамъ относится французская лампа Жандуса, изображенная на рис. 222. Регуляторомъ въ этой лампѣ служатъ два соленоида S и S_1, при помощи которыхъ поднимается или опускается верхній уголь.

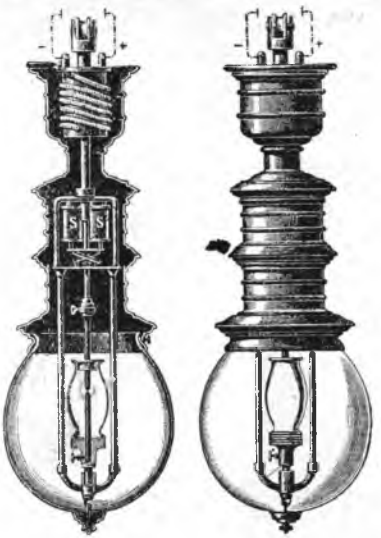


Рис. 222. Лампа Жандуса.

Лампа Анріона.

Заканчивая описаніе дифференціальныхъ дуговыхъ лампъ, упомянемъ еще о лампѣ Анріона, пользующейся довольно большимъ распространеніемъ во Франціи (рис. 223). Механизмъ, сближающій угли, состоитъ изъ диска d, вращающагося подъ вліяніемъ электромагнитовъ a и b. Вмѣстѣ съ нимъ вращается и блочокъ P со шнуркомъ, соединеннымъ съ угледержателями.

Свѣчи Яблочкова.

Дуговыя лампы-регуляторы были не первыми, завоевавшими себѣ мѣсто въ практикѣ электрическаго освѣщенія.

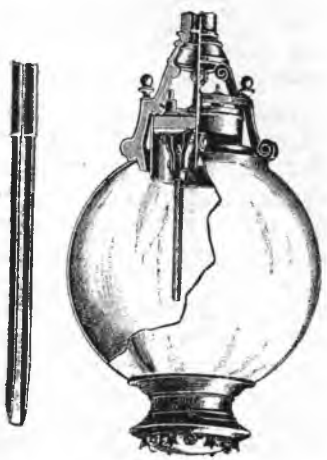


Рис. 224. Свѣча Яблочкова.

Первые регуляторы были слишкомъ для этого дороги и сложны. Первое практическое примѣненіе вольтовой дуги къ освѣщенію составляетъ заслугу нашего соотечественника Яблочкова.

Павелъ Яблочковъ, родившійся 14-го сентября 1847 года, окончивъ курсъ Инженерной академіи, нѣкоторое время служилъ въ Кіевѣ въ саперахъ, но при первой возможности бросилъ военную службу и занялся работами по электричеству. Въ 1876 году онъ попалъ въ Парижъ

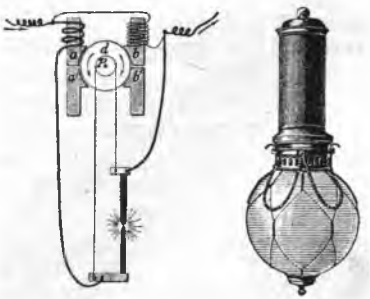


Рис. 223. Лампа Анріона.

и тамъ въ мастерской Брегета выработалъ въ окончательномъ видѣ свою лампу, извѣстную подъ названіемъ свѣчи Яблочкова. Это было не единственное его изобрѣтеніе: мы можемъ упомянуть, напримѣръ, о динамо-машинѣ его конструкціи и т. д. Всѣ изобрѣтенія не сдѣлали Яблочкова богатымъ, и онъ умеръ въ 1894 году въ очень стѣсненныхъ обстоятельствахъ.

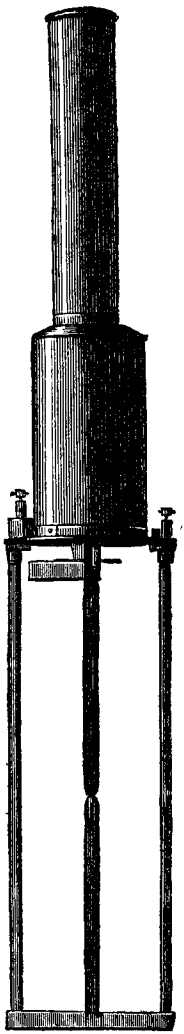


Рис. 225. Наружный футляръ для дуговыхъ лампъ.

Особенность свѣчи Яблочкова (рис. 224) въ томъ, что она не нуждается ни въ регуляторѣ, ни въ механизмѣ: она горитъ совершенно, какъ обыкновенная свѣча. Достигъ этого Яблочковъ, помѣстивъ угли не другъ надъ другомъ, а рядомъ, параллельно, и раздѣливъ одинъ отъ другого слоемъ каолина, гипса или особаго изолирующаго вещества коломбина (смѣсь сѣрнокислыхъ солей кальція и барія). Угли, сгорая, всегда остаются на одинаковомъ разстояніи другъ отъ друга, а изолирующее ихъ вещество на мѣстѣ сгоранія углей подъ вліяніемъ высокой температуры вольтовой дуги испаряется, обращаясь въ пары.

Чтобы сгораніе обоихъ углей происходило равномѣрно, свѣчу Яблочкова приходится питать перемѣннымъ токомъ. Пробовалъ изобрѣтатель дѣлать одинъ уголь вдвое толще другого для питанія токомъ постояннымъ, но подобное устройство нельзя признать удачнымъ.

Разъ вольтова дуга образовалась, угли лампы Яблочкова горятъ, но какъ заставить образоваться дугу при зажиганіи лампы? Для этого Яблочковъ поверхъ коломбина соединялъ угли графитовой полоской или вообще устраивалъ какое-либо между ними проводящее токъ соединеніе. При такомъ устройствѣ свѣча зажигалась вначалѣ вполнѣ легко, но разъ потухши—она не могла быть зажжена снова. Чтобы преодолѣть и это препятствіе, Яблочковъ послѣ ряда опытовъ сталъ примѣшивать въ изолирующую массу мѣдные опилки. Подъ вліяніемъ температуры вольтовой дуги мѣдь испаряется и улетаетъ, но въ моментъ прерыва тока пары ея, сгущаясь, садятся на верхней только-что бывшей расплавленною части изолятора и образуютъ проводящее токъ соединеніе между углями. Кромѣ того, оказалось, что каолинъ и коломбинъ вовсе не проводятъ тока только въ холодномъ состояніи, поэтому зажиганіе свѣчи всегда возможно черезъ 2—3 секунды послѣ ея потуханія.

Свѣча длиною въ 25 см. при діаметрѣ въ 4 мм. горитъ около полутора часа и даетъ болѣе или менѣе бѣлый (въ зависимости отъ состава изоляціонной массы), сильный свѣтъ. Каолинъ придаетъ ему нѣсколько голубоватый оттѣнокъ, а гипсъ—розовый.

Въ виду малой продолжительности горѣнія свѣчи Яблочкова, ихъ обыкновенно ставятъ 4—5 штукъ въ одномъ фонарѣ. Токъ переходитъ съ одной на другую, по мѣрѣ ихъ сгоранія, автоматически. Достигается это различнаго рода приспособленіями. Устраиваютъ, напримѣръ, рычажный контактъ, одинъ конецъ котораго упирается въ нижнюю часть угля. Какъ только уголь догоритъ до этого рычага, онъ, не имѣя больше точки опоры, поворачивается и переводитъ токъ на другую свѣчу. Устраиваютъ переходъ тока и иначе, пользуясь неодинаковымъ сопротивленіемъ свѣчъ. Всѣ свѣчи данной лампы соединяютъ съ общимъ токомъ, но токъ накаливаетъ только ту изъ нихъ, что обладаетъ наименьшимъ сопротивленіемъ; сгораетъ эта свѣча, токъ переходитъ на слѣдующую, выбирая опять наименьшее сопротивленіе, и т. д.

Наружный видъ дуговыхъ лампъ.

Всѣ дуговыя лампы по наружному виду, несмотря на разнообразіе устройства регулирующихъ механизмовъ, весьма схожи и всегда состоятъ изъ двухъ главныхъ частей: футляра для регулирующаго механизма и той или другой формы стекляннаго колпака по большей части изъ полупрозрачнаго, умѣряющаго силу свѣта вольтовой дуги, стекла. Наружный футляръ вмѣстѣ съ рамкой, поддерживающей нижній уголь, изображенъ на



Рис. 226. Наружный видъ дуговой лампы.

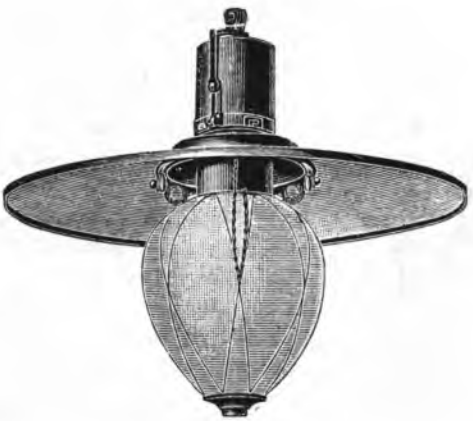


Рис. 227. Наружный видъ дуговой лампы съ рефлекторомъ.



Рис. 228. Наружный видъ дуговой лампы.

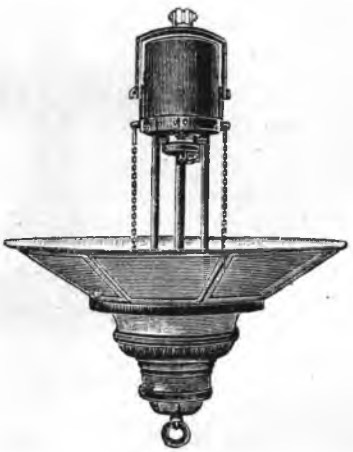


Рис. 229. Дуговая лампа для разсѣяннаго свѣта.

рис. 225. Рамка эта служитъ держателемъ для стекляннаго шара-колпака. Рис. 226 — 228 представляютъ наружный, болѣе или менѣе элегантный видъ новѣйшихъ дуговыхъ лампъ. Всѣ онѣ, за исключеніемъ изображенной на рис. 226, отличаются малой высотой регулятора, такъ сильно безобразившаго лампы прежнихъ образцовъ. Наружный видъ лампы со свѣчами Яблочкова былъ изображенъ у насъ раньше на рис. 224,—у нея футляръ съ регуляторомъ, конечно, совершенно отсутствуетъ.

Для мастерскихъ очень часто предпочитаютъ освѣщеніе разсѣяннымъ свѣтомъ и ставятъ внизу, подъ лампой, абажуръ, отбрасывающій весь свѣтъ на потолокъ. При такомъ устройствѣ иногда регуляторъ помѣщаютъ не сверху лампы, а внизу. Рис. 229 представляетъ лампу съ вольтовой дугой для разсѣяннаго свѣта.

Для освѣщенія улицъ лампы помѣщаются на особыхъ высокихъ фонарныхъ столбахъ, а во внутреннихъ помѣщеніяхъ ихъ укрѣпляютъ или на стѣнныхъ бра или подвѣшиваютъ къ потолку. Во всѣхъ этихъ случаяхъ лампы должны быть легко спускаемы для замѣны углей и т. п. Чаще всего для этого фонарь подвѣшиваютъ на стальномъ канатѣ, пропущенномъ черезъ блочекъ кронштейна, укрѣпленнаго на фонарномъ столбѣ или на стѣнѣ. Внизу столба или стѣны имѣется воротъ, наматывающій этотъ канатъ. Провода при такомъ устройствѣ дѣлаютъ свободно идущими съ низу или середины фонарнаго столба. Иногда провода, особымъ образомъ сплетенные и изолированные, служатъ для лампъ подъемнымъ канатомъ. Рис. 230 представляетъ наиболѣе простой фонарный электрическій столбъ;

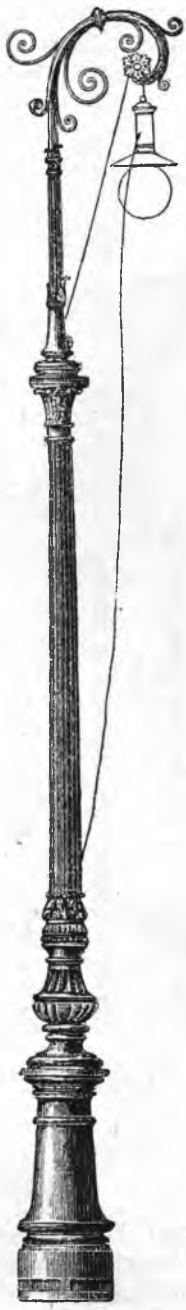


Рис. 231. Уличный электрическій фонарь.



Рис. 232. Стѣнное бра для дуговой лампы.

a — воротъ, b — подъемный канатъ, c — проводъ. На рис. 231 изображенъ фонарный столбъ болѣе изящный. Рис. 232 представляетъ уже вполнѣ художественно отдѣланное стѣнное бра для дуговой лампы, а рис. 233 представляетъ одинъ изъ способовъ подвѣски лампы къ потолку.

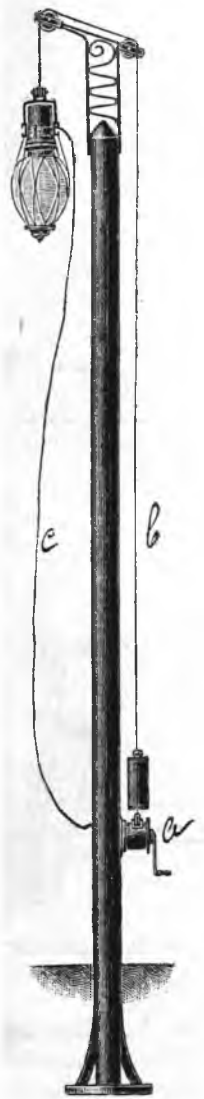


Рис. 230. Уличный электрическій фонарь.

Сила свѣта дуговыхъ лампъ.

Дуговыя лампы дѣлаются обыкновенно силой свѣта отъ 300 до 900 свѣчей, но можно ихъ

устроить и на силу 5—8 тысячъ свѣчей. Лампы въ 300—900 свѣчей требуютъ тока въ 7—8 амперъ, а въ 5—8 тысячъ свѣчей—въ 30—40 амперъ. Сила свѣта свѣчи Яблочкова равна приблизительно 400 свѣчамъ; токъ для нея необходимъ въ 8 — 9 амперъ.

Лампы накаливанія.



Рис. 233. Подвѣска дуговой лампы къ потолку.

Въ самомъ началѣ этой главы мы указывали на то, что электрическій свѣтъ является результатомъ или электрическаго разряда между концами нѣсколько разведенныхъ проводниковъ или сильнаго накаливанія проводника, которое, понятно, вызывается большимъ его сопротивленіемъ току. Всѣ разсмотрѣнныя нами до сихъ поръ лампы были лампы съ вольтовой дугой, т.-е. относились къ источникамъ электрическаго свѣта перваго рода. Намъ остается разсмотрѣть теперь источники электрическаго свѣта второго рода.

Они основаны, какъ мы только-что говорили, совершенно на другомъ принципѣ: тепловомъ и свѣтовомъ дѣйствіи тока, проходящаго по проводнику съ сопротивленіемъ достаточной силы для того, чтобы было большое выдѣленіе тепла, накаливаніе проводника и отсюда свѣтъ. Первымъ старавшимся примѣнить это свойство проводниковъ съ сильнымъ сопротивленіемъ былъ англичанинъ Ф. Моленсъ (1841 г.) Онъ пропускалъ сильный токъ по платиновой проволокѣ, проволока накаливалась, испускала свѣтъ, но весьма быстро при этомъ расплавлялась. Около этого же времени бельгіецъ Жобаръ предложилъ (но не выполнилъ на дѣлѣ) доводить до каленія и свѣченія въ безвоздушномъ пространствѣ угольную палочку. Въ 1844 году Штарръ и Кингъ накаливали какъ платиновую проволоку, такъ и угольныя палочки. Въ 1857 году де-Шанжи выполнилъ на дѣлѣ предложеніе своего учителя Жобара и устроилъ лампочку накаливанія съ ретортнымъ угольком и платиновой проволокой; накаливаніе производилось въ безвоздушномъ пространствѣ. Де-Шанжи былъ на вѣрной дорогѣ, но не довелъ дѣла до конца; причиной было отчасти несовершенное устройство его лампъ (малое разрѣженіе воздуха), отчасти несправедливое и пристрастное отношеніе къ нему Французской академіи наукъ, разсматривавшей его изобрѣтеніе.

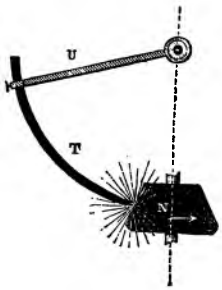


Рис. 234. Лампа Варлея.

Имѣются еще свѣдѣнія о томъ, что профессоръ Фермеръ въ 1859 году освѣщалъ свой домъ въ Ньюпортѣ какими-то лампочками накаливанія, но къ свѣдѣніямъ этимъ надо относиться съ большой осторожностью. Послѣ де-Шанжи наступаетъ періодъ затишья съ лампочками накаливанія, электротехники набрасываются на разработку дуговыхъ лампъ. Лодыгинъ, Коннъ и Булыгинъ снова поднимаютъ вопросъ о калильной лампѣ въ 1875—1878 годахъ. Попытки ихъ были вполнѣ удачны, но практическаго примѣненія не имѣли. Работы этихъ ученыхъ, однако, имѣютъ огромное значеніе; ими было вполнѣ выяснено, что лампа накаливанія должна имѣть угольный проводникъ, заключенный въ капсюлю съ возможно полно выкачаннымъ воздухомъ. Нуженъ былъ практическій умъ, который нашелъ бы средство просто и хорошо выполнить эти заданія. Задача эта была блистательно выполнена знаменитымъ американскимъ электротехникомъ Эдисономъ.

Лампы Варлея-Рейнье.

Прежде чѣмъ намъ знакомиться съ Эдисономъ и изобрѣтенной имъ лампой накаливанія, мы должны упомянуть о другомъ рѣшеніи того же вопроса полученія свѣта путемъ накаливанія проводника, а именно о лампѣ Варлея-Рейнье. Лампа Варлея-Рейнье представляетъ какъ бы переходъ отъ лампъ дуговыхъ къ лампамъ калильнымъ. Въ ней производится накаливаніе угля, но не въ безвоздушномъ пространствѣ, а на воздухѣ,—накаливаніе, слѣдовательно, соединенное со сгораніемъ угля. Лампа Варлея (1876 г.) состоитъ изъ уголька T (рис. 234), въ силу только своего вѣса упирающагося въ ретортный уголь N. Въ мѣстахъ соприкосновенія углей нѣтъ, понятно, совершеннаго контакта, а потому при пропускѣ черезъ угли тока въ этомъ мѣстѣ происходитъ разогрѣваніе и воспламененіе конца угля T; уголь N не загорается, какъ имѣющій большую массу; кромѣ того, онъ устраивался вращающимся около вертикальной оси.

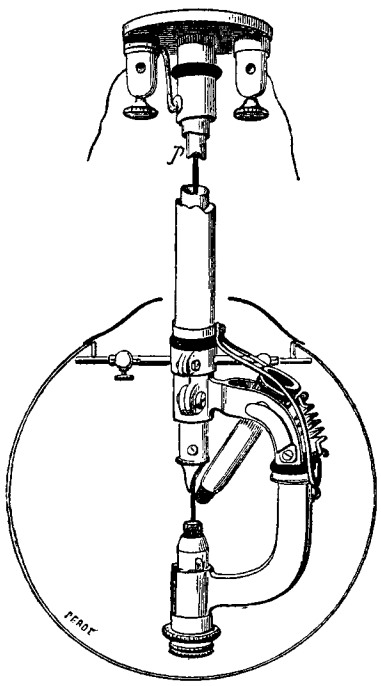


Рис. 235. Лампа Рейнье.

Лампа Рейнье въ своемъ окончательномъ видѣ устроена была такъ: уголь C (рис. 235 bis) тѣмъ или другимъ приспособленіемъ придавливался къ угольному же контакту B. Токъ въ уголь C съ другой стороны вводится черезъ боковой угольный же контактъ L, нажимаемый пружиной T. Накаливанію такимъ образомъ подвергается часть угля C между i и J, на протяженіи 4 — 8 мм. Опусканіе угля C по мѣрѣ сгоранія всего проще достигалось вѣсомъ цилиндра P (рис. 235).

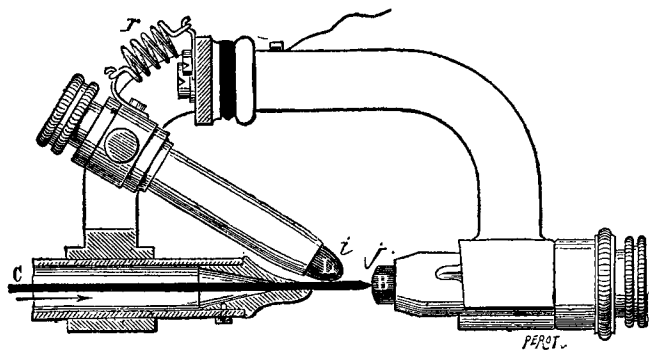


Рис. 235 bis. Лампа Рейнье.

Томасъ Эдисонъ.

Величайшій изобрѣтатель нашего времени Томасъ Эдисонъ представляетъ собою вмѣстѣ съ тѣмъ одну изъ интереснѣйшихъ личностей въ современномъ человѣчествѣ. Между тѣмъ большая часть лицъ, знакомыхъ съ его трудами по массѣ статей и книгъ,

посвященныхъ его изобрѣтеніямъ, и даже пользующихся плодами его дѣятельности, почти совершенно не знаетъ исторіи его жизни, которой обыкновенно стараются придать разныя вымышленныя подробности. Но въ прикрасахъ жизнь Эдисона не нуждается: она сама по себѣ интереснѣе всякаго романа.

О томъ, что ему съ дѣтскихъ лѣтъ пришлось добывать себѣ хлѣбъ въ качествѣ газетчика и продавца сластей и яблокъ въ поѣздахъ, знаютъ почти всѣ. Но не всѣмъ, быть можетъ, извѣстно, что страсть къ разнаго рода опытамъ уже въ это время жила въ мальчикѣ. Онъ выпросилъ себѣ у кондуктора уголокъ въ багажномъ вагонѣ и устроилъ здѣсь химическую лабораторію; къ несчастію, онъ уронилъ какъ-то на полъ фосфоръ, дерево загорѣлось, и результатомъ опытовъ явилось то, что вся лабораторія оказалась выброшенной изъ окна вагона, а юному экспериментатору такъ были надраны уши, что вслѣдствіе поврежденія барабанныхъ перепонокъ онъ на всю жизнь остался глуховатымъ.

Но это не убило въ немъ страсти къ опытамъ. Не теряя времени, онъ запасся химическимъ матеріаломъ и устроилъ новую лабораторію въ подвалѣ отцовскаго дома. Особенно интересовало его электричество, и вотъ онъ, вмѣстѣ съ пріятелемъ, прокладываетъ проводъ отъ своего дома въ сосѣднюю улицу. Битыя бутылки играли роль изоляціоннаго матеріала.

Чтеніе Фарадея и другихъ физиковъ еще болѣе укрѣпило въ Эдисонѣ интересъ къ электричеству; однако, насколько научныя понятія его въ это время были слабы, можно судить по тому, что для полученія электрическаго тока Эдисонъ съ пріятелемъ прибѣгли къ весьма оригинальному способу: поймавъ двухъ толстыхъ кошекъ, они начали изо всей силы тереть ихъ одну о другую. О томъ, насколько успѣшно удался этотъ опытъ въ научномъ отношеніи, Эдисонъ умалчиваетъ; зато онъ много говорилъ о царапинахъ, которыми наградили юныхъ ученыхъ разъяренныя животныя.

14-ти лѣтъ Эдисонъ спасъ жизнь ребенку желѣзнодорожнаго агента. Въ благодарность агентъ выучилъ его телеграфировать. Черезъ три мѣсяца Эдисонъ уже получилъ мѣсто желѣзнодорожнаго телеграфиста. Обязанности его состояли въ томъ, что каждые полъ-часа онъ долженъ былъ телеграфировать слово: шесть. Это ему, наконецъ, надоѣло, такъ какъ безпрестанно отрывало отъ любимыхъ занятій, и онъ изобрѣлъ механическій приводъ, исполнявшій за него его служебныя обязанности. Но, какъ только слухъ объ этомъ дошелъ до начальства, изобрѣтателю было отказано отъ мѣста. Приспособленіе, испортившее въ самомъ зародышѣ карьеру молодого телеграфиста, оставили безъ всякаго вниманія, а между тѣмъ это былъ первый электрическій индикаторъ.

Найти себѣ мѣсто на другой дорогѣ Эдисону не было трудно, но и тутъ его вскорѣ постигла неудача. Увлекшись физическими опытами, онъ пропустилъ мимо станціи поѣздъ, который слѣдовало непремѣнно остановить, такъ какъ путь былъ занятъ. Хотя катастрофы не случилось, потому что съ поѣздовъ во время были замѣчены сигналы и ихъ остановили, но Эдисонъ, зная, что ему грозитъ цѣлый годъ тюремнаго заключенія, бѣжалъ въ другой штатъ, намѣреваясь переправиться въ Южную Америку.

Побывавъ во многихъ американскихъ городахъ и попытавъ кое-гдѣ счастія, онъ отправился, наконецъ, въ Бостонъ пѣшкомъ по шпаламъ. Ему былъ уже 21 годъ. Онъ имѣлъ видъ бродяги, и когда въ Бостонѣ онъ явился къ директору телеграфной конторы съ просьбою о мѣстѣ, то послѣдній рѣшилъ, что видитъ передъ собой полусумасшедшаго. Однако, чтобы отдѣлаться, онъ предложилъ ему протелеграфировать и доказать свое умѣнье, считая, что послѣ этого онъ получитъ право выпроводить просителя. При этомъ было сдѣлано распоряженіе, чтобы депеши подавались ему настолько быстро, чтобы онъ не могъ съ ними справиться. Вокругъ Эдисона столпились служащіе, оглядывая его съ ногъ до головы, дѣлая на его счетъ разныя шутливыя замѣчанія. Къ счастію, онъ почти не слышалъ ихъ, будучи, какъ уже сказано, глуховатъ. Эдисонъ, служа на желѣзной дорогѣ, привыкъ къ быстрому телеграфированію; онъ могъ записывать въ минуту 54 слова, между тѣмъ какъ наибольшее число словъ, передаваемыхъ аппаратомъ Морзе—35 въ минуту. Понимая, что надъ нимъ издѣваются, Эдисонъ не показалъ виду, что онъ замѣчаетъ это. Къ великому удивленію окружающихъ, онъ успѣлъ не только все записать, но еще и очинить нѣсколько карандашей. Испытаніе кончилось для него тріумфомъ.

Въ Бостонѣ онъ снова устроилъ маленькую лабораторію. Къ этому времени относятся первыя серіозныя изобрѣтенія Эдисона: механическое приспособленіе для счета голосовъ при баллотировкѣ. Аппаратъ былъ демонстрированъ имъ въ присутствіи главныхъ политическихъ дѣятелей города, но послѣдніе нашли, что онъ слишкомъ точно опредѣ-



Рис. 236. Т. Эдисонъ.

ляетъ число лицъ, высказавшихся за тотъ или другой вопросъ, и что это неудобно. Эдисонъ тутъ же рѣшилъ никогда не браться больше за изобрѣтенія, не зная, будутъ ли они имѣть практическое примѣненіе и есть ли въ нихъ насущная потребность.

Въ 1869 году Эдисонъ покинулъ Бостонъ и прибылъ въ Нью-Іоркъ, разсчитывая найти здѣсь болѣе широкое поле дѣятельности. Случай помогъ ему выдвинуться.

24-го сентября 1869 г., проходя по улицѣ мимо зданія, гдѣ помѣщалась контора телеграфной компаніи Гольдъ и Стокъ, занимавшейся передачей биржевыхъ депешъ, онъ замѣтилъ большую толпу народа. Желая узнать, въ чемъ дѣло, Эдисонъ зашелъ въ контору; оказалось, что нѣкоторыя механическія телеграфныя приспособленія испорчены, исправить ихъ никто не умѣетъ, и дѣламъ компаніи грозитъ серіозная опасность. Бѣдно одѣтый молодой человѣкъ предложилъ директорамъ свои услуги, и тѣ, видя, съ какой увѣренностью онъ приступаетъ къ дѣлу, дали ему право распорядиться. Все было приведено въ порядокъ; послѣ этого Эдисонъ былъ приглашенъ на службу въ компаніи на жалованье, въ три раза превосходившее всѣ оклады, которые онъ получалъ до сихъ поръ. На службѣ фирмы Гольдъ и Стокъ Эдисонъ провелъ много лѣтъ и за это время изобрѣлъ цѣлый рядъ полезныхъ для телеграфа приспособленій. Директора компаніи рѣшили воспользоваться его изобрѣтеніями и купить ихъ. Не имѣя ни малѣйшаго представленія о цѣнности своихъ изобрѣтеній, Эдисонъ охотно вступилъ въ переговоры.

— Желаете сорокъ тысячъ долларовъ?—спросили его, и изобрѣтатель согласился, едва вѣря своимъ ушамъ, что онъ сейчасъ станетъ обладателемъ такого богатства. Дѣло было тутъ же скрѣплено подписями, и ему былъ врученъ чекъ въ сорокъ тысячъ. При полученіи денегъ изъ банка съ Эдисономъ случилось недоразумѣніе. До тѣхъ поръ ему никогда не приходилось бывать въ банкѣ, и кассиръ отказался выплатить ему сумму безъ удостовѣренія его личности. Не разслышавъ, Эдисонъ рѣшилъ, что его обманули, и что чекъ ничего не стоитъ. Съ отчаяніемъ въ душѣ смялъ онъ въ рукахъ злополучную бумагу и сѣлъ на ступеняхъ банка. Впослѣдствіи онъ говорилъ, что въ эти минуты онъ былъ бы радъ отдать чекъ первому встрѣчному за 10 фунтовъ. Къ счастію, одинъ изъ друзей увидѣлъ Эдисона и, узнавъ объ его горѣ, выяснилъ недоразумѣніе.

Отъ денегъ этихъ у молодого человѣка скоро не осталось и слѣда. Но не подумайте, что онъ истратилъ ихъ на удовольствія, что было вполнѣ естественно въ его возрастѣ; нѣтъ—въ Нью-Джерсеѣ имъ была устроена прекрасно оборудованная лабораторія, которая помогла дальнѣйшему развитію его генія.

Работоспособность Эдисона заслуживаетъ прямо удивленія. Онъ въ состояніи работать безпрерывно въ теченіе 24—30 и даже 50 часовъ. Только его здоровая натура въ состояніи выдержать подобное напряженіе.

За время своей плодотворной дѣятельности Эдисонъ получилъ до 700 патентовъ на изобрѣтенія. Массой удобствъ, которыми мы пользуемся въ настоящее время, мы обязаны ему.

Эдисонъ былъ женатъ два раза; у него пятеро дѣтей. Большую часть года онъ проводитъ въ Нью-Джерсеѣ, гдѣ у него великолѣпный домъ и неподалеку отъ него лабораторія. Зимою онъ уѣзжаетъ на полуостровъ Флориду.

Въ настоящее время Эдисону 54 года, но онъ попрежнему цѣлыми сутками сидитъ за работой, хотя доктора и настаиваютъ на томъ, чтобы онъ не переутомлялся и берегъ свои силы.

Лампа накаливанія Эдисона.

Большой и непреодолимой для предшественниковъ Эдисона задачей было приготовленіе угольковъ для лампъ накаливанія. Наилучшій, употреблявшійся до него, способъ ихъ выдѣлки былъ способъ Сойера и Мана, вырѣзавшихъ изъ картона маленькія дуги и обугливавшихъ ихъ въ особой печи въ графитовомъ порошкѣ. Такіе угли были, однако, чрезвычайно ломки. Эдисонъ замѣнилъ бумажные угольки угольками, изготовляемыми изъ особеннымъ образомъ обугленныхъ бамбуковыхъ волоконъ. При весьма малой толщинѣ подобные угольные волоски имѣютъ большую упругость и потому не легко ломаются; они обладаютъ, кромѣ того, весьма высокимъ сопротивленіемъ, чѣмъ уменьшается сила тока, потребная для накаливанія. Концы угля изготовляются съ утолще-

ніями и скрѣпляются наращиваніемъ мѣди съ платиновыми проволочками. Такой уголекъ изгибается въ дугу и своими платиновыми проволоками впаивается въ продолговатый стеклянный колпачекъ, какъ это показано на рис. 237. Послѣ впайки уголька изъ лампы черезъ трубку a выкачиваютъ помощью сильнаго ртутнаго насоса воздухъ. Къ концу этой операціи уголекъ, пропуская черезъ него токъ, поддерживаютъ въ раскаленномъ состояніи, чтобы выгнать изъ его поръ весь воздухъ. Иногда и всю лампу подогрѣваютъ особой горѣлкой, чтобы удалить тотъ воздухъ, который прилипъ къ стеклу. Разрѣженія стараются достичь возможно полнаго; въ колпачкѣ остается не болѣе $^1/_{10}$-милліонной доли первоначально при атмосферномъ давленіи содержавшагося воздуха.

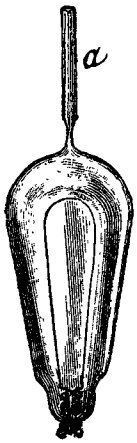


Рис. 237. Лампа съ впаяннымъ угольком.

На приготовленную такимъ образомъ лампу (рис. 238), на нижнюю ея часть Эдисонъ прикрѣпляетъ посредствомъ гипса особую надѣлку съ поверхностью изъ латуннаго листа, на которомъ выдавленъ кругомъ винтовой ходъ. Въ центръ этой надѣлки, изолировавъ ее отъ мѣдной поверхности гипсомъ, вставляется особый контактъ, выходящій внизу надѣлки наружу. Мѣдная поверхность надѣлки соединяется съ одной платиновой проволочкой уголька, а средній контактъ съ другой. Лампа съ насадкой изображена на рис. 239. Справа на этомъ же рисункѣ представленъ патронъ для лампъ Эдисона, при помощи котораго онѣ вводятся въ цѣпь. Патронъ представляетъ выдавленную изъ мѣднаго листа гайку, отвѣчающую рѣзьбѣ надѣлки. На днѣ патрона имѣется изолированная отъ мѣдной рѣзьбы упругая пластинка. При навинчиваніи патрона на насадку лампы, рѣзьба его гайки приводится въ контактъ съ рѣзьбой насадки, а слѣдовательно и однимъ изъ концовъ уголька. Когда же патронъ будетъ навинченъ на лампу до конца, то приходитъ въ контактъ и упоминавшаяся упругая пластинка съ контактомъ середины насадки, т.-е. съ другимъ концомъ уголька. Рѣзьбу патрона и упругую пластинку соединяютъ съ проводами тока. Такое устройство лампы чрезвычайно упрощаетъ замѣну использованныхъ лампъ новыми. Проводовъ не приходится трогать вовсе, они все время остаются соединенными съ патронами; вывинчиваются только изъ патроновъ лампы.

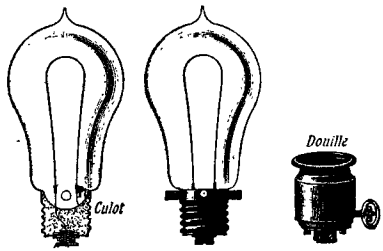
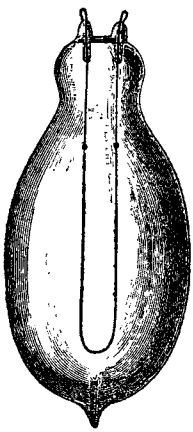


Рис. 239. Лампа Эдисона.


Рис. 238. Лампа накаливанія.

Лампы накаливанія другихъ системъ.

Кромѣ лампъ Эдисона, въ настоящее время въ практикѣ обращается много лампъ другихъ системъ. Въ лампѣ Свана, напримѣръ (рис. 240), уголекъ дѣлается изъ бумажной нити, предварительно вымоченной въ сѣрной кислотѣ, а затѣмъ обугленной. Соединеніе насадки съ патрономъ въ этой лампѣ не винтовое, какъ у Эдисона, а штыковое. Въ лампѣ Максима (рис. 241) уголекъ представляетъ собою обугленный бристольскій картонъ. Картонъ для этого вырѣзаютъ въ формѣ буквы M, обугливаютъ между двумя раскаленными металлическими пластинами и затѣмъ, вставивъ въ лампу и выкачавъ воздухъ, нагрѣваютъ въ парахъ бензина. Бензинъ въ этихъ условіяхъ сгораетъ, осаждая тонкій слой угольнаго порошка на поверхности уголка. Послѣ такой обработки уголка, изъ лампы окончательно вытягивается воздухъ, и она, какъ обыкновенно, запаивается.

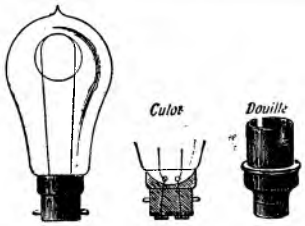


Рис. 240. Лампа Свана.

Наружный видъ и арматура лампъ накаливанія.

Наружный видъ лампъ накаливанія обыкновенно бываетъ такимъ, какъ представлено на вышеприведенныхъ рисункахъ. Нерѣдко стекло употребляется цвѣтное и граненное (рис. 242). Иногда, а именно лампочкамъ малой силы, вставляемымъ въ люстры, дается форма, изображенная на рис. 243. Для елочныхъ свѣчей въ ходу лампочки, представленныя на рис. 244. Различнаго рода арматуры для лампъ изображены на рис. 245—248. На рис. 245 и 246 имѣются защитныя приспособленія на случай лопанія лампъ: на первомъ рисункѣ это стеклянный колпакъ, а на второмъ — проволочный. Этотъ второй колпакъ служитъ, впрочемъ, главнымъ образомъ, предохранителемъ отъ внѣшнихъ механическихъ поврежденій.



Рис. 243. Лампа для люстръ.



Рис. 241. Лампа Максима.

Количество тока, потребляемое лампами накаливанія.

Лампы накаливанія фабрикуются различной силы свѣта, начиная отъ $^1/_2$ и до 500 нормальныхъ свѣчей. Лампы съ большей, чѣмъ въ 300 свѣчей, силой свѣта, однако, не выгодны; вмѣсто нихъ лучше употреблять регуляторы съ вольтовой дугой.

Сила свѣта лампы накаливанія зависитъ отъ силы питающаго тока и отъ величины сопротивленія угольной нити, сопротивленіе же это уменьшается и чрезвычайно сильно при повышеніи температуры этой послѣдней. Выгоднѣе поэтому пользоваться лампами накаливанія при возможно сильномъ раскаливаніи угольковъ. Съ другой стороны, однако, электрическій токъ, протекая по углямъ, оказываетъ на нихъ особое дѣйствіе: онъ ихъ мало-по-малу распыляетъ — всѣ долго работавшія лампочки имѣютъ нѣсколько закопченный видъ отъ мелкихъ частицъ угля, отлетѣвшихъ отъ уголька и осѣвшихъ на внутренней поверхности стекляннаго колпачка лампы. Распыленіемъ обусловливается не только зачерненіе стекляннаго колпачка и уменьшеніе его прозрачности, но и утоненіе угольной нити. Нить при этомъ утоньшается неравномѣрно по всей своей длинѣ и въ наиболѣе тонкомъ мѣстѣ весьма легко разрывается. При слишкомъ большомъ напряженіи лампа, какъ говорятъ, слишкомъ быстро перегораетъ. Существуетъ такимъ образомъ для ка-



Рис. 242. Лампа изъ цвѣтного граненнаго стекла.



Рис. 244. Лампа для елочныхъ свѣчей.

ждой величины лампы опредѣленная разность потенціаловъ, при которой она, съ одной стороны, не подвергается непосильной работѣ, а, съ другой, даетъ достаточное освѣщеніе. Мы имѣемъ, напримѣръ, лампу съ сопротивленіемъ угольной нити въ раскаленномъ состояніи въ 175 омъ. Она горитъ нормально, если черезъ нее протекаетъ токъ въ 0,57 амп., и тогда сила ея свѣта равняется 16 свѣчамъ. Но сила тока въ проводникѣ (мы это видѣли въ своемъ мѣстѣ) равна разности потенціаловъ на его концахъ, дѣленной на его сопротивленіе. Эта разность потенціаловъ, очевидно, въ нашемъ случаѣ должна быть равна $175 \times 0{,}57 = 99{,}75$ или, въ круглыхъ цифрахъ, 100 вольтамъ. Обыкновенно на лампахъ и обозначаютъ ту разность напряженій въ вольтахъ, при которыхъ лампа работаетъ нормально. 100-вольтовая лампа при меньшемъ напряженіи не даетъ 16 свѣчей, а при большемъ даетъ болѣе 16 свѣчей, но будетъ недолговѣчна.



Рис. 245. Подвѣска лампы къ потолку на стержнѣ.

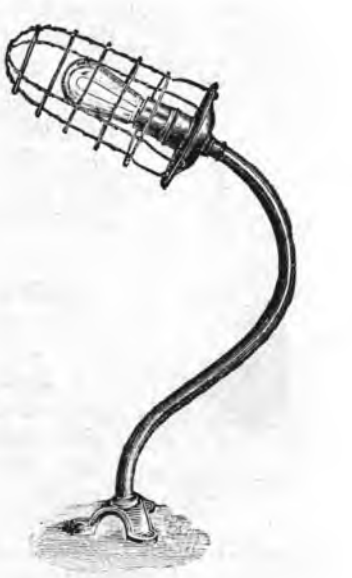


Рис. 246. Стѣнное бра.

Однако и въ нормальныхъ условіяхъ происходитъ распыленіе угольной нити и потому служба всякой лампы ограничена предѣломъ. При наиболѣе благопріятныхъ условіяхъ срокъ службы лампы накаливанія опредѣляется въ 700—800 часовъ горѣнія.

Возьмемъ снова нашу стовольтовую 16-ти-свѣчную лампу и посмотримъ, сколько электрической энергіи она поглощаетъ въ секунду. Энергія, поглощаемая ею въ уаттахъ, очевидно, будетъ равна $0{,}57 \times 100 = 57$. На каждую свѣчу, такимъ образомъ, придется по $\frac{57}{16} = 3{,}5$ уатта. Съ другой стороны, мы знаемъ, что лошадиная сила равняется 736 уаттамъ; лошадиная сила, слѣдовательно, при помощи лампъ накаливанія, можетъ дать освѣщеніе въ 210 свѣчей.

Количество потребной энергіи въ 3,5 уатта на свѣчу, выведенное нами для 100-вольтовой лампы, представляетъ величину среднюю для калильныхъ лампъ всевозможныхъ нынѣшнихъ системъ и величинъ.

О соединеніи лампъ накаливанія въ общей цѣпи.

Лампы накаливанія имѣютъ, вообще говоря, большое сопротивленіе и потому требуютъ большого напряженія у своихъ зажимовъ; зато они потребляютъ сравнительно

слабый токъ. Если бы включить въ цѣпь большое число лампъ послѣдовательно, то сопротивленіе всей цѣпи было бы слишкомъ велико, и генераторъ тока, идущаго въ цѣпь, долженъ былъ бы обладать слишкомъ большою разностью потенціаловъ. При такомъ включеніи, кромѣ того, лампы не были бы независимыми одна отъ другой. Въ силу всего этого, Эдисонъ первый началъ включать лампы накаливанія параллельно. При такомъ включеніи сопротивленіе всей внѣшней цѣпи оказалось меньшимъ, чѣмъ каждой отдѣльной лампы. Сопротивленіе соединительныхъ проводовъ ничтожно, имъ можно пренебречь и считать полное внѣшнее сопротивленіе 10 лампъ, съ сопротивленіемъ въ 200 омъ каждая, равнымъ $\frac{200}{10} = 20$ омамъ, при 100 лампахъ 2 омамъ, и т. д.

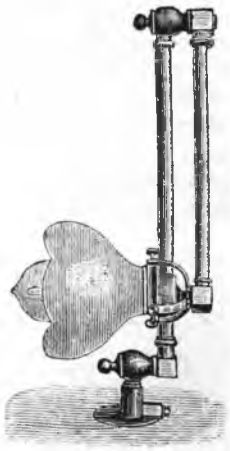


Рис. 247. Стѣнное, поворотное бра.

Схема параллельнаго соединенія калильныхъ лампъ представлена на рис. 249, гдѣ M—генераторъ тока, HH и GG—провода, а 1, 2....10—лампы. Каждая лампа, такимъ образомъ, находится въ отвѣтвленіи, но, въ виду того, что сопротивленіе проводовъ HH и GG сравнительно ничтожно, во всѣхъ отвѣтвленіяхъ сила тока будетъ зависѣть исключительно отъ сиянства напряженія тока у зажимовъ генератора.



Рис. 248. Люстра для двухъ лампъ.

Лампа Нернста.

Намъ надо еще упомянуть объ одной электрической лампѣ, появившейся на свѣтъ въ 1898—1899 году и надѣлавшей при своемъ появленіи много шума, не столько, впрочемъ, благодаря своимъ достоинствамъ, сколько благодаря самой безудержной рекламѣ. Лампа Нернста очень остроумна, очень интересна, но вряд ли вполнѣ замѣнитъ обыкновенныя лампы накаливанія.

Профессоръ Гёттингенскаго университета Вальтеръ Нернстъ замѣтилъ, что окиси нѣкоторыхъ щелочно-земельныхъ и рѣдкихъ металловъ, напримѣръ, магнія и цирконія, будучи нагрѣты добѣла, становятся достаточно проводящими токъ и затѣмъ могутъ

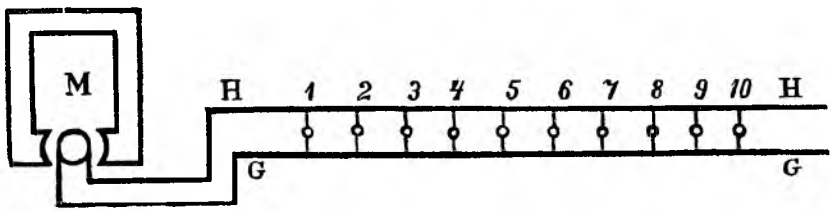


Рис. 249. Схема параллельнаго соединенія лампъ накаливанія.

быть поддерживаемы въ раскаленномъ, свѣтящемся состояніи электрическимъ токомъ сравнительно слабымъ. Сила свѣта на единицу затрачиваемой электрической энергіи при

этомъ значительно больше, чѣмъ при лампахъ съ угольной нитью. Кромѣ того, всѣ эти окиси могутъ быть нагрѣваемы не въ безвоздушномъ пространствѣ, не въ колпакахъ съ выкаченнымъ воздухомъ, а при полномъ его доступѣ.

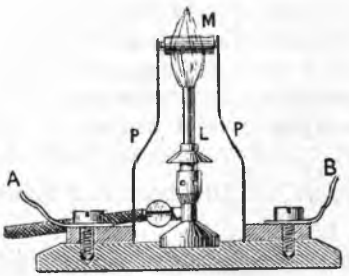
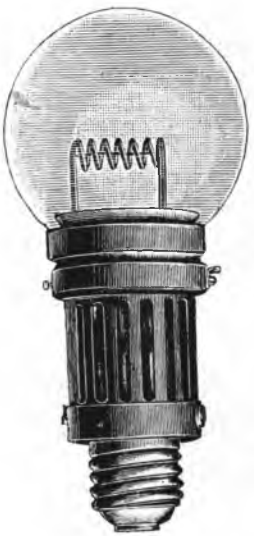
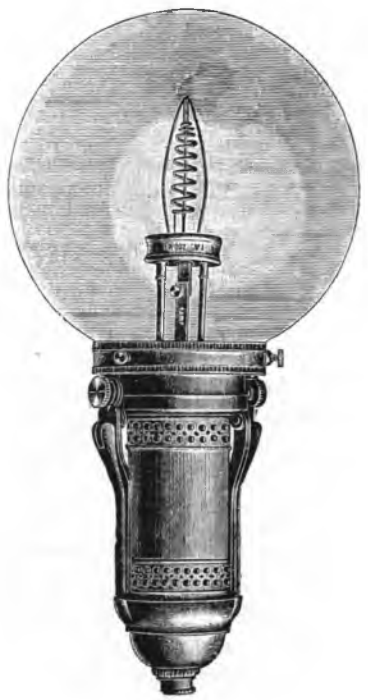


Рис. 250. Лампа Нернста.

Принципъ устройства лампы Нернста таковъ: палочка M (рис. 250), приготовленная изъ окиси магнія, напримѣръ, укрѣплена между двумя платиновыми держателями P и P, соединенными съ проводами тока A и B. Палочку M сначала, при помощи газовой горѣлки L, накаливаютъ до бѣлаго каленія, а затѣмъ пускаютъ черезъ нее токъ. Теперь горѣлку L можно потушить, и M поддерживается въ раскаленномъ состояніи энергіей тока. Количество потребной для этого энергіи тока равно всего 1,5 уатта.

Большимъ недостаткомъ лампы Нернста является необходимость въ предварительномъ раскаливаніи палочки изъ окиси магнія или тому подобнаго матеріала. Раскаливаніе это можно производить какъ при помощи газовой или спиртовой горѣлки, такъ и при помощи электрическаго тока. Во всякомъ случаѣ, это обстоятельство очень усложняетъ лампу и дѣлаетъ обращеніе съ нею не вполнѣ удобнымъ. Въ новѣйшихъ типахъ устроены автоматическіе подогрѣватели, состоящіе изъ тонкой платиновой проволоки, намотанной на спиралевидный фарфоровый стержень, окружающій накаливаемый стержень. Наружный видъ лампы Нернста въ ея теперешнемъ видѣ представленъ на рис. 251 и 252.


Рис. 251. Малая лампа Нернста.


Рис. 252. Большая лампа Нернста.

О генераторахъ тока для цѣлей электрическаго освѣщенія.

Для цѣлей электрическаго освѣщенія, какими бы лампами ни производилось, можно употреблять всевозможные генераторы тока. Для небольшихъ установокъ освѣщенія лампами накаливанія, наиболѣе удобными генераторами являются аккумуляторы, но вообще такія небольшія установки не выгодны. Гораздо выгоднѣе устраивать большую центральную станцію, разсылающую электрическую энергію динамомашинъ во всѣ мѣста, гдѣ она требуется. Въ отдѣльной главѣ мы разберемъ устройство подобныхъ центральныхъ станцій и тогда укажемъ и на тѣ приборы, которыми она должна быть снабжена спеціально для цѣлей освѣщенія.

О примѣненіи электрическаго освѣщенія.

О примѣненіи электрическаго освѣщенія намъ не приходится много говорить. Дуговыя лампы ставятся на улицахъ, площадяхъ, театрахъ и вообще обширныхъ помѣщеніяхъ; лампы накаливанія служатъ для освѣщенія малыхъ помѣщеній и вообще тамъ, гдѣ не нужны сильные источники свѣта.

VII.

Электрическая тяга.

Въ первой главѣ мы достаточно подробно остановились на обратимости динамомашинъ и знаемъ, что если, съ одной стороны, при вращеніи динамомашины получается электрическій токъ, то, съ другой стороны, при пропусканіи тока черезъ обмотку динамомашины она или, точнѣе, ея якорь приходятъ во вращеніе. Наиболѣе употребительный способъ полученія механической энергіи — несомнѣнно, паровая машина; наиболѣе употребительное въ техникѣ и исключительно нужное для цѣлей передвиженія — есть движеніе вращательное. Паръ только въ турбинныхъ вращательныхъ машинахъ, малопримѣнимыхъ по причинамъ, которыя не мѣсто разбирать здѣсь, непосредственно вызываетъ вращательное движеніе, обыкновенно же онъ приводитъ въ движеніе поршень, т.-е. производитъ движеніе прямолинейно-возвратное, и это движеніе затѣмъ помощью механическихъ приспособленій приходится превращать во вращательное. При помощи электричества мы получаемъ непосредственно вращательное движеніе. Стоитъ насадить динамомашину или, какъ ее въ такихъ спеціальныхъ условіяхъ называютъ, электродвигатель, напримѣръ, на ось вагона такъ, чтобы двигатель, приходя во вращательное движеніе при пропускѣ тока, увлекъ за собою и вагонную ось. Электрическая энергія при этомъ можетъ быть получаема какъ въ самомъ движущемся вагонѣ, т.-е. вблизи отъ электродвигателя, такъ и на любомъ отъ него разстояніи, въ какой-либо центральной станціи, лишь бы была возможность соединить эту послѣднюю проводами съ движущимся вагономъ.

Такимъ образомъ принципъ примѣненія электрической энергіи къ тягѣ чрезвычайно простъ. Имѣются двѣ динамомашины, соединенныя проводами,—одна изъ нихъ помѣщается гдѣ угодно, а другая насаживается на ось вагона. Первая вращается при помощи какого-либо механическаго двигателя и, посылая токъ въ обмотку второй, заставляетъ вращаться эту послѣднюю и, такимъ образомъ, вызываетъ движеніе вагона.

Желѣзныя дороги.

Третій звонокъ... Происходятъ прощанія, послѣднія наставленія, пожатія рукъ, поцѣлуи, маханія платками. Пронзительный свистокъ,—и локомотивъ, не безъ труда, зачастую съ сильнымъ толчкомъ, трогаетъ поѣздъ. Пассажиры хлопочутъ около своихъ мѣстъ, стараясь пристроить багажъ и самимъ устроиться поудобнѣе. Каждый стремится занять мѣсто около открытаго окна, чтобы развлекаться во время путешествія видомъ мимо несущихся пейзажей. Не долго приходится этимъ счастливчикамъ наслаждаться: облака дыма и угольной пыли изъ трубы паровоза быстро заставляютъ закрыть окно; неосторожно высунувшійся въ окно пассажиръ рискуетъ остаться безъ глаза отъ летящихъ раскаленныхъ кусочковъ угля. Скорость движенія поѣзда, между тѣмъ, все увеличивается, переходъ вагона по стыкамъ рельсъ становится все чувствительнѣе. Пассажиры, начавшіе читать газеты, откладываютъ ихъ въ сторону; нѣтъ возможности не только читать, но и сидѣть спокойно—на закругленіяхъ какъ вещи, такъ и люди отбрасываются въ противоположную закругленію сторону.

Станція! Пассажиры потягиваются, смотрятъ на часы, которые, кажется, идутъ тѣмъ медленнѣе, чѣмъ быстрѣе ходъ поѣзда. Не успѣли пассажиры какъ слѣдуетъ оправиться [1], поѣздъ снова трогается въ путь, снова безпомощно раскачиваются пассажиры и, наконецъ, черезъ 12 часовъ, а то и больше, такой качки пріѣзжаютъ въ мѣсто назначенія съ одурманенной головой, разбитыми членами; даже ночью большинство, лежа въ постели, продолжаетъ поѣздку: въ ушахъ стоитъ шумъ колесъ, все тѣло какъ будто продолжаетъ испытывать качку.

Несмотря на все это, мы стремимся передвигаться съ возможно большей скоростью! «Time is money», — говорятъ американцы, и это заставляетъ ихъ, да и всѣхъ насъ за ними переносить со стоицизмомъ качку скорыхъ поѣздовъ, стараться предпочтительно пользоваться именно ими и радоваться, каждый разъ, какъ новое расписаніе укажетъ намъ, что пробѣгъ поѣзда между какими-либо пунктами сокращенъ на $^1/_2$ часа. Инженеры и техники работаютъ безъ устали надъ увеличеніемъ скорости, устраиваютъ все болѣе мощные паровозы, увеличиваютъ діаметръ ихъ колесъ и т. д.

Однако, надо сознаться, что увеличеніе скорости выше извѣстныхъ предѣловъ идетъ, въ большинствѣ случаевъ, въ ущербъ устойчивости хода поѣзда, въ ущербъ без-

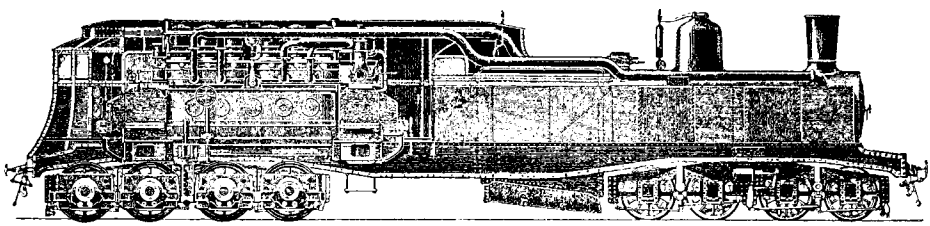


Рис. 253. Электрическій локомотивъ Гейльмана.

опасности пассажировъ. Паровозъ не можетъ не испытывать боковыхъ толчковъ, размаховъ; причина ихъ—въ основѣ конструкціи паровозовъ, и толчки эти съ увеличеніемъ скорости хода все усиливаются, оказываютъ все болѣе разрушительное вліяніе на рельсы и полотно и все увеличиваютъ возможность несчастій. Есть, очевидно, предѣлъ, за которымъ увеличивать скорость паровозовъ—неблагоразумно.

Получить большую скорость движенія и устранить всякіе толчки ведущаго механизма—вотъ desiderata нашего времени, и все говоритъ за то, что достичь этого можно будетъ при помощи электричества.

Къ сожалѣнію, это не удалось при помощи локомотива Гейльмана, и не съ его помощью, какъ это можно было сначала думать, будетъ рѣшенъ вопросъ объ электрической тягѣ и большой скорости на желѣзныхъ дорогахъ.

Первый электрическій локомотивъ Гейльмана (рис. 253) былъ выпущенъ мастерскими Общества Механическихъ заводовъ и верфей Средиземнаго моря въ 1892 году, испробованъ въ Гаврѣ 2 февраля 1893 года и дѣлалъ пробные пробѣги на линіи Парижъ—Нантъ въ маѣ 1894 года. Въ 1896 году было построено въ мастерскихъ Кайля еще два такихъ локомотива, поступившихъ на Западныя линіи.

Электрическій локомотивъ Гейльмана (рис. 253) имѣетъ большое сходство съ обыкновеннымъ паровозомъ, но сходство это только внѣшнее. Начать съ того, что та

[1] Не можемъ удержаться отъ замѣчанія, что вся картина поѣздки по желѣзной дорогѣ, рисуемая авторомъ, вѣрна для заграницы, а не для насъ. Мы ѣздимъ не торопясь, поѣзда стоятъ у насъ на станціяхъ чуть не часами, и потому мы не испытываемъ тѣхъ неудобствъ, на которыя жалуется авторъ; напрасную же потерю времени мы цѣнить не умѣемъ.
Прим. перев.

часть локомотива, гдѣ помѣщается дымовая труба, представляетъ не переднюю, а заднюю часть его. Передняя часть локомотива представляетъ собою стеклянную будку, въ которой помѣщается механикъ, управляющій движеніемъ поѣзда. За этой будкой—помѣщеніе для паровой машины, еще дальше паровой котелъ, паровая машина и кочегаръ, но роль ихъ совершенно иная, чѣмъ въ обыкновенномъ паровозѣ.

Паровая машина въ 600 лошадиныхъ силъ служитъ не непосредственно для движенія, а приводитъ въ дѣйствіе динамо Броуна (типъ машины Грамма) въ 1.000 амперъ при 400 вольтахъ, а эта послѣдняя посылаетъ свой токъ въ восемь электродвигателей, помѣщенныхъ на восьми осяхъ локомотива. Въ локомотивѣ Гейльмана, такимъ образомъ, совершенно отсутствуютъ цилиндры, поршни и шатуны внѣ машины, словомъ, всѣ тѣ части, которыя обыкновенно помѣщаются сбоку колесъ и служатъ причиной поперечнаго качанія и неравномѣрнаго движенія локомотивовъ.

Подъ рукой у машиниста въ его стеклянной будкѣ имѣются два коммутатора: при помощи одного онъ можетъ группировать электродвигатели, заставляя ихъ работать или всѣ вмѣстѣ, или каждый отдѣльно, при помощи другого онъ мѣняетъ направленіе тока, посылаемаго въ динамо, и, такимъ образомъ, мѣняетъ направленіе движенія электродвигателей, давая локомотиву передній или задній ходъ.

Кромѣ большой динамо имѣется еще малая въ 260 амперъ при 50 вольтахъ, приводимая въ движеніе особой маленькой вертикальной паровой машинкой. Назначеніе этой системы—трогать съ мѣста большую динамо и большой паровой двигатель, если этотъ послѣдній остановится случайно какъ разъ на мертвой точкѣ. Кромѣ того маленькая динамо употребляется для освѣщенія поѣзда и заряжаетъ аккумуляторы, которыми пользуются для той же цѣли во время стоянокъ поѣзда.

Локомотивъ Гейльмана имѣетъ въ длину 16 метровъ и вѣситъ 110 тоннъ; установленъ онъ на двухъ четырехъ-осевыхъ телѣжкахъ. Несмотря на большую длину, онъ, благодаря подвижности телѣжекъ, можетъ свободно проходить даже по закругленіямъ малаго радіуса.

На пробахъ локомотивъ Гейльмана шелъ съ поѣздомъ въ 90 тоннъ въ среднемъ со скоростью 90 километровъ въ часъ, несмотря на значительный подъемъ и закругленія.

Описанный нами электрическій локомотивъ имѣетъ всѣ тѣ преимущества, о которыхъ мы говорили выше. Правда, часть силы, развиваемой его паровой машиной, тратится непроизводительно при переводѣ механической энергіи въ электрическую, но прямое затѣмъ дѣйствіе на оси телѣжекъ,—и при томъ дѣйствіе, раздѣленное на всѣ оси, вмѣсто двухъ, какъ у паровоза,—покрываетъ эти потери. Далѣе, хотя въ электрическомъ локомотивѣ паровая машина остается, какъ и у паровоза,—она, со всѣми своими частями, помѣщена наверху, въ закрытомъ помѣщеніи и вся доступна осмотру и уходу во все время движенія, чего опять-таки нѣтъ у паровозовъ, гдѣ всѣ движущіяся части доступны машинисту только во время остановки поѣзда, гдѣ онъ не можетъ во время замѣтить неисправности въ нихъ и предупредить поломку.

Сверхъ всего этого, старшій машинистъ на электрическомъ локомотивѣ не имѣетъ никакихъ другихъ обязанностей кромѣ управленія ходомъ поѣзда и, слѣдовательно, тщательнѣе можетъ слѣдить за путевыми сигналами.

Наконецъ, послѣднее преимущество электрическаго локомотива—мягкое и плавное движеніе и полное отсутствіе бокового раскачиванія и прыжковъ, неизбѣжныхъ при паровозахъ съ боковыми горизонтальными цилиндрами.

При своемъ появленіи локомотивъ Гейльмана возбудилъ большія надежды, но не оправдалъ ихъ. Расходъ угля и тока оказался весьма высокимъ, а все устройство настолько сложнымъ, что каждый ремонтъ выводитъ машину изъ дѣйствія на слишкомъ продолжительное время. Лучшимъ доказательствомъ малой практической годности этихъ локомотивовъ является то обстоятельство, что ихъ въ настоящее время не строятъ, и только ранѣе построенные малочисленные экземпляры еще продолжаютъ свою работу.

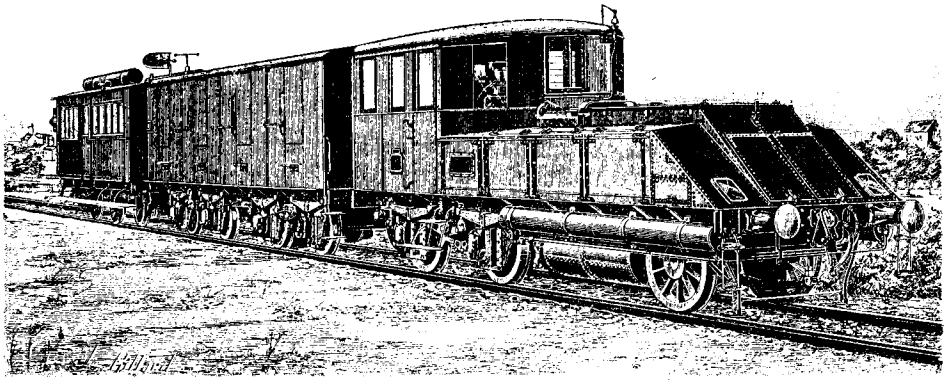


Рис. 254. Электрическій локомотивъ системы Овера.

Были и другія попытки устройства электрическихъ локомотивовъ. Общество желѣзной дороги Парижъ — Ліонъ — Средиземное море построило, напримѣръ, локомотивъ съ аккумуляторами для небольшой вѣтки на границѣ со Швейцаріей. Первые пробные пробѣги локомотивъ этотъ совершилъ между Парижемъ и Мелюномъ въ ноябрѣ 1897 года. Этотъ локомотивъ (рис. 254) имѣетъ видъ скошеннаго спереди наподобіе наконечника кларнета ящика, поставленнаго на колеса.

На двѣ изъ осей локомотива насажены электродвигатели въ 116 лошадиныхъ силъ въ обоихъ. Они могутъ работать съ токомъ до 700 амперъ и давать до 500 оборотовъ въ минуту. Въ задней части локомотива находится будка для машиниста. Электродвигатели приводятся въ движеніе токомъ отъ аккумуляторовъ. Изъ нихъ 36 штукъ помѣщаются въ передней части локомотива и служатъ для передвиженія его одного, а остальные, въ количествѣ 192, помѣщаются въ особомъ вагонѣ, прицѣпленномъ къ локомотиву.

Описываемый локомотивъ, построенный по проекту инженера Овера, предназначается для работы сравнительно легкой, въ половину меньшей той, которую требуютъ отъ паровозовъ скорыхъ поѣздовъ. Вѣсъ его 41.500 килогр.; онъ можетъ везти поѣздъ общаго вѣса въ 146 тоннъ со скоростью 45 килом., а поѣздъ въ 100 тоннъ—со скоростью 100 килом. въ часъ.

Можно, не сильно увеличивая вѣсъ локомотива, поставить на него еще два электродвигателя на остальныя двѣ оси, и тогда онъ будетъ въ состояніи, повидимому, везти поѣздъ общаго вѣса въ 200 тоннъ со скоростью до 100 килом. въ часъ.

Въ послѣднее время, наконецъ, Орлеанская и Западная желѣзныя дороги, перенесшія свои главные вокзалы въ самый центръ Парижа, прибѣгли также къ помощи электричества, чтобы проводить поѣзда по длиннымъ тунелямъ въ самомъ Парижѣ. Обыкновенные локомотивы душили бы пассажировъ въ тоннеляхъ дымомъ, да при томъ,—и это, конечно, главное,—обѣимъ желѣзнымъ дорогамъ при разрѣшеніи переноса вокзаловъ было поставлено условіемъ, чтобы поѣзда ихъ не дымили и не производили большого шума; достичь этого можно было только при помощи электричества. Описывать, какъ эти дороги примѣнили электрическій токъ, мы здѣсь не будемъ, а сдѣлаемъ это при описаніи электрическихъ трамваевъ, которые, собственно, и представляютъ наиболѣе надежное и удачное примѣненіе электрической тяги.

Трамваи.

Электрическій трамвай не представляетъ въ настоящее время новости. Появившись въ первый разъ въ Берлинѣ въ 1879 году, онъ имѣлъ огромный успѣхъ у публики на Парижской выставкѣ Электричества въ 1881 году, а въ настоящее время примѣняется

на практикѣ въ обширныхъ размѣрахъ по всему Земному Шару. Раньше всего онъ распространился въ Америкѣ, и уже въ 1895 году, напримѣръ, Общество конныхъ трамваевъ въ Чикаго извѣщало публику огромной афишей о продажѣ всѣхъ своихъ лошадей, «еще вполнѣ годныхъ для работы въ экипажахъ», по случаю введенія на всѣхъ линіяхъ электрической тяги.

По устройству электрическіе трамваи можно раздѣлить на слѣдующія пять категорій: 1) съ воздушнымъ проводомъ, 2) съ подземнымъ проводомъ, 3) съ поверхностными контактами, 4) съ третьимъ рельсомъ и 5) съ аккумуляторами.

Первыя четыре категоріи трамваевъ основаны на общемъ принципѣ: на одномъ изъ концовъ линіи находится станція съ генераторами тока (рис. 255) A, токъ изъ нея идетъ по проводу—или надземному (какъ на рисункѣ), или подземному, а возвращается на станцію по рельсамъ. На осяхъ вагоновъ имѣются электромоторы, приводимые въ движеніе токомъ, поступающимъ въ нихъ съ вышеупомянутаго провода. Въ случаѣ подземнаго провода онъ укладывается между рельсами, на нѣсколько сантиметровъ ниже поверхности мостовой, въ особой трубѣ, имѣющей сверху продольный прорѣзъ; въ этотъ прорѣзъ изъ вагона опускается и находится въ постоянномъ контактѣ съ проводомъ какой-либо, обыкновенно щеточный, коллекторъ.

Надземный проводъ укрѣпляется на столбахъ, надъ рельсами, и сообщеніе съ нимъ вагона достигается помощью шарнирнаго шеста, заканчивающагося телѣжкой или блочкомъ (троллеемъ), катящимися снизу проводника и такимъ образомъ находящимися въ постоянномъ съ нимъ контактѣ. Устройство контактнаго шеста и воздушнаго провода хорошо видно на рис. 256.

Далѣе мы разсмотримъ подробнѣе каждую изъ первыхъ четырехъ системъ трамваевъ, а пока займемся пятой системой—трамваями аккумуляторными.

Аккумуляторные трамваи.

При аккумуляторахъ трамвай во время движенія совершенно не зависитъ ни отъ какой центральной станціи; онъ заключаетъ въ себѣ и генераторъ тока и электродвигатели.

Аккумуляторы помѣщаются, обыкновенно, подъ сидѣніями. Ихъ заряжаютъ передъ отправленіемъ, затѣмъ пользуются ихъ токомъ для приведенія въ движеніе электромоторовъ. Машинистъ помѣщается на передней платформѣ, имѣетъ подъ руками коммутаторы для группировки аккумуляторовъ въ различныя комбинаціи, для замыканія и размыканія тока и пользуется ими для приведенія въ движеніе и остановки вагона и для измѣненія скорости его движенія.

Аккумуляторы даютъ единственный практическій способъ имѣть вагонъ на рельсахъ или экипажъ на обыкновенной дорогѣ, совершенно независимый ни отъ кого, кромѣ находящагося на немъ машиниста; аккумуляторные экипажи не нуждаются въ проводахъ, которыми не безъ риска для общественной безопасности теперь завѣшены всѣ наши улицы. Аккумуляторная тяга является съ общественной точки зрѣнія, безъ всякаго сомнѣнія, наиболѣе удобной; она не вызываетъ ни разстройствъ въ телеграфномъ и теле-

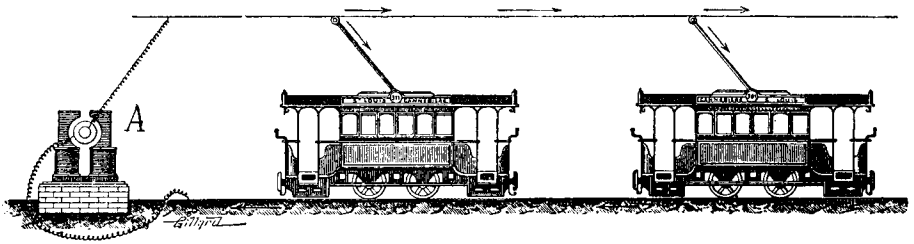


Рис. 255. Схема трамвайной воздушной линіи.



Рис. 256. Трамвай съ воздушнымъ проводомъ.

фонномъ сообщеніи, ни порчи газовыхъ и водопроводныхъ трубъ, но зато она имѣетъ много другихъ неудобствъ, и при томъ настолько серіозныхъ, что гдѣ и была принята, повсюду понемногу оставляется и уступаетъ мѣсто тягѣ съ надземными или подземными проводами. Главное неудобство аккумуляторной тяги состоитъ въ слишкомъ большомъ вѣсѣ аккумуляторовъ; все ихъ преимущество положительно уничтожается непроизводительнымъ увеличеніемъ вѣса экипажа и лишней вслѣдствіе этого затратой электрической энергіи на его движеніе. Аккумуляторы, далѣе, весьма дорого стоятъ, требуютъ постояннаго и тщательнаго ухода, весьма легко портятся и т. п.

Трамваи съ воздушнымъ проводомъ.

Первый трамвай съ воздушнымъ проводомъ устроенъ былъ Вернеромъ Сименсомъ (рис. 257) въ 1880 году. Онъ же можетъ считаться и вообще отцомъ электрической тяги. Братьямъ Сименсамъ электротехника обязана столькимъ, что мы не можемъ не сказать о нихъ нѣсколькихъ словъ. Старшій изъ братьевъ, Вернеръ Сименсъ, выйдя изъ военной службы въ 1849 году въ отставку (онъ служилъ въ артиллеріи), уже въ слѣдующемъ году былъ избранъ членомъ Берлинской Академіи Наукъ за свои прекрасныя работы по электрическому телеграфу, введенному при его непосредственномъ участіи въ Германіи. Ему же электротехника обязана примѣненіемъ для изоляціи гуттаперчи. Его имя, равно какъ и имя его компаньона Гальске,—оба они основали одинъ изъ первыхъ



Рис. 257. Эрнестъ-Вернеръ Сименсъ.

электрическихъ заводовъ,—стало, наконецъ, извѣстнымъ въ обоихъ полушаріяхъ, благодаря работамъ по электрическому освѣщенію и электрической тягѣ. Младшій изъ братьевъ, Карлъ Сименсъ (рис. 258) управлялъ англійскимъ отдѣленіемъ завода Сименсъ и Гальске и также работалъ въ области практическаго примѣненія электричества; имъ былъ, между прочимъ, проложенъ первый подводный кабель большого протяженія.

Живя долго въ Англіи, онъ въ 1859 году принялъ англійское подданство и умеръ англійскимъ баронетомъ.

Оба Сименса были, кромѣ того, извѣстными филантропами.

Еще ранѣе первой линіи съ воздушнымъ проводомъ, а именно въ 1879 году, Вернеръ Сименсъ устроилъ въ Берлинѣ трамвай, правда, весьма примитивный, съ проводомъ подземнымъ или, вѣрнѣе, надземнымъ, которымъ служилъ третій рельсъ, помѣщенный

между двумя обыкновенными и находившійся въ сообщеніи съ двигателями вагоновъ при помощи щеточныхъ коллекторовъ. Колеса вагоновъ были изолированы, и возвращеніе тока къ генератору происходило по обыкновеннымъ рельсамъ.

При такомъ устройствѣ являлась опасность для людей и животныхъ, переходящихъ рельсы. Они рисковали, по меньшей мѣрѣ, получить очень непріятные толчки, наступивъ заразъ на два сосѣднихъ рельса. Это обстоятельство и побудило Вернера Сименса перейти къ воздушному проводу и устроить трамвай такъ, какъ онъ былъ устроенъ на Парижской электрической выставкѣ.

Первый для Европы не выставочный, а настоящаго общественнаго пользованія электрическій трамвай былъ открытъ въ Ливерпулѣ въ 1894 году. Токъ отъ генератора въ вагонъ шелъ по среднему, третьему рельсу, но такъ какъ все полотно



Рис. 258. Карлъ-Вильгельмъ Сименсъ.

лежало не на землѣ, а на особой эстакадѣ, то тутъ не было никакой опасности для нѣшеходовъ.

Съ 1894 года электрическіе трамваи распространились по всей Европѣ, и только такіе богатые города, какъ Парижъ, заботясь о красотѣ своихъ улицъ, не допускаютъ,—по крайней мѣрѣ, на центральныхъ улицахъ,—трамваевъ съ воздушными проводами. На окраинахъ Парижа, однако, это устройство получило право гражданства, и рис. 259 представляетъ одинъ изъ вагоновъ, курсировавшихъ во время выставки 1900 года между городомъ и отдѣленіемъ выставки въ Венсенѣ.

За исключеніемъ такихъ городовъ, какъ Парижъ, повторяемъ, трамвай съ воздушнымъ проводомъ можно встрѣтить повсюду: онъ поднимается въ Римѣ къ Капитолію (рис. 260), проходя подъ арками Тиверія и Каракаллы, его вы встрѣтите въ захолуст-

ныхъ городкахъ Россіи, имъ пользуются туземцы въ городахъ подъ тропиками, и этотъ представитель цивилизаціи является страннымъ контрастомъ между вычурными храмами и минаретами, тропическими растеніями и первобытными лѣсами, гдѣ по ночамъ еще бродятъ дикіе звѣри. Всего больше электрическіе трамваи съ воздушнымъ проводомъ распространены, какъ и слѣдовало ожидать, въ Америкѣ, странѣ, заботящейся несравненно болѣе объ удобствахъ, чѣмъ объ эстетикѣ. Въ американскихъ городахъ на улицахъ цѣлыя сѣти электрическихъ проводовъ, сѣти, застилающія совершенно небо... Рис. 261 изображаетъ линію электрическаго трамвая съ воздушнымъ проводомъ въ Вашингтонѣ; эта линія была одной изъ первыхъ въ Америкѣ.

При первыхъ устройствахъ электрическаго трамвая съ воздушнымъ троллеемъ, этотъ послѣдній двигался по главному, ведущему токъ отъ генератора проводу. Такое устройство, однако, оказалось неудобнымъ, и въ настоящее время поступаютъ, обыкновенно, иначе. Отъ генератора протягивается главный проводъ, служащій лишь для проведенія



Рис. 259. Парижскій трамвай съ воздушнымъ проводомъ.

тока на разстояніе. Проводъ этотъ можетъ быть воздушнымъ или подземнымъ и на любомъ разстояніи отъ рельсъ. Надъ рельсами подвѣшивается второй проводъ—такъ называемый, рабочій. Онъ соединяется съ главнымъ проводомъ поперечными смычками черезъ извѣстные промежутки, напримѣръ, каждыя 50 — 100 саженей. Такимъ образомъ на рабочій проводъ изъ отвѣтвленій поступаетъ часть тока съ главнаго провода. По рабочему проводу движется троллей.

При такомъ устройствѣ всякая ненормальность въ дѣйствіи рабочаго провода можетъ сказываться только на промежуткѣ между двумя смычками. Если даже проводъ этотъ порвется гдѣ-либо, то бездѣйствовать будетъ одна его секція, а по остальной линіи вагоны будутъ итти безпрепятственно.

Обратный токъ и теперь возвращаютъ на станцію по рельсамъ. Разность потенціаловъ прямого и обратнаго проводовъ обыкновенно бываетъ около 500 вольтъ, и такая разность поддерживается возможно постоянно. Всѣ вагоны включены между проводами параллельно,

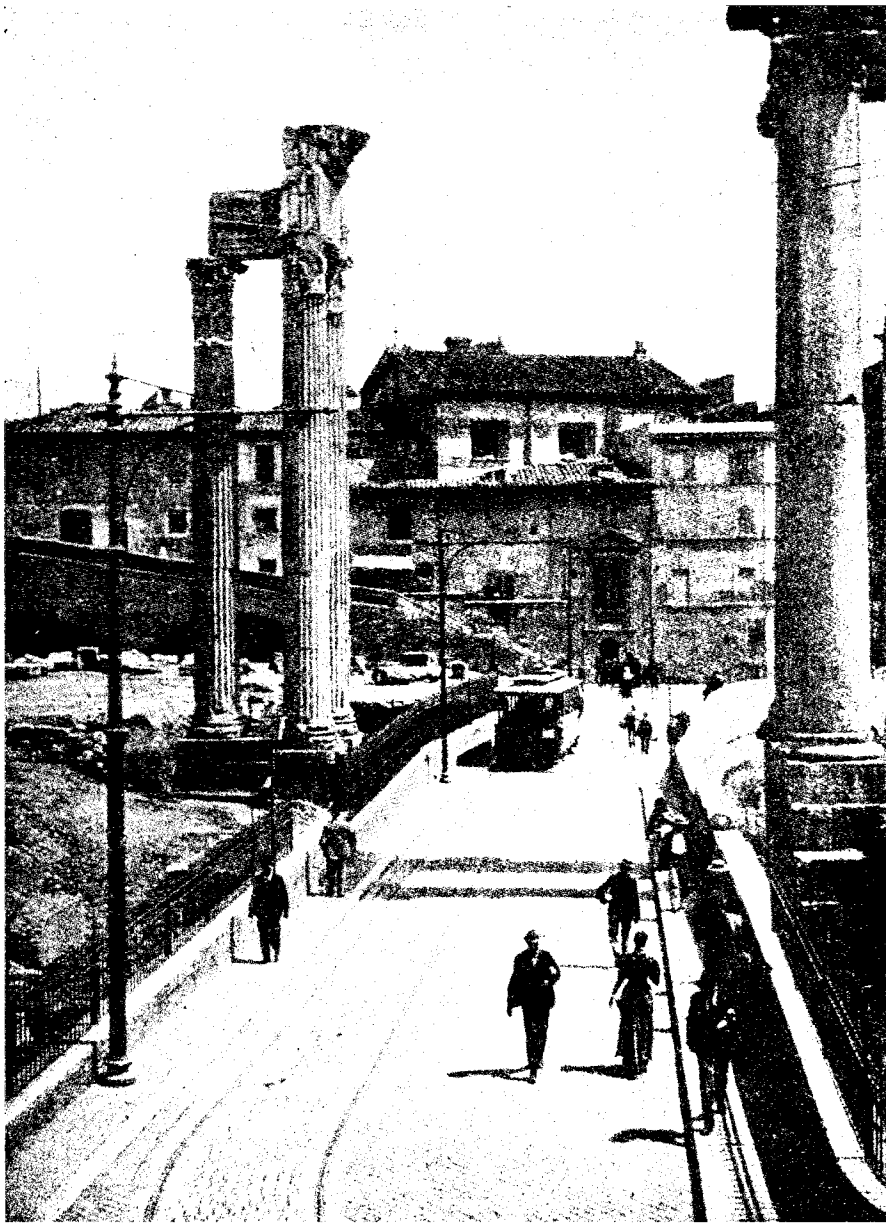


Рис. 260. Трамвай въ Римѣ.

и такимъ образомъ (припомнимъ, что̀ мы говорили о регуляторахъ при лампахъ накаливанія) каждый вагонъ независимъ отъ остальныхъ и получаетъ равной силы требуемый ему токъ. Величина требуемой вагономъ работы, а, слѣдовательно, и сила необходимаго для него тока, однако, не остаются всегда постоянными, но сильно колеблются. Для того, чтобы сдвинуть вагонъ съ мѣста, надо токъ въ 5 — 10 разъ бо̀льшій, чѣмъ для равномѣрнаго хода по горизонтальному пути; на подъемахъ работа требуется бо̀льшая, на спускахъ—меньшая. Чтобы поддержать силу тока, поступающаго въ двигатель,

всегда на нужной: высотѣ, поступаютъ различно: всего проще—вводить, по мѣрѣ надобности, въ самомъ вагонѣ, регулируемой величины сопротивленіе; иногда для той же цѣли производятъ пересоединеніе двигателей (если ихъ два въ вагонѣ) изъ параллельнаго

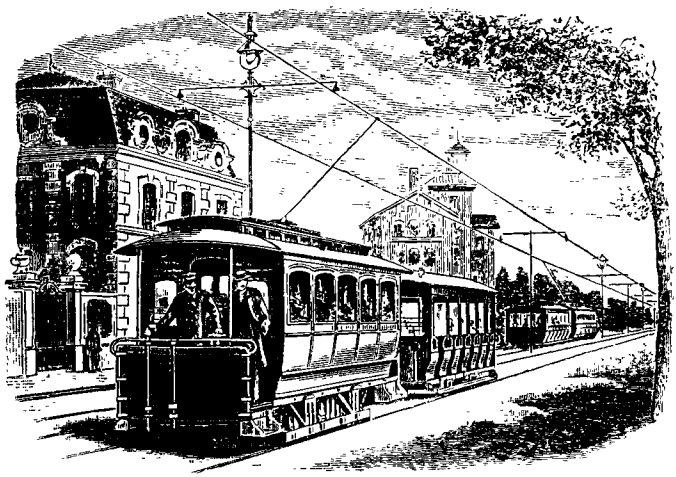


Рис. 261. Трамвай въ Вашингтонѣ.

въ послѣдовательное и обратно; измѣняютъ, наконецъ, передачу вращенія отъ двигателя къ колесамъ вагона.

Выше мы говорили о томъ, что двигатель насаживается на ось колесъ, но говорили это только для простоты. Въ дѣйствительности, скорость вращенія электромотора всегда бываетъ такъ велика, что ее при помощи передачи приходится уменьшать. Колеса вагона

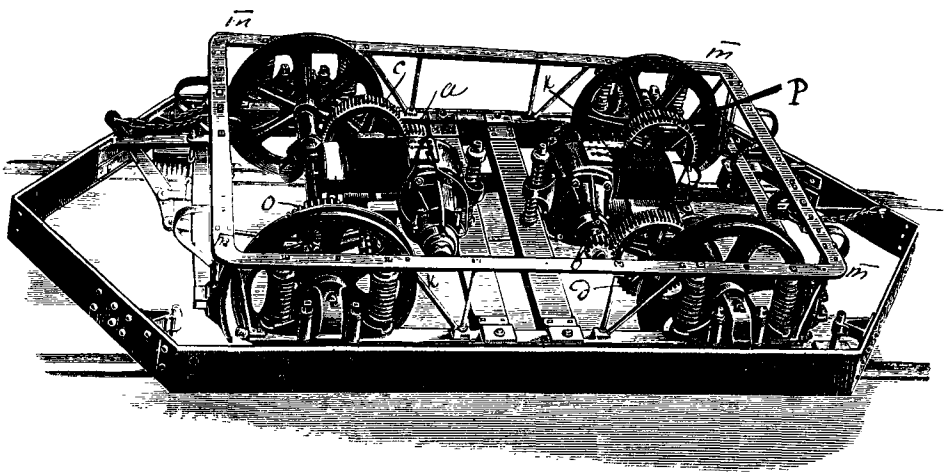


Рис. 262. Рама вагона электрическаго трамвая.

не могутъ вращаться съ такою скоростью, какъ вращается моторъ. Рис. 262 представляетъ нижнюю раму вагона электрическаго трамвая. На ней, посредствомъ пружинъ, укрѣплено два электромотора A и B, якоря которыхъ вращаютъ маленькія зубчатыя

колеса a и b. Шестерни эти сцѣпляются съ большими зубчатыми колесами c и d, насаженными на одной оси со вторыми маленькими шестернями h и k (послѣднее закрыто на рисункѣ колесомъ вагона и рамой). Наконецъ, уже шестерни h и k, сцѣпляясь съ шестернями O и P, насаженными на оси вагона, передаютъ вращеніе вагоннымъ колесамъ. Вагонный кузовъ устанавливается на рамѣ вышли, и, такимъ образомъ, весь описанный механизмъ находится подъ поломъ вагона.

На рис. 262 изображены двигатели Спрага, и изображены они открытыми для ясности; въ дѣйствительности, они защищены отъ пыли и сора особыми чехлами. Рис. 263 и 264 представляютъ моторы Томсона-Густона съ открытымъ и закрытымъ чехлами.

Кромѣ двигателей и троллея, изъ электрическихъ установокъ въ вагонѣ трамвая еще обыкновенно имѣются—электрическое освѣщеніе, иногда такое же отопленіе и, наконецъ, электрическій же тормозъ. Всѣ эти установки должны имѣть управленіе какъ съ передней, такъ и съ задней площадки вагона (чтобы вагонъ въ концахъ линіи не приходилось оборачивать), и управленіе это должно быть просто и быстро, чтобы машинистъ, или, какъ его за границей называютъ, «моторманъ», могъ справляться съ нимъ на ходу

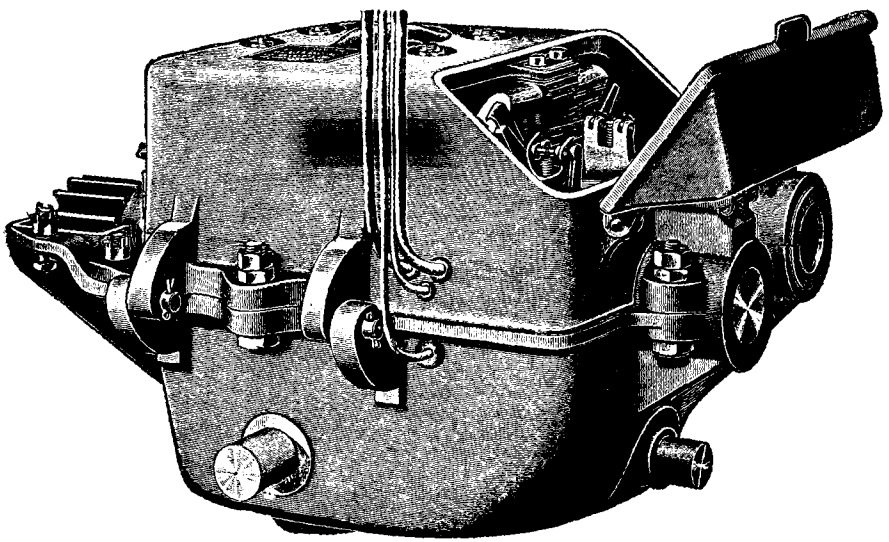


Рис. 263. Моторъ Томсона-Густона.

вагона. Описывать сложную систему коммутаціи въ вагонѣ мы не имѣемъ возможности; укажемъ только, что, обыкновенно, у мотормана подъ рукой имѣется одинъ единственный манипуляторъ (рѣдко два), который онъ устанавливаетъ на нужный для даннаго эффекта зубецъ или контактъ.

Кромѣ особенностей, вытекающихъ изъ рода тяги, вагоны электрическаго трамвая устраиваются какъ вагоны обыкновенной конки, могутъ быть съ имперіаломъ и безъ него и т. д. Единственно, что̀ за границей мѣстами вмѣнено въ обязанность обществамъ электрическихъ трамваевъ, въ виду большой скорости ихъ хода, это—устраивать передъ вагонами предохранительное приспособленіе для неосторожныхъ прохожихъ. Приспособленіе это французы называютъ «ramasse-passant»; оно изображено на рис. 265 и вполнѣ заслуживаетъ такое названіе, ибо посредствомъ сѣтки, опущенной почти до самой земли, дѣйствительно подбираетъ зазѣвавшихся прохожихъ. Сѣтка для уменьшенія толчковъ снабжается надутыми каучуковыми подушками-валиками. Опыты показали, что такое приспособленіе прекрасно исполняетъ свое назначеніе, даже при скорости хода въ 20 кил. въ часъ.

Нечего говорить, что юмористическіе журналы, въ особенности французскіе, изощряютъ свое остроуміе на этихъ предохранительныхъ сѣткахъ и называютъ электрическій трамвай «смертоубійственнымъ вагономъ», «пріятелемъ гробовщика» и т. д. Очень забавная карикатура представляетъ вагонъ трамвая малодоходной линіи; своей предохранительной сѣткой онъ силой захватываетъ пассажировъ и перебрасываетъ ихъ на платформу вагона, гдѣ флегматичный кондукторъ требуетъ съ нихъ плату за проѣздъ. Насмѣшка все-таки нисколько не умаляетъ значенія описаннаго предохранительнаго

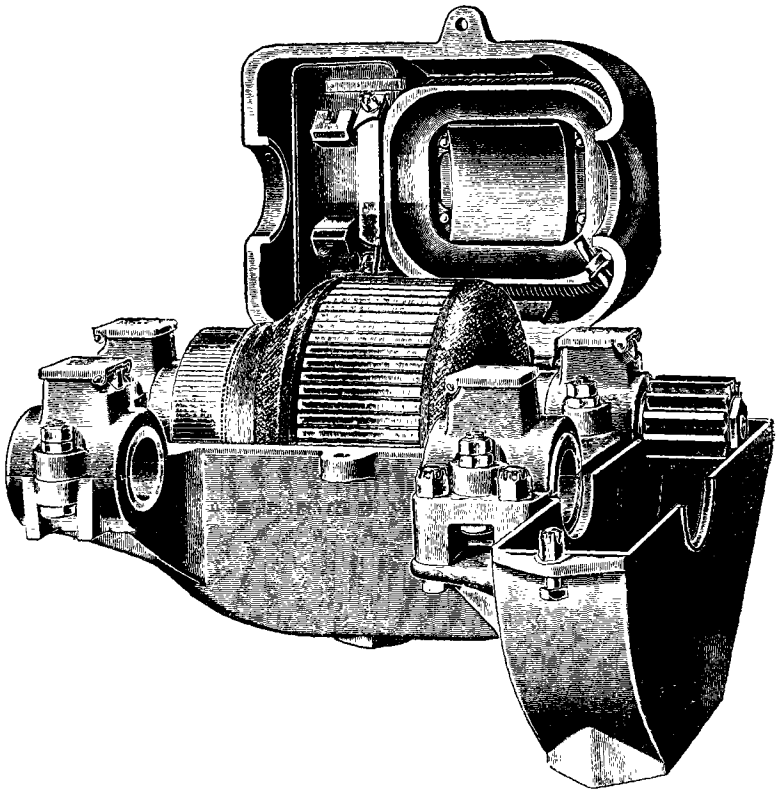


Рис. 264. Моторъ Томсона-Густона съ открытымъ чехломъ.

приспособленія, и надо желать, чтобы оно было сдѣлано обязательнымъ вездѣ, гдѣ пользуются услугами быстроходнаго трамвая.

Электрическіе локомотивы съ троллеемъ.

Обыкновенно трамваи съ воздушнымъ контактомъ устраиваютъ въ видѣ отдѣльныхъ вагоновъ; рѣдко—когда къ такому моторному вагону прицѣпляютъ одинъ-два обыкновенныхъ вагона. Вся постройка моторнаго вагона обыкновенно настолько слаба, что не выдержитъ двигателей силы, потребной для тяги цѣлаго поѣзда. Да и вѣсъ моторнаго вагона большой силы, для того, чтобы у него было достаточное сцѣпленіе колесъ съ рельсами, долженъ быть несравненно больше обыкновеннаго. Для тяги желѣзнодорожнаго поѣзда необходимъ не моторный вагонъ, а тяжелый, сильный электрическій локомотивъ, хотя бы и получающій электрическую энергію съ воздушнаго провода отъ центральной станціи.

Первая попытка подобной тяги желѣзнодорожныхъ поѣздовъ была сдѣлана Компаніей Томсонъ-Густонъ для проводки ихъ черезъ тоннели Бальтимора (Огіо). На станціи, предшествующей тоннелю, обыкновенный локомотивъ прекращаетъ свою топку, и впереди его прицѣпляютъ электрическій локомотивъ.

Бальтиморскій локомотивъ (рис. 266) вѣситъ 90 тоннъ и снабженъ четырьмя электромоторами въ 1.440 (въ общемъ) лошадиныхъ силъ; токъ ему нуженъ въ 900 амперъ при 300 вольтахъ. Моторы помѣщаются надъ осями локомотива; посрединѣ его имѣется стеклянная будка для машинистовъ, а надъ ней укрѣпленъ троллей, получающій токъ съ воздушнаго провода внушительнаго діаметра, вѣсомъ до 45 килогр. въ метрѣ. Для такихъ проводовъ требуются, понятно, особенно сильныя укрѣпленія; въ тоннелѣ устроить ихъ не трудно, но внѣ тоннеля, какъ показываетъ нашъ рисунокъ, приходится прибѣгать къ цѣлымъ металлическимъ эпафодажамъ. Это обстоятельство, т.-е. огромный

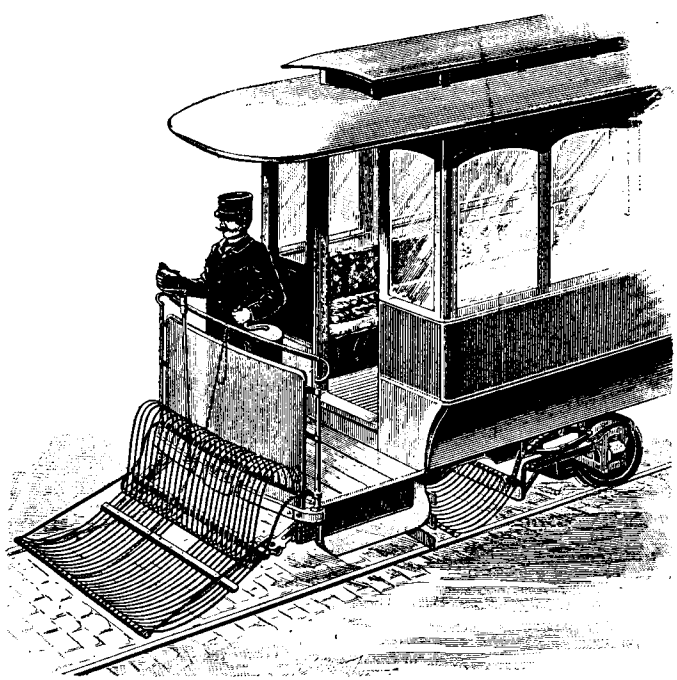


Рис. 265. Предохранительная сѣтка вагона трамвая.

вѣсъ воздушныхъ проводовъ для электрическихъ локомотивовъ большой силы, и вытекающая отсюда необходимость въ сложныхъ сооруженіяхъ для поддержки такихъ проводовъ препятствуютъ сколько-нибудь значительному распространенію подобной электрической тяги желѣзнодорожныхъ поѣздовъ.

Морской трамвай въ Брейтонѣ.

Раньше, чѣмъ покончить совсѣмъ съ трамваями съ воздушнымъ проводомъ, намъ остается описать еще одно приложеніе такого рода электрической тяги, приложеніе весьма оригинальное. Мы говоримъ объ электрическомъ паромѣ или, вѣрнѣе сказать, передвижномъ мостѣ (рис. 267), соединяющемъ англійскую бальнеологическую станцію Брейтонъ съ небольшой деревушкой Роттингдинъ, расположенной въ шести километрахъ отъ нея, у подножія дикихъ утесовъ. Мостъ этотъ устроенъ такимъ образомъ: на днѣ залива



Рис. 266. Электрическій локомотивъ Балтиморской желѣзной дороги.

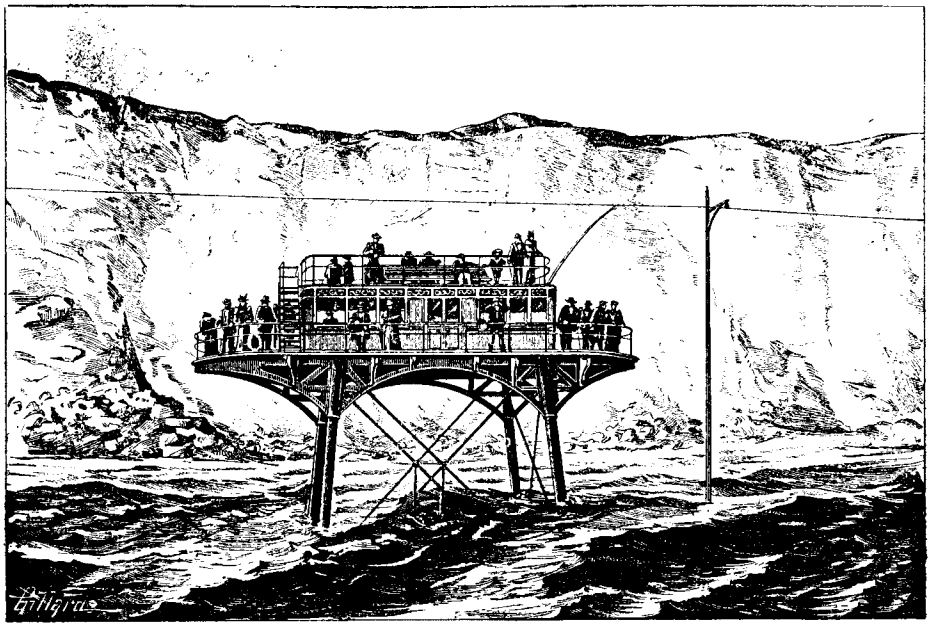


Рис. 267. Морской трамвай въ Брейтонѣ.

уложены рельсы (рис. 268), и по нимъ катится какъ бы обыкновенная рама электрическаго вагона, но самъ вагонъ поднятъ надъ нею на значительную высоту при помощи

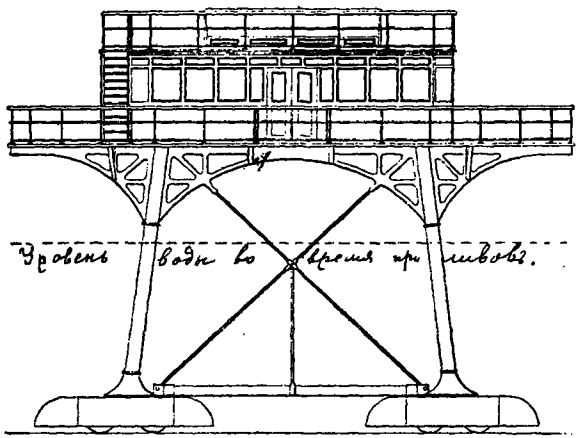


Рис. 268. Устройство вагона Брейтонскаго трамвая.

стальныхъ колоннъ. Рельсы, моторы и вся рама находятся подъ водой, на глубинѣ до 7 метровъ во время наибольшихъ приливовъ.

Другія приложенія воздушнаго троллея.

Не можемъ пропустить мы безъ вниманія еще горныя желѣзныя дороги, при помощи которыхъ путешественники поднимаются безъ всякой усталости на высочайшія

вершины горъ. Подобная фуникулярная дорога находится въ горахъ, около Женевы (рис. 269), такую же строятъ на Монбланъ и т. д.

Въ Америкѣ можно встрѣтить и болѣе оригинальныя примѣненія воздушной электрической тяги: тамъ существуютъ театры, передвигающіеся по рельсамъ электрическаго трамвая; тамъ не такъ давно, во время выборовъ, можно было видѣть плавно двигающійся

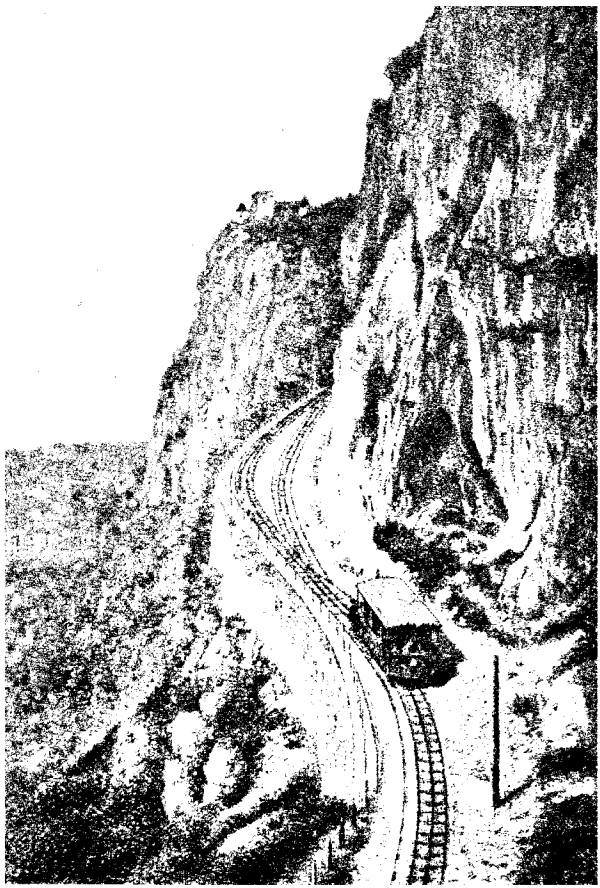


Рис. 269. Фуникулярная электрическая дорога.

по этимъ же рельсамъ цѣлый броненосецъ, правда, изъ полотна и картона, экипажъ котораго выкрикивалъ имя пропагандируемаго кандидата и т. д.

Смѣшанная электрическая тяга.

На трамваяхъ, пути которыхъ проходятъ частью за городомъ, а частью въ городѣ, и при томъ въ такомъ, въ которомъ, чтобы не испортить красоту улицъ, нельзя устроить проводку воздушнаго провода, приходится примѣнять тягу смѣшанную. Часть пути вагонъ идетъ, получая токъ при помощи троллея съ воздушнаго провода, а другую часть совершаетъ или при помощи аккумуляторовъ, или при помощи подземнаго провода.

Подобная смѣшанная система была впервые примѣнена въ Чикаго, затѣмъ въ 1897 году въ Цюрихѣ. Въ Цюрихѣ вагонъ идетъ съ воздушнымъ троллеемъ до извѣстной

станціи, гдѣ къ нему прикрѣпляютъ особую платформу съ аккумуляторами. Подобная же линія въ послѣднее время открыта въ Парижѣ, но здѣсь аккумуляторы всегда находятся въ вагонѣ и, пока онъ получаетъ токъ отъ воздушнаго троллея, они избыткомъ поступающаго въ двигатели тока заряжаются.

Въ Парижѣ же эксплоатируется линія электрическаго трамвая со смѣшанной тягой и другого рода. Часть пути вагонъ проходитъ, питаясь токомъ отъ воздушнаго провода,

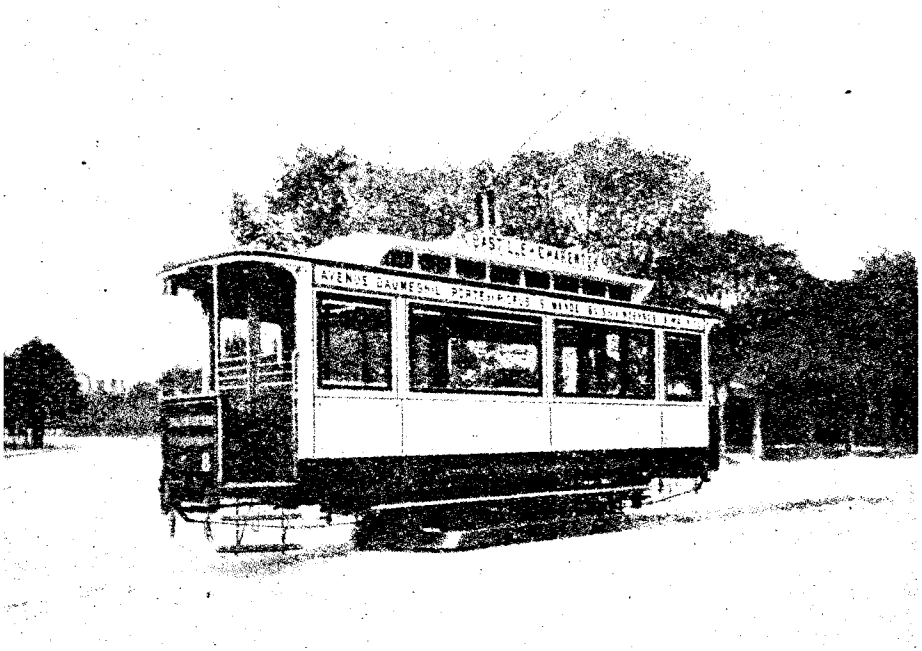


Рис. 270. Вагонъ смѣшанной электрической тяги.

а часть отъ подземнаго. Вагонъ этой линіи — Бастилія - Шарантонъ — изображенъ на рис. 270.

Трамвай съ подземными проводами.

Мы видѣли уже принципъ подобнаго устройства. Токъ поступаетъ въ двигатели вагона черезъ коллекторы, трущіеся о проводъ, помѣщенный въ жолобѣ, закопанномъ въ землю. Въ этомъ жолобѣ также находятся главный и рабочій проводъ и соединенія между ними. Нечего и говорить, что подобное устройство стоитъ значительно дороже воздушной линіи; километръ пути и проводовъ для воздушной тяги обходится въ среднемъ около 20.000 фр., а для подземной до 300.000 фр. Прокладку проводовъ для подземной тяги дѣлаютъ или посрединѣ пути между рельсами (рис. 271), или подъ однимъ изъ боковыхъ рельсовъ (рис. 272). Въ первомъ случаѣ коллекторъ движется въ щели, образованной изъ двухъ спеціальной формы рельсовъ, во второмъ случаѣ одною изъ сторонъ этой щели служитъ обыкновенный рельсъ. Первый способъ употребляется предпочтительно передъ вторымъ, хотя оборудованіе пути для него стоитъ дороже.

При трамваѣ съ подземнымъ проводомъ не только усложняется устройство пути, но также и механизмъ, получающій съ провода токъ и передающій его двигателямъ. Входить въ детали устройства этого механизма мы не имѣемъ здѣсь возможности.

Трамвай съ поверхностными контактами.

При проектированіи первыхъ линій съ подземными проводами явилось опасеніе, что провода и жолоба, въ которыхъ они уложены, будутъ черезъ открытую щель забиваться грязью и мусоромъ, и часто будутъ образовываться такимъ образомъ замыканія на короткую цѣпь, весьма вредныя для машинъ. Можно было ждать частыхъ отъ всего этого перерывовъ въ движеніи. Практика показала, правда, затѣмъ, что не такъ страшенъ чортъ, какъ его малюютъ, и что прочищать жолоба съ проводами и поддерживать ихъ постоянно въ чистомъ состояніи не трудно простымъ промываніемъ водой изъ брандспойта. Какъ бы то ни было, были сдѣланы существенныя попытки для

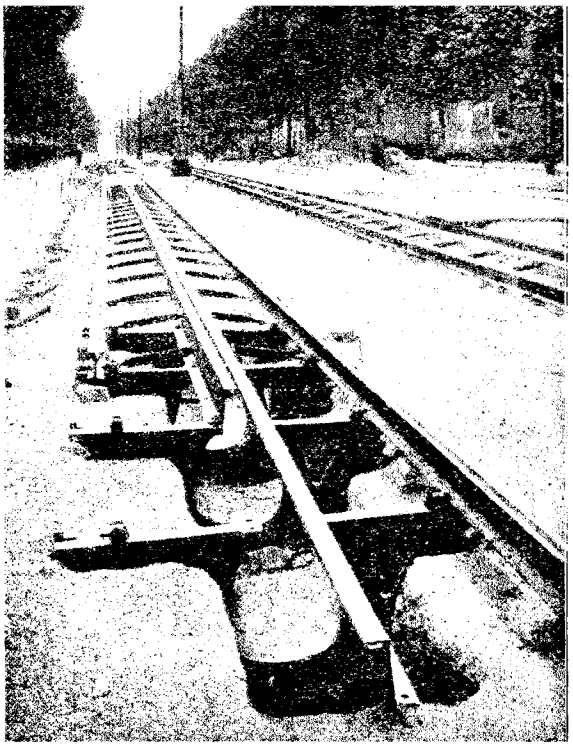


Рис. 271. Постройка пути трамвая съ среднимъ подземнымъ проводомъ.

избѣжанія подобнаго неудобства, именно пытались поднять провода до поверхности пути, устроивъ ихъ такъ, чтобы они не представляли опасности для прохожихъ.

Такимъ образомъ, задача была слѣдующая: надо было устроить проводъ открытый, надъ землей, не поднимая его на столбы, и въ то же время совершенно безопасный. Задача эта была удачно рѣшена инженерами Кларе и Виллемье, воспользовавшимися для этого принципомъ поверхностныхъ контактовъ, впервые выработаннымъ въ Америкѣ.

Вагонъ трамвая, устроенный этими инженерами на Лионской выставкѣ 1894 года, электрически сообщался съ генераторными станціями при помощи контактовъ, обрѣзковъ рельсъ, расположенныхъ на извѣстномъ другъ отъ друга разстояніи въ уровень съ мостовой, которые вводятся въ цѣпь тока послѣдовательно и автоматически только въ моментъ прохода надъ ними вагона. На обоихъ концахъ вагона находятся коллекторы,

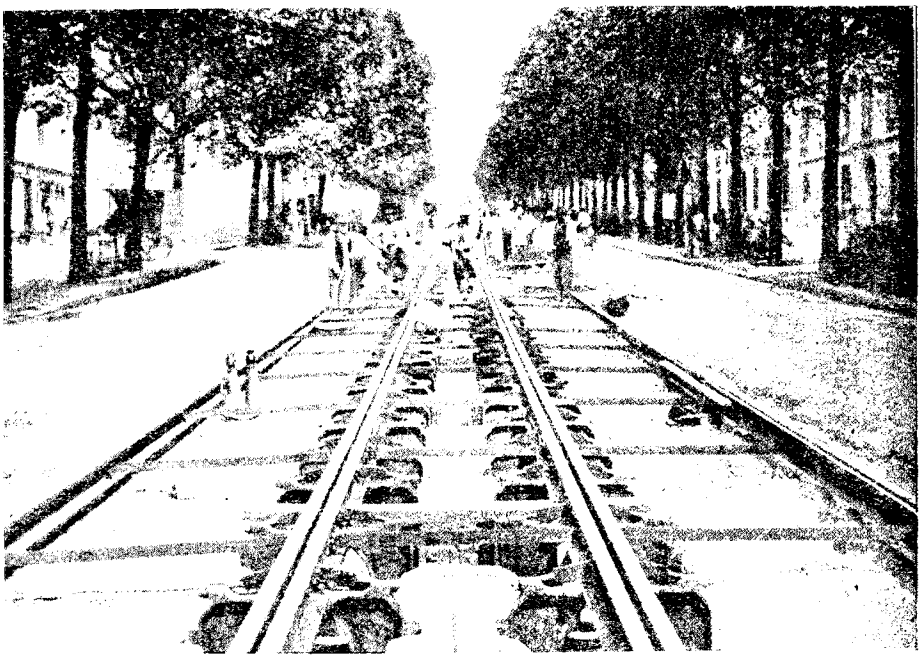


Рис. 272. Постройка пути трамвая съ боковымъ подземнымъ проводомъ.

соединенные другъ съ другомъ проводами. При помощи ихъ электромоторы вагона получаютъ токъ отъ генератора, черезъ посредство контактовъ.

Токъ въ контакты посылается автоматическими распредѣлителями, помѣщенными черезъ каждые 100 метровъ въ особыхъ кіоскахъ или колодцахъ; каждый распредѣлитель обслуживаетъ 12 контактовъ. Состоитъ такой распредѣлитель, въ общихъ чертахъ, изъ колеса съ 12 зубцами, отвѣчающими каждый опредѣленному контакту. При вращеніи



Рис. 273. Электрическій трамвай системы Діатто.

колеса зубцы эти замыкаютъ токъ послѣдовательно на контакты въ порядкѣ ихъ расположенія; токъ сразу въ два сосѣднихъ контакта при этомъ никогда поступать не можетъ. Въ движеніе колесо распредѣлителя приводится особымъ механизмомъ, управляемымъ электромагнитомъ. Какъ только вагонъ входитъ въ соединеніе съ извѣстнымъ контактомъ, электромагнитъ отстопориваетъ механизмъ, и распредѣлитель посылаетъ токъ въ слѣдующій контактъ.

Вагонъ всегда находится въ соединеніи съ двумя контактами, и самъ посылаетъ токъ въ слѣдующій контактъ, покидая предыдущій.

На генераторной станціи въ Ліонѣ находилась динамомашина, посылавшая токъ въ 350 амперовъ при 500 вольтахъ. Электродвигатели развивали 20 лошадиныхъ силъ, передача движенія колесамъ была 12 : 1, и вагонъ двигался со скоростью 30 килом. въ часъ. Система управленія ходомъ вагоновъ была обыкновенная. Вагоны шли одинъ за другимъ черезъ каждыя 4 минуты.

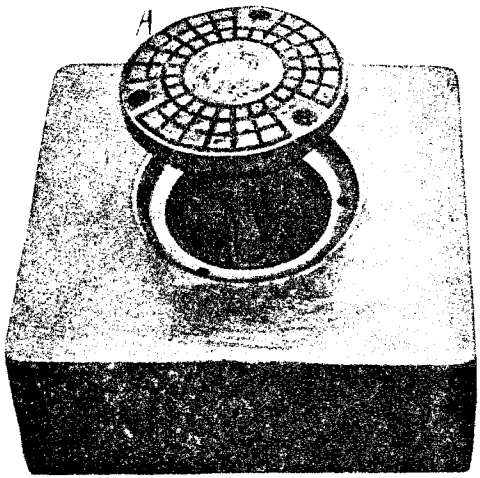


Рис. 274. Контактная плита системы Діатто.

Много общаго съ вышеописанной системой поверхностныхъ контактовъ имѣетъ устройство трамвая, предложенное русскимъ изобрѣтателемъ Линевымъ.

Наиболѣе удачной изъ системъ трамваевъ съ поверхностнымъ контактомъ надо признать систему инженера Діатто, осуществленную въ первый разъ въ Турѣ въ апрѣлѣ 1899 года (рис. 273, 274, 275, 276) и не имѣющую никакихъ деликатныхъ, легко портящихся распредѣлителей тока.

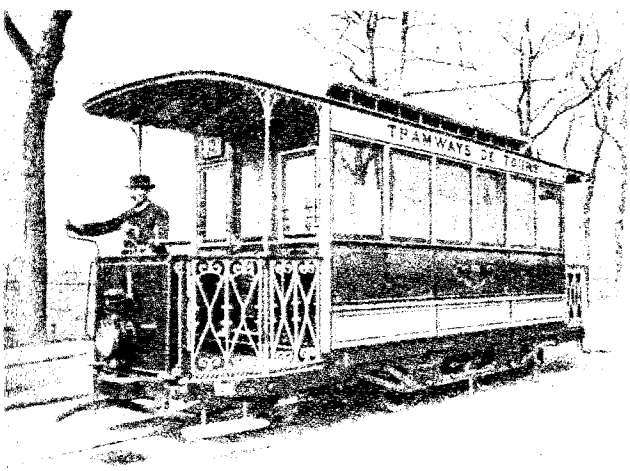


Рис. 275. Вагонъ трамвая Діатто.

Токъ идетъ вдоль всей линіи по изолированному, скрытому совершенно подъ землей проводу, а контактные механизмы вдѣланы въ особыя плиты (рис. 274), расположенныя на извѣстномъ разстояніи другъ отъ друга между рельсами. Въ плиты эти вдѣланы цилиндрическіе желѣзные ящики, на днѣ которыхъ налита ртуть. Въ ртуть эту проводится отвѣтвленіе отъ главнаго тока, и въ нее же опускается прерыватель, состоящій изъ стержня съ двумя какъ бы пуговицами по концамъ. Сверху описываемый ящикъ прикрывается тяжелой желѣзной крышкой A (рис. 274). Прерыватель въ обыкновенномъ положеніи съ крышкой этой въ сообщеніи не находится.

Подъ вагономъ трамвая укрѣпленъ магнитъ, соединенный съ двигателями и заканчивающійся контактнымъ приспособленіемъ, трущимся о крышки A, поднятыя

надъ землею на 20 сант., при прохожденіи надъ ними вагона. Въ моментъ прикосновенія контакта къ крышкѣ А упоминавшійся нами прерыватель подъ дѣйствіемъ магнита подскакиваетъ вверхъ и, не выходя своимъ нижнимъ концомъ изъ ртути, верхнимъ плотно пристаетъ къ нижней поверхности крышки А. Такимъ образомъ устанавливается сообщеніе между главнымъ проводомъ и контактнымъ приспособленіемъ вагона, и токъ поступаетъ въ двигатели. Какъ только контактъ сойдетъ съ крышки А, прерыватель падаетъ, и прекращается соединеніе крышки съ проводомъ.

Вагоны трамвая Діатто (рис. 275) въ Турѣ устроены на смѣшанную тягу, т.-е. могутъ двигаться также и съ помощью воздушнаго троллея. Переключеніе моторовъ съ



Рис. 276. Укладка пути для трамвая Діатто.

троллея на нижній магнитный коммутаторъ производится мгновенно и можетъ быть произведено на ходу вагона.

Практика показала, что система Діатто выполняетъ блистательно свое назначеніе, и, нѣтъ сомнѣнія, ее ожидаетъ блестящая будущность.

Электрическая тяга съ третьимъ рельсомъ.

Намъ остается еще разсмотрѣть послѣднюю систему электрической тяги для трамваевъ, именно систему, перенятую американцами отъ англичанъ и, весьма вѣроятно, представляющую единственное практическое разрѣшеніе въ будущемъ устройства электрическихъ желѣзныхъ дорогъ. Мы говоримъ о системѣ электрической тяги съ третьимъ рельсомъ. Одинъ изъ первыхъ трамваевъ такого типа былъ устроенъ въ Ливерпулѣ, но полотно его, какъ мы уже упоминали, приподнято надъ поверхностью земли приблизительно на 5 м. Все протяженіе дороги 9½ килом. Вагонъ этого трамвая (на 57 пассажировъ) покоится на двухъ платформахъ, изъ которыхъ одна снабжена электродвигателемъ. Якорь двигателя насаженъ непосредственно на ось вагонныхъ колесъ. Проводомъ служитъ стальной

рельсъ, проложенный между путевыми рельсами, а токъ изъ него воспринимается подвѣшеннымъ у платформы вагона башмакомъ, устройство котораго хорошо видно на рис. 277; обратнымъ проводомъ служатъ рельсы.

Въ Америкѣ разбираемая система была примѣнена въ первый разъ при такихъ обстоятельствахъ: надо было ввести электрическую тягу на участкѣ пути желѣзной дороги между Нью-Гавеномъ и Гартфордомъ (Коннектикутъ); компанія, которой принадлежитъ эта дорога, предположила для того, чтобы уменьшить расходы по устройству электрической тяги, вмѣсто воздушнаго или подземнаго провода проложить просто посреднѣ пути третій рельсъ, укрѣпивъ его на существующихъ пропитанныхъ газовой смолой шпалахъ, безъ какихъ-либо особыхъ изоляторовъ; на скрещиваніяхъ и развѣтвленіяхъ кусокъ рельса предполагалось вырѣзать и производить соединеніе отрѣзковъ при помощи подземнаго кабеля. Подъ моторнымъ вагономъ предполагалось укрѣпить башмакъ (рис. 27 А), ко-

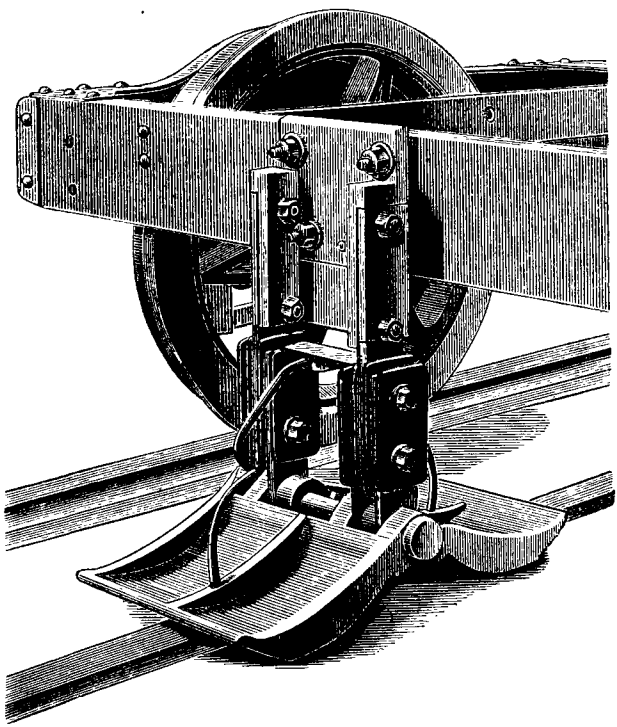


Рис. 277. Коллекторъ тока надземной дороги въ Ливерпулѣ.

торый скользилъ бы по третьему рельсу, принималъ съ него токъ и передавалъ бы его моторамъ. Проектъ такого простого устройства электрической тяги былъ подвергнутъ обсужденію электротехниковъ, единогласно высказавшихся противъ него. Съ цифрами въ рукахъ они доказывали, что при напряженіи тока въ 600 вольтъ и предполагаемой слишкомъ уже упрощенной изолировкѣ потери тока должны быть такъ велики, что онъ не будетъ въ состояніи привести въ дѣйствіе электромоторы вагоновъ. Съ такимъ категорическимъ мнѣніемъ инженеры компаніи, однако, дѣйствуя почти инстинктивно, не согласились, и компанія, побуждаемая надеждой на экономію въ расходахъ, рѣшила устроить установку электрической тяги по выше описанной системѣ.

Надежды инженеровъ компаніи, вопреки предсказаніямъ теоретиковъ, увѣнчались полнымъ успѣхомъ. Электрическіе поѣзда прекрасно, съ достаточной скоростью, пробѣгаютъ 12 килом. между Нью-Гавеномъ, и Гартфордомъ и даже во время дождя, при пол-

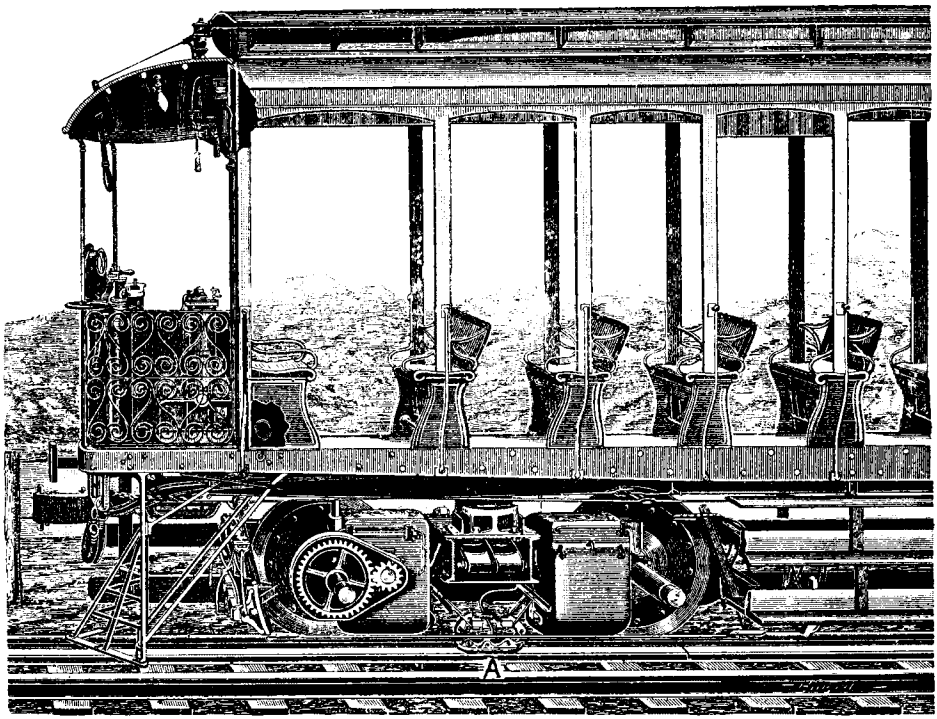


Рис. 278. Механизмъ Нью-Гавенскаго моторнаго вагона.

номъ затопленіи полотна водой, въ силу большого сѣченія, а слѣдовательно—малаго сопротивленія рельса, проводящаго токъ, потери этого послѣдняго самыя незначительныя, всего около 0,5 ампера.

Рис. 278 представляетъ разрѣзъ вагона Нью-Гавенскаго трамвая, а на рис. 279 изображенъ общій видъ полотна вмѣстѣ съ поѣздомъ.

Система съ третьимъ рельсомъ въ моментъ устройства ея въ Нью-Гавенѣ не являлась новостью; мы имѣли случай говорить, что еще въ 1879 году Сименсъ устроилъ подобный трамвай въ Берлинѣ; далѣе мы упоминали о Ливерпульскомъ трамваѣ; наконецъ, такая же система была примѣнена на первой подземной желѣзной дорогѣ въ Лондонѣ. Особенность установки въ Нью-Гавенѣ состоитъ въ томъ, что здѣсь было приспособлено къ электрическому движенію полотно обыкновенной желѣзной дороги, не были приняты никакія особыя мѣры къ изоляціи третьяго рельса, и все переустройство паровой тяги на электрическую было исполнено съ весьма небольшими затратами. Надо имѣть въ виду, что, въ силу опасности, представляемой голымъ надземнымъ проводомъ (третьимъ рельсомъ) для пѣшеходовъ, такая система можетъ быть допустима только на подземныхъ или вообще положительно для доступа пѣшеходовъ закрытыхъ дорогахъ. Да и на подобныхъ дорогахъ, пожалуй, желательно было бы, и вовсе не невозможно съ технической стороны, пускать токъ только въ опредѣленные участки пути передъ проходомъ поѣзда и прерывать токъ послѣ его прохода.

Какъ бы тамъ ни было, послѣ 1897 года, когда проведенъ былъ Нью-Гавенскій трамвай, въ Америкѣ положительно набросились на тягу съ третьимъ рельсомъ, и число подобныхъ линій считается теперь тамъ десятками. Многіе американскіе инженеры вѣрятъ въ блестящую будущность этой системы и полагаютъ, что при помощи ея на прямой или съ закругленіями весьма большого радіуса дорогѣ можно будетъ достичь удивительнѣйшей скорости передвиженія. Существуетъ предположеніе, между прочимъ,

соединить Нью-Іоркъ съ Филадельфіей электрической дорогой, вагоны которой будутъ двигаться со скоростью въ 274 килом. въ часъ! Всѣ теоретическіе подсчеты говорятъ за полную возможность осуществить этотъ проектъ какъ съ технической, такъ и съ экономической стороны при помощи электрической тяги съ третьимъ рельсомъ. Проектируются два пути,—съ двумя, слѣдовтельно, третьими рельсами: вагоны проектированы весьма большой длины и вѣса въ 150 тоннъ каждый. Основаніемъ вагону должны служить двѣ тележки съ тремя парами, по концамъ, колесъ діаметра приблизительно въ 2,15 метра.

Разстояніе между Нью-Іоркомъ и Филадельфіей равно 85 милямъ или 136¼ километр., его предполагается пробѣгать въ 30 минутъ. Полагая 12 минутъ на малую скорость движенія въ началѣ и концѣ пути, вагонамъ на остальномъ его протяженіи придется итти со скоростью 273,6 килом. въ часъ или 4.560 метровъ въ минуту. Такая значительная скорость не пугаетъ составителей проекта; колеса вагоновъ при діаметрѣ ихъ въ 2,15 метр. должны будутъ дѣлать 680 оборотовъ въ минуту, и такое число оборотовъ кажется имъ еще умѣреннымъ!

Нечего и думать, чтобы при такой скорости движенія машинистъ могъ разглядѣть путевые сигналы. Поэтому весь путь предполагается разбить на участки, и въ случаѣ какой-либо опасности токъ на соотвѣтственномъ участкѣ будетъ автоматически прерываться. Машинистъ не можетъ не замѣтить, что токъ не поступаетъ больше въ вагонъ и тотчасъ же пуститъ въ дѣло тормоза. Имѣя въ виду, что при самой быстрой остановкѣ поѣздъ, имѣющій поступательную скорость въ 273 километра, по инерціи долженъ пройти 3.350 метровъ, на Филадельфійской дорогѣ предполагается пускать поѣзда на разстояніи 7.000 метровъ одинъ отъ другого.

Система электрической тяги съ третьимъ рельсомъ прививается понемногу и въ Европѣ. Такой системы трамвай функціонировалъ на послѣдней Парижской выставкѣ. Подобное же устройство принято Орлеанской желѣзной дорогой на вѣтви, идущей отъ

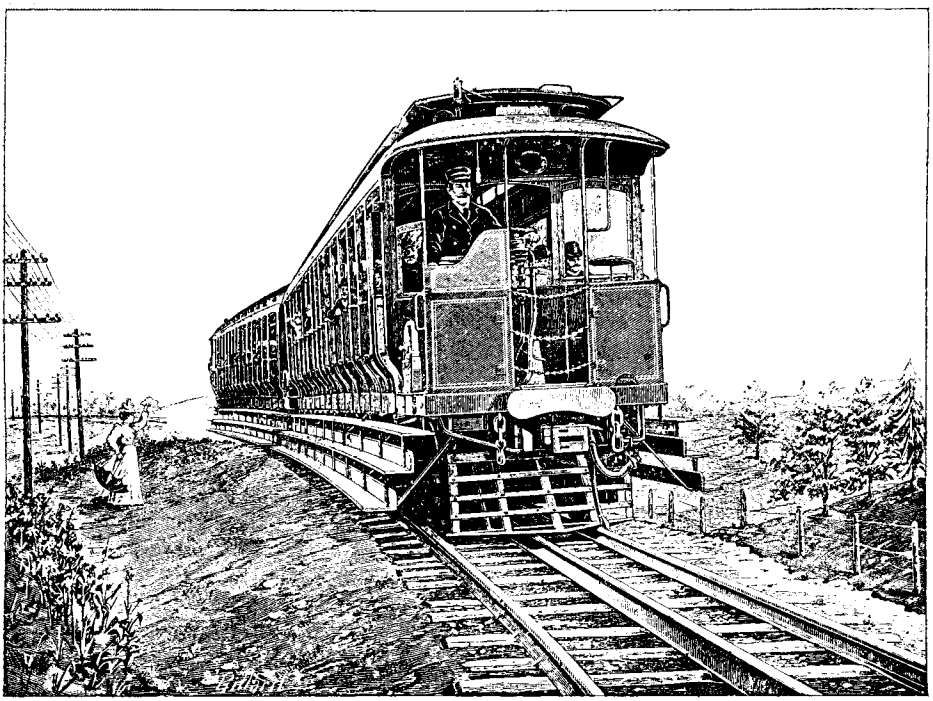


Рис. 279. Электрическая желѣзная дорога изъ Нью-Гавена въ Гартфордъ.

фортификацій Парижа до новаго вокзала на Орсейской набережной. Такъ какъ здѣсь приходится перевозить большіе и тяжелые поѣзда, то имѣются спеціальные электрическіе локомотивы вѣсомъ въ 45 тоннъ съ моторами въ 700 лошадиныхъ силъ. Токъ изъ генераторной станціи идетъ по металлическому большого сѣченія проводу, уложенному сбоку рельсовъ и на поверхности пути; поступаетъ онъ въ локомотивъ при помощи шести коллекторовъ.

Подобный локомотивъ имѣетъ четыре оси и четыре мотора въ 125 киловаттъ каждый, нормально онъ можетъ тянуть поѣздъ въ 250 тоннъ со скоростью 50 километр. въ часъ, а въ случаѣ крайней нужды справится и съ поѣздомъ въ 300 тоннъ. Съ подобнымъ поѣздомъ онъ свободно беретъ подъемы въ 11 мм.

Параллельно съ главнымъ проводомъ на Орлеанской дорогѣ, въ нѣкоторыхъ ея мѣстахъ, а именно при входѣ въ вокзалъ и на служебныхъ путяхъ, идетъ и воздушный проводъ. Поэтому локомотивы снабжены не только коллекторами, но и воздушнымъ троллеемъ.

Компанія Западныхъ желѣзныхъ дорогъ на участкѣ пути, лежащемъ въ самомъ Парижѣ, также вводитъ локомотивы, питающіеся токомъ отъ третьяго рельса, уложеннаго сбоку

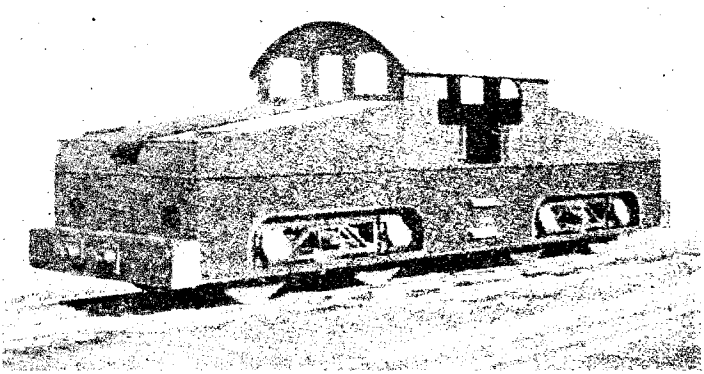


Рис. 280. Электрическій локомотивъ подземной желѣзной дороги въ Лондонѣ.

обыкновенныхъ. Электрическіе локомотивы этой компаніи вѣсятъ 120 тоннъ, и, въ виду довольно крутыхъ подъемовъ, скорость ихъ въ среднемъ не превышаетъ 60 килом. въ часъ.

Въ Лондонѣ подземныя дороги всѣ переходятъ на электрическую тягу съ третьимъ рельсомъ; на рис. 280 изображенъ локомотивъ одной изъ новѣйшихъ лондонскихъ подземныхъ дорогъ. Подобная же система тяги принята и на Парижскомъ метрополитэнѣ.

Электрическіе автомобили.

Первый электрическій автомобиль появился въ 1881 году; это былъ трехколесный велосипедъ, приводимый въ движеніе электрическимъ моторомъ и аккумуляторами Планше, выпущенъ мастерскими Труве въ Парижѣ; первая попытка примѣнить электричество къ движенію экипажей была сдѣлана такимъ образомъ съ велосипедами. Однако, дальнѣйшая практика показала съ ясностью, что будущее принадлежитъ не электрическимъ велосипедамъ, а крупнымъ автомобилямъ. Дѣло въ томъ, что источникомъ электричества для свободно движущихся экипажей могутъ служить только аккумуляторы, а они, какъ мы своевременно видѣли, имѣютъ всегда весьма большой вѣсъ, трудно выдерживаемый легкими велосипедами. Отсутствіе другихъ источниковъ тока,

которые могли бы быть примѣнены къ свободно движущимся экипажамъ, кромѣ аккумуляторовъ, представляющихъ, собственно, не источникъ, а только магазинъ электричества, весьма ограничиваютъ сферу дѣйствія электрическихъ автомобилей; эти автомобили не могутъ пробѣгать слишкомъ большихъ разстояній и удаляться отъ электрическихъ станцій, гдѣ можно было бы возобновить зарядку аккумуляторовъ. Мѣсто дѣйствія электрическихъ автомобилей—большіе города. Въ этомъ отношеніи они не могутъ конкурировать съ автомобилями паровыми и бензиновыми, но зато каковы ихъ преимущества въ другихъ отношеніяхъ! Чистота, отсутствіе запаха и шума, легкость управленія, подвижность проводниковъ энергіи, позволяющая помѣщать источникъ ея (аккумуляторы), напримѣръ, сзади экипажа, а моторъ на передней оси, отсутствіе неизбѣжныхъ толчковъ вслѣдствіе хода поршней, — все это дѣлаетъ поѣздки на электрическихъ автомобиляхъ не только пріятными, но и безопасными.

Электрическій автомобиль мало-по-малу завоевываетъ свое мѣсто въ городскомъ передвиженіи. Америка потеряла счетъ электрическимъ экипажамъ; въ Англіи они цир-

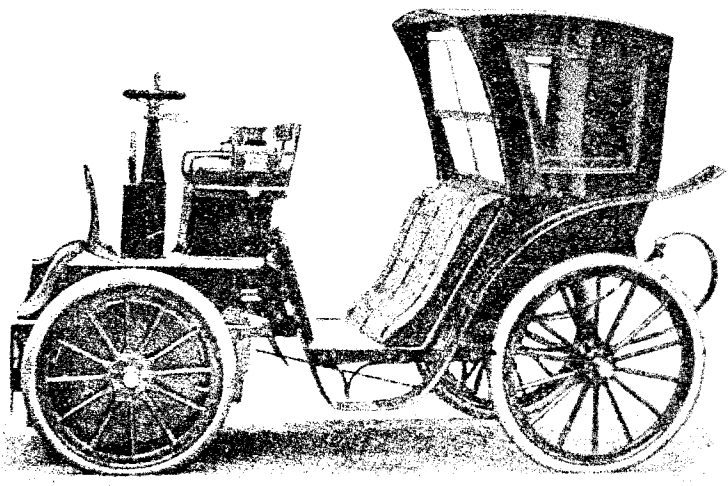


Рис. 281. Электрическій автомобиль Мильде и К°.

кулируютъ въ большомъ количествѣ по всѣмъ городамъ; въ Парижѣ также имѣется компанія электрическихъ фіакровъ.

Какъ на одинъ изъ наиболѣе удобныхъ электрическихъ экипажей, мы можемъ указать на лондонскій, введенный въ практику въ недавнее время.

Кузовъ этой кареты, совершенно независимый отъ мотора и аккумуляторовъ, поддерживается особо мягкими рессорами. Моторъ, дающій 900 оборотовъ въ минуту и имѣющій всѣ части, какія только возможно, изъ особаго алюминіеваго сплава, что даетъ ему большую легкость, заключенъ вмѣстѣ съ зубчатой передачей на заднюю ось въ ящикѣ. Передача перемѣнная, и, не мѣняя нормальной скорости вращенія мотора, поступательную скорость движенія экипажа можно измѣнять отъ 20 до 8 кил. въ часъ. Подъ рукой у механика имѣется два колеса: одно отъ руля, другое отъ передачи. Руль дѣйствуетъ на заднюю ось экипажа.

Аккумуляторы заключены въ особый ящикъ, помѣщенный подъ кузовомъ, и для уменьшенія вѣса представляютъ собою целлулоидные ящики со свинцовыми пластинами, изолированными другъ отъ друга также целлулоидомъ. Для возобновленія энергіи можно или заряжать аккумуляторы въ томъ положеніи, какое они занимаютъ въ экипажѣ, или, что чаще и дѣлаютъ, мѣнять весь ящикъ съ ними на новые.

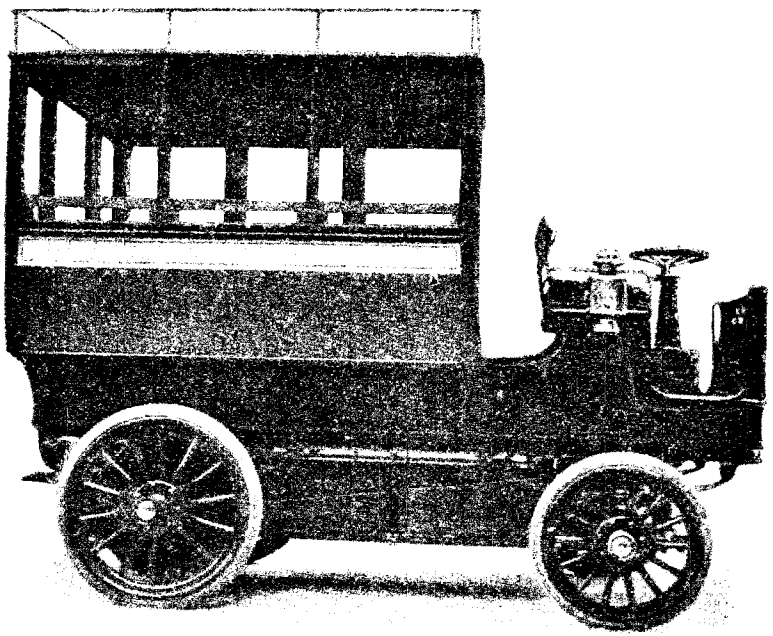


Рис. 282. Электрическій омнибусъ.

Хороши также послѣднія новинки французскихъ электрическихъ автомобилей. Рис. 281 представляетъ кэбъ фабрики Мильде и К° въ Парижѣ со всѣмъ электрическимъ устройствомъ на поворотномъ передкѣ экипажа, на которомъ помѣщаются и козлы для механика. Экипажъ этотъ вѣситъ 950—980 килогр. и можетъ, не возобновляя заряда, пройти 70—75 километровъ. На рис. 282 изображенъ электрическій омнибусъ на 8—10 мѣстъ; возможный для него пробѣгъ—60 километровъ. Рис. 283, наконецъ, представляетъ оригинальный экипажъ, предназначенный спеціально для гонокъ и могущій достичь скорости въ 106 километровъ въ часъ.

Перейдемъ, къ тѣмъ экипажамъ, которые получили широкое примѣненіе и эксплоатируются различными компаніями въ крупныхъ городахъ Стараго и Новаго Свѣта.

Лондонскіе электрическіе фіакры.

Подобный фіакръ изображенъ на рис. 284. Это—закрытое купэ съ помѣщеніемъ для багажа на крышѣ и козлами для машиниста впереди. Аккумуляторы помѣщены въ ящикѣ, подъ кузовомъ купэ и при емкости въ 170 амперъ-часовъ и при токѣ въ 30 амперъ позволяютъ экипажу отъ одного заряда пройти 80 километровъ. Амперометръ, помѣщенный на козлахъ, позволяетъ машинисту слѣдить за остающимся зарядомъ батареи и во время ѣхать за новымъ зарядомъ. Передача отъ мотора къ заднимъ колесамъ хорошо видна на рисункѣ. Для измѣненія скорости движенія между моторомъ и ведущей колеса зубчаткой имѣется дифференціальная шестерня. Руль дѣйствуетъ на поворотный передокъ.

Кромѣ руля и амперометра на козлахъ имѣется рычагъ съ собачкой—коммутаторъ. Измѣненіемъ его положенія между батареей и моторомъ вводится и выключается особое сопротивленіе, а также мѣняется способъ соединенія обмотки двигателя; этимъ достигается измѣненіе скорости движенія въ предѣлахъ отъ 4 до 14 километровъ. Въ извѣстномъ положеніи, кромѣ того, рычагъ замыкаетъ моторъ на короткую цѣпь, что дѣйствуетъ какъ тормозъ.

Подъ ногой механика, кромѣ того, находится педаль отъ механическаго тормоза, который одновременно прерываетъ и токъ изъ аккумуляторовъ въ двигатель. Все устройство, такимъ образомъ, позволяетъ весьма легко управлять фіакромъ и съ полной безопасностью двигаться по самымъ люднымъ улицамъ. Если механику надо сойти съ экипажа, онъ при помощи особаго карманнаго ключа размыкаетъ токъ отъ аккумуляторовъ; безъ этого ключа привести въ движеніе экипажъ снова нѣтъ возможности.

Выше мы говорили, что описываемый фіакръ съ однимъ зарядомъ аккумуляторовъ можетъ пройти 80 километровъ, что представляетъ нормальную дневную работу общественнаго экипажа въ городѣ; въ случаѣ же надобности удвоить эту работу, фіакру надо на 5—6 минутъ заѣхать на станцію Компаніи электрическихъ фіакровъ; станція эта пока одна на весь Лондонъ (и фіакровъ-то у компаніи пока всего 15), но затѣмъ, съ развитіемъ дѣла, будутъ открыты такія станціи въ значительномъ количествѣ въ различныхъ концахъ Лондона. Станція Лондонскихъ электрическихъ экипажей при этомъ только трансформируетъ получаемый ею отъ центральныхъ станцій другихъ обществъ перемѣнный токъ въ токъ постоянный той силы, которая нужна для заряженія аккумуляторовъ.

Фіакръ, заѣхавъ на станцію, останавливается надъ особой платформѣ, которая при помощи гидравлическаго насоса приподнимается. Ящикъ съ аккумуляторами отщѣпляется отъ кузова экипажа и помощью механическихъ же приспособленій переправляется въ особую залу для заряженія; на мѣсто его подается тѣмъ же путемъ другой ящикъ съ заряженной батареей и прикрѣпляется на мѣсто нрежняго. Платформа опускается, и фіакръ выѣзжаетъ со станціи. Вся процедура требуетъ для своего выполненія 6 минутъ.

Относительно экономической стороны дѣла, въ виду сравнительно недавняго учрежденія Лондонской Компаніи электрическихъ фіакровъ, сказать что-либо трудно. Стоимость заряда батареи, обусловливающаго пробѣгъ экипажа въ 80 километровъ, приблизительно составляетъ $2^1/_2$ франка. Компанія до сихъ поръ терпитъ отъ эксплоатаціи своихъ экипажей одни убытки, но, быть можетъ, причинами этого являются, во-первыхъ, слишкомъ



Рис. 283. Гоночный электрическій автомобиль.

высокій, назначенный Компаніей, тарифъ за пользованіе экипажами, а, во-вторыхъ, обиліе въ Лондонѣ удобныхъ и дешевыхъ путей сообщеній (конки, трамваи, подземныя желѣзныя дороги и т. д.).

Съ технической стороны, повторяемъ, лондонскіе электрическіе фіакры общественнаго пользованія не оставляютъ желать почти ничего лучшаго.

Электрическіе фіакры въ Нью-Іоркѣ.

Электрическіе фіакры въ Нью-Іоркѣ появились раньше, чѣмъ въ Лондонѣ, но правильная ихъ работа началась на нѣсколько мѣсяцевъ позже, чѣмъ тамъ.

Американскій фіакръ (рис. 285) не имѣетъ элегантнаго вида своего лондонскаго собрата. Аккумуляторы помѣщаются въ ящикѣ сзади обыкновеннаго англійскаго кэба

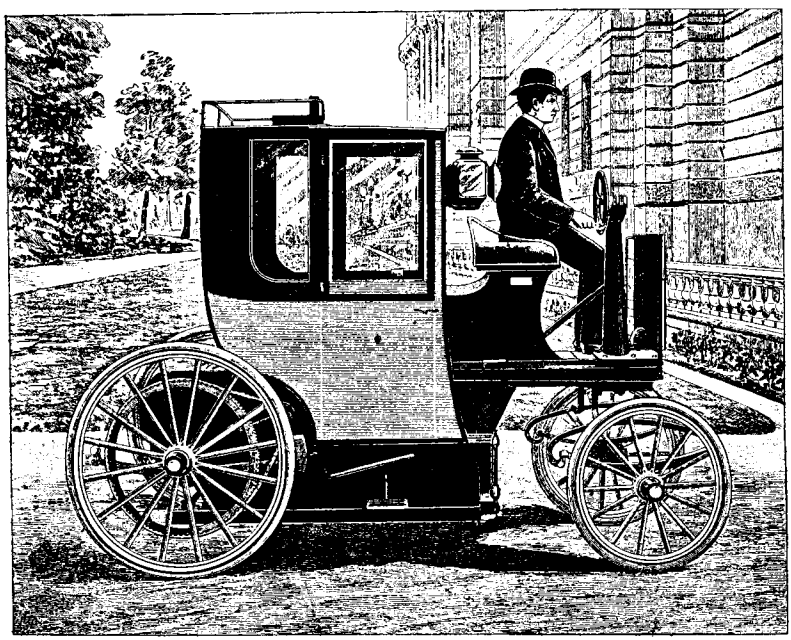


Рис. 284. Лондонскій электрическій фіакръ.

(нашей русской «кукушки», которую можно было видѣть въ Петербургѣ лѣтъ 20—25 тому назадъ); на ящикѣ этомъ укрѣплено сидѣніе для машиниста-кучера. Вѣсъ экипажа—1310 килограммовъ; длина его—2,74 метра, а ширина—1,52 метра.

Всѣ четыре колеса одинаковаго діаметра (0,99 м.), глухія и снабженныя резиновыми пневматическими шинами, толщиной въ 12 сантиметровъ. Вѣсъ каждаго колеса—45 килограммовъ. Два независимыхъ другъ отъ друга мотора въ 2 лошадиныя силы приводятъ въ движеніе переднія колеса экипажа; руль управляетъ задними колесами.

Батарея аккумуляторовъ въ каждомъ экипажѣ содержитъ 48 элементовъ; общій вѣсъ батареи—528 килограммовъ. Емкость ея—100 амперъ-часовъ. Управленіе экипажемъ нѣсколько сложнѣе, чѣмъ это мы видѣли въ англійскихъ фіакрахъ. Съ правой стороны машинистъ имѣетъ вертикальный рычагъ руля, съ лѣвой—рычагъ коммутатора, мѣняющаго соединеніе аккумуляторовъ и тѣмъ обусловливающаго три скорости движенія экипажа (9, 11 и 20 километровъ въ часъ). Подъ дѣйствіемъ правой ноги машинистъ имѣетъ механическій тормозъ, а лѣвой ногой онъ приводитъ въ дѣйствіе рожокъ или звонокъ и

ею же можетъ передвинуть съемный ключъ коммутатора, вовсе разъединяющаго моторъ отъ батареи. Одного заряда батареи хватаетъ, въ среднемъ, на пробѣгъ 50 километровъ. По израсходованіи заряда кэбъ на центральной станціи въ нѣсколько минутъ мѣняетъ весь ящикъ съ аккумуляторами на новый. Замѣна эта производится при помощи механическихъ приспособленій, а соединеніе батареи съ нужными коммутаторами производится автоматически. Все оборудованіе центральной станціи устроено еще болѣе удачно, чѣмъ въ Лондонѣ.

Въ противоположность Лондонской компаніи, Нью-Іоркская дѣлаетъ со своими 100 электрическими кэбами блестящія дѣла; достать свободный электрическій экипажъ въ Нью-Іоркѣ затруднительно. Большая мощность двигателей ихъ и пневматическія шины



Рис. 285. Нью-Іоркскій электрическій фіакръ.

позволяютъ экипажамъ одинаково хорошо работать во всякую погоду; глубокій снѣгъ и сильныя мятели не останавливаютъ ихъ движенія.

Электрическіе фіакры въ Парижѣ.

Фіакры эти (рис. 286) по своему устройству имѣютъ много общаго съ лондонскими. На основной рамѣ помѣщается или купэ, или полуландо (какъ на рисункѣ), или визави; всѣ эти формы экипажа могутъ быть приспособлены къ рамѣ и по желанію замѣнены одна другой. Колеса не имѣютъ пневматиковъ, а обтянуты обыкновенными резиновыми шинами. Аккумуляторы (43 штуки) помѣщаются въ ящикѣ, подвѣшенномъ подъ кузовомъ

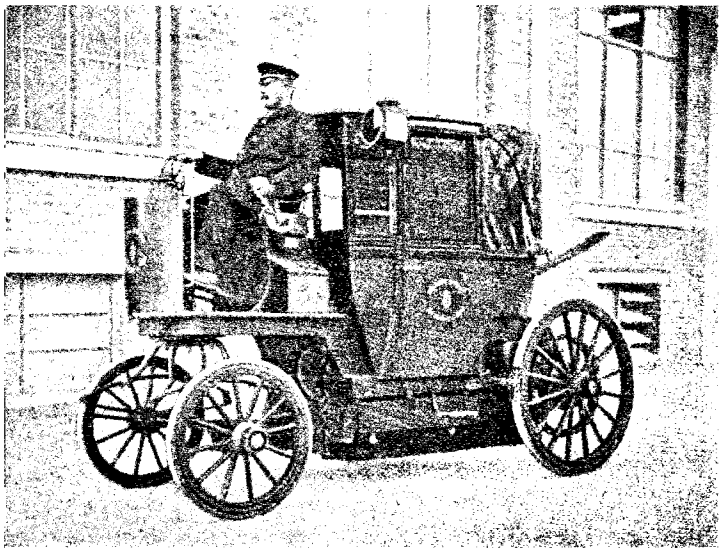


Рис. 286. Парижскій электрическій фіакръ.

экипажа, и вѣсятъ вмѣстѣ съ ящикомъ 750 килогр. Емкость батареи—185 амперъ-часовъ, и одного заряда хватаетъ на пробѣгъ 60 килом. Двигатель въ три киловатта при 80 вольтахъ соединенъ при помощи цѣпей и дифференціальныхъ зубчатокъ съ заднею осью экипажа. Руль дѣйствуетъ на переднія колеса.

Ваттманъ, такъ называютъ въ Парижѣ машиниста электрическихъ экипажей, сидитъ на козлахъ; слѣва у него имѣется рычагъ-коммутаторъ, въ вертикальномъ положеніи прерывающій токъ изъ батареи къ мотору. Рычагъ этотъ при помощи храповаго сцѣпленія устанавливается въ различныхъ 7 положеніяхъ (3—при движеніи рычага впередъ и 4—назадъ), отвѣчающихъ различнымъ скоростямъ движенія, заднему ходу и быстрому торможенію мотора. Руль приводится ваттманомъ въ дѣйствіе вертикальнымъ маховичкомъ. Какъ и въ англійскомъ экипажѣ, имѣются также ножные педальные тормоза и съемный ключъ для размыканія тока.

Ящикъ съ аккумуляторами съемный; замѣна его новымъ на центральной станціи производится очень быстро при помощи подходящихъ механическихъ приспособленій.

Около центральной станціи имѣется плацъ съ манекенами, изображающими различныя группы прохожихъ, велосипедистовъ, и т. д. Здѣсь ваттманъ учится искусству ловко вести свой экипажъ между всякими препятствіями и справляться съ ними при различнаго рода поворотахъ и объѣздахъ.

Въ Парижѣ въ настоящее время въ ходу всего 100 электрическихъ фіакровъ и дѣла эксплоатирующей компаніи изъ не блестящи.

Полусвободные электрическіе экипажи.

Мы видѣли, что аккумуляторная тяга для трамваевъ не привилась, и ее находятъ не выгодной, между тѣмъ, какъ для свободно движущихся экипажей ею только и пользуются. Главная причина этого—та, что только аккумуляторы даютъ экипажу хотя и временную, но полную свободу и независимость движенія. Есть попытки, и вполнѣ удачныя,—отказавшись отъ этой полной свободы движенія, не терять ее, однако, цѣликомъ и не прибѣгать къ дорого стоющему устройству рельсовыхъ путей.

Посѣтители послѣдней Всемірной Парижской выставки, вѣроятно, помнятъ тѣ электрическіе омнибусы, которые курсировали по Венсенскому отдѣлу выставки. Омнибусы

эти ходили по обыкновенной шоссейной дорогѣ и представляли собою автомобили, но получали токъ не отъ аккумуляторной батареи, а отъ воздушнаго провода.

Собираніе тока производилось посредствомъ самодвижущагося контакта. Устройство заключалось въ слѣдующемъ: троллей представлялъ собою телѣжку, которая, будучи приводима въ движеніе трехфазнымъ моторомъ, катилась по проводамъ. Эта телѣжка-троллей обыкновеннымъ проволочнымъ гибкимъ проводомъ соединялась съ моторомъ омнибуса посредствомъ коммутатора, управляемаго машинистомъ. Скорость вращенія двигателя троллея зависитъ отъ скорости движенія омнибуса, при чемъ двигатель троллея разсчитанъ такъ, что скорость его движенія всегда немного больше скорости движенія омнибуса. Такимъ образомъ троллей бѣжитъ впереди омнибуса, на виду у машиниста. Преимущество этой системы заключается въ томъ, что на провода совершенно не передаются толчки, происходящіе отъ неровностей пути и отъ другихъ причинъ.

Главное различіе здѣсь отъ обыкновеннаго устройства воздушнаго троллея состоитъ въ томъ, что экипажъ можетъ итти не непзмѣнно подъ самымъ проводомъ, а въ измѣняемомъ до извѣстной степени отъ него разстояніи, и что троллей не укрѣпленъ на экипажѣ. Троллей можетъ и не имѣть самостоятельнаго движенія, но онъ долженъ быть катящимся и такъ устроеннымъ, чтобы не соскакивать съ провода: тогда, влекомый автомобилемъ за соединяющій проводникъ, онъ и будетъ двигаться.

Въ первый разъ послѣднее устройство было примѣнено въ Америкѣ на чугунно-литейномъ заводѣ Каффрея и Максона въ Лено (Невада). Примѣненный тамъ экипажъ изображенъ на рис. 287. Провода, въ числѣ двухъ, подвѣшены на высотѣ 4,8 метровъ на столбахъ, отстоящихъ одинъ отъ другого на 38 м. Троллей состоитъ изъ двойной шарнирной телѣжки, движущейся по обоимъ проводамъ, и соединенъ съ моторомъ экипажа двумя проволочными проводами. Чтобы дать больше свободы движенію, провода эти намотаны на находящіяся въ задней части экипажа катушки, на которыя дѣйству-

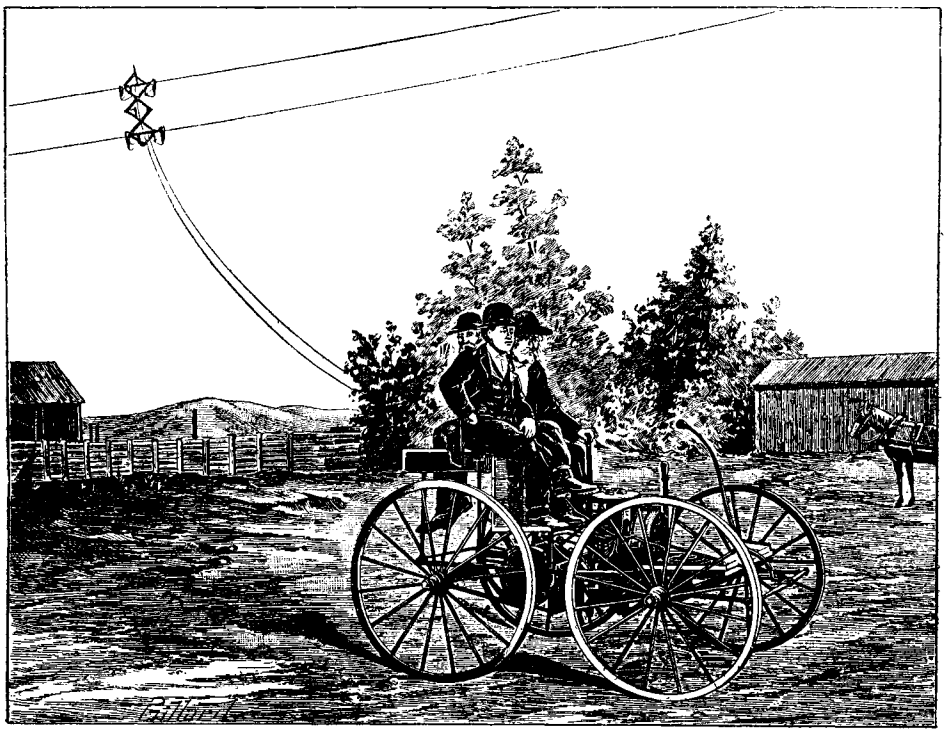


Рис. 287. Полусвободный электрическій автомобиль.

ютъ въ опредѣленномъ направленіи пружины. Сила этихъ пружинъ такова, что они наматываютъ свободно висящій проводъ, но легко его отдаютъ обратно, т.-е. сматываютъ при малѣйшемъ отклоненіи экипажа въ сторону. Такимъ образомъ, экипажъ можетъ вовсе не держаться линіи проводовъ, а выбирать наиболѣе для себя удобныя мѣста на дорогѣ.

Подобнымъ электрическимъ омнибусамъ принадлежитъ, повидимому, блестящая будущность. Омнибусы, идущіе по обыкновеннымъ шоссейнымъ дорогамъ и получающіе токъ отъ воздушнаго провода, представляютъ, пожалуй, разрѣшеніе дешеваго и быстраго сообщенія тамъ, гдѣ расходъ на рельсовое полотно не могъ бы окупиться.

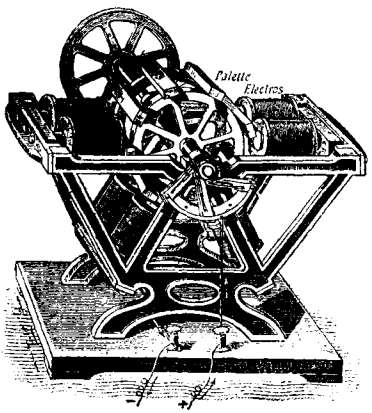


Рис. 288. Электромоторъ Якоби.

Электрическія лодки.

Первая электрическая лодка.

До сихъ поръ мы разсматривали электрическую тягу въ примѣненіи къ сухопутному передвиженію. Но ранѣе первыхъ попытокъ устроить электрическій экипажъ была уже построена электрическая лодка, не имѣвшая, правда, практическаго значенія. Въ 1834 году русскій ученый Якоби, по приказанію Императора Николая I, построилъ эту лодку. Электрическую энергію ему доставляла батарея изъ 128 элементовъ Бунзена, а двигателемъ служила изобрѣтенная Якоби динамомашина (рис. 288), состоявшая изъ четырехъ паръ катушечныхъ электромагнитовъ и вращающагося между ними колеса съ лопастями. Лодка на пробѣ съ успѣхомъ прошла по Невѣ внизъ и вверхъ по теченію, но на этомъ опыты и были закончены. Якоби удалось получить силу только въ 40 килограммометровъ, несмотря на то, что сила тока его батареи была такова, что мѣдная проволока длиною въ 2 метра легко имъ накаливалась докрасна. Химическая реакція въ элементахъ была такъ сильна, что экспериментаторы положительно задыхались отъ выдѣлявшихся окисловъ азота.

Электрическая лодка Труве.

Лодка эта, носившая имя «Эврика», совершила свое первое плаваніе въ Парижѣ, по Сенѣ 26-го мая 1871 года и приводилась въ движеніе отъ батареи изъ 12 элементовъ Труве (съ двухромокаліевой солью). Батарея помѣщалась въ средней части лодки (рис. 289)

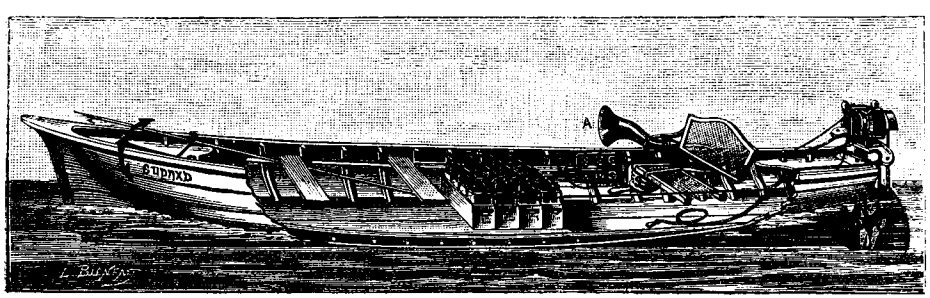


Рис. 289. Разрѣзъ лодки Труве.

и сообщалась съ моторомъ проводами. Электромоторъ (рис. 290) состоялъ изъ подковообразнаго электромагнита, между концами котораго помѣщалась подвижная катушка Сименса съ двумя пластинками изъ мягкаго желѣза. Токъ идетъ по обмоткѣ электромагнита, а съ него при помощи щеточнаго коммутатора переходитъ въ обмотку подвижной катушки.

Помѣщается моторъ на головкѣ руля (рис. 291) и при помощи безконечной цѣпи приводитъ въ движеніе винтъ, укрѣпленный въ самомъ рулѣ. Провода, идущіе отъ батареи къ мотору, вплетены въ шнуры, управляющіе рулемъ, и подъ руками рулевого имѣются къ нимъ коммутаторы M и N.

Укрѣпленіе винта въ самомъ

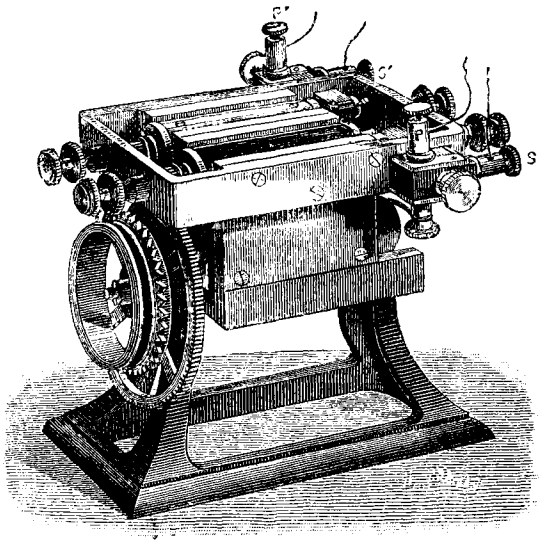


Рис. 290. Электромоторъ Труве.

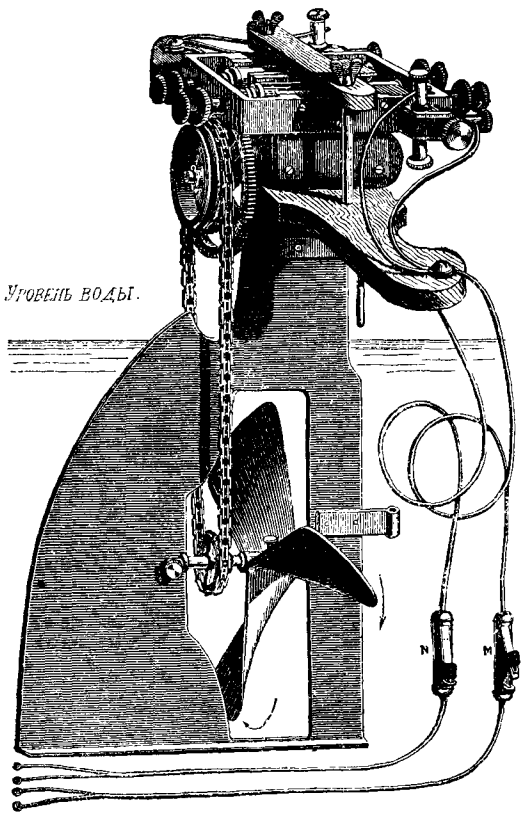


Рис. 291. Устройство винта и руля лодки Труве.

рулѣ и, слѣдовательно, возможность для него работать какъ по оси, такъ и нѣсколько сбоку лодки дѣлаетъ лодку особенно подвижной на поворотахъ.

Послѣ Труве электрическія лодки и яхты стали строить во всѣхъ странахъ. Въ Америкѣ онѣ довольно часто примѣняются для перевозки пассажировъ по рѣкамъ. Источниками тока на нихъ служатъ, конечно, не первичные элементы, а аккумуляторы. Батарея въ 40 аккумуляторовъ позволяетъ лодкѣ съ 12 — 15 пассажирами плыть по рѣкѣ въ продолженіе 8 — 10 часовъ со скоростью 10 километровъ въ часъ.

Къ сколько-нибудь значительной величины судамъ электрическіе двигатели не примѣнимы. Александръ Сименсъ разсчиталъ, что для судна въ 6.000 тоннъ для перехода изъ Европы въ Америку надо было бы взять 40.000 тоннъ аккумуляторовъ! Для большихъ судовъ и далекаго плаванія паровая машина электрическимъ двигателемъ замѣнена быть не можетъ.

Замѣна электричествомъ конной тяги судовъ.

Гдѣ электричеству суждено сыграть большую роль—это при замѣнѣ конной и людской тяги электрическою. Нѣтъ ничего легче, какъ устроить электрическую тягу судовъ по каналу. По берегу, получая токъ отъ воздушнаго провода при помощи троллея, движется достаточно сильный автомобиль, «электрическая лошадь», а къ нему буксиромъ прикрѣпляется одна или нѣсколько баржъ. Подобное устройство въ большомъ ходу въ Америкѣ, а въ послѣднее время и во Франціи. Рис. 292 представляетъ подобный автомобиль, проводящій суда по одному изъ сѣверныхъ каналовъ Франціи. Скорость хода автомобиля съ баржей въ 176 тоннъ составляетъ приблизительно 3 кило-

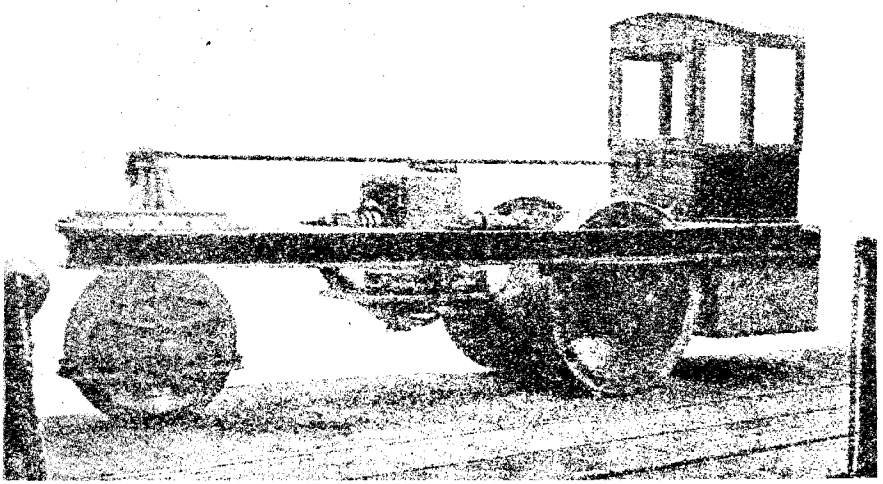


Рис. 292. «Электрическая лошадь».

метра въ часъ. Рис. 293 изображаетъ тягу баржи по каналу подобнымъ электрическимъ сухопутнымъ буксиромъ.

Въ Америкѣ для плаванія по каналамъ примѣняютъ электрическую тягу и иначе: именно на баржѣ помѣщаютъ электродвигатель, соединенный съ винтомъ, и снабжаютъ ее троллеемъ, при помощи котораго она получаетъ токъ съ проводовъ, протянутыхъ вдоль канала. Подобная баржа изображена на рис. 294.

Въ парижскихъ, сплавныхъ для нечистотъ, подземныхъ каналахъ электрическая тяга примѣняется подобнымъ же образомъ. Небольшая лодка снабжена винтомъ и электромоторомъ, получающимъ токъ при помощи троллея съ воздушныхъ проводовъ, протянутыхъ подъ сводомъ каналовъ. Такая лодка буксируетъ нѣсколько шаландъ съ матеріалами и т. п. Впервые подобная тяга была примѣнена въ Ворчестерѣ (Америка). Моторная лодка здѣсь (рис. 295) снабжена не винтомъ, а колесомъ, находящимся въ кожухѣ, посрединѣ.

Все это — примѣненія электричества къ плаванію въ особыхъ, спеціальныхъ условіяхъ. Намъ придется еще разъ вернуться къ нему при описаніи подводныхъ лодокъ.

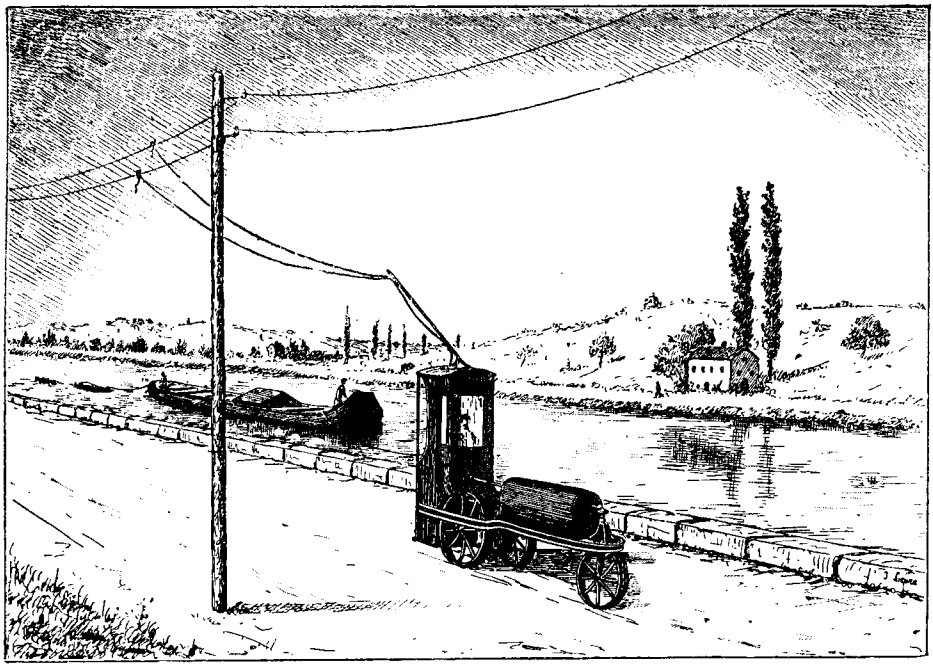


Рис. 293. Тяга баржи «электрической лошадью».

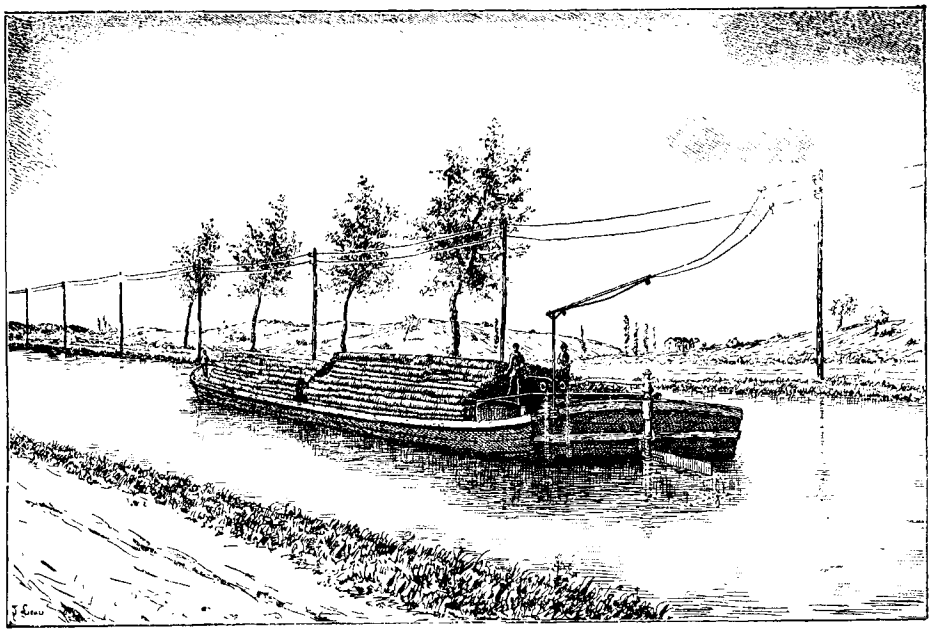


Рис. 294. Баржа съ воздушнымъ троллеемъ.

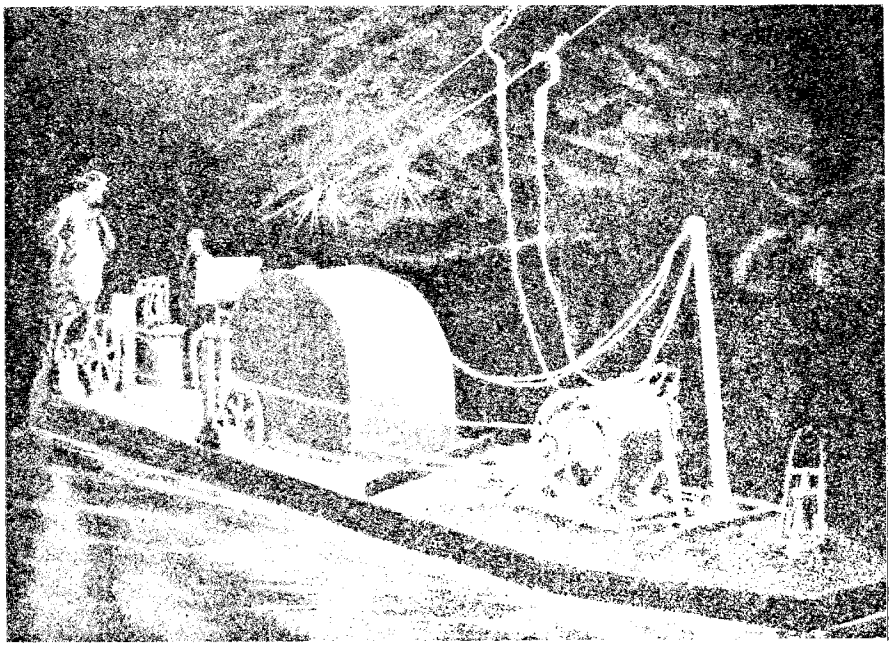


Рис. 295. Электрическій буксиръ въ подземномъ каналѣ.

VIII.

Электролизъ.

Мы видѣли, что механическая энергія можетъ быть переведена въ электрическую,—на этомъ основано устройство динамомашинъ; видѣли также, что, и обратно, въ электродвигателяхъ электрическая энергія можетъ быть преобразована въ механическую; еще въ первой главѣ, съ другой стороны, познакомились мы съ гальваническими элементами, гдѣ источникомъ электрической энергіи служатъ химическіе процессы. Въ гальваническихъ элементахъ мы имѣемъ преобразованіе энергіи химической въ электрическую; по аналогіи съ отношеніями между энергіей механической и электрической, можно и здѣсь ждать обратимости процесса, т.-е. возможности преобразовать электрическую энергію въ химическую, вызвать при помощи электрическаго тока химическіе процессы. Мы въ своихъ умозаключеніяхъ имѣемъ право даже пойти дальше и сказать: если извѣстный химическій процессъ, напр., образованіе извѣстнаго соединенія въ гальваническомъ элементѣ, даетъ опредѣленное количество электрической энергіи, то, наоборотъ, примѣненіемъ къ этому готовому соединенію того же или, во всякомъ случаѣ, не меньшаго количества электричества той же силы мы должны это соединеніе разложить обратно на составныя части. Этотъ процессъ разложенія называется электролизомъ.

Теоретически гальваническіе элементы такъ же обратимы, какъ обратимы динамомашины. Чтобы пояснить это, возьмемъ для примѣра элементъ Даніэля: химическій процессъ, вызывающій токъ, состоитъ въ немъ въ томъ, что мѣдный купоросъ разлагается, мѣдь выдѣляется на положительномъ полюсѣ, а сѣрная кислота, проходя къ цинку и дѣйствуя на него, образуетъ цинковый купоросъ. Такъ вотъ, если такой работавшій уже элементъ Даніэля соединить плюсъ съ плюсомъ, а минусъ съ минусомъ какого-либо

сильнаго источника тока, то въ нашемъ элементѣ долженъ произойти процессъ, обратный тому, который мы видѣли при его работѣ. Цинковый купоросъ долженъ разложиться на цинкъ, осѣдающій на отрицательномъ полюсѣ, и сѣрную кислоту, которая перейдетъ къ мѣди и здѣсь растворитъ тотъ мѣдный налетъ, который былъ выдѣленъ при работѣ элемента. Элементъ такимъ образомъ вернется въ первоначальное положеніе и снова будетъ годенъ въ работу, т.-е. снова будетъ въ состояніи производить электрическій токъ.

Простѣйшій примѣръ электролиза — разложеніе воды. Опустивъ два электрода батареи элементовъ въ подкисленную воду, мы тотчасъ же замѣтимъ, что оба они покрываются пузырьками газа; помѣщая надъ ними пробирки, наполненныя водой, какъ это показано на рис. 296, можно собрать газы и доказать, что на положительномъ полюсѣ выдѣлился кислородъ, а на отрицательномъ — водородъ.

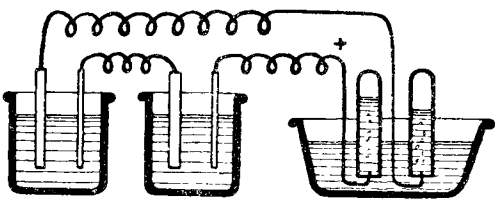


Рис. 296. Электролизъ воды.

Какъ ни просто, повидимому, такое разложеніе воды, выполнить его надо умѣючи. Одинъ элементъ Даніэля, напр., или даже цѣлая батарея ихъ, соединенныхъ параллельно, не вызоветъ, этого разложенія, и не трудно понять—почему. Каждой системѣ элементовъ, какъ мы знаемъ, свойственна опредѣленная электродвижущая сила, не мѣняющаяся отъ измѣненія размѣровъ элемента; батарея изъ параллельно соединенныхъ элементовъ обладаетъ электродвижущей силой нисколько не больше, чѣмъ каждый элементъ въ отдѣльности. Электродвижущая сила элемента зависитъ отъ того химическаго процесса, который въ элементѣ совершается. Каждой химической реакціи отвѣчаетъ токъ опредѣленнаго напряженія, опредѣленной разности потенціаловъ, и напряженіе это зависитъ только отъ характера, отъ сущности даннаго химическаго процесса, а никакъ не отъ массы реагирующихъ веществъ. Итакъ при образованіи въ гальваническихъ элементахъ извѣстнаго рода веществъ освобождается электрическая энергія въ видѣ тока всегда опредѣленнаго напряженія. Отсюда понятно, что и для обратнаго процесса, для разложенія образовавшагося въ элементѣ химическаго соединенія, необходимъ токъ не меньшаго напряженія. Электролизу различныхъ веществъ, такимъ образомъ, должны отвѣчать токи различнаго напряженія; величина напряженія при этомъ должна быть, во всякомъ случаѣ, не ниже той, которая нужна для тока, посредствомъ котораго данное соединеніе можетъ быть получено изъ его элементовъ. Кислородъ и водородъ, соединяясь въ воду, даютъ электродвижущую силу въ 1,5 вольта; поэтому и для разложенія воды на элементы нуженъ токъ не меньшаго напряженія, а электродвижущая сила элементовъ Даніэля равна, какъ мы знаемъ, всего одному вольту. Очевидно, для разложенія воды мы должны взять, по крайней мѣрѣ, два элемента Даніэля, соединенныхъ послѣдовательно. Такой батареи, какъ можно убѣдиться непосредственнымъ опытомъ, оказывается совершенно достаточно для разложенія воды.

Электролизъ воды, такимъ образомъ, требуетъ токъ напряженія въ $1,_5$ вольта; электролизъ другихъ соединеній требуетъ напряженіе иногда бо̀льшее, иногда меньшее. Напряженіе тока, потребное для электролитическаго разложенія какого-либо химическаго соединенія, мы будемъ называть **обратной электродвижущей силой** этого соединенія, этого электролита.

Вотъ нѣкоторыя относящіяся сюда числовыя данныя:

Названіе электролита.	Требуемое напряженіе (обр. электр. сила).	Названіе электролита.	Требуемое напряженіе (обр. электр. сила.)
Вода	1,48	Окись мѣди	0,80
Поваренная соль . . .	4,23	Цинковый купоросъ . . .	2,28
Хлористый цинкъ . .	2,10	Мѣдный купоросъ	1,20
Перекись свинца . .	0,26	Сѣрнокисл. свинецъ	0,45

При электролизѣ различныхъ тѣлъ металлы и водородъ всегда выдѣляются на отрицательномъ полюсѣ, а кислотные остатки, кислородъ и металлоиды—на положительномъ. Отрицательный полюсъ въ электролизѣ носитъ названіе катода, а положительный—анода. Та часть химическаго соединенія, которая выдѣляется на катодѣ, называется катіономъ, а та, что̀ выдѣляется на анодѣ,—аніономъ.

Законы электролиза.

Съ однимъ изъ законовъ электролиза мы уже познакомились. Онъ касается величины напряженія тока, потребнаго для электролиза; если напряженіе ниже извѣстной величины, то токъ вовсе черезъ электролитъ не проходитъ, и никакого электролиза не происходитъ. Подробнѣе разбирать этотъ законъ мы не будемъ и, чтобы не усложнять вопроса о разложеніи, не будемъ доискиваться, почему обратная электродвижущая сила всегда должна быть выше электродвижущей силы, потребляемой на соотвѣтствующее соединеніе.

Возьмемъ теперь какой-либо электролитъ и пропустимъ въ него токъ напряженія достаточнаго для электролиза, но не слишкомъ сильно превосходящаго обратную электродвижущую силу электролита, которую обозначимъ черезъ E'. Если мы введемъ въ подобную цѣпь амперометръ, то увидимъ, что въ такихъ условіяхъ сила тока, проходящаго черезъ электролитъ, будетъ очень незначительна. Увеличимъ въ два раза разность потенціаловъ источника тока, т.-е. сдѣлаемъ E въ два раза бо̀льшимъ, и снова посмотримъ показаніе амперометра. Сила тока, къ нашему удивленію, окажется увеличившейся въ 5—10 разъ, между тѣмъ какъ по закону Ома, какъ мы знаемъ, она должна была также только удвоиться.

Происходитъ это потому, что законъ Ома приложимъ только къ тѣмъ случаямъ, гдѣ вся электрическая энергія какого-либо источника преобразовывается въ теплоту, какъ это, напр., происходитъ въ цѣпи съ лампочкой накаливанія. Если же хоть часть электрической энергіи переходитъ не въ теплоту, а въ какую-либо другую ея форму, то законъ Ома становится уже больше непримѣнимымъ. При электролизѣ мы имѣемъ именно такой случай, гдѣ часть электрической энергіи тратится на разложеніе электролита, переходитъ не въ теплоту, а въ химическую энергію. По закону Ома, $I = \frac{E}{R}$, т.-е. сила тока равна разности потенціаловъ или электродвижущей силѣ, дѣленной на то сопротивленіе, которое этой электродвижущей силѣ приходится преодолѣвать. При электролизѣ часть электродвижущей силы, равная обратной электродвижущей силѣ, тратится на самый электролизъ, и, слѣдовательно, въ нашемъ примѣрѣ только $E—E'$ идетъ на побѣжденіе пассивнаго сопротивленія системы. Предположимъ, что электродвижущая сила въ нашемъ примѣрѣ равна 4 вольтамъ, обратная электродвижущая сила электролита равна 2 вольтамъ, а сопротивленіе $= 4$ омамъ; сила проходящаго тока тогда должна быть $\frac{4-2}{4} = 0{,}5$ ампера. Увеличимъ электродвижущую силу въ два раза, сдѣлаемъ ее равной 8 вольтамъ; не трудно высчитать, что сила тока тогда будетъ 1,5 амперамъ, т.-е. увеличится не въ два, а въ три раза.

Итакъ, при электролизѣ часть тока $E — E'$ тратится на побѣжденіе пассивнаго сопротивленія, а часть E' идетъ на разложеніе химическаго соединенія. Посмотримъ, какую работу приходится исполнять этой части тока. Работа тока, какъ мы въ своемъ мѣстѣ показали, равна произведенію изъ электродвижущей силы въ вольтахъ на силу тока въ амперахъ. Работа P источника тока въ нашемъ примѣрѣ, такимъ образомъ, равна EI, и эту работу, эту производительность онъ даетъ независимо отъ того, что происходитъ въ цѣпи, съ нимъ соединенной. Но, съ другой стороны, опять-таки мы знаемъ, что работа тока равна сопротивленію, умноженному на квадратъ силы тока, т.-е. что $P = RI^2$, или, написавъ иначе, $P = RI \times I$.

Подставимъ теперь вмѣсто перваго I ту величину, которой оно равно при электролизѣ, т.-е. $\frac{E-E'}{R}$. Получимъ: $R \times \frac{E-E}{R}' \times I = (E — E')\,I$.

Итакъ, источникъ тока даетъ работу равную EI, а въ цѣпи въ видѣ тепла расходуется только (E — E′) I или EI—E′I этой работы; очевидно, остатокъ идетъ на разложеніе электролита EI — (EI—E′I) = E′I: вотъ величина работы, расходуемая на самый процессъ электролиза.

Изъ вышеприведенныхъ соображеній мы можемъ сдѣлать сейчасъ же одинъ выводъ практическаго значенія. При электролизѣ часть электрической энергіи, доставляемой какимъ-либо источникомъ тока, тратится на химическую работу, а часть—на пассивное сопротивленіе. Часть электрической энергіи превращается, такимъ образомъ, въ химическую и совершаетъ полезную для цѣлей электролиза работу, а часть превращается въ теплоту и составляетъ непроизводительный расходъ энергіи. Чтобы получить хороній результатъ при превращеніи электрической энергіи въ химическую, надо, очевидно, чтобы потери ея въ видѣ теплоты были возможно малы,—надо, слѣдовательно, чтобы пассивное сопротивленіе было сведено до возможнаго минимума.

Каковъ же будетъ этотъ наилучшій выходъ химической энергіи? При соединеніи двухъ или нѣсколькихъ тѣлъ всегда выдѣляется одно и то же, точно химиками опредѣленное, количество энергіи. Если къ полученному такимъ образомъ соединенію мы приложимъ то же самое количество энергіи въ видѣ электрическаго тока, и при этомъ напряженіе его будетъ подходящимъ, то наибольшею работою, которую можетъ произвести это количество электрической энергіи, будетъ разложеніе всего образовавшагося соединенія. Разложить большее количество вещества, чѣмъ при выдѣленіи равноцѣннаго количества энергіи было образовано, оно, конечно, не будетъ въ состояніи. Не трудно себѣ представить, наоборотъ, что количество разложеннаго соединенія будетъ даже меньше, такъ какъ при переходѣ одной энергіи въ другую практически мы всегда имѣемъ извѣстныя потери.

Максимумъ работы при электролизѣ, которую можетъ исполнить извѣстное количество электричества, т.-е. максимумъ количества вещества, которое извѣстнымъ количествомъ электрической энергіи можно разложить, зависитъ отъ природы электролита; въ единицу же времени будетъ разлагаться количество вещества, пропорціональное работѣ, затраченной въ видѣ химической энергіи,—работѣ, которая, какъ мы выше вывели, равняется E′I. E′, какъ мы знаемъ, представляетъ для каждаго электролита величину постоянную, такъ что въ концѣ концовъ количество разлагающагося въ единицу времени вещества, или, говоря иначе, количество выдѣляющихся при электролизѣ на электродахъ веществъ зависитъ отъ силы тока I и нѣкотораго коэффиціента, который можно называть электрохимическимъ коэффиціентомъ и который находится въ прямой связи и отношеніи съ эквивалентомъ химическимъ.

Что же касается до общаго количества веществъ, выдѣляемыхъ на электродахъ въ опредѣленный промежутокъ времени, то оно будетъ находиться въ зависимости отъ количества электричества, въ этотъ промежутокъ времени доставленнаго электролиту. Количество электричества, какъ мы знаемъ, измѣряется кулонами. Кулонъ, однако, слишкомъ для нашей цѣли малая единица, и потому его чаще замѣняютъ амперъ-часами, понимая подъ амперъ-часомъ то количество электричества, которое переносится въ часъ токомъ силою въ одинъ амперъ. Амперъ-часъ, такимъ образомъ, равенъ 3.600 кулонамъ.

Въ слѣдующей табличкѣ приведены количества различныхъ тѣлъ, выдѣляемыхъ при электролизѣ токомъ силою въ одинъ амперъ въ продолженіе одного часа:

Названіе тѣлъ.	Вѣсъ въ граммахъ.	Названіе тѣлъ.	Вѣсъ въ граммахъ.
Водородъ	0,03738	Мѣдь	1,17700
Калій	1,45950	Ртуть	3,73450
Натрій	0,85942	Желѣзо	1,04480
Алюминій	0,34018	Никкель	1,09530
Серебро	4,02500	Цинкъ	1,21330

Мы только-что видѣли, что количество выдѣляемыхъ на электродахъ веществъ въ единицу времени зависитъ отъ силы тока. При данныхъ электродахъ, нельзя эту силу

тока съ выгодой увеличивать дальше извѣстнаго предѣла. Сила тока должна быть въ извѣстномъ отношеніи къ поверхности электродовъ. Отношеніе величины силы тока къ поверхности электродовъ называется плотностью тока, и для всякаго электролитическаго процесса существуетъ извѣстная максимальная плотность, перейти за которую— не экономно. Почему это такъ,—станетъ понятно нѣсколько ниже, когда мы постараемся познакомиться поближе съ сущностью процесса электролиза. Пока же мы разсмотримъ еще одинъ частный, весьма важный случай электролиза: электролизъ съ растворимымъ катодомъ.

Электролизъ съ растворимымъ катодомъ.

Мы видѣли, что всякій электролизъ требуетъ извѣстной разности потенціаловъ, находящейся въ зависимости отъ величины обратной электродвижущей силы электролита. Это вѣрно, однако, въ томъ случаѣ, если электроды не реагируютъ химически съ продуктами электролиза,—если они сдѣланы, напримѣръ, изъ угля или изъ платины. Иначе дѣло будетъ обстоять, если электродъ и въ частности анодъ съ продуктами электролиза можетъ вступать въ химическое взаимодѣйствіе; это химическое взаимодѣйствіе является самоисточникомъ химической энергіи, которая дѣйствуетъ въ ту же сторону, какъ и энергія, сообщаемая электролиту извнѣ.

Возьмемъ, напримѣра, въ качествѣ электролита растворъ мѣднаго купороса, а анодомъ—пластинку мѣди; природа катода для насъ не важна. Подъ вліяніемъ тока мѣдный купоросъ будетъ испытывать электролитическое разложеніе, и металлическая мѣдь, выдѣляясь изъ него, будетъ покрывать катодъ все болѣе и болѣе толстымъ слоемъ. Разложеніе это идетъ при поглощеніи электрической энергіи въ 1, 2 вольтъ электродвижущей силы, доставляемой извнѣ, и при помощи ея происходитъ выдѣленіе 1, 18 гр. мѣди въ часъ на каждый амперъ тока. Все это мы разобрали выше. Но вѣдь на ряду съ металлической мѣдью изъ электролита будетъ выдѣляться и кислотный остатокъ, который будетъ отходить къ аноду и на него дѣйствовать. Анодъ будетъ мало-помалу растворяться съ образованіемъ мѣднаго купороса, и количество этой соли въ электролитѣ будетъ этимъ процессомъ возобновляться. Около отрицательнаго полюса все время будетъ происходить разложеніе мѣднаго купороса, съ поглощеніемъ энергіи; около полюса положительнаго, наоборотъ, будетъ происходить образованіе мѣднаго купороса съ выдѣленіемъ того же самаго количества энергіи. Первый процессъ поглощаетъ часть доставляемой электролиту отъ внѣшнаго источника тока электровозбудительной силы, а второй въ томъ же размѣрѣ ее пополняетъ. Въ концѣ концовъ въ такой системѣ съ растворимымъ анодомъ происходитъ переносъ металла отъ положительнаго полюса къ полюсу отрицательному безъ затраты внѣшней энергіи, кромѣ только какъ на побѣжденіе пассивныхъ сопротивленій, и безъ существеннаго измѣненія состава ванны-электролита.

Все нами вышеизложенное станетъ еще понятнѣе, если мы немного ближе всмотримся въ самый процессъ электролиза, постараемся познакомиться съ его сущностью и наиболѣе принятыми для его объясненія представленіями.

Теорія электролитической диссоціаціи.

При электролизѣ воды, какъ мы видѣли, на электродахъ выдѣляются водородъ и кислородъ. Изъ этого не слѣдуетъ, однако, чтобы вода разлагалась токомъ непосредственно на эти свои составныя части. Химически чистая вода не проводитъ тока и не разлагается имъ. Электролизу подвергается всего легче или подкисленная или, по крайней мѣрѣ, не перегнанная вода, содержащая въ растворѣ различнаго рода металлическія соли. Эти соли, собственно, и разлагаются токомъ, при чемъ металлы выдѣляются

на электродѣ отрицательномъ, здѣсь реагируютъ съ водою и, соединяясь съ ея кислородомъ, выдѣляютъ свободный водородъ. Вторая половина разложенныхъ электролизомъ солей—аніонъ, на положительномъ полюсѣ, соединяется съ водородомъ воды, освобождая свободный кислородъ. Въ водѣ, подкисленной сѣрною кислотою, электролизу подвергается эта кислота; катіонъ ея, H, выдѣляется на катодѣ, а на анодъ идетъ аніонъ SO_4, распадающійся на SO_3, и O. O выдѣляется свободнымъ, а S, реагируя съ водой, регенерируетъ сѣрную кислоту H_2SO_4. Въ обоихъ случаяхъ конечными результатами электролиза являются водородъ и кислородъ, но изъ воды они образуются не помощью прямого разложенія, а при вторичныхъ реакціяхъ первоначально образовавшихся продуктовъ. Въ первомъ случаѣ при этомъ, какъ ни какъ, а происходитъ химическое разложеніе воды, съ одной стороны, съ выдѣленіемъ водорода, а, съ другой, съ выдѣленіемъ кислорода, а во второмъ случаѣ вода служитъ только для возобновленія сѣрной кислоты, и выдѣленіе водорода и кислорода происходитъ только изъ этой послѣдней. Бываютъ, конечно, случаи электролиза, гдѣ на электродахъ выдѣляются прямо и непосредственно первоначальные продукты разложенія электролитовъ, но такіе случаи сравнительно рѣдки. Аніонъ почти всегда не выдѣляется, какъ таковой, а вступаетъ въ дальнѣйшую реакцію.

Однако, хотя конечные продукты электролиза и далеко не всегда выдѣляются на электродахъ, при пропусканіи тока въ электролитѣ всегда происходитъ то или другое электролитическое разложеніе. Замѣчательно при этомъ, что, несмотря на то, что дѣйствующій токъ проходитъ черезъ всю электролитическую ванну, разложеніе электролита происходитъ только у электродовъ, или, говоря строже, выдѣленіе продуктовъ разложенія происходитъ только въ этихъ мѣстахъ. Является вопросъ: почему это такъ? Вѣдь если токъ разлагаетъ жидкость, то, казалось бы, онъ долженъ проявлять свое дѣйствіе на всемъ протяженіи жидкости, по которой онъ проходитъ, а не только на электродахъ, мѣстахъ входа и выхода тока. Всего лучше эти явленія объясняются теоріей электрической диссоціаціи растворовъ, разработанной Клаузіусомъ и Арреніусомъ. По этой теоріи, каждая химическая частица, напримѣръ, хлористаго натрія NaCl состоитъ изъ двухъ равно, но противоположно наэлектризованныхъ частей: положительнаго металла и отрицательнаго остатка,—въ данномъ случаѣ хлора. Заряды эти въ частицѣ взаимно нейтрализуются, и эта послѣдняя поэтому является какъ бы вовсе не заряженной. Растворе́ніемъ въ водѣ или иномъ какомъ-нибудь растворителѣ частицы соли отчасти разлагаются, диссоціируются на свои составныя части, и причину этой диссоціаціи приходится видѣть въ томъ, что каждая частица соли быстро и сильно движется въ растворителѣ, сталкивается съ другими частицами и вслѣдствіе этихъ толчковъ распадается. Эти половины, обладающія сильными электрическими зарядами, на которые распадается соль, носятъ названіе іоновъ. Клаузіусъ полагаетъ, что электролитъ не состоитъ исключительно изъ прочныхъ частичекъ: часть атомовъ въ электролитѣ соединена въ частицы прочно, часть—непрочно, а часть частицъ совершенно разложена. Степень прочности каждой отдѣльной частицы постоянно мѣняется. Токъ дѣйствуетъ на разложившіяся частицы и выдѣляетъ іоны на электродахъ. Въ средѣ остальныхъ частицъ отъ взаимныхъ столкновеній частицъ являются опять разложившіяся частицы и т. д. Въ растворѣ поваренной соли совершенно независимо отъ явленій электролиза постоянно находятся какъ цѣльныя частицы NaCl, такъ и отдѣльные іоны Na и Cl. Іоны Na при этомъ заряжены положительно, а іоны Cl—отрицательно. Если въ такую диссоціированную жидкость опустить двѣ пластины электродовъ, изъ которыхъ одна наэлектризована положительно, а другая—отрицательно, то электричество этихъ пластинъ дѣйствуетъ притягивающимъ и отталкивающимъ образомъ на электрическіе заряды іоновъ. Отрицательный электродъ—катодъ притягиваетъ положительно заряженные іоны, а положительный электродъ—анодъ притягиваетъ іоны, заряженные отрицательно. Такимъ образомъ, въ электролитѣ получается непрерывное движеніе всѣхъ катіоновъ въ одномъ направленіи, а аніоновъ—въ другомъ. Но такъ какъ общее число катіоновъ и аніоновъ во всей жидкости всегда остается одинаковое, то жидкость кажется, повидимому, не измѣнившейся вездѣ, кромѣ какъ у электродовъ. Здѣсь дѣло обстоитъ иначе. Положительно наэлектризованные іоны, подходя къ отрицательному электроду, отдаютъ ему свой зарядъ и остаются на немъ, но уже не наэлектри-

зованные. Отрицательно наэлектризованные іоны, въ свою очередь, отдаютъ свой зарядъ положительному электроду и, лишенные заряда, осѣдаютъ на немъ или, если они газообразны, улетаютъ въ воздухъ.

Итакъ, по разбираемой теоріи, не токъ разлагаетъ молекулы: молекулы въ электролитѣ уже по большей части разложены еще въ моментъ и вслѣдствіе растворенія, а токъ вызываетъ только извѣстное движеніе частей молекулы—іоновъ, какъ бы сортируетъ ихъ.

Какъ ни искусственна эта теорія, она, однако, лучше другихъ уясняетъ различныя стороны электролитическихъ процессовъ. Съ ея точки зрѣнія, напримѣръ, весьма наглядно объясняется значеніе для электролиза плотности тока, о которой мы говорили выше. Увеличеніемъ силы тока мы, очевидно, вызываемъ ускореніе движенія іоновъ, но оно выгодно и полезно только до тѣхъ поръ, пока количество іоновъ, подходящихъ къ электродамъ, не больше того, которое можетъ быть этими электродами въ единицу времени лишено зарядовъ.

Практическое примѣненіе электролиза.

Практическое примѣненіе въ техникѣ электролизъ имѣетъ въ, такъ называемой, электрохиміи, гальваностегіи и гальванопластикѣ. Электрохимія преслѣдуетъ полученіе чистыхъ металловъ (электрометаллургія) изъ рудъ и другихъ сложныхъ соединеній и смѣсей, а также и полученіе, при помощи вторичныхъ реакцій при электролизѣ, нѣкоторыхъ болѣе или менѣе дорогихъ препаратовъ изъ веществъ дешевыхъ и легкодоступныхъ (собственно электрохимія). Гальваностегія и собственно гальванопластика, называемая часто вмѣстѣ общимъ именемъ гальванопластики, преслѣдуютъ: первая, т.-е. гальваностегія,—покрытіе одного металла слоемъ другого (никкелированіе, серебреніе, золоченіе и т. д.), а вторая—полученіе точнаго изображенія какого-либо предмета путемъ электролитическаго осажденія металла на поверхность формы, съ которой затѣмъ слой осажденнаго металла снимается. Какъ въ гальваностегіи, такъ и въ гальванопластикѣ, такимъ образомъ, осаждаютъ металлъ изъ электролитической ванны на какой-либо предметъ; только въ первомъ случаѣ заботятся о томъ, чтобы наращиваемый слой плотно къ предмету этому приставалъ, а во второмъ,—чтобы, наоборотъ, его можно было легко отдѣлить.

Гальваностегія и гальванопластика были по времени первыми примѣненіями электролиза, а потому съ нихъ мы и начнемъ.

Гальванопластика. Исторія и общія основанія.

Творцомъ гальванопластики мы должны считать русскаго ученаго Якоби. Работая съ гальваническими элементами Даніэля, онъ въ одинъ прекрасный день замѣтилъ, что на отрицательномъ полюсѣ образуется хрупкая тонкая мѣдная пленка, внутренняя поверхность которой, если снять ее съ пластины электрода, представляетъ собою точный отпечатокъ всѣхъ неровностей этой послѣдней. Якоби приписалъ это сначала случайности, дурному качеству мѣди и, чтобы разобраться въ своихъ сомнѣніяхъ, повторилъ нѣсколько разъ опытъ съ различнаго рода металлическими пластинками, на которыя онъ предварительно наносилъ посредствомъ рѣзца различные рисунки. Всякій разъ, когда ему удавалось снять безъ поврежденія осадившійся слой металла, на немъ оказывалось точное воспроизведеніе этихъ рисунковъ.

7-го октября 1838 года Якоби сообщилъ о своемъ открытіи Академіи Наукъ. Якоби самъ пользовался электролизомъ только для воспроизведенія предметовъ, т.-е. примѣнялъ только чисто гальванопластическій процессъ. Гальваностегія обязана своимъ происхожденіемъ де-ля-Риву и Элькингтону.

Еще въ 1802 году Брюньятелли, ученикъ и другъ Вольты, дѣлалъ попытки электрическаго золоченія, употребляя для этого двойную амміачную соль золота. Опыты его, однако, особаго успѣха не имѣли. Послѣ него этимъ же вопросомъ занимался въ 1839 г. женевецъ де-ля-Ривъ, примѣнявшій возможно нейтральный растворъ хлористаго золота. Результаты имъ были получены хорошіе, но практическаго значенія его способъ золоченія получить не могъ, ибо золотая ванна по мѣрѣ выдѣленія золота становилась все кислѣе и кислѣе, и это обстоятельство ее быстро портило.

Элькингтонъ первый для золоченія и серебренія примѣнилъ ванны щелочныя и тѣмъ сдѣлалъ способы эти вполнѣ выгодными и примѣнимыми въ техникѣ. Патентъ на свой способъ Элькингтонъ взялъ 29-го сентября 1840 года. Нѣсколькими мѣсяцами позже, а именно 8-го іюня 1841 года, подобный же патентъ былъ взятъ во Франціи де-Рюольцемъ. Де-Рюольцъ, однако, болѣе всесторонне освѣтилъ электролитическіе процессы и далъ способы осаждать при помощи ихъ всевозможные металлы; поэтому не удивительно, что Парижская Академія Наукъ, по докладу Дюма въ 1841 году, раздѣлила между нимъ и Элькингтономъ премію Монтіона, выданную въ этомъ году за изобрѣтеніе способовъ покрыванія однихъ металловъ другими.

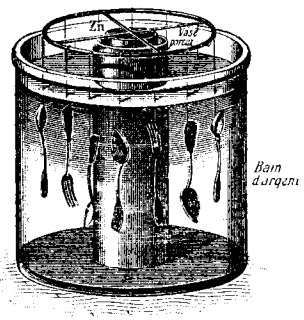
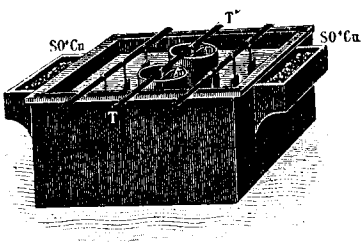


Рис. 297. Гальванопластическая ванна.

Графъ Генрихъ де Рюольцъ, бывшій камергеръ Людовика XVIII, не былъ профессіональнымъ химикомъ; раньше, чѣмъ пробовать свои силы на этомъ поприщѣ, онъ былъ композиторомъ. Въ 1835 году въ Неаполѣ была исполнена съ большимъ успѣхомъ его первая опера: «Лара». На этомъ его музыкальные успѣхи и остановились: вторая его опера: «Вендетта», поставленная въ Парижѣ, провалилась, де-Рюольцъ бросилъ карьеру композитора и занялся техникой. Онъ поступилъ служащимъ въ красильню, и вотъ тутъ-то ему задали задачу выработать практическій способъ золотить серебряныя вещи. Де-Рюольцъ добился въ этомъ направленіи успѣховъ послѣ года работы и по мѣрѣ полученія результатовъ бралъ патенты, которые сейчасъ же продавалъ одному изъ наиболѣе въ то время въ Парижѣ извѣстныхъ и богатыхъ золотыхъ дѣлъ мастеру Кристофлю. Кристофль пріобрѣлъ также и патенты Элькингтона, и, такимъ обра-



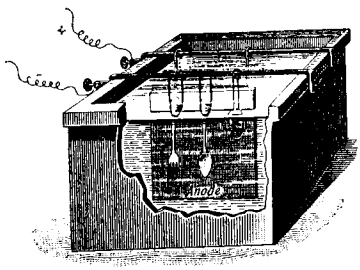


Рис. 298 и 299. Гальванопластическая ванна.

зомъ, дальнѣйшая исторія гальванопластики тѣсно связана съ исторіей дѣятельности торговаго дома Кристофля.

Техническая сторона гальванопластическихъ процессовъ послѣ всего того, что мы говорили объ электролизѣ вообще, намъ, конечно, совершенно понятна. Токъ, проходя черезъ растворъ какой-либо металлической соли, разлагаетъ эту послѣднюю, и металлъ выдѣляется на отрицательномъ полюсѣ. Стоитъ намъ поэтому замѣнить отрицательный полюсъ какой-либо вещью, которую мы желаемъ покрыть слоемъ металла, или привести

эту вещь въ контактъ съ отрицательнымъ полюсомъ (погрузивъ ее при этомъ, понятно, въ электролитъ)—и, если эта вещь способна проводить электрическій токъ, она будетъ покрываться слоемъ выдѣляющагося при электролизѣ металла. Этотъ слой можетъ образоваться медленно или быстро, его можно получить тонкимъ или толстымъ, пристающимъ или не пристающимъ къ электроду и т. д., въ зависимости отъ силы и напряженія тока, продолжительности электролиза и предварительной обработки помѣщенныхъ на катодѣ вещей. Всего проще гальванопластическое наращиваніе металловъ можно произвести въ ваннахъ, изображенныхъ на рис. 297 и 298. Ванны эти представляютъ обыкновенный элементъ Даніэля съ растворомъ мѣдной или серебряной соли. Токъ образуется въ самихъ ваннахъ, и никакой отдѣльной батареи при этомъ не употребляется. Выгоднѣе, однако, бываетъ для гальванопластики употреблять знакомый намъ способъ электролиза съ растворимымъ анодомъ. Ванна для подобнаго электролиза изображена на рис. 299. Въ этомъ случаѣ употребляютъ внѣшній источникъ тока, а электролитическая ванна

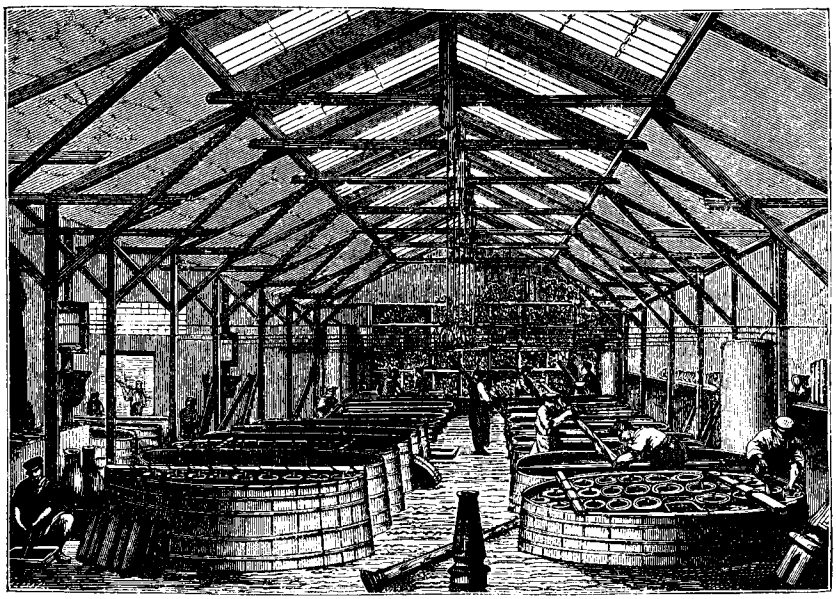


Рис. 300. Отдѣленіе гальваническаго покрыванія мѣдью на заводѣ Удри.

содержитъ только растворимый анодъ; растворъ электролита и покрываемые металломъ предметы соединены съ отрицательнымъ полюсомъ источника тока.

Въ настоящее время существуютъ не только гальванопластическія мастерскія, гдѣ употребляются ванны небольшого размѣра, въ родѣ выше нами описанныхъ, но и огромныя заводскія устройства. На рис. 300 изображена, напр., одна изъ гальванопластическихъ мастерскихъ французскаго завода въ Удри съ гальванопластическими чанами огромныхъ размѣровъ.

Источники электричества для гальванопластики.

Мы только-что видѣли, что токъ для гальванопластики можно брать какъ отъ какой-либо внѣшней батареи, такъ и образовывать его въ самой электролитической ваннѣ, погружая въ нее пористые сосуды и цинки.

Этотъ послѣдній способъ примѣняютъ только при покрываніи гальванопластическимъ слоемъ мѣди мелкихъ предметовъ, помѣщенію которыхъ въ большомъ числѣ въ ваннѣ не мѣшаетъ пористый сосудъ. Во всѣхъ остальныхъ случаяхъ предпочитаютъ употреблять отдѣльные источники тока, при растворимыхъ, а иногда и нерастворимыхъ анодахъ.

Источниками тока при небольшихъ производствахъ служатъ батареи гальваническихъ элементовъ; при большихъ же производствахъ, напримѣръ, у Кристофля, съ этой цѣлью употребляются динамомашины особой конструкціи, дающія постоянный токъ силою въ 300 амперъ. Количества выдѣляемаго на одинъ амперъ тока въ часъ металла нами приведены были выше: электродвижущая сила для мѣди нужна немногимъ больше одного вольта; для серебра, золота и платины—отъ 5 до 6 вольтъ. Обыкновенно, берутъ напряженіе большее. У Кристофля однѣ и тѣ же машины употребляются для осажденія мѣди, серебра и золота; нужное въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ измѣненіе напряженія тока достигается введеніемъ передъ ваннами соотвѣтствующихъ сопротивленій. Для никкелировокъ употребляется у Кристофля другая динамо, съ электродвижущей силой въ 8 вольтъ, дающая токъ въ 80 амперъ. Работа у Кристофля ведется безъ остановокъ день и ночь, но ночью динамомашины замѣняются аккумуляторами.

Разсмотрѣвъ въ общихъ чертахъ основанія гальванопластики въ обширномъ смыслѣ этого слова, перейдемъ къ нѣсколько болѣе подробному разсмотрѣнію отдѣльныхъ операцій гальваностегіи и гальванопластики въ узкомъ смыслѣ.

Гальваностегія.

Какова поверхность покрываемаго предмета, таковъ будетъ и гальванически осажденный слой металла на немъ. Этотъ принципъ служитъ основаніемъ всѣхъ гальванопластическихъ операцій. Всякій предметъ раньше, чѣмъ его золотить, серебрить и т. д., долженъ быть, какъ говорятъ, декапированъ, т. е. отполированъ и очищенъ такъ, чтобы его поверхность была совершенно гладкая, однородная и чистая. О полировкѣ и шлифовкѣ мы говорить не будемъ: это—дѣло мастерской, выпускающей вещь, предназначаемую для покрытія слоемъ какого-либо другого металла. Въ гальванопластическую мастерскую вещи эти должны поступать въ этомъ отношеніи безукоризненныя. При полировкѣ употребляютъ, обыкновенно, масло, и потому металлическія вещи всегда бываютъ покрыты тонкимъ жировымъ слоемъ. Слой этотъ гальванопластическая мастерская должна снять. Производится удаленіе жира иногда сильнымъ нагрѣваніемъ на древесныхъ угляхъ, иногда же мытьемъ въ горячемъ щелокѣ. Обезжиренныя вещи затѣмъ поступаютъ въ, такъ называемую, отбѣлку: для удаленія поверхностнаго, слегка окисленнаго слоя погружаютъ ихъ въ кислую ванну. Для желѣза пользуются разведенной сѣрной кислотой, для мѣди—разбавленной азотной, а иногда смѣсью азотной кислоты съ нова-ренною солью.

Никкелированіе.

Никкелированіе въ настоящее время представляетъ наиболѣе широко распространенное гальваническое покрытіе одного металла другимъ. Впервые примѣнено оно было профессоромъ Беттлеромъ во Франкфуртѣ-на-Майнѣ въ 1842 году.

За основаніе для никкелевыхъ ваннъ берутъ, по большей части, сѣрнокислый никкель или двойную соль сѣрнокислаго никкеля и аммонія. Къ такой ваннѣ для увеличенія проводимости прибавляютъ еще сѣрнокислаго или хлористаго аммонія, а иногда для сообщенія осѣдающему никкелю особенно бѣлаго цвѣта—какой-нибудь слабой кислоты: лимонной, борной и т. п. Никкелированію всего чаще подвергаютъ мѣдныя издѣлія, но въ послѣднее время въ большихъ количествахъ стали приготовлять также никкелированную

жесть, которая получается отъ покрыванія цинковыхъ или желѣзныхъ листовъ слоемъ никкеля. На цинкъ никкель осаждаютъ или непосредственно или по электролитически же предварительно осажденному слою мѣди; желѣзо никкелируютъ—чаще предварительно покрытое слоемъ мѣди.

Серебреніе.

Послѣ никкелированія наибольшее примѣненіе въ промышленности получило серебреніе: до открытія способовъ никкелированія оно было самой распространенной отраслью гальваностегіи. О степени распространенія электролитическаго серебренія можно судить по слѣдующимъ цифрамъ: Кристофль расходуетъ ежегодно на эту операцію свыше 6.000 килогр. серебра, а всего съ 1842 года этимъ торговымъ домомъ издержано на серебреніе свыше 400.000 килогр. серебра на сумму 80 милліоновъ франковъ.

Для серебряной ванны берутъ хлористое, синеродистое, рѣже азотнокислое серебро и растворяютъ его въ водномъ растворѣ синеродистаго калія. Аноды употребляются платиновые или серебряные.

Золоченіе.

Для золотой ванны унотребляютъ синеродистую соль золота и растворяютъ ее въ синеродистомъ или желѣзисто-синеродистомъ кали. Золоченіе предпочтительно ведутъ при нагрѣваніи до 50 градусовъ.

При электролитическомъ золоченіи можно получать различные оттѣнки и окраски. Пользуясь токомъ различной силы, можно измѣнять цвѣтъ осадка отъ свѣтло-желтаго до золотисто-желтаго и даже до темно-желтаго. Прибавка къ ваннѣ серебра (въ ванну опускаютъ серебряный анодъ) даетъ осадку золота зеленоватый оттѣнокъ, а прибавка мѣди (мѣдный анодъ)—красноватый.

Спеціальный интересъ представляетъ золоченіе той тончайшей проволоки, которая идетъ на галуны и золотое шитье. Проволоку пропускаютъ съ мотковъ по каткамъ, которые протаскиваютъ ее черезъ золотую ванну; движеніе проволоки соразмѣряется такъ, чтобы каждая ея часть оставалась достаточно времени подъ дѣйствіемъ тока. Толщину позолоты мѣняютъ замедляя или ускоряя прохожденіе проволоки черезъ ванну. Токъ въ проволоку поступаетъ черезъ тѣ катки, по которымъ она движется.

Покрываніе мѣдью и латунью.

Чаще всего мѣдью покрываютъ какіе-либо предметы съ цѣлью получить, такъ сказать, загрунтовку, къ которой бы лучше пристали слой какого-либо болѣе дорогого металла. Мѣдью грунтуютъ цинкъ и въ особенности желѣзо для послѣдующаго никкелированія, серебренія и золоченія. Для мѣдной ванны употребляютъ насыщенный растворъ мѣднаго купороса, но нѣкоторые полагаютъ, что лучшихъ результатовъ можно достичь съ двойной ціанистой солью мѣди и калія.

Покрываніе латунью представляетъ тотъ интересъ, что здѣсь осаждается сплавъ или, для даннаго случая, вѣрнѣе сказать, смѣсь, соотвѣтствующая общеизвѣстному сплаву—латуни, получаемая одновременнымъ электролитическимъ разложеніемъ въ одной и той же ваннѣ солей мѣди и цинка. Интересно то обстоятельство, что простымъ измѣненіемъ силы тока можно изъ такой ванны получать осадки съ преобладаніемъ того или другого металла съ различными оттѣнками въ окраскѣ. Въ художественной промышленности вещи, покрытыя латунью, носятъ названіе cuivre poli.

Покрываніе желѣзомъ.

Покрываніе желѣзомъ примѣняется для приданія мѣднымъ типографскимъ клише большей прочности. Ванну приготовляютъ изъ желѣзнаго купороса съ примѣсью хлористаго аммонія (нашатыря).

Покрываніе другими металлами.

Покрытіе цинкомъ, свинцомъ и оловомъ возможно, но до сихъ поръ для этого не удалось еще выработать хорошаго практическаго способа. На платинированіе возлагались большія надежды, но до сихъ поръ не удалось посредствомъ электролиза получить достаточно плотный осадокъ платины. Покрываніе палладіемъ самостоятельно также не употребляется, но зачастую его примѣняютъ къ покрытымъ уже слоемъ электролитическаго серебра предметамъ. Этотъ чуть замѣтный слой палладія предохраняетъ серебро отъ почернѣнія подъ дѣйствіемъ сѣроводорода.

Гальванопластика въ собственномъ смыслѣ этого слова.

Гальваностегія имѣетъ задачей покрытіе различныхъ предметовъ плотно къ нимъ пристающимъ слоемъ различнаго рода металловъ. Гальванопластика въ узкомъ смыслѣ этого слова имѣетъ цѣлью воспроизведеніе изъ различныхъ металловъ точныхъ копій съ какихъ-либо моделей—вазъ, статуй, медалей и т. д. Для такого воспроизведенія употребляютъ почти исключительно мѣдь, и весь процессъ въ общихъ чертахъ ведутъ слѣдующимъ образомъ: съ предмета, копію котораго желаютъ получить, снимаютъ при помощи гуттаперчевой массы, смѣси воска со стеариномъ, рѣже гипса, форму, покрываютъ внутреннюю сторону ея мелкимъ слоемъ графитоваго порошка для того, чтобы сдѣлать ее проводящей токъ, и опускаютъ затѣмъ въ электролитическую ванну, какъ обыкновенно. На покрытой графитомъ сторонѣ формы происходитъ наращиваніе металла до желаемой толщины, а затѣмъ металлическій слой съ формы снимаютъ. На немъ оказывается точный отпечатокъ формы. Такимъ образомъ получаются барельефныя, одностороннія гальванопластическія изображенія. При копированіи вазъ, статуй и т. д. приготовляютъ изъ того же самаго матеріала, что и въ первомъ случаѣ, форму, состоящую изъ двухъ частей, покрываютъ ее съ внутренней стороны графитовымъ порошкомъ и складываютъ совершенно такъ, какъ это дѣлается при отливкахъ. Въ нѣсколькихъ мѣстахъ формы продѣлываются отверстія, черезъ которыя электролитъ можетъ проникнуть внутрь формы, а въ середину формы помѣщаютъ каркасъ изъ свинцовыхъ проволокъ, имѣющій приблизительную форму воспроизводимой вещи. Назначеніе его—проводить токъ по возможности равномѣрно по всей поверхности формы. Особенное вниманіе должно быть обращено при этомъ на то, чтобы каркасъ этотъ нигдѣ не соприкасался съ формой, ибо иначе разложеніе электролита, понятно, происходить не будетъ. Рис. 301 изображаетъ форму вазы съ только-что описаннымъ каркасомъ изъ проводовъ, а рядомъ съ нимъ представлена и сама исполненная гальванопластически ваза. Если воспроизводимая вещь слишкомъ велика, чтобы форму съ нея можно было помѣстить сразу въ ванну, то ее воспроизводятъ по частямъ, а части эти потомъ между собою соединяютъ и спаиваютъ. Статуя Богоматери, вышиною въ 9 метровъ, была исполнена торговымъ домомъ Кристофля гальваническимъ путемъ изъ бронзы для церкви Notre Dame de la Garde въ Марселѣ. Не менѣе замѣчательно и другое гальваническое воспроизведеніе, исполненное также Кристофлемъ, а именно воспроизведеніе двери церкви св. Марка въ Венеціи.

Вообще гальванопластика сдѣлала доступными большой публикѣ копіи извѣстнѣйшихъ художественныхъ произведеній. Большое значеніе она имѣетъ для воспроизведенія античныхъ вещей.

Мы говорили уже, что гальванопластическія копіи, обыкновенно, дѣлаются мѣдными, но ничто не мѣшаетъ, конечно, затѣмъ высеребрить, никкелировать или позолотить ихъ тѣмъ же гальванопластическимъ способомъ.

Электротипія. Гальваническія клише.

Гальванопластика примѣняется въ настоящее время, главнымъ образомъ, не для художественныхъ произведеній, а для изготовленія типографскихъ клише. Наиболѣе употребительныя деревянныя клише не выдерживаютъ большого числа снимковъ; поэтому съ рѣзанаго деревяннаго клише, металлизировавъ его графитомъ, дѣлаютъ

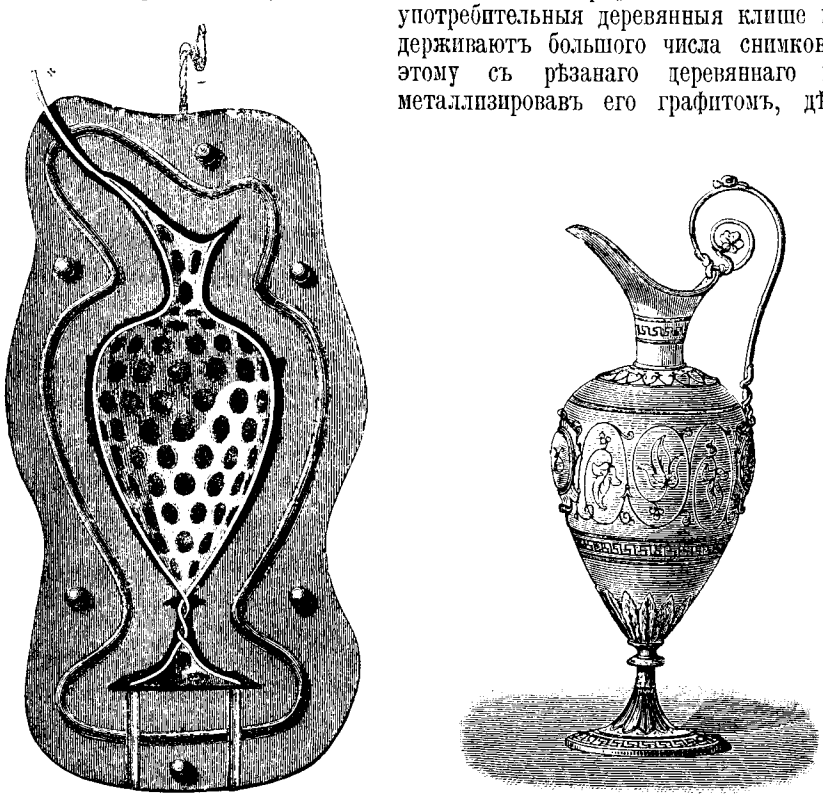


Рис. 301. Разрѣзъ формы вазы и полученная путемъ гальванопластики ваза.

гальванопластическіе слѣпки. Не рѣдко такой же пріемъ примѣняютъ и къ типографскому набору. Со сверстаннаго набора дѣлаютъ гальванопластическое клише, которое затѣмъ поступаетъ на станокъ. Чтобы можно было мѣдныя клише, которыя также, понятно, стираются, воспроизводить въ любомъ количествѣ экземпляровъ, дѣлаютъ съ нихъ, такъ называемыя, матрицы—гальванопластическіе слѣпки съ выпуклымъ русункомъ; съ матрицъ затѣмъ можно приготовить уже любое количество клише. Не рѣдко оригинальное клише дѣлаютъ болѣе прочнымъ, покрывая его гальванопластически желѣзомъ или никкелемъ. Покрытое желѣзомъ клише выноситъ до 15.000, а никкелированное—до 40.000 оттисковъ.

Гравировка и инкрустація.

Если при электролизѣ на отрицательномъ электродѣ происходитъ наращиваніе металла, то на положительномъ идетъ его раствореніе. Этой стороной электролитическаго процесса пользуются для производства гравировки по металлу. Вещь, на которую желаютъ нанести гравировку, покрываютъ какимъ-либо непроводящимъ токъ лакомъ и затѣмъ по немъ выцарапываютъ нужный рисунокъ. Затѣмъ такъ приготовленная вещь помѣщается на мѣсто анода въ электролитическую ванну, и мѣста, не покрытыя изолирующимъ веществомъ, вслѣдствіе растворенія металла углубляются,—получается рѣзанный, гравированный рисунокъ. Можно поступить и иначе: можно рисунокъ нанести какимъ-либо изолирующимъ лакомъ,—тогда онъ останется выпуклымъ, ибо металлъ будетъ растворяться только вокругъ него.

Углубленныя такимъ образомъ части (можно, конечно, углубленіе и рисунки эти сдѣлать и прямо рѣзцомъ) иногда покрываютъ гальваническимъ же путемъ какимъ-либо другимъ металломъ,—получается металлическая инкрустація. Тѣ части, на которыя не долженъ садиться металлъ, конечно, оставляютъ покрытыми изоляціоннымъ веществомъ.

Электрометаллургія. Полученіе и очищеніе мѣди.

Практическое рѣшеніе вопроса добыванія мѣди изъ рудъ электролизомъ даетъ пріемъ, введенный въ технику Сименсомъ и Гальске и примѣняемый съ успѣхомъ на многихъ заводахъ и, между прочимъ, у насъ, на Кавказѣ, въ Кедабегѣ и Калакентѣ. Мѣдь этимъ способомъ даже изъ бѣдныхъ мѣдныхъ рудъ выдѣляется до полупроцента. Не входя въ описаніе практическихъ пріемовъ этого способа, скажемъ нѣсколько словъ только объ его основаніяхъ. Мѣдную руду,—мѣдь въ рудахъ находится въ видѣ или окиси CuO или сѣрнистыхъ соединеній CuS и Cu_2S,—обжигаютъ, при чемъ часть сѣрнистой мѣди и сѣрнистое желѣзо окисляются, и получается обожженная масса, состоящая главнымъ образомъ изъ сѣрнистой мѣди, также получаются и шлаки. Эту массу обрабатываютъ смѣсью растворовъ $Fe_2(SO_4)_3$ и H_2SO_4.

Происходитъ химическая реакція: желѣзная соль, раскисляясь, даетъ желѣзный купоросъ $FeSO_4$, а мѣдь въ видѣ мѣднаго купороса $CuSO_4$ переходитъ въ растворъ. Получающійся такимъ образомъ растворъ мѣднаго и желѣзнаго купоросовъ подвергаютъ электролизу. Для анодовъ пользуются угольными стержнями, а для катодовъ берутъ мѣдные листы. Ванной служитъ плоскій ящикъ; аноды кладутъ на его дно, а катоды помѣщаются сверху и отдѣляются отъ анодовъ особой фильтраціонной тканью. Электролитъ притекаетъ сверху на катоды, а стекаетъ снизу съ анодовъ, все время разлагаясь токомъ. Соли мѣди и желѣза при этомъ распадаются на металлы Cu и Fe и кислотный остатокъ SO_4. Мѣдь сейчасъ же осѣдаетъ на катодѣ, а желѣзо вступаетъ съ мѣднымъ купоросомъ въ реакцію и, вытѣсняя изъ него свободную мѣдь, даетъ желѣзный купоросъ. Мѣдь такимъ образомъ изъ электролита выдѣляется какъ прямо электролитически, такъ и въ результатѣ вторичной реакціи между мѣднымъ купоросомъ и выдѣленнымъ при помощи тока желѣзомъ. Особенно интересно въ этомъ процессѣ, что кислотный остатокъ, выдѣляющійся на анодѣ, не растворяетъ его и не этимъ нейтрализуется и выводится изъ сферы дѣйствія, а дѣйствуетъ все на тотъ же желѣзный купоросъ, переводя его въ сѣрнокислую соль окиси $Fe_2(SO_4)_3$. Къ концу электролитическаго процесса почти вся мѣдь выдѣлится въ видѣ чистаго металла, а все желѣзо перейдетъ въ только-что указанное окисное соединеніе, и жидкость, такимъ образомъ, станетъ годной для новой обработки естественной мѣдной руды.

Еще чаще примѣняется электролизъ къ очищенію, такъ называемой, черной мѣди, получаемой изъ различныхъ естественныхъ рудъ плавленіемъ. Очищеніе это производятъ въ ваннахъ изъ мѣднаго купороса; плиты черной мѣди служатъ анодами, а пластины

чистой мѣди—катодами. Нечистая мѣдь растворяется выдѣляющейся при электролизѣ изъ мѣднаго купороса сѣрной кислотой и служитъ такимъ образомъ для возобновленія мѣднаго купороса, разлагающагося и выдѣляющаго на катодѣ чистую мѣдь. Примѣси, бывшія въ черной мѣди, по большей части падаютъ съ анода въ видѣ осадка на дно ванны, а отчасти остаются въ растворѣ мѣднаго купороса. Изъ другихъ тяжелыхъ металловъ электролизомъ выдѣляютъ только золото, серебро, сурьму, мышьякъ и олово.

Полученіе золота.

Золото изъ золотой руды извлекается слабымъ растворомъ ціанистаго калія. Растворъ сливается въ желѣзные сосуды и подвергается электролизу, при чемъ катодами служатъ свинцовыя пластины, а анодами—желѣзные листы. Золото осаждается на свинцѣ, а аніонъ, дѣйствуя на желѣзо, даетъ берлинскую синь, которая затѣмъ снова можетъ быть превращена въ ціанистый калій. Для отдѣленія золота отъ свинца катодъ расплавляютъ, при чемъ нагрѣваніе доводятъ только до температуры плавленія свинца. Золото остается въ металлическомъ состояніи, а свинецъ, соединяясь съ кислородомъ воздуха, образуетъ окись (PbO), которую возстановляютъ углемъ. Полученный металлическій свинецъ вновь идетъ на приготовленіе катодовъ.

Полученіе серебра.

Серебро электролизомъ преимущественно не получается, а только рафинируется (очищается). Первымъ примѣнилъ электрическое очищеніе серебра техникъ Мебіусъ на одномъ Мексиканскомъ заводѣ. Его способъ нынѣ примѣняется повсюду съ незначительными только измѣненіями. Электролизъ производится въ просмоленныхъ внутри деревянныхъ ларяхъ, имѣющихъ около 0,6 м. ширины и 3,75 м. длины. Каждый ларь раздѣленъ перегородками на семь отдѣленій, въ каждомъ изъ которыхъ имѣется три ряда анодныхъ пластинъ, расположенныхъ между четырьмя рядами катодовъ. Анодомъ служатъ пластины изъ очищаемаго, такъ называемаго, бликковаго серебра, а катодомъ—пластины изъ серебра чистаго; электролитомъ берется растворъ ляписа въ слабой азотной кислотѣ. Аноды заключены въ мѣшки изъ грубаго полотна для собиранія заключающагося въ бликковомъ серебрѣ золота; катоды висятъ свободно, и по бокамъ ихъ устроены деревянныя лопатки, которыми счищаютъ осѣвшіе на нихъ кристаллики серебра. Эти счищенные съ электродовъ кристаллы падаютъ въ ящикъ съ полотнянымъ дномъ; электроды, ящикъ, равно какъ и другія приспособленія укрѣплены на общей деревянной рамѣ и вмѣстѣ съ ней могутъ быть изъ ларя вынуты. Аноды каждаго ряда состоятъ изъ нѣсколькихъ пластинъ, а (рис. 302 и 303), въ 6—10 мм. толщиною, подвѣшенныхъ помощью двойныхъ крюковъ h къ металлической рамѣ R, при чемъ эта послѣдняя служитъ для подвѣшиванія электродовъ и проводниковъ тока къ нимъ. Для этой цѣли сама рама положена на проводники P и N, при чемъ она соприкасается съ проводникомъ отъ анода батареи, а отъ отрицательнаго провода RN отдѣлена изолирующей прокладкой. Какъ сказано выше, анодныя пластины заключены въ мѣшки изъ грубаго полотна, въ которыхъ задерживается выдѣляющійся изъ пластинъ при раствареніи золотой шламъ. Боковыя стѣнки мѣшковъ состоятъ изъ деревянныхъ рамъ G, между которыми натянуто полотно. Рамы G подобно самимъ анодамъ подвѣшиваются къ общей рамѣ R.

Рама R можетъ на ролшкахъ двигаться по рельсамъ n, которые, въ свою очередь, проложены по поперечинамъ другой рамы O, положенной на верхній край стѣнокъ ларя. Движеніе по рельсамъ n передается рамѣ R отъ эксцентрика, штанга котораго соединена съ ползуномъ, двигающимся въ направляющихъ вдоль короткой стороны рамы. Крестовина ползуна соединена со штангой эксцентрика и съ выступомъ рамы R. Рама O вмѣстѣ съ подвѣшенными къ ней проводами, электродами и ящиками можетъ подниматься особымъ подъемнымъ устройствомъ.

Въ каждое отдѣленіе вставляется, какъ сказано выше, деревянный ящикъ C съ дномъ изъ грубаго сукна. Стѣнки ящика сдѣланы сплошными; дно же состоитъ изъ нѣсколькихъ брусьевъ, образующихъ родъ рѣшетки. Брусья рѣшетки удерживаются клиньями. На дно кладется грубое сукно, на которомъ и задерживается очищенный съ катодовъ шламъ. Когда шлама накопится достаточно, ящикъ поднимаютъ, вынимаютъ клинья, отъ чего рѣшетка дна вываливается, и сукно съ накопившимся шламомъ легко можетъ быть вынуто изъ ящика и замѣнено новымъ.

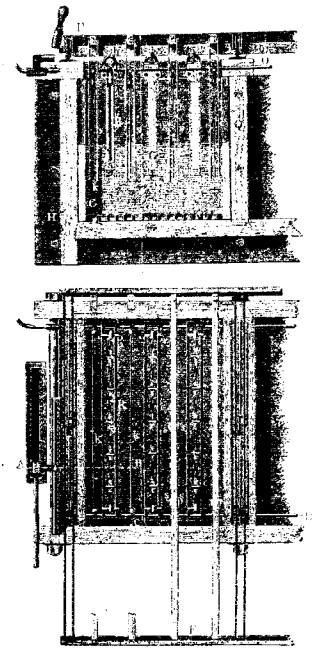


Рис. 302. Разрѣзъ и планъ ящика для электролиза серебра.

Чтобы имѣть возможность вынимать ящикъ вмѣстѣ съ электродами, между стѣнками его проложены перекладины, за которыя онъ подвѣшивается къ рамѣ электродовъ. Катоды состоятъ изъ тонкихъ серебряныхъ пластинъ; каждая пластина припаяна къ круглому мѣдному стержню. На выступающіе за пластину катода края стержня надѣты металлическія скобы V, которыми анодъ подвѣшивается къ проводникамъ P и N. Къ отрицательному проводнику скоба прикасается непосредственно, а отъ положительнаго отдѣлена изолирующей прокладкой I (рис. 303). Проводники сдѣланы изъ толстыхъ мѣдныхъ, латунныхъ или бронзовыхъ стержней, такъ какъ, кромѣ своей непосредственной цѣли — служить проводниками для тока большой силы, они служатъ для подвѣски электродовъ и мѣшковъ, составляющихъ оболочки этихъ послѣднихъ. Электроды смежныхъ отдѣленій соединены въ цѣпь, какъ это показано на прилагаемомъ схематическомъ рисункѣ (рис. 304).

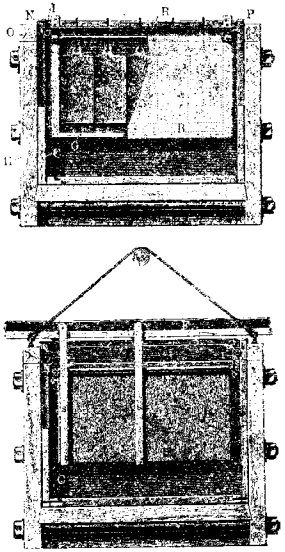


Рис. 303. Приборъ для электролиза серебра.

Приспособленіе для очистки анодовъ отъ осѣвшаго на нихъ серебра состоитъ изъ двухъ паръ деревянныхъ пластинокъ S для каждаго электрода (см. рис. 302 и 303). Пластинки прикрѣплены къ крестовинамъ F, охватываютъ электроды съ обѣихъ сторонъ, и передвигая ихъ—можно очистить аноды отъ накопившихся на нихъ кристалловъ.

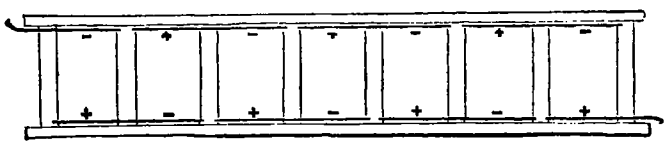


Рис. 304. Схема соединенія ящиковъ въ приборѣ для электролиза серебра.

Ходъ процесса электролиза въ описываемомъ приборѣ—слѣдующій: ванну наполняютъ растворомъ ляписа, подкисленнымъ азотной кислотой; растворъ ляписа берется слабый и въ началѣ операціи, пока въ ванну не перешло еще значительное количество вещества анодовъ, т.-е. серебра, электролитъ состоитъ главнымъ образомъ изъ слабой

азотной кислоты. Въ этотъ періодъ можно, не опасаясь за чистоту осажденія, довести плотность тока до 300 амперовъ на квадратный метръ площади электродовъ и тѣмъ значительно ускорить электролизъ. Съ началомъ растворенія анодовъ увеличивается содержаніе серебра и мѣди въ растворѣ (блинковое серебро всегда содержитъ нѣкоторую примѣсь этого металла), и по прошествіи нѣкотораго времени въ ваннѣ будетъ находиться около 4% мѣди, 0, 3% серебра и 0, 1—1% свободной азотной кислоты. Необходимо поэтому время отъ времени прибавлять въ ванну азотной кислоты и уменьшить плотность тока примѣрно до 200 амперъ на кв. метръ, такъ какъ въ противномъ случаѣ на катодахъ можетъ начаться осажденіе мѣди. При силѣ тока въ 150 амперъ и рабочей поверхности электродовъ около 3,75 кв. метра, въ каждомъ изъ отдѣленій ларя въ продолженіе 36 часовъ переносится, среднимъ числомъ, около 26,1 кил. серебра съ анода на катодъ. Если, какъ это показано на нашихъ рисункахъ, въ каждомъ отдѣленіи имѣется 5 анодныхъ пластинъ, то въ теченіе 36 часовъ произойдетъ почти полное раствореніе пластинъ.

Каждыя сутки серебро изъ ящиковъ вынимается, а каждые три-четыре дня перемѣняютъ анодные мѣшки и собираютъ накопившееся въ нихъ за это время золото, которое затѣмъ тѣмъ или инымъ способомъ очищается.

Полученіе олова.

Олово электролитически добываютъ только изъ обрѣзковъ жести и бѣлаго желѣза. За анодъ берутъ эти обрѣзки, а катодомъ служатъ луженые мѣдные или желѣзные листы. Ванну наполняютъ разведенной сѣрной кислотой. Олово, пока растворъ сильно киселъ, осаждается въ видѣ рыхлой массы, но затѣмъ осадокъ становится зернистымъ, кристаллическимъ.

Во всѣхъ описанныхъ способахъ электролитическое выдѣленіе металловъ ведется мокрымъ способомъ, т.-е. электролитическому разложенію подвергаются водные растворы солей металловъ. Такой способъ, годный для тяжелыхъ металловъ, вовсе не пригоденъ для металловъ легкихъ, ибо они при выдѣленіи сейчасъ же реагируютъ съ водой и даютъ окиси и гидраты окисей, а не свободные металлы; на отрицательномъ полюсѣ выдѣляется при этомъ водородъ. Соединенія, содержащія легкіе металлы, подвергаются электролизу въ отсутствіи воды въ жидкомъ, расплавленномъ видѣ. Въ большихъ размѣрахъ при этомъ получаютъ такимъ образомъ только алюминій, и въ значительно меньшихъ размѣрахъ магній и натрій. Алюминій при этомъ получаютъ какъ чистый, такъ, и еще чаще, въ сплавѣ съ мѣдью, т.-е. прямо въ видѣ алюминіевой бронзы.

Полученіе алюминія.

Для полученія алюминія электрическимъ путемъ примѣняются различные способы. Всѣ эти способы раздѣляются на электротермическіе и электролитическіе. Изъ послѣднихъ наиболѣе интересенъ способъ Геру. Въ угольный тигель помѣщаютъ глину и погружаютъ въ нее пучекъ параллельныхъ угольныхъ пластинокъ. Тигель, состоящій изъ угольнаго сосуда, снабженнаго металлической обкладкой, служитъ отрицательнымъ электродомъ, а пучокъ пластинокъ—положительнымъ. Между ними пропускаютъ сильный токъ, образуется вольтова дуга, которая плавитъ глину, а вслѣдствіе электролитическаго процесса изъ нея выдѣляется свободный алюминій. Съ боковъ тигля имѣется два наклонныхъ канала, черезъ которые вводятъ глину, а внизу имѣется отверстіе, закрываемое угольной пробкой, для удаленія выдѣленнаго металла.

Полученіе алюминіевой бронзы.

Алюминіевую бронзу можно получить въ только-что описанномъ тиглѣ, если на дно его помѣстить въ нужныхъ пропорціяхъ мѣдь и цинкъ; металлы эти плавятся токомъ и, въ сплавленномъ видѣ перемѣшиваясь съ выдѣляющимся алюминіемъ, даютъ бронзу. Готовятъ ее и иначе, по электротермическому способу братьевъ Коульсъ, но описывать способъ этотъ здѣсь мы не будемъ, потому что въ немъ электролитическаго разложенія нѣтъ.

Полученіе магнія.

Электролизъ магніевыхъ соединеній, обыкновенно хлористаго магнія, производятъ также при сильномъ нагрѣваніи, но нагрѣваніе это достигается не токомъ, а накаливаніемъ тигля въ особой печи. Матиссенъ предложилъ замѣнять хлористый магній карналитомъ. Очень распространенъ способъ Гретцеля, который подвергалъ электролизу карналитъ въ своемъ приборѣ. Этотъ приборъ (рис. 305) состоитъ: изъ желѣзнаго сосуда (K), служащаго одновременно и отрицательнымъ электродомъ и обмазаннаго глиной для предохраненія отъ окислительнаго дѣйствія пламени; этотъ сосудъ покрытъ крышкой, черезъ которую проходитъ фарфоровая трубка (C). Внутри трубки проходитъ угольный электродъ (A), вверху вставлена боковая трубка R для отвода выдѣляющагося хлора. Соединеніе анода съ источникомъ тока производится при помощи V L P. Трубка C удерживается на крышкѣ d тигля особыми закрайками. Закрайками же самъ тигель K удерживается въ крышкѣ D печи Перро. Печь эта состоитъ изъ чугуннаго цилиндра M, выложеннаго внутри огнеупорной кладкой изъ поставленнаго внутрь него второго цилиндра W изъ шамота; въ днѣ обоихъ цилиндровъ сдѣлано отверстіе, черезъ которое проходитъ пламя большой горѣлки, подставляемой снизу. Продукты горѣнія обхватываютъ тигель K и выходятъ въ трубу Z. Сначала нагрѣвается пустой тигель, послѣ чего въ него наливаютъ карналитъ, расплавленный въ другомъ тиглѣ подобнаго же устройства. Для предупрежденія окисленія стѣнокъ и разрушенія анода тигля въ то время, какъ его прогрѣваютъ, въ тигель забрасываютъ угольной мелочи, которую вынимаютъ передъ наполненіемъ тигля расплавленной массой.

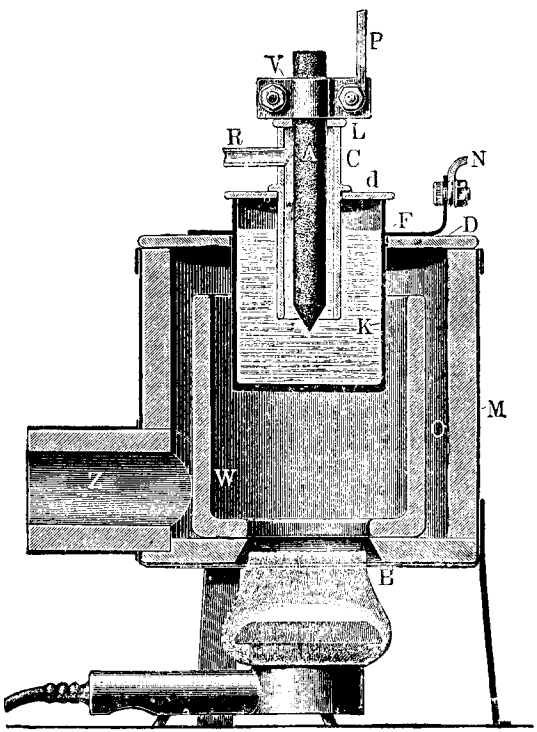


Рис. 305. Приборъ для полученія магнія.

Наполнивши тигель, его закрываютъ и соединяютъ анодъ съ положительнымъ, а стѣнки тигля помощью закрапны F и винта—съ отрицательнымъ полюсомъ динамомашины. Начинается разложеніе расплавленной массы: магній въ видѣ шариковъ, все болѣе и болѣе увеличивающихся въ объемѣ, садится на дно и стѣнки тигля; хлоръ же, выдѣляясь на анодѣ, по трубѣ R выносится наружу.

Сила тока достигаетъ при этой операціи 1000 амперъ на квадратный метръ площади катода. При надлежащемъ діаметрѣ катода такой токъ можно получить отъ машины, электровозбудительная сила которой не превышаетъ 7—8 вольтъ.

Магній въ описанномъ способѣ сначала выдѣляется не вполнѣ чистымъ и окончательно очищается вторичной плавкой.

Полученіе натрія.

Металлическій натрій былъ полученъ впервые именно электролитическимъ путемъ. Дэви бралъ платиновую ложечку, расплавлялъ въ ней ѣдкій натръ въ атмосферѣ гремучаго газа. Ложечку онъ соединялъ съ положительнымъ полюсомъ батареи, а катодомъ ему служила опущенная въ расплавленную массу платиновая проволока. При пропусканіи тока щелочь разлагалась съ выдѣленіемъ металлическаго натрія.

Въ техникѣ въ настоящее время для полученія натрія электролизомъ пользуются приборомъ Кастнера. Приборъ этотъ (рис. 306) состоитъ изъ желѣзнаго цилиндра A, въ который наливается расплавленный ѣдкій натръ. Цилиндръ окруженъ кладкой R и нагрѣвается газовыми горѣлками G, что̀ необходимо для поддержанія массы въ расплавленномъ состояніи. Къ дну цилиндра придѣлана труба B, черезъ которую пропущенъ стержень H, соединенный помощью хомута съ отрицательнымъ проводникомъ тока отъ динамомашины. Промежутокъ между стержнемъ H и трубой B залитъ расплавленнымъ ѣдкимъ натромъ, который черезъ нѣкоторое время застываетъ и образуетъ непроницаемую для расплавленной массы задѣлку дна цилиндра. Анодомъ служитъ цилиндръ F, опущенный въ ванну черезъ открытый верхній край цилиндра A и частью закрывающій его своими закраинами. Какъ анодъ F, такъ и катодъ H дѣлаются желѣзными. Электроды отдѣлены другъ отъ друга сѣтчатымъ цилиндромъ M, который наверху заканчивается трубой C, подвѣшенной закраинами къ крышкѣ цилиндра F. Труба C не плотно прикрывается крышкой N; въ нее идетъ выдѣляющійся на катодѣ водородъ. На анодѣ выдѣляется кислородъ и черезъ отверстіе P въ закраинѣ цилиндра выходитъ наружу. Металлическій натрій поднимается въ трубѣ C на поверхность ѣдкаго натра, снимается съ нея ситчатыми желѣзными ложками и отливается въ формы.

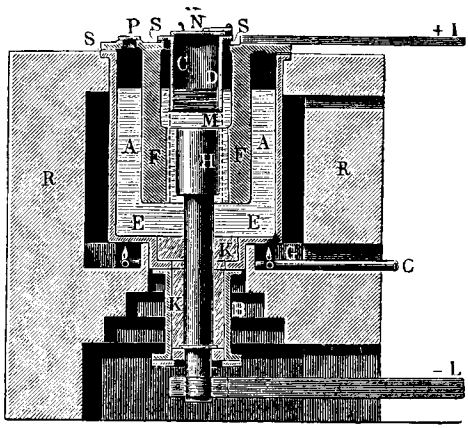


Рис. 306. Приборъ Кастнера для полученія натрія.

Электрохимическія производства.

Главнѣйшей задачей этого рода производствъ является разложеніе хлористаго натрія (поваренной соли) и хлористаго калія для полученія, съ одной стороны, ѣдкихъ, а, съ другой стороны, хлорноватокислыхъ натрія и калія. Теоретически разложеніе хлористыхъ солей должно бы итти чрезвычайно просто: изъ поваренной соли, напр., на отрицательномъ полюсѣ долженъ выдѣляться металлическій натрій, а на положительномъ—хлоръ. На этомъ, однако, электролитическій процессъ не останавливается. Натрій сейчасъ же дѣйствуетъ на воду, даетъ ѣдкій натръ, а этотъ послѣдній подвергается вновь электролизу и при томъ не остается у катода, а быстро смѣшивается съ жидкостью у анода. Въ виду этого, въ ваннѣ анодное пространство приходится отдѣлять отъ катоднаго, и устройство перепонки и со-

ставляетъ наиболѣе трудную часть практической постановки всего дѣла. Обыкновенно, устраиваютъ такъ, чтобы на перепонкѣ отлагалась пористымъ слоемъ водная известь. Въ катодную половину ванны при этомъ наливаютъ слабый растворъ ѣдкой щелочи, а въ анодную помѣщаютъ водный растворъ поваренной соли или хлористаго калія съ примѣсью извѣстнаго количества известковаго молока. При прохожденіи тока прежде всего выдѣляется у катода натрій или калій, но они тотчасъ разлагаютъ воду, образуя снова ѣдкую щелочь, водный остатокъ же вступаетъ въ соединеніе съ натріемъ или каліемъ, выдѣлившимся въ анодномъ пространствѣ и идущимъ ему навстрѣчу, и даетъ тоже ѣдкій натръ. Такимъ образомъ, катодное пространство будетъ становиться все богаче ѣдкою щелочью. Выдѣляющійся у анода хлоръ, въ свою очередь, будетъ съ водной известью давать сначала хлорную, а потомъ хлорноватую соль кальція, а эта послѣдняя съ хлористымъ натріемъ или каліемъ дастъ хлорноватую соль калія или натрія. Весь процессъ намъ станетъ понятнѣе, если мы представимъ себѣ то передвиженіе іоновъ, которое должно происходить въ электролитахъ при дѣйствіи тока.

Хлоръ, выдѣлявшійся въ только-что описанномъ процессѣ, шелъ на образованіе хлорноватыхъ солей. Выдѣленіемъ его пользуются иногда для бѣленія. Такое бѣленіе по способу Эрмита производится при разложеніи токомъ воднаго раствора смѣси хлористаго натрія и хлористаго магнія.

Суть происходящихъ при этомъ процессовъ не можетъ считаться надлежаще выясненной, но въ концѣ концовъ тутъ получаются, съ одной стороны, магнезія, а, съ другой, хлорноватая и хлорная кислоты, которыя легко отдаютъ свой кислородъ погружаемымъ въ ванну тканямъ изъ растительныхъ волоконъ или бумаги и такимъ образомъ обезцвѣчиваютъ ихъ.

Намъ остается теперь еще только упомянуть объ электролитическомъ способѣ приготовленія бѣлильной извести русскаго изобрѣтателя С. Н. Степанова. Степановъ подвергаетъ электролизу растворъ поваренной соли, къ которому прибавлено нѣкоторое количество известковаго молока. При пропусканіи тока въ растворѣ образуются хлорноватокислая известь, ѣдкій натръ и хлористый кальцій, а кромѣ того изъ него выдѣляется водородъ; затѣмъ половина ѣдкаго натра вступаетъ въ реакцію съ хлористымъ кальціемъ и даетъ осадокъ водной извести. Получающаяся въ растворѣ хлорноватистая известь лучше хлорноватистонатровой соли выдерживаетъ дѣйствіе тока, не переходя въ хлорноватую соль, такъ что явилась возможность получать почти 2%-ые растворы бѣлильной извести и при томъ при очень незначительныхъ тратахъ тока. Степановская бѣлильная жидкость оказалась чрезвычайно пригодной для бѣленія миткалей.

На этомъ мы покончимъ описаніе примѣненія въ техникѣ электролиза. Гальваностегія и гальванопластика уже дали, кажется, все, чего отъ нихъ можно было ждать, и впереди въ этихъ отрасляхъ можно ждать только незначительныхъ усовершенствованій да удешевленія, главнымъ образомъ, способовъ работы; гораздо бо́льшаго можно ждать отъ электрометаллургіи, а въ электрохиміи, можно сказать, еще почти ничего не сдѣлано. Эти отрасли промышленности развиваются и совершенствуются не по днямъ, а по часамъ, и имъ, безъ сомнѣнія, предстоитъ блестящая будущность.

IX.

Электричество въ военно-морскомъ дѣлѣ.

Въ предыдущихъ главахъ мы обозрѣли въ главныхъ чертахъ способы полученія электрической энергіи, ея превращеніе въ энергію механическую и химическую и такія главнѣйшія примѣненія ея, какъ телеграфія, телефонія, освѣщеніе и т. п. Теперь мы перейдемъ къ разсмотрѣнію того, что̀ дало и какъ примѣняется электричество въ отдѣльныхъ спеціальныхъ случаяхъ общественной жизни и различныхъ отрасляхъ техники. Начнемъ съ военно-морского дѣла.

Мины.

Въ примѣненіи къ морской войнѣ подводныя мины появились въ концѣ XVIII столѣтія. Въ 1775 году американецъ Бушнель предложилъ при помощи подводной лодки подводить подъ дно непріятельскаго корабля ящики, наполненные порохомъ,—подводныя мины. Отъ взрыва такой мины должна разрушиться ближайшая часть днища, и произойдетъ гибель корабля. Мысль Бушнеля настойчиво пропагандировалась предпріимчивымъ американцемъ, изобрѣтателемъ парохода Фультономъ, который въ брошюрѣ, изданной въ 1810 году, «О подводной минной войнѣ», высказывалъ заманчивыя предложенія дешевыми средствами причинять непріятельскому флоту большія бѣдствія. Съ непосредственными предложеніями своего способа Бушнель обращался, но совершенно безуспѣшно, къ правительствамъ Франціи, Англіи и Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ.

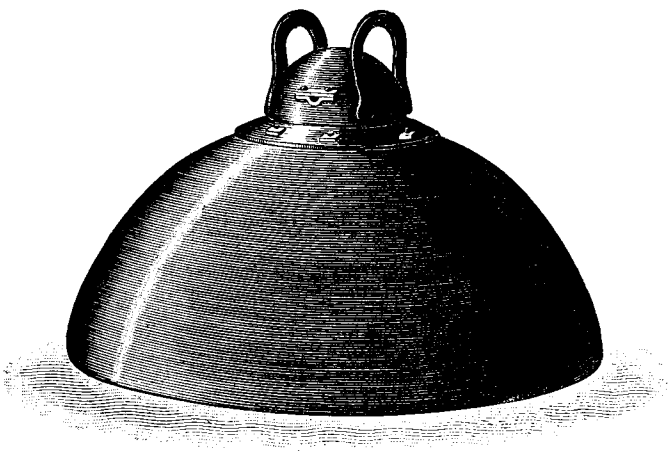


Рис. 307. Донная мина.

Въ Россіи вопросъ о подводныхъ минахъ получилъ самостоятельное развитіе въ первой половинѣ XIX столѣтія благодаря почину изобрѣтателя электрическаго телеграфа барона П. А. Шиллинга и содѣйствію генералъ-адъютанта Шильдера; въ разработкѣ нѣкоторыхъ вопросовъ по минному дѣлу принималъ участіе также академикъ Якоби.

Въ настоящее время подводныя мины въ своихъ разнообразнѣйшихъ водоизмѣненіяхъ примѣняются повсюду, на всемъ Земномъ Шарѣ; распространеніемъ своимъ онѣ обязаны, главнымъ образомъ, работамъ французовъ Жилло де-Монтжери и дю-Монселя.

Мины неподвижныя.

Первыми на свѣтъ Божій появились неподвижныя мины: это (рис. 307) большіе чугунные, имѣющіе видъ полушарія, сосуды или желѣзные ящики, содержащіе отъ 250 до 700 килогр. хлопчатобумажнаго пороха, опущенные на дно въ извѣстныхъ мѣстахъ (обыкновенно, нѣсколько рядовъ въ шахматномъ порядкѣ) побережья. Такія мины носятъ названіе донныхъ и ставятся при глубинѣ воды, не превышающей 50 футовъ. При большой глубинѣ употребляются мины неподвижныя же, но плавучія (рис. 308), которыя устанавливаются на якоряхъ на извѣстной глубинѣ отъ поверхности моря.



Рис. 308. Плавучая мина.

Со времени появленія подводныхъ минъ и до настоящаго времени изысканіе наиболѣе надежнаго способа воспламененія ихъ представляетъ широкое поприще для различныхъ изобрѣтателей. Были пробы съ ударными приспособленіями, съ взрывателями химическими (бертолетова соль, сахаръ и сѣрная кислота, металлическій натрій и вода и пр.), съ фитилями и т. д., но впослѣдствіи электрическій способъ взрыванія вытѣснилъ всѣ остальные.

ные, и теперь почти исключительно онъ и примѣняется. Въ пироксилиновый зарядъ мины вставляется запалъ изъ гремучей ртути, и въ него въ надлежащій моментъ пропускается электрическая искра [1].

По способу, какимъ производится взрывъ, электрическія неподвижныя мины раздѣляются на обсерваціонныя и самодѣйствующія.

Обсерваціонныя мины соединены проводомъ съ батареей гальваническихъ элементовъ, находящейся на берегу, и токъ посредствомъ коммутатора посылается въ нее съ берега въ тотъ самый моментъ, когда какъ разъ надъ ней находится какое-либо непріятельское судно.

Мины самодѣйствующія иногда также соединяются съ батареями элементовъ, находящимися на берегу, а иногда имѣютъ батарею изъ небольшихъ элементовъ Грене, заключенную въ верхней части мины. Взрывъ мины въ обоихъ случаяхъ производится автоматически при прохожденіи надъ ней непріятельскаго судна, а достигается это такимъ образомъ: у мины, соединенной съ батареей на берегу (рис. 309), въ одинъ изъ проводовъ этого соединенія включаютъ особаго рода плавающій шарообразный, такъ называемый, опрокидывающійся, коммутаторъ. Коммутаторъ этотъ устроенъ такъ, что пока провода, его удерживающіе, занимаютъ вертикальное положеніе и онъ находится въ покоѣ, токъ разомкнутъ, но какъ только проходящее судно оттолкнетъ поплавокъ въ сторону, коммутаторъ поворачивается, замыкаетъ токъ и вызываетъ взрывъ. Въ минахъ, заключающихъ гальваническую батарею системы Грене въ своей верхней части, электродъ этой батареи разъ навсегда соединенъ проводами съ запаломъ; тока нѣтъ только потому, что въ элементы не налита необходимая жидкость. Жидкость эта помѣщается надъ батареей въ стеклянномъ сосудѣ; сосудъ этотъ проходящее надъ миной судно разбиваетъ, жидкость попадаетъ въ батарею, появляется токъ—и происходитъ взрывъ.

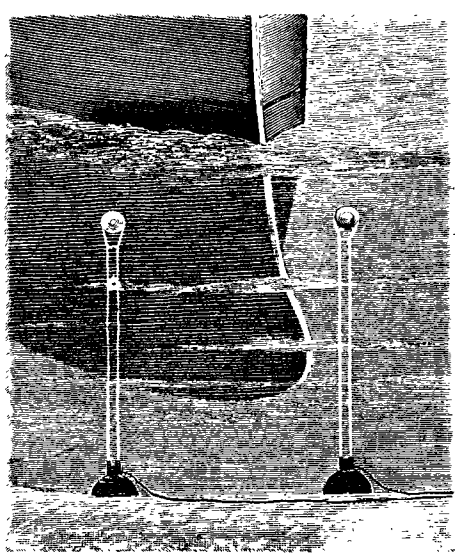


Рис. 309. Автоматическая мина.

Сила взрыва неподвижной мины (рис. 310), обыкновенно, бываетъ очень велика. Отъ взрыва мины подъ дномъ корабля ближайшія къ центру взрыва части судна получаютъ ударъ значительной массы воды, стремительно выбрасываемой снизу вверхъ (при взрывѣ мины въ свободномъ мѣстѣ высота, до которой столбъ воды поднимается, доходитъ до 70 метровъ). Понятно, что болѣе удаленныя отъ взрыва части судна получаютъ меньшій ударъ, вслѣдствіе чего, при достаточно большой общей массѣ корабля, часть его, получившая наиболѣе сосредоточенный ударъ, стремится отдѣлиться, и въ кораблѣ образуется пробоина. Чѣмъ больше судно, тѣмъ для него опаснѣе взрывъ мины, даже удаленной болѣе или менѣе значительно отъ дна его.

Для успѣшности защиты берега или вообще какого-либо прохода (входа въ гавань, фарватера рѣки и т. п.) надо, чтобы мины были разставлены возможно чаще, но, съ другой стороны, онѣ должны находиться на такомъ разстояніи одна отъ другой, чтобы взрывъ одной изъ нихъ не вызывалъ взрыва другихъ, сосѣднихъ. Въ особенности важно это для минъ, такъ называемыхъ, гальваноударныхъ, т.-е. съ разбиваемой склянкой съ жидкостью для гальванической батареи. Опыты въ Германіи показали, что при зарядѣ

[1] Подробности о запалѣ далѣе, въ главѣ XI.

такой мины въ 2 пуда пироксилина безопасное разстояніе одной мины отъ другой составляетъ 75 футовъ.

Подводная мина является особенно цѣннымъ оружіемъ для государства съ значительными водными границами, но не имѣющаго возможности содержать достаточную береговую оборону въ видѣ крѣпостей и сильнаго флота. Огромное деморализирующее вліяніе подводной мины несомнѣнно. Однако опытъ показалъ, что энергичный и настойчивый противникъ всегда можетъ очистить путь отъ неподвижныхъ минъ. Всего проще такое очищеніе производится при помощи минъ же, носящихъ въ этомъ случаѣ названіе контръ-минъ. Контръ-мина, взорванная на непріятельскомъ минномъ загражденіи, можетъ разрушить и потопить мины, лежащія въ предѣлахъ ея разрушительнаго дѣйствія; предѣлы эти обусловливаются величиною заряда контръ-мины и крѣпостью корпусовъ непріятельскихъ минъ, а въ случаѣ гальваноударныхъ минъ—чувствительностью ударныхъ приспособленій. Въ среднемъ можно считать, что контръ-миною съ зарядомъ пироксилина въ 1.000 фунтовъ можно освободить отъ минъ кругъ діаметромъ около 200 футовъ.

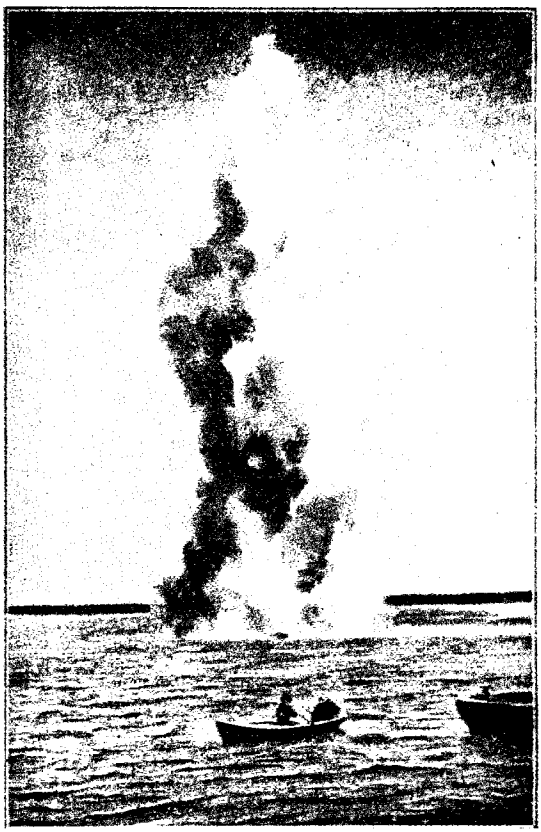


Рис. 310. Взрывъ неподвижной мины.

Первое удачное примѣненіе минъ въ морскомъ дѣлѣ было во время Сѣверо-Американской междоусобной войны: сѣверяне потеряли отъ ихъ дѣйствія до 20 судовъ различныхъ размѣровъ. Загражденіе Дуная неподвижными минами въ Турецкую кампанію 1877 года сильно способствовало устройству и поддержанію переправъ черезъ Дунай.

Чтобы покончить съ неподвижными минами, укажемъ еще на то, какъ по проекту бывшаго военнаго министра Бельгіи генерала Шазаля можно эти мины взрывать съ берега совершенно безошибочно въ моментъ прохода надъ ними непріятельскихъ судовъ.

На берегу устраивается палатка, (рис. 311), посрединѣ ея ставится столъ съ нанесеннымъ на него въ соотвѣтствующемъ масштабѣ планомъ расположенія минъ, и на этотъ же столъ помощью камеры - обскуры, помѣщенной въ потолкѣ палатки, отбрасывается отраженіе загражденнаго минами воднаго пространства. Такъ какъ масштабъ плана выбирается именно соотвѣтственный этому изображенію, то на столѣ получается полная картина того, что происходитъ въ дѣйствительности, и дежурный офицеръ легко можетъ видѣть, когда какое-либо непріятельское судно какъ разъ проходитъ надъ миною, и въ этотъ моментъ произвести взрывъ.

Нечего говорить, конечно, что такая система взрыва примѣнима лишь только днемъ и при хорошемъ солнечномъ освѣщеніи. Вообще же, чтобы знать, гдѣ находятся обсерваціонныя мины и когда слѣдуетъ ихъ взрывать, поступаютъ иначе,—имѣются, напр., зрительныя трубы, заранѣе наведенныя на мѣсто положенія мины, и т. п.

Мины подвижныя.

При неподвижныхъ минахъ непріятельское судно должно случайно на одну изъ нихъ натолкнуться; борьба съ ними, какъ мы видѣли, при этомъ не особенно трудна. Гораздо труднѣе уберечься непріятелю отъ минъ подвижныхъ,—отъ такихъ, которыя не остаются на одномъ мѣстѣ, въ ожиданіи случая, а такъ или иначе подводятся подъ непріятельское судно. Успѣхъ первыхъ опытовъ съ подвижными минами (во время Сѣверо-Американской и Турецкой 1877 года войнъ) создалъ цѣлый классъ особыхъ судовъ, назначен-

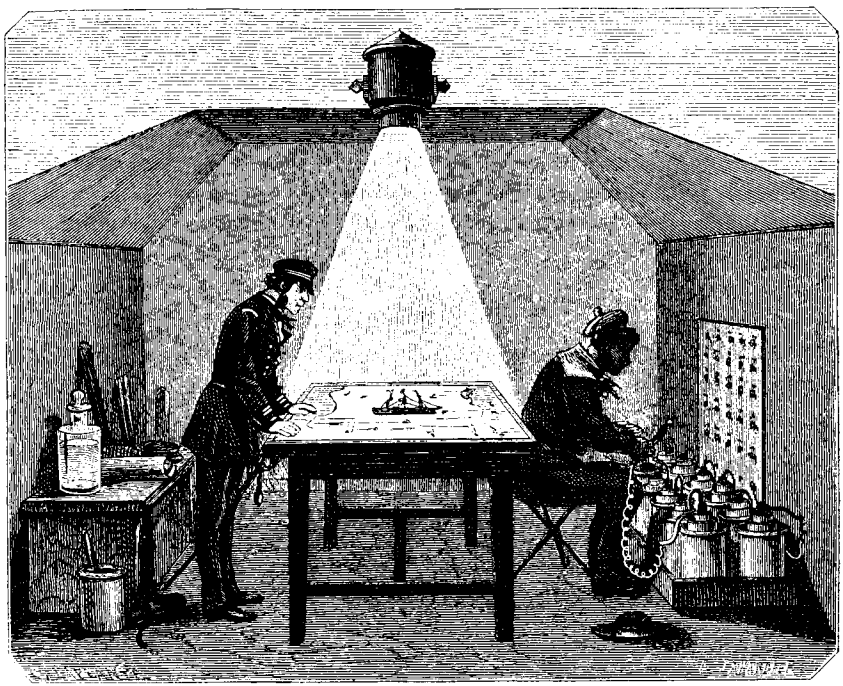


Рис. 311. Обсерваціонная палатка генерала Шазаля.

ныхъ для борьбы съ непріятелемъ исключительно или главнымъ образомъ посредствомъ минъ. Мы говоримъ о, такъ называемыхъ, миноноскахъ или, какъ теперь ихъ приходится называть вообще, о минныхъ судахъ.

Минныя суда.

Задача миннаго судна—незамѣтно подойти къ непріятельскому кораблю, подвести подъ него или съ близкаго разстоянія пустить мину и убѣжать возможно быстро. Чтобы съ успѣхомъ исполнить эти задачи, минное судно должно обладать большой скоростью, быть чрезвычайно поворотливо (слѣд., небольшихъ размѣровъ) и, наконецъ, мало замѣтно и представлять малую поверхность для непріятельскаго обстрѣла (т. е. сидѣть глубоко въ водѣ). Всѣмъ этимъ условіямъ отвѣчаютъ, такъ называемыя, миноноски и миноносцы, появившіеся со времени Сѣверо-Американской междоусобной войны. Въ сравнительно недавнее время къ этимъ минным судамъ прибавились еще (по крайней мѣрѣ, въ

Россіи) минные крейсера, значительно бо́льшаго размѣра, чѣмъ миноноски, представляющіе большую цѣль для выстрѣловъ и предназначенные уже не для нечаянной, а для открытой атаки минами. Минные крейсера могутъ дѣйствовать во всякую погоду и выдерживаютъ долгодневное морское плаваніе. Минныя суда вооружаются, обыкновенно, минами двухъ родовъ: минами шестовыми и минами самодвижущимися.

Шестовыя мины.

Шестовыя мины представляютъ собою желѣзные, обыкновенно, овальной формы ящики, наполненные пироксилиномъ (25—30 килогр.) и укрѣпленные на концахъ шестовъ, выдвигаемыхъ съ носа (а иногда и съ кормы) миноносокъ и минныхъ шлюпокъ. Шесты дѣлаются длиною въ 6—7 метровъ и укрѣпляются съ такимъ наклономъ внизъ, чтобы мина была погружена въ воду на $2^1/_2$ метра. Взрываютъ такія мины или отъ удара о непріятельское судно или по желанію управляющаго миноноской; въ обоихъ случаяхъ взрывъ производится при помощи электрическаго тока. Взрывъ для того, чтобы произвести въ непріятельскомъ суднѣ пробоину, долженъ быть сдѣланъ не далѣе, какъ на разстояніи нѣсколькихъ футовъ отъ его борта. Для успѣха миноноска, слѣд., должна подойти къ самому непріятельскому кораблю, взорвать тутъ мину и въ моментъ взрыва чрезвычайно быстро удалиться назадъ. Въ настоящее время сѣтки, которыми окружаются броненосцы,

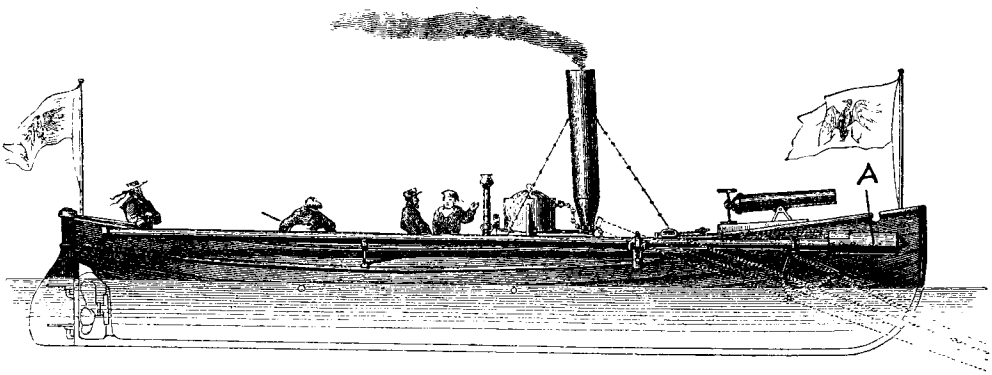


Рис. 312. Шлюпка, вооруженная шестовой миной.

электрическіе прожекторы и скорострѣльная артиллерія дѣлаютъ исполненіе подобной задачи если и не вполнѣ невозможной, то, во всякомъ случаѣ, очень трудной.

Рис. 312 представляетъ шлюпку, вооруженную шестовой миной A. Наклонное положеніе шеста передъ взрывомъ обозначено на рисункѣ пунктиромъ.

Изъ прежнихъ войнъ можно привести примѣры успѣшныхъ взрывовъ при помощи шестовыхъ минъ. Во время Сѣверо-Американской войны южане такимъ образомъ 5-го октября 1863 г. взорвали броненосецъ «Ironsides», блокировавшій Чарльстоунъ, а сѣверяне нѣсколько позже взорвали подобнымъ же образомъ у южанъ самый крупный ихъ броненосецъ «Albemarle».

Подвиги русскихъ минныхъ катеровъ на Дунаѣ во время войны 1877 года—на памяти еще у всякаго. Надо прибавить къ этому, что здѣсь не было особыхъ миноносокъ, а минами были вооружены обыкновенные паровые катера.

Война между Чили и Перу 1880 года ознаменовалась поединкомъ между двумя миноносками «Janequeo» и «Independencia», взаимно взорвавшими другъ друга.

Наконецъ, во время Тонкинской экспедиціи 1884—1885 годовъ французскія миноноски вывели изъ строя четыре китайскихъ военныхъ судна.

Въ настоящее время, однако, по причинамъ, которыя мы перечислили выше, шестовыя мины оставлены почти совершенно, и всѣ надежды возлагаются на мины самодвижущіяся.

Самодвижущіяся мины.

Самодвижущуюся мину миноноска выпускаетъ на разстояніи 200—100 метровъ отъ непріятельскаго судна,—разстоянія, на которое, конечно, подойти значительно легче, чѣмъ вплотную къ непріятельскому борту. Остающееся до непріятельскаго судна разстояніе мина пробѣгаетъ сама, подъ дѣйствіемъ особаго, находящагося въ ней, механизма.

Первая самодвижущаяся мина была по указаніямъ австрійскаго капитана Люпписа выстроена инженеромъ Р. Уайтхедомъ въ Фіуме въ 1864 году [1]. Мина эта имѣла способность самостоятельно двигаться въ продолженіе 10 минутъ со скоростью 18 узловъ въ часъ. Изобрѣтеніе это сдѣлало переворотъ въ морскомъ минномъ дѣлѣ; шестовымъ минамъ пришелъ конецъ; новая торпеда выбрасывается при помощи сжатаго воздуха, пара или слабаго порохового заряда на извѣстное разстояніе отъ непріятельскаго судна, и затѣмъ подъ вліяніемъ двигательной силы, въ ней заключающейся, она сама уже несется подъ водой, если только правильно былъ взятъ прицѣлъ и урегулированъ ея ходъ, къ намѣченной цѣли и, ударившись о подводную, незащищенную броней часть непріятельскаго корабля, взрываетъ его.

Усовершенствованная мина Уайтхеда (рис. 313) по наружному виду представляетъ собою сигарообразное стальное тѣло длиною 19 футовъ и діаметромъ 15 дюймовъ; общій вѣсъ ея около 26 пудовъ. Въ переднемъ концѣ мины имѣется зарядъ, состоящій изъ 5 пуд. пироксилина. Въ переднюю часть зарядnаго отдѣленія помѣщается капсюль

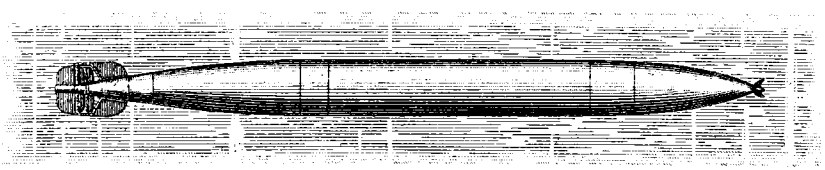


Рис. 313. Мина Уайтхеда.

съ гремучей ртутью, который взрываетъ, когда мина своимъ носомъ или, точнѣе говоря выступающимъ впереди носа ударникомъ коснется препятствія, останавливающаго ея поступательное движеніе. Конецъ ударника, обращенный къ минѣ, снабженъ иглой, которая входитъ въ капсюль и разбиваетъ ее при ударѣ мины о препятствіе. Рядомъ съ зарядnымъ отдѣленіемъ помѣщается герметически закупоренное гидростатическое отдѣленіе, заключающее въ себѣ аппаратъ, который заставляетъ мину итти на опредѣленной глубинѣ отъ поверхности воды. Аппаратъ дѣйствуетъ гидростатическимъ давленіемъ воды на особый подвижной дискъ, помѣщенный на передней стѣнкѣ отдѣленія и соединенный тягами съ рулевою машиной, находящейся въ кормовой части, дѣйствующей сжатымъ воздухомъ, резервуаръ котораго занимаетъ всю среднюю часть мины; рулевая машина перекладываетъ горизонтальные рули, находящіеся въ задней оконечности мины. Для болѣе правильнаго движенія мины подъ водой въ гидростатическомъ отдѣленіи помѣщается особый маятникъ-регуляторъ, связанный съ упоминавшимся дискомъ. Эта регулирующая движеніе часть мины составляетъ главное изобрѣтеніе Уайтхеда, и камера, содержащая маятникъ, носитъ названіе «секретной».

Поступательное движеніе мина получаетъ отъ 2 винтовъ, насаженныхъ на трубчатый гребной валъ и приводимыхъ въ движеніе трехцилиндровой машиной (около 30 индик. силъ), работающей сжатымъ воздухомъ. Воздухъ этотъ изъ резервуара въ машину попадаетъ черезъ клапанъ, который открывается въ моментъ паденія мины въ воду отъ дав-

[1] Мины Уайтхеда, собственно говоря, ничего общаго съ электричествомъ не имѣютъ, но ихъ описаніе нужно для дальнѣйшаго, и, кромѣ того, безъ нихъ очеркъ морского миннаго дѣла былъ бы слишкомъ не полонъ.

ленія воды на особый соединенный съ клапаномъ стальной щитокъ. Отработавшій воздухъ выводится изъ машины наружу, въ воду черезъ трубчатый гребной валъ.

Хвостовая часть мины съ плоскими неподвижными перьями составляетъ какъ бы вертикальный руль ея, способствующій прямолинейному движенію мины впередъ прямо передъ собой.

Горизонтальные рули регулируются заранѣе такъ, что мина, упавъ въ воду, погружается на опредѣленную глубину и движется, оставаясь все время на этой глубинѣ. Начальное прямолинейное направленіе движенія мина получаетъ при выстрѣлѣ.

Стрѣляютъ миной Уайтхеда изъ особой трубы, въ родѣ длинной пушки, при помощи порохового заряда, воспламеняемаго электрическимъ запаломъ. Пушки эти помѣщаются въ передней части миноносокъ, а въ послѣднее время ими стали снабжать и большія военныя суда.

Рис. 314 представляетъ выбрасываніе мины Уайтхеда броненосцемъ.

Дальность дѣйствія мины Уайтхеда въ ея настоящемъ видѣ не превосходитъ 3.000 ф., но хорошій прицѣльный выстрѣлъ ею нельзя, собственно говоря, сдѣлать дальше 1.800 ф.

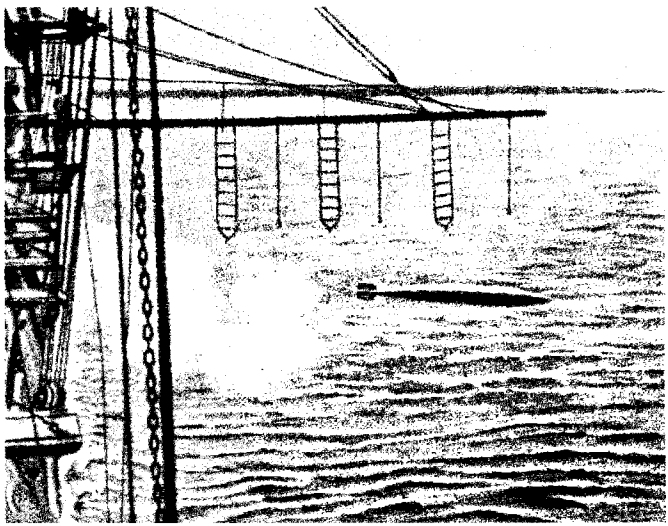


Рис. 314. Выбрасываніе мины броненосцемъ.

Скорость движенія мины до 2.900 ф. въ минуту. Глубина, на которой мина можетъ итти, колеблется между 5 и 15 футами.

Въ общемъ, мина Уайтхеда при громадной стоимости далеко не вполнѣ оправдала возлагаемыя на нее надежды. Регулировать ея движенія очень трудно, тѣмъ болѣе, что цѣль, въ которую она пускается на войнѣ, подвижна. Кромѣ того волны и теченіе оказываютъ вредное вліяніе на направленіе мины.

Насколько трудно бываетъ попасть торпедой Уайтхеда въ цѣль, можетъ показать слѣдующій случай изъ Чилійской войны 1891 года. 23-го апрѣля этого года броненосецъ «Blanco-Encalada», стоявшій на якорѣ и не имѣвшій подъ котлами огня, а, слѣдовательно, не могшій сдвинуться съ мѣста, напали два миныхъ крейсера «Almirante-Condell» и «Lynch». Положеніе для стрѣльбы минами было чрезвычайно выгодное, но все же оба крейсера выпустили безъ результата семь минъ, и только восьмая, пущенная «Lynch'омъ» на разстояніи нѣсколькихъ десятковъ метровъ, наконецъ, попала въ цѣль и взорвала броненосецъ.

Чтобы повысить % попадающихъ въ цѣль самодвижущихся минъ, оставалось прибѣгнуть къ помощи электричества и изъ автоматически дѣйствующихъ передѣлать ихъ въ управляемыя.

Самодвижущіяся управляемыя мины.

Между многочисленными изобрѣтеніями такого рода мы опишемъ только одну мину Симса и Эдисона, принятую американскимъ флотомъ въ 1887 г. и подвергнутую всесторонним испытаніямъ въ Гаврѣ въ 1891 году. Мина эта (рис. 315) въ переднемъ своемъ концѣ *a* несетъ зарядъ изъ 225 килогр. динамита. На опредѣленной глубинѣ (обыкновенно 4 метра) мина удерживается особымъ, почти не выдающимся надъ водой поплавкомъ ZZ. Раскручивающійся по мѣрѣ удаленія мины кабель-проводникъ электричества *в* соединяетъ ее съ судномъ или береговой батареей.

Токъ по кабелю *в* поступаетъ въ моторъ *M*, и его по желанію можно заставить работать въ ту или другую сторону и такимъ образомъ въ случаѣ неудачи заставить мину вернуться обратно. Электрическимъ токомъ управляется и руль G, токъ же въ нужную минуту взрываетъ и капсюлю затравки.

Выпустивъ такую мину, слѣдятъ за нею по выдающимся надъ поплавкомъ шарикамъ *aa* и, переставляя коммутаторы, направляютъ движеніе мины къ нужной цѣли. Теоретически казалось, что успѣхъ съ такой миной обезпеченъ всегда, но практика не подтвердила этого. Оказалось весьма труднымъ слѣдить, въ особенности при волненіи, за движеніемъ такой мины, а весь направляющій движеніе мины механизмъ оказался очень деликатнымъ и легко портящимся. Въ особенности провода препятствовали правильному движенію мины.

Неудача или, лучше сказать, не полная удача Симса и Эдисона не остановила другихъ изобрѣтателей, и одному изъ нихъ, а именно американскому инженеру С. Д. Гаскинсу,

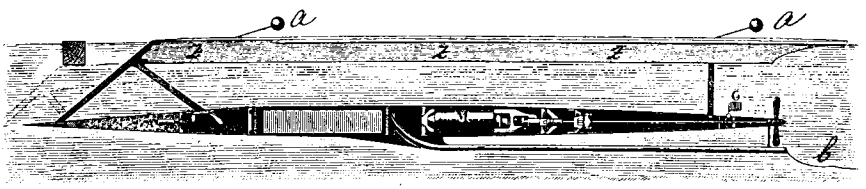


Рис. 315. Управляемая мина Симса-Эдисона.

пришло въ голову устроить такую самодвижущуюся мину, которую притягивало бы само непріятельское судно. Такое парадоксальное и невозможное съ перваго взгляда рѣшеніе вопроса оказалось возможнымъ при помощи электромагнетизма. Громадная желѣзная масса непріятельскаго корабля оказываетъ вліяніе на электромагнитный приборъ торпеды, который поворачиваетъ руль торпеды такъ, что она направляется прямо къ срединѣ корабля, измѣняя свой путь сообразно съ перемѣщеніемъ этого послѣдняго и, такъ сказать, преслѣдуя его, какіе бы повороты и эволюціи онъ ни производилъ. Сфера подобнаго притягательнаго дѣйствія непріятельскаго корабля на мину Гаскинса занимаетъ около 100 м. по діаметру, и при стрѣльбѣ миной надо только попасть ею въ эту сферу, что сравнительно не трудно. Разъ мина попадетъ въ эту сферу, она неизбѣжно приметъ нужное направленіе и взорветъ корабль.

Гаскинсу, при устройствѣ своей мины, пришлось принять во вниманіе еще одно обстоятельство: надо было защитить электромагнитный приборъ ея отъ вліянія желѣзной массы самого выпускающаго мину судна. Достигается это тѣмъ, что посредствомъ часового механизма электромагнитный приборъ тормозится, такъ сказать, и становится способнымъ дѣйствовать только по прошествіи извѣстнаго времени послѣ выстрѣла, т.-е. тогда, когда мина упадетъ въ воду и отойдетъ отъ выпустившаго ея судна на разстояніе большее, чѣмъ сфера его притяженія.

Детали электромагнитнаго прибора Гаскинса составляютъ секретъ изобрѣтателя. Весь механизмъ вмѣстѣ съ камерой вѣситъ около 55 килогр. и безъ особыхъ затрудненій можетъ быть въ видѣ придатка придѣланъ къ любой самодвижущейся минѣ.

Подводное плаваніе.

Въ близкомъ отношеніи къ только-что разобраннымъ нами самодвижущимся торпедамъ находятся подводныя суда. Рѣшить вопросъ о подводномъ плаваніи въ сильной степени помогло электричество, а въ будущемъ отъ него въ этомъ отношеніи можно ждать и еще бо̀льшаго. Мы говоримъ о рѣшенномъ вопросѣ подводнаго плаванія, но слѣдуетъ сейчасъ же прибавить, что это рѣшеніе—далеко не полное. До «Наутилуса» Жюля Верна еще очень далеко, но какъ миноноски для защиты береговъ теперешнія подводныя суда совершенно пригодны. Англія имѣетъ три различныхъ модели подводныхъ судовъ—«Waddington», «Campbell» и «Nordenfeld». Италія въ 1893 году спустила въ воду «Pullino». Америка продаетъ желающимъ патентъ на «Holland». Швеція имѣетъ свою подводную лодку. Франція усиленно строитъ подводныя миноноски, и успѣхи «Губэ», «Моржа», «Жимнота», «Густава Зеде» и т. д. у всѣхъ на глазахъ. Дѣлаются опыты съ подводнымъ плаваніемъ и въ Россіи.

Въ виду современности вопроса о подводномъ плаваніи, мы изложимъ исторію этого вопроса, а затѣмъ опишемъ нѣсколько изъ современныхъ подводныхъ лодокъ, насколько это возможно,—въ виду сохраненія подробностей устройства ихъ въ секретѣ.

Историческій очеркъ развитія подводнаго плаванія.

Первымъ реальнымъ, т.-е. дѣйствительно выстроеннымъ подводнымъ судномъ надо признать подводную лодку голландскаго механика и физика начала XVII ст.—Корнелія ванъ-Дреббеля. Лодка была построена въ Лондонѣ и могла вмѣщать 12 гребцовъ и 3 офицеровъ. Преданіе говоритъ, что на пробномъ опытѣ въ лодкѣ спускался подъ воду самъ король англійскій Іаковъ I. Въ 1653 году была построена подводная лодка въ Роттердамѣ. Подробности ея устройства неизвѣстны; повидимому, при ея постройкѣ инспирировались указаніями іезуита Мерсена, написавшаго сочиненіе: «О необходимыхъ условіяхъ подводнаго плаванія». Въ 1770 году англійскій механикъ Дэй построилъ подводную лодку въ Ярмутѣ. Лодка эта много обѣщала при первыхъ опытахъ, но вскорѣ на Плимутскомъ рейдѣ опустилась вмѣстѣ съ изобрѣтателемъ и нѣсколькими матросами на дно съ тѣмъ, чтобы больше не подниматься. Хорошіе результаты, повидимому, дала американская лодка, построенная Бюшнелемъ въ 1776 году. Форма лодки напоминала какъ бы два спинныхъ щита черепахи, герметически другъ съ другомъ соединенныхъ; наверху былъ небольшой куполъ со стеклами, служившій и для входа въ лодку. Лодка предназначалась для военныхъ цѣлей (время ея изобрѣтенія совпало съ англійской войной) и является прототипомъ миноносокъ.

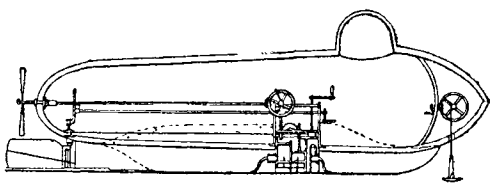


Рис. 316. Разрѣзъ «Наутилуса».

Идеей Бюшнеля воспользовался затѣмъ Фультонъ; въ 1800 году имъ была построена подводная лодка и представлена Бонапарту въ Руанѣ, а въ слѣдующемъ 1801 году она была испытана сначала въ Парижѣ, на Сенѣ, а затѣмъ въ Брестѣ. Разрѣзъ этой лодки которую изобрѣтатель назвалъ «Наутилусомъ», изображенъ на рис. 316-мъ. При первомъ спускѣ Фультонъ съ матросомъ прошелъ подъ водой значительное разстояніе и оставался подъ водой до 20 минутъ. При второмъ опытѣ, на болѣе усовершенствованной лодкѣ, Фультонъ оставался подъ водою больше часа и прошелъ свыше $^1/_2$ мили. Несмотря на эти удачи, практическаго приложенія лодки Фультона не получили ни во Франціи, ни въ Англіи, куда его потомъ пригласили Слѣдующей подводной лодкой была лодка бр. Коэссинъ, испытанная по приказанію Наполеона въ 1810 году особой комис-

сіей, въ составъ которой входили, между прочимъ, Біо и Карно. Вотъ главныя основанія ея устройства: горизонтальный винтъ служилъ для поступательнаго движенія и приводился въ движеніе руками экипажа; вертикальный винтъ примѣнялся для подъема и опусканія лодки; для опусканія, кромѣ того, служилъ наполняемый водою трюмъ; при подъемѣ вода выкачивалась изъ него ручною помпой; на случай весьма быстраго поднятія, имѣлся подвѣшенный подъ килемъ свинцовый грузъ, который можно было оборвать изъ лодки. При послѣднемъ испытаніи въ комиссіи лодка погибла.

Пропуская нѣсколько совершенно неудачныхъ построекъ, мы доходимъ до 1835 года, когда начались работы по постройкѣ подводной лодки въ Россіи, на заводѣ Берда, по чертежамъ генерала Шильдера. Лодка эта, вооруженная подводной мортирой и двигавшаяся

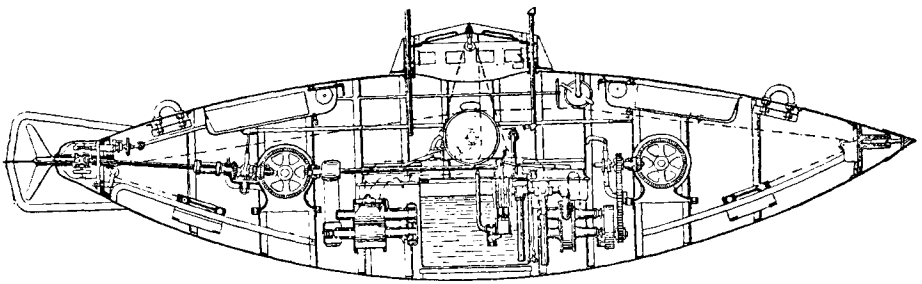


Рис. 317. Лодка Джевицкаго.

отъ паровой машины, была подвергнута въ 1836—1838 году испытаніямъ, но болѣе подробныхъ свѣдѣній объ ней не осталось.

Въ слѣдующій затѣмъ періодъ, приблизительно въ 20 лѣтъ, не было слышно ни о какихъ новыхъ проектахъ подводныхъ лодокъ. Усиленно за ихъ постройку снова принялись въ концѣ пятидесятыхъ и шестидесятыхъ годовъ.

Въ 1858 году во Франціи Буржуа и Брюль впервые въ качествѣ двигательной силы примѣнили къ подводнымъ лодкамъ сжатый воздухъ. Въ 1864 и слѣдующихъ годахъ постройка лодокъ по различнымъ моделямъ производилась особенно усиленно въ Америкѣ, для нуждъ обѣихъ сторонъ, принимавшихъ участіе въ междоусобной войнѣ. Изъ построенныхъ въ это время лодокъ особенно отличалась «David», неоднократно тонувшая и служившая могилою экипажа, но затѣмъ снова извлекаемая изъ воды и снова поступавшая въ дѣло. Лейтенантъ Диксонъ съ 8 матросами при помощи этой лодки взорвалъ адмиральское судно союзнаго флота, которое блокировало Чарльстоунъ, но зато и сама лодка со всѣми людьми погибла.

Въ половинѣ шестидесятыхъ же годовъ въ Кронштадтѣ по планамъ фотографа Александровскаго была построена лодка, давшая на испытаніи сравнительно удовлетворительные результаты. Лодка эта была длиною въ 110 ф., шириною 13 ф. и высотою 12 ф. и имѣла водоизмѣщеніе въ 220 тоннъ. Двигалась она силою сжатаго воздуха, при чемъ запасу его хватало на путь отъ Кронштадта до Бюркзунда (42 мили). Погружалась лодка наполненіемъ особыхъ отдѣленій водою, а для поднятія вода изъ нихъ выгонялась сжатымъ воздухомъ. Спущена на воду лодка была въ іюлѣ 1866 года, и тотчасъ съ ней были начаты опыты, при чемъ въ лодкѣ, обыкновенно, находились самъ изобрѣтатель и англичанинъ Ватсонъ. Начало опытовъ было очень удачно: лодка то погружалась, то показывалась на поверхности воды и шла довольно скоро. Но вдругъ лопнулъ клапанъ въ одномъ изъ газгольдеровъ со сжатымъ воздухомъ, воздухъ подъ большимъ давленіемъ вошелъ въ одну изъ боковыхъ цистернъ и выгнулъ ея бокъ. Поврежденіе было исправлено, и лодка снова была, и на этотъ разъ уже совершенно удачно испытана. Въ 1869 году на Транзундскомъ рейдѣ лодка вполнѣ успѣшно была демонстрирована въ Высочайшемъ присутствіи. Въ 1870 г. на лодкѣ была сдѣлана добавочная желѣзная башенка: съ нею лодка выдержала плаваніе въ бурную погоду. Затѣмъ лодку начали испытывать на «крѣ

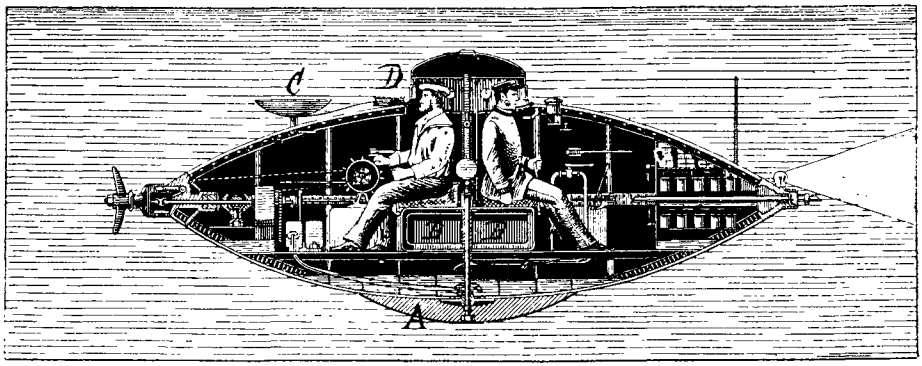


Рис. 318. Подводная лодка «Губэ».

ность». Сначала ее погрузили безъ людей на 12 саж.—опытъ удался; погрузили на 14 саж.—лодка утонула. Вытащить ее удалось только черезъ два года; въ это время интересъ къ ней угасъ, и она и до сихъ поръ, вѣроятно, валяется въ какомъ-либо изъ Кронштадтскихъ пакгаузовъ.

Переходя къ лодкамъ настоящаго времени, главная особенность большинства которыхъ—примѣненіе электричества въ качествѣ движущей силы, мы упомянемъ еще только о работахъ русскаго ученаго С. К. Джевицкаго. Первая модель его лодки была построена въ Одессѣ въ 1877 году. Рис. 317 представляетъ разрѣзъ болѣе поздней, второй модели. Она почти треугольна въ поперечномъ разрѣзѣ; корпусъ у нея изъ стали и имѣетъ длину въ 19 ф., высоту въ $5^1/_2$ ф. и ширину въ 4 ф. Объемъ 104 куб. ф., вѣсъ 140 пуд., не считая подвижнаго груза въ 40 пуд., передвиженіемъ котораго достигалось погруженіе лодки. Грузъ, подвинутый къ носу, вызывалъ погруженіе, къ кормѣ—выплываніе на поверхность. Поступательное движеніе лодка получала помощью винта, приводимаго въ движеніе 4 велосипедными приборами—по числу человѣкъ экипажа лодки.

Одесскія испытанія лодки Джевицкаго въ присутствіи Александра III, въ то время еще наслѣдника престола, были настолько, казалось, успѣшны, что изобрѣтателю былъ данъ заказъ на 50 лодокъ—25 для Кронштадта и 25 для Севастополя. Лодки были исполнены, но на дѣлѣ никогда не примѣнялись. Въ настоящее время корпуса ихъ утилизированы для морскихъ баканов.

Въ 1884 году Джевицкій построилъ новую модель своей лодки: въ ней въ качествѣ двигательной силы въ первый разъ употребляется электрическій токъ, доставляемый батареей аккумуляторовъ.

При исполненіи вышеупомянутаго заказа русскаго правительства, а также при дальнѣйшей работѣ своей по подводному плаванію, Джевицкій часто пользовался услугами французскаго конструктора Піа и служившаго у него чертежникомъ нѣкоего Губэ. Братъ этого чертежника, Кловисъ Губэ нѣсколько лѣтъ спустя оказался изобрѣтателемъ подводной лодки, весьма сходной съ лодкой Джевицкаго. Ему только больше посчастливилось, чѣмъ русскому изобрѣтателю, и его лодка имѣла значительный и заслуженный успѣхъ.

«Губэ».

Первая лодка, сконструированная К. Губэ и носящая его имя, была спущена на Сенѣ. Послѣдующія модели испытывались въ Шербургѣ. Рис. 318 представляетъ ея продольный разрѣзъ. Погруженіе и всплываніе на поверхность «Губэ» достигается наполненіемъ и опоражниваніемъ цистернъ посредствомъ помпъ, находящихся въ связи съ особымъ регулято-

ромъ устойчивости. Вода перекачивается изъ носового отдѣленія въ кормовое или обратно, чѣмъ достигается то же перемѣщеніе центра тяжести, что и у Држевицкаго. Для быстраго подъема у «Губэ» имѣется подъ килемъ большая свинцовая тяжесть А (рис. 318), которую изнутри лодки можно отцѣпить.

Въ центрѣ лодки имѣется два резервуара ВВ (они служатъ въ то же время сидѣньемъ для экипажа, состоящаго изъ двухъ человѣкъ), изъ которыхъ одинъ наполненъ сгущеннымъ воздухомъ, а другой—сгущеннымъ кислородомъ. Запасъ воздуха и кислорода таковъ, чтобы его хватало для дыханія двухъ людей на сутки.

Винтъ, подвижный около своей оси и служащій такимъ образомъ одновременно и рулемъ, приводится въ движеніе электромоторомъ Сименса, вѣсомъ въ 190 килогр. Источникомъ тока служитъ батарея изъ 42 аккумуляторовъ или 60 элементовъ съ окисью мѣди. Батарея даетъ токъ силой въ 8,8 ампера при напряженіи въ 48 вольтъ въ продолженіе 10 часовъ. Скорость лодки подъ водою—4 узла въ часъ.

Для управленія подъ водой Губэ устроилъ особый оптическій приборъ—перископъ, примѣнявшійся, впрочемъ, и раньше его и состоящій изъ трубы и камеры-обскуры, отбрасывающей изображеніе на листъ бумаги. Подъ руками у одного изъ матросовъ экипажа имѣется отверстіе съ двойными дверцами, черезъ которое подъ водой можно выбрасывать изъ лодки поплавки или другіе какіе-либо подобнаго рода сигналы.

На случай порчи машинъ, лодка снабжена (рис. 319) веслами. Весла эти въ обыкновенное время бываютъ отогнуты вдоль бортовъ лодки. Подъ веслами лодка можетъ итти со скоростью 3 узловъ въ часъ.

Снаружи лодки находится (рис. 318) чашка С, въ которой помѣщается пироксилиновая мина, снабженная двумя резиновыми мѣшками, соединенными каучуковой трубкой съ находящимся въ лодкѣ воздушнымъ резервуаромъ. Лодка подходитъ подъ днище непріятельскаго корабля, и тогда впускаютъ сгущенный воздухъ въ только-что упомянутые мѣшки.

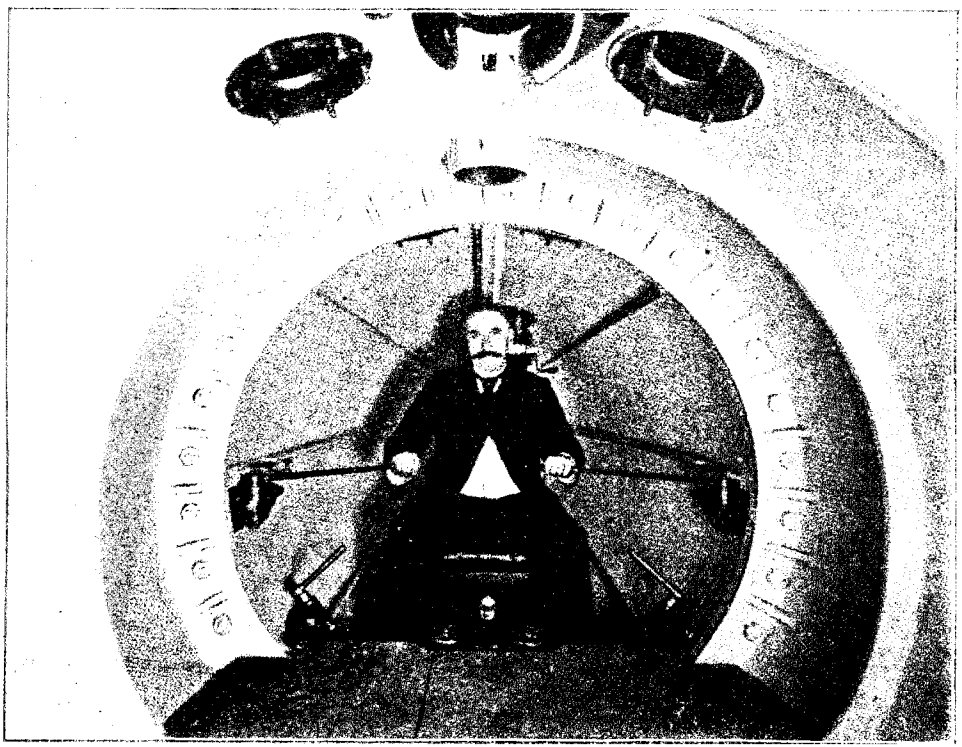


Рис. 319. Управленіе веслами въ лодкѣ «Губэ».

Наполненные воздухомъ мѣшки всплываютъ вмѣстѣ съ миной и какъ бы присасываются къ дну непріятельскаго судна. Лодка тѣмъ временемъ даетъ задній ходъ и, отойдя отъ него на безопасное разстояніе, посредствомъ смотаннаго съ катушки Д провода, взрываетъ мину.

Мы описали маленькую первоначальную модель «Губэ». Въ 1899 году была построена и съ успѣхомъ испробована въ Тулонѣ подобная лодка значительно бо̀льшихъ размѣровъ. Эта лодка снабжена уже не описанной нами миной, а миной самодѣйствующей (рис. 320).

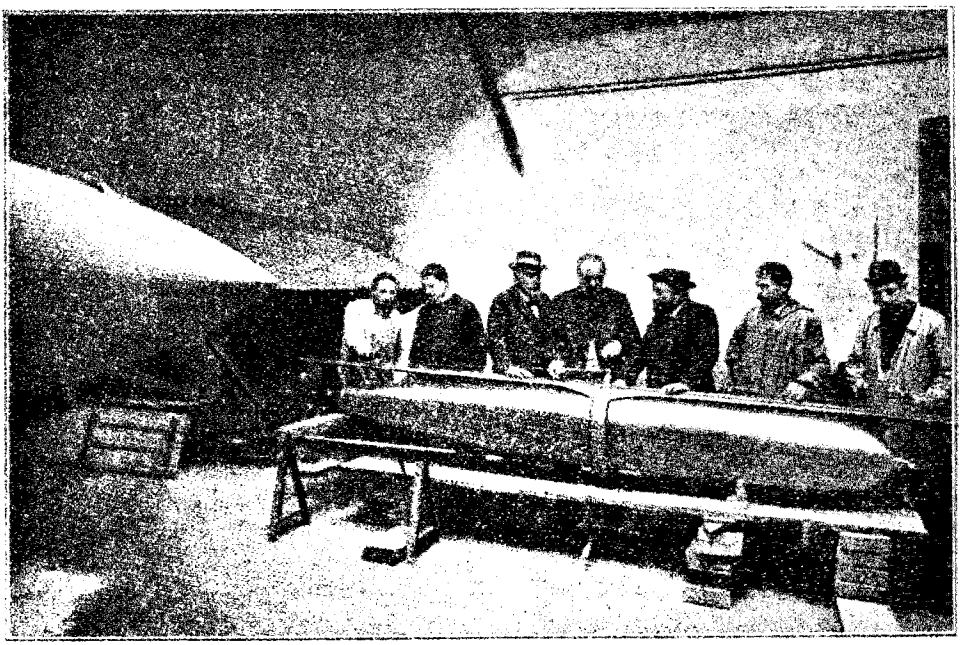


Рис. 320. Автоматическая мина лодки «Губэ».

Наше описаніе лодки «Губэ» мы закончимъ разсказомъ водолаза Кифферa, пробывшаго въ этой лодкѣ на испытаніи въ продолженіе 8 часовъ подъ водою.

«Манометры показали, что лодка опустилась на глубину 6 метровъ.

Первый часъ. Первый часъ ушелъ на уборку и установку инструментовъ, регулированія насосовъ, подающихъ кислородъ. и т. д. Когда все это было закончено, мы (съ Кифферомъ былъ еще товарищъ, также водолазъ, по фамиліи Пратъ) время отъ времени подкачивали свѣжій кислородъ.

Второй часъ. У Прата были съ собою карты, и мы начали партію въ пикетъ.

Третій часъ. Кислородъ насъ немножко опьянилъ. Мы садимся за завтракъ съ прекраснымъ аппетитомъ, уничтожаемъ закуску, цыпленка, пирогъ изъ кролика, сыръ, дессертъ и выпиваемъ двѣ бутылки краснаго вина.

Четвертый часъ. Собрались пить кофе. Кофе у насъ въ бутылкѣ, но какъ его разогрѣть? Рѣшаемъ съѣсть оставшіяся двѣ сардинки, а въ коробкѣ изъ-подъ нихъ на имѣющейся у насъ лампочкѣ разогрѣть кофе.

Пятый часъ. Кофе разогрѣтъ и выпитъ. Снова садимся играть въ карты. но намъ ужасно мѣшаютъ и надоѣдаютъ разспросами въ телефонъ: хорошо ли мы себя чувствуемъ? Намъ навѣрно лучше подъ водой, чѣмъ комиссіи, которую подъ открытымъ небомъ мочитъ дождь.

Шестой часъ. По телефону говоритъ морской префектъ г. Веспесъ.

— Все ли хорошо?

— Прекрасно, адмиралъ.

Седьмой часъ. Мы занимаемся наблюденіями происходящаго вокругъ насъ въ водѣ. Время отъ времени проплываютъ рыбы. Вотъ надъ лодкой прошло какое-то судно. Намъ, между прочимъ, прекрасно слышенъ шумъ дождя, падающаго въ море.

— Уже четыре съ половиной часа,—говорю я своему компаніону.
— Какъ скоро проходитъ время!
Восьмой часъ. По телефону говоритъ предсѣдатель комиссіи:
— Ну, все попрежнему хорошо?
— Очень хорошо, капитанъ.
— Остается еще часъ.
— Хотя бы и больше.
Нѣсколько минутъ спустя. По телефону говоритъ одинъ изъ членовъ комиссіи:
— Если вамъ не хорошо, вы должны сказать.
— Не безпокойтесь. Намъ отлично.
Опять звонокъ телефона. Вотъ ихъ разобрало-то! На этотъ разъ голосъ Губэ:
— Еще полъ-часа, Кифферъ!
— Хорошо...
Снова звонокъ... Вотъ надоѣли-то своимъ приставаніемъ!
— Остается четверть часа!
— Отлично, отлично! Все идетъ хорошо.
— Еще пять минутъ,—говорю я Прату. Прямо удивительно, какъ скоро прошлó время.
Звонокъ, на этотъ разъ послѣдній.
— Восемь часовъ прошло. Испытаніе окончено...

«Жимнотъ».

Несмотря на успѣхи испытаній «Губэ», большимъ его недостаткомъ является способъ погруженія при помощи перемѣщенія центра тяжести. Способъ этотъ не выдерживаетъ сколько-нибудь серіозной критики. Самъ Губэ въ компаніи съ извѣстнымъ журналистомъ Эмилемъ Готье во время одной изъ пробъ «Губэ №I» чуть было изъ-за

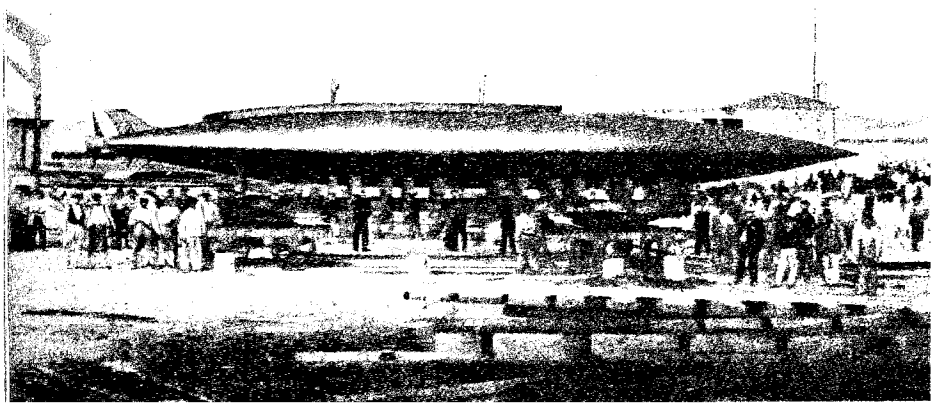


Рис. 321. «Жимнотъ» передъ спускомъ.

несовершенства этого устройства не остался на днѣ навсегда. Вынырнуть имъ удалось—только сбросивъ упоминавшійся нами свинцовый грузъ.

Иначе достигается погруженіе въ лодкѣ «Жимнотъ», спроектированной Дюпюи де-Ломомъ и Густавомъ Зеде, а выполненной за смертью де-Лома однимъ Зеде. «Жимнотъ» спущена въ Тулонѣ въ 1889 году (рис. 321). Постройка ея не имѣла въ виду военныхъ цѣлей, а потому «Жимнотъ» не несла никакого вооруженія. Это была проба подводныхъ лодокъ извѣстнаго типа.

«Жимнотъ» имѣетъ сигарообразную форму; длина ея—17,5 метра, а діаметръ въ наиболѣе широкой средней части—1,8 метра. Въ этомъ мѣстѣ у нея сверху имѣется башенка съ толстыми иллюминаторами и въ ней помѣщается человѣкъ, управляющій лодкой. Водоизмѣщеніе лодки—30 тоннъ. Погруженіе достигается при помощи горизонтальныхъ рулей, т.-е. такъ, какъ мы видѣли у минъ Уайтхеда. Всѣ механизмы лодки приводятся въ движеніе электрическимъ токомъ, доставляемымъ батареей изъ 204 аккумуляторовъ, получающихъ зарядъ равный 67.300 амперъ-часамъ; электромоторъ—системы кап. Кребса, выработанной имъ для цѣлей воздухоплаванія.

По своей длинѣ лодка раздѣляется непроницаемыми переборками на три части: носовую—занимающую почти половину всей лодки, среднюю и кормовую—почти одинаковой между собой величины. Въ носовой части помѣщаются аккумуляторы, резервуаръ сгущеннаго воздуха и, у самой середины лодки, перископъ. Въ средней части находятся всѣ механизмы, включая сюда электрическій двигатель, башенку, черезъ которую входятъ внутрь лодки, рулевое колесо, жироскопъ [1], манометръ и т. д. По бокамъ средняго отдѣленія помѣщается двѣ водяныхъ цистерны. Кормовая часть лодки занята водяной цистер-

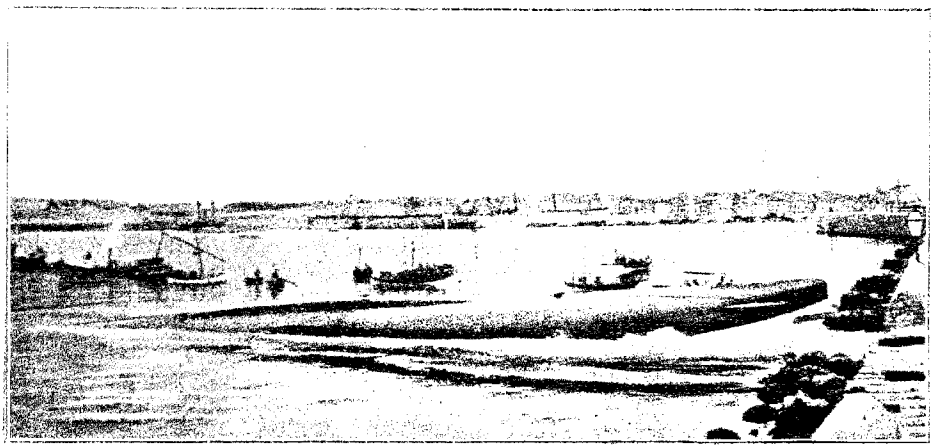


Рис. 322. «Густавъ Зеде».

ной, служащей противовѣсомъ помѣщеннымъ на носу аккумуляторамъ; черезъ нее проходитъ гребной валъ, а сзади нея снаружи помѣщаются винтъ и вертикальный и горизонтальный рули.

Экипажъ описанной лодки состоитъ изъ 3—5 человѣкъ. Испытаніе «Жимнота» было настолько удачно, что тотчасъ же по его окончаніи, въ 1889 году, была заложена новая лодка «Сирена», затѣмъ переименованная въ «Густавъ Зеде», постройка которой была поручена морскому инженеру Ромацоти.

«Густавъ Зеде».

Мы не будемъ описывать подробно этого роднаго брата «Жимнота» (рис. 322). Длина этой лодки—48,5 метр., діаметръ—3,2 метра; водоизмѣщеніе—267 тоннъ. Его винтъ приводится въ дѣйствіе при плаваніи на поверхности керосиновымъ двигателемъ въ 200 лошадиныхъ силъ, а при плаваніи подъ водой—батареей аккумуляторовъ, заряжаемыхъ при помощи упомянутаго мотора. Заряда батареи хватаетъ на 25 миль со скоростью

[1] Особый приборъ, замѣняющій компасъ.

8 узловъ, или же на 70 миль со скоростью 5 узловъ въ часъ. Вооруженіе «Густава Зеде» состоитъ изъ пушки для Уайтхедовскихъ минъ.

«Густавъ Зеде» вошелъ въ составъ французскаго военнаго флота и приписанъ къ Тулонскому порту.

Еще болѣе измѣненъ первоначальный типъ «Жимнота» въ лодкахъ «Моржъ» и «Нарвалъ». Во Франціи строятся подводныя лодки и еще нѣсколькихъ типовъ, и вообще подводный флотъ ея растетъ не по днямъ, а по часамъ. Въ созданіи его принимаетъ

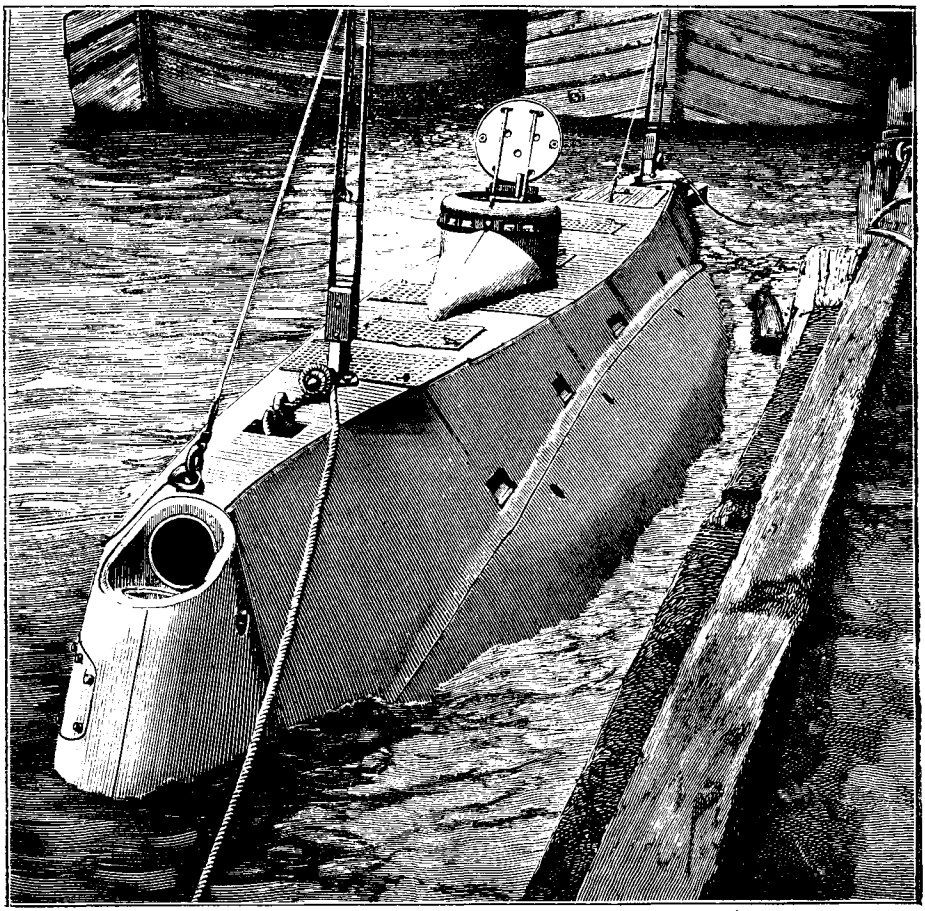


Рис. 323. «Голландъ».

участіе весь французскій народъ. Газета «Matin» открыла у себя подписку на постройку подводныхъ лодокъ, и подписка эта дала $^1/_2$ милліона франковъ. На эту сумму морское министерство строитъ двѣ лодки типа «Моржъ».

«Голландъ».

Морское министерство Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ, видя успѣхи постройки подводныхъ судовъ во Франціи и прекрасно сознавая значеніе подводнаго плаванія, объявило въ 1893 году конкурсъ на подводный миноносецъ, — конкурсъ, привлекшій многихъ изобрѣтателей. Одною изъ лучшихъ, представлен-

ныхъ на конкурсъ, оказалась лодка американскаго инженера Голланда, занимавшагося постройкой подводныхъ судовъ еще съ 1875 года. Не разбирая его первоначальныхъ моделей, мы остановимся только на «Голландѣ № 4» (рис. 323 и 324) [1], спущенномъ на воду въ 1896 году.

Размѣры лодки:—26 м. въ длину и 3,5 м. въ ширину. Водоизмѣщеніе 154—168 тоннъ. Лодка снабжена паровой машиной тройного расширенія въ 1.625 лошад. силъ, приводящей въ движеніе три гребныхъ винта. На поверхности лодка дѣлаетъ 15 узловъ въ часъ, а погруженная въ уровень съ поверхностью воды—14 узловъ. При плаваніи подъ водой движеніе винтамъ даетъ электродвигатель въ 70 лошадиныхъ силъ, приводимый въ дѣйствіе батареей аккумуляторовъ. Аккумуляторы заряжаются при помощи особой динамо и паровой машины «Голланда». Скорость хода подъ водой—8 узловъ въ часъ. Запасъ угля для «Голланда»—на 15 часовъ полнаго хода, а заряда батареи хватаетъ на 6 час. подводнаго плаванія.

Кромѣ дымовой трубы наверху «Голланда» выдается блиндированная рубка съ броневой башней изъ 8″ плитъ. Погруженіе лодки достигается во время хода измѣненіемъ отъ руки положенія находящихся за кормой вертикальнаго и горизонтальнаго рулей; при достиженіи желаемаго углубленія лодка приводится въ горизонтальное положеніе, въ которомъ поддерживается автоматическимъ рулевымъ приборомъ, напоминающимъ таковой же у минъ Уайтхеда. Автоматически же поддерживается подъ водою и разъ принятое при погруженіи лодки осевое, продольное направленіе. Для погруженія лодки не на

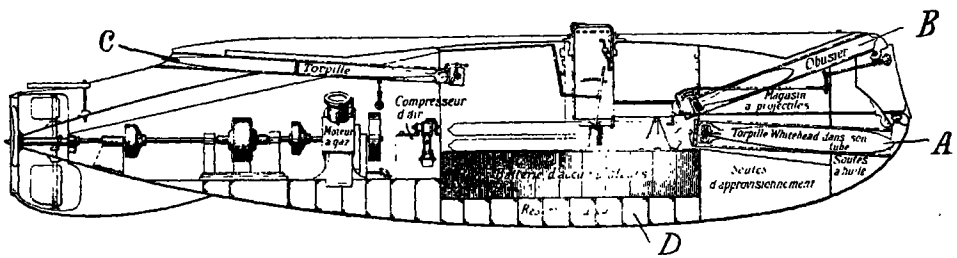


Рис. 324. Разрѣзъ «Голланда».

ходу, а на мѣстѣ служатъ особые винты, работающіе въ горизонтальной плоскости и расположенные одинъ на носу, а другой у кормы. Для выплыванія лодки въ случаѣ порчи механизмовъ не имѣется ни сбрасываемаго груза, ни другихъ какихъ-либо приспособленій: экипажъ изъ затонувшей лодки спасается, вылѣзая въ горловину и всплывая наверхъ въ особыхъ двойныхъ спасательныхъ куртках.

Мы уже говорили, что существуетъ автоматическій приборъ для поддержанія нужнаго, принятаго при погруженіи лодки, направленія движенія; кромѣ того примѣняется для ориентированія также перископъ и компасъ. Компасъ это—больное мѣсто подводныхъ судовъ, потому что онъ окруженъ массой стали и желѣза и недалеко отъ него находятся источники электрическаго тока и провода. Въ «Голландѣ» компасъ помѣщенъ въ перевернутомъ положеніи внѣ судна, надъ верхней его оболочкой, которая въэтомъ мѣстѣ прорѣзана, а въ прорѣзъ вставлено толстое стекло, позволяющее изнутри лодки читать показаніе компаса. Въ такомъ положеніи компасъ даетъ почти правильныя показанія.

Вооруженіе лодки состоитъ изъ трехъ пушекъ: одна изъ нихъ A (рис. 323) предназначается для минъ Уайтхеда, которыхъ лодка имѣетъ пять штукъ, а двѣ другія—спе-

[1] Точныхъ рисунковъ и снимковъ «Голланда № 4» не имѣется. Рисунки, приводимые Ж. Дари, представляютъ наружный видъ «Голланда» старой модели, а въ разрѣзѣ изображенъ «Голландъ», наоборотъ, болѣе, чѣмъ № 4 новаго образца съ замѣной паровой машины керосиновымъ двигателемъ. Общее устройство, однако, такое же, какъ и описываемаго «Голланда № 4». Примѣч. переводчика.

ціальнаго назначенія. Пушка кормовая С посылаетъ динамитную мину по поверхности воды, а пушка носовая В, нѣсколько меньшаго размѣра—динамитный же снарядъ по воздуху. Пушки стрѣляютъ при этомъ не какими-либо взрывчатыми веществами, а сжатымъ воздухомъ. Длина полета описываемыхъ снарядовъ (зарядъ ихъ—приблизительно 14 кплогр. динамита)—около 1.400 метровъ.

Чрезвычайно остроумное приспособленіе позволяетъ въ моментъ выстрѣла впустить въ водяные резервуары лодки (Д, рис. 324) количество воды, равное по вѣсу выпущенному снаряду; такимъ образомъ равновѣсіе лодки и послѣ выстрѣла нисколько не измѣняется.

Вотъ какъ рисуетъ самъ изобрѣтатель Голландъ картину дѣйствія его подводнаго миноносца. Миноносецъ, призванный защищать извѣстную, напримѣръ, гавань, держится въ морѣ, дальше линіи обстрѣла береговыхъ батарей. Тутъ онъ, погруженный до самой сторожевой башенки и, слѣдовательно, трудно замѣтный для непріятеля, поджидаетъ приближеніе непріятельскаго флота.

Какъ только имъ будутъ замѣчены непріятельскія суда, тотчасъ на немъ убираютъ дымовую трубу и закрываютъ всѣ наружныя отверстія. Лодка, однако, еще не погружается въ воду, а старается, насколько возможно, ближе подойти къ непріятелю. Когда, наконецъ, явится опасность быть замѣченнымъ непріятелемъ, миноносецъ, опредѣливъ направленіе на какой-либо изъ кораблей, ныряетъ и снова выплываетъ тогда, когда, по его разсчету, до цѣли остается 250—150 метровъ. Выплывъ, или, вѣрнѣе сказать, выставивъ изъ воды только свою башенку, миноносецъ провѣряетъ свое направленіе, измѣняетъ его, если ранѣе была сдѣлана ошибка, и ранѣе, чѣмъ къ нему успѣли прицѣлиться съ непріятельскаго корабля, снова ныряетъ, проплываетъ въ нѣсколько минутъ еще метровъ 100 и тогда навѣрняка уже пускаетъ свою мину.

Опыты показали, что погруженіе «Голланда» происходитъ въ очень короткое время: 30 секундъ достаточно, чтобы убрать дымовую трубу и герметически закрыть отверстіе башенки, а еще черезъ 20 секундъ лодка уже на глубинѣ 6 метровъ. Прочность лодки такова, что она можетъ свободно выдерживать давленіе слоя воды въ 150 футовъ.

На этомъ мы покончимъ съ военными подводными судами. Результаты, здѣсь достигнутые (мы можемъ особенно подчеркнуть, что достигнуты они только благодаря электричеству), очень велики, но рѣшенъ ли вопросъ подводнаго плаванія даже въ тѣхъ спеціальныхъ условіяхъ, которыя нужны въ морскомъ миноносномъ дѣлѣ,—сказать съ увѣренностью нельзя. Пробныя испытанія «Жимнота», «Г. Зеде» и въ особенности «Голланда» были очень удачны, это правда. Но «Голландъ» уже существовалъ во время испано-американской войны, а о военныхъ не только успѣхахъ, но даже и дѣйствіяхъ его что-то не приходилось слышать. Конечно, можетъ быть, это простая случайность, но случайность прискорбная. Блокада американскимъ флотомъ испанскаго въ Сантъ-Яго давала хорошій случай подводной лодкѣ показать свою дѣятельность въ военное время.

«Аргонавтъ».

До сихъ поръ мы занимались подводными судами, предназначенными исключительно для военныхъ цѣлей. Это не значитъ, чтобы подводное плаваніе не имѣло никакого другого значенія. Къ сожалѣнію только строй настоящаго общества таковъ, что всего больше денегъ тратится на созданіе орудій разрушенія, и въ этой области всякій изобрѣтатель скорѣе найдетъ поддержку, капиталъ и успѣхъ. Но если большинство изобрѣтателей, разрабатывавшихъ проекты подводныхъ лодокъ, и имѣли въ виду цѣли военныя, то были и такіе, которые стремились создать не разрушителей, а мирныхъ слугъ прогресса, облегчить подводныя работы, научныя изслѣдованія глубины морей и т. п. Одна изъ такихъ «мирныхъ» лодокъ, построенная въ Бальтиморѣ въ 1896 году инженеромъ Симономъ Латомъ и названная имъ «Аргонавтомъ», долгое время примѣнялась, да, кажется, и сейчасъ несетъ эту службу, при разнаго рода подводныхъ, водолазныхъ работахъ.

«Аргонавтъ» (рис. 325 и 326) уже по наружному своему виду очень оригиналенъ. На поверхности воды или на небольшой глубинѣ онъ плаваетъ при помощи обыкновеннаго винта, но гораздо охотнѣе опускается на дно, гдѣ превращается въ катящійся по дну фантастическій экипажъ. Для этой цѣли ему служатъ два большихъ колеса спереди и одно маленькое управляемое рулевое колесо—подъ кормой.

Съ перваго раза такой способъ передвиженія кажется страннымъ и даже несбыточнымъ: мы знаемъ, какъ чувствительны къ состоянію дорогъ земные автомобили,—трудно же ждать хорошую и ровную дорогу на днѣ моря. Дѣло въ томъ, что въ обыкновенномъ автомобилѣ весь вѣсъ его давитъ на колеса, а въ «Аргонавтѣ» онъ уравновѣшенъ давленіемъ воды: колесамъ его не приходится нести почти никакой тяжести, и они служатъ

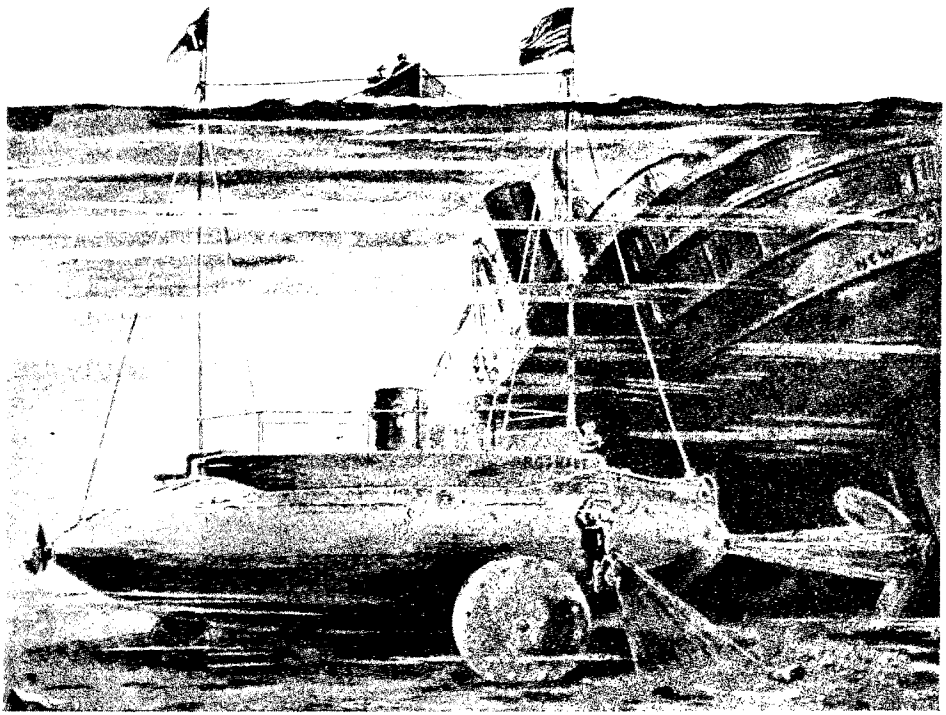


Рис. 325. «Аргонавтъ».

только для передвиженія. Это даетъ «Аргонавту» особую подвижность, и онъ какъ бы перескакиваетъ черезъ встрѣчающіяся препятствія.

Размѣры «Аргонавта» 11 м. въ длину и 2,75 м. въ ширину. Прочность постройки такова, что онъ легко выдерживаетъ давленіе въ 5 — 6 атмосферъ и, слѣдовательно, можетъ опускаться на глубину до 50 метровъ. Внутри «Аргонавтъ» раздѣленъ на три отдѣленія. Въ кормовомъ, наибольшемъ по размѣрамъ, помѣщается весь экипажъ (6 человѣкъ), газолиновый моторъ, аккумуляторы, динамо и электродвигатели для винта и колесъ; отсюда же входъ на башенку, въ которой помѣщается рулевой.

Водолазы, надѣвъ свой костюмъ въ описанномъ первомъ отдѣленіи, переходятъ во второе, куда накачивается сгущенный воздухъ до давленія равнаго съ наружнымъ давленіемъ воды. Тогда открываютъ внизу этого помѣщенія люкъ, и водолазъ свободно спускается на дно. Въ это же отдѣленіе водолазъ свободно и самостоятельно, безъ посторонней помощи, возвращается для отдыха, за инструментами и т. д.

Наконецъ, третье отдѣленіе, на самомъ носу, служитъ для помѣщенія машиниста, управляющаго ходомъ «Аргонавта» по дну; отсюда же онъ помогаетъ работамъ водолазовъ, освѣщая пространство впереди лодки сильнымъ электрическимъ прожекторомъ.

Для возобновленія воздуха внутри лодки и для водолазовъ находятся запасы его въ сгущенномъ видѣ, достаточные для 48-часоваго пребыванія лодки подъ водой. При работѣ на небольшой глубинѣ воздухъ возобновляется при помощи металлическихъ мачтъ, выдающихся надъ поверхностью воды. Одна изъ этихъ мачтъ можетъ служить для вывода отработавшихъ газовъ изъ керосиноваго двигателя, и въ такомъ положеніи «Аргонавтъ» подъ водою можетъ передвигаться и работать, не расходуя запаса электрической энергіи въ аккумуляторахъ.

Электричество на броненосцахъ.

Въ предыдущемъ изложеніи мы показали, какъ примѣняется электричество въ минномъ дѣлѣ и въ близко къ нему относящихся лодкахъ для подводнаго плаванія. Результаты достигнутые въ этомъ послѣднемъ, всецѣло можно приписать возможности примѣнить въ качествѣ двигательной силы—электрическій токъ аккумуляторовъ. Благодаря электричеству, мы располагаемъ теперь грозными защитниками береговъ и гаваней и, благодаря этой таинственной силѣ, Давиды военнаго флота—миноноски и подводныя лодки могутъ вступать въ бой съ Голіафами—броненосцами.

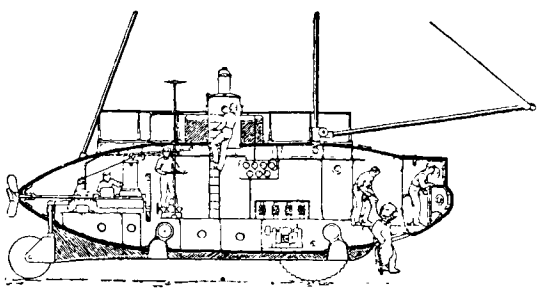


Рис. 326. Разрѣзъ «Аргонавта».

Но не надо думать, чтобы и эти колоссы военнаго флота не пользовались услугами электричества. Вспомнимъ опредѣленіе броненосца, сдѣланное однимъ изъ извѣстныхъ англійскихъ адмираловъ: «Нынѣшній военный корабль, — говоритъ онъ, — представляетъ собою громадный желѣзный коробъ, наполненный разнообразнѣйшими машинами и механизмами... которые въ самый нужный моментъ откажутся функціонировать». Если вторая часть приведеннаго опредѣленія и можетъ быть оспариваема, то противъ первой трудно сказать что-либо. Дѣйствительно, двѣ трети, если не три четверти корпуса броненосца заняты различными машинами, двигателями, элеваторами, контрольными приборами и т. д. И если первоначальной двигательной силой для всѣхъ этихъ механизмовъ является паръ, то электричество даетъ способъ разносить доставляемую имъ энергію по всѣмъ отдаленнѣйшимъ частямъ корабля, позволяетъ силу паровой машины обращать въ силу повинующагося нажиму кнопки электродвигателя,—словомъ, придаетъ всѣмъ механизмамъ эластичность и управляемость, не оставляющія желать ничего лучшаго.

Мы не имѣемъ ни мѣста, ни возможности прослѣдить съ подробностью, какъ использовано электричество на нынѣшнихъ крупныхъ военныхъ судахъ, и намъ приходится ограничиться лишь краткими указаніями на главнѣйшія его примѣненія.

Не говоря о соединяющихъ различныя помѣщенія телеграфахъ и телефонахъ, ни о составляющемъ въ послѣднее время почти непремѣнную принадлежность всякаго военнаго судна—безпроволочномъ телеграфѣ, электричество на современномъ броненосцѣ примѣняется въ качествѣ источника свѣта и въ качествѣ движущей силы.

Огромное число отдѣльныхъ камеръ, коридоровъ и башенъ, невысокіе надъ водою борта и, слѣдовательно, большое количество помѣщеній ниже ватеръ-линіи дѣлаютъ электрическое освѣщеніе прямо-таки незамѣнимымъ. Электрическій свѣтъ получается отъ спеціальной динамо-машины, но въ случаѣ порчи во время боя—приводящей ее въ движеніе паровой машины. Для наиболѣе важныхъ въ боевомъ отношеніи помѣщеній, обыкновенно, имѣются за-

пасныя батареи аккумуляторовъ. Кромѣ цѣлей прямого освѣщенія, электрическій свѣтъ примѣняется для сигнализаціи. Извѣстно, что днемъ на судахъ сигналы подаются комбинаціей различнаго рода флаговъ; ночью эти флаги замѣняются бѣлыми и красными лампами накаливанія силою въ 100—120 свѣчей. Такія лампы въ количествѣ 8—10 штукъ, обыкновенно, бываютъ разъ навсегда укрѣплены на одной изъ мачтъ, и ихъ для различныхъ сигналовъ въ различнаго рода комбинаціяхъ зажигаютъ при помощи находящагося у основанія мачты или въ боевой рубкѣ капитана комбинированнаго коммутатора.

Употребляется электрическій свѣтъ и въ качествѣ боевого или, вѣрнѣе сказать, оборонительнаго средства: мы говоримъ объ электрическихъ прожекторахъ. Установленные на площадкахъ (марсахъ) мачтъ или на палубѣ эти прожекторы позволяютъ освѣщать большое пространство вокругъ судна и замѣчать приближеніе непріятельскаго миноносца. Сконцентрированный на одну какую-либо точку свѣтъ прожекторовъ позволяетъ даже ночью съ успѣхомъ пристрѣливать орудія. Съ болѣе подробнымъ устройствомъ прожекторовъ мы отчасти познакомимся въ слѣдующихъ главахъ. Прибавимъ только, что прожекторы, устанавливаемые на марсахъ, обыкновенно дѣлаются такъ, что, посредствомъ электрическаго провода, ихъ не только можно зажигать или гасить изъ боевой рубки, но и направлять свѣтъ въ желаемую сторону и подъ желаемымъ угломъ къ горизонту.

Въ качествѣ двигательной силы, электричество поднимаетъ изъ трюма и подаетъ въ орудія снаряды, поворачиваетъ броневыя, заключающія орудія башни, наводитъ орудія и исполняетъ еще цѣлый рядъ работъ меньшей важности.

Примѣненіе электричества къ вращенію башенъ, вмѣсто прежнихъ гидравлическихъ механизмовъ, особенно привѣтствуется практиками военно-морского дѣла: поврежденія, во время боя, трубопроводовъ прежнихъ гидравлическихъ механизмовъ выводили орудіе вовсе изъ дѣйствія, а поврежденіе проводовъ электрическихъ и само по себѣ трудно, да и легко исправляется. Кромѣ того, отъ электрическихъ проводовъ легче, чѣмъ отъ какихъ-либо другихъ, перейти къ ручному управленію, къ ручной работѣ, а эта послѣдняя—все-таки самая вѣрная, надежная и примѣнимая во всякихъ условіяхъ и обстоятельствахъ боя.

Существуютъ на броненосцѣ еще сотни примѣненій электричества, одно остроумнѣе другого, но, повторяемъ, описаніе ихъ слишкомъ далеко завело бы насъ въ частности. Упомянемъ объ электрической автоматической установкѣ руля на извѣстный румбъ компаса, объ электрическомъ лагѣ, отзванивающемъ или даже записывающемъ число пройденныхъ миль, объ электрическомъ зондѣ, оповѣщающемъ о глубинѣ впереди судна, объ электрическихъ проводахъ, съ помощью которыхъ можно изъ капитанской рубки моментально и одновременно закрыть двери во всѣхъ непроницаемыхъ переборкахъ судна, объ электрическомъ маятниковомъ регуляторѣ, замедляющемъ дѣйствіе машинъ въ моментъ, когда въ бурную погоду гребной винтъ поднимается надъ водой, объ электрическихъ счетчикахъ оборотовъ гребного вала, о микрофонической коробкѣ, опускаемой въ море и передающей издали удары винта приближающагося непріятельскаго судна... И все-таки нашъ списокъ приложеній электричества на военномъ суднѣ еще не будетъ полнымъ.

Упомянемъ въ заключеніе, что проводка электричества по кораблю и установка динамо-машинъ и электродвигателей производится съ соблюденіемъ извѣстныхъ, выработанныхъ, какъ теоріей, такъ и практикой, правилъ и предосторожностей, чтобы возможно меньше вліять на компасы, эти необходимѣйшіе для мореплаванія приборы.

X.

Электричество на маякахъ.

Исторія маяковъ и основанія ихъ устройства.

Маяки извѣстны были еще древнимъ: напримѣръ, на островѣ передъ входомъ въ Александрійскую гавань приблизительно въ 283 по Р. Х. году Состратомъ была построена вышиною въ 170 метровъ башня, на которой по ночамъ разводили костеръ. Огонь указывалъ входъ въ гавань подходившимъ ночною порою кораблямъ. Таково же было назначеніе извѣстнаго Родоскаго маяка. Затѣмъ мало-по-малу такими же огнями начали обозначать и опасныя для кораблей мѣста (мели и подводныя скалы) и т. п. Сначала это были простые костры, затѣмъ ихъ замѣнили лампами. Наконецъ, и всего немного болѣе 200 лѣтъ назадъ, придумали увеличивать свѣтовой эффектъ этихъ лампъ при помощи отражательныхъ металлическихъ зеркалъ. Появились маяки, носящіе названіе отражательныхъ или катоптрическихъ. Зеркала сначала употребляли при этомъ сферическія, и потому успѣха первые катоптрическіе маяки не имѣли; извѣстны случаи, когда капитаны и лоцмана просили вернуться къ старому освѣщенію маяковъ кострами. Только въ XIX вѣкѣ инженеру Тёлэру пришло въ голову замѣнить сферическіе отражатели параболическими, при которыхъ отраженные лучи свѣта идутъ въ видѣ цилиндрическаго пучка. Тотъ же Тёлэръ замѣнилъ обыкновенныя лампы на маякахъ лампами Аргантовыми, съ двойной тягой воздуха, а затѣмъ и карсельскими, въ которыхъ масло въ свѣтильню подается непрерывнымъ токомъ посредствомъ часового механизма. Все это значительно увеличило силу свѣта маяковъ; для того же, чтобы сдѣлать освѣщеніе болѣе равномѣрнымъ по всему горизонту, Тёлэръ дѣлалъ при неподвижныхъ лампахъ вращающіяся около нихъ системы изъ большого числа зеркалъ. Впослѣдствіи для таковой же цѣли, а также чтобъ достичь перемежающагося свѣта, стали вращать около вертикальной оси самыя лампы вмѣстѣ съ ихъ рефлекторами. Первый подобнаго рода маякъ былъ устроенъ г. Борда въ Діеппѣ въ 1784 году. Катоптрическій же маякъ изображенъ на рис. 327. Онъ состоитъ изъ девяти лампъ, расположенныхъ въ три группы; весь фонарь посредствомъ часового механизма приводится во вращеніе, и, такимъ образомъ, одинъ оборотъ его даетъ на каждую точку горизонта по три сильныхъ перемежающихся освѣщенія. Мѣняя скорость вращенія, можно получить различную продолжительность освѣщенія и затемнѣнія маяка, и это можетъ служить для его отличія отъ другихъ маяковъ.

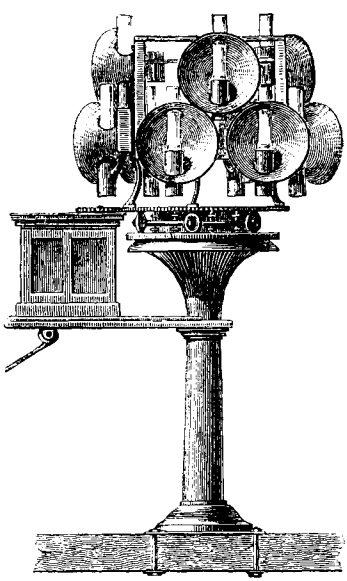


Рис. 327. Катоптрическій маякъ.

Какъ ни хороши были катоптрическіе маяки, но все же имѣли громадные недостатки: потеря свѣта при отраженіи составляла болѣе половины при хорошо отшлифованныхъ и не попорченныхъ зеркалахъ; металлическія же зеркала, отъ дѣйствія влажнаго, насыщеннаго мельчайшими соляными частицами воздуха, весьма быстро тускнѣли и портились. Во Франціи въ 1819 году была создана подъ предсѣдательствомъ Араго особая комиссія для выработки усовершенствованій въ маякахъ; въ работахъ этой комиссіи

принималъ участіе молодой физикъ А. Френель, по справедливости считающійся отцомъ маяковъ въ ихъ настоящемъ видѣ.

Френелю пришла мысль замѣнить параболическія зеркала большими чечевицеобразными (плоско-выпуклыми) стеклами; это, кромѣ всего прочаго, позволило бы не терять даромъ половину лучей, поглощаемую зеркалами. Этой идеѣ Френель отдался всецѣло и выработалъ какъ наивыгоднѣйшую форму чечевицъ для маяковъ, такъ и способы ихъ изготовленія. Всѣ теперешніе, такъ называемые, діоптрическіе маяки устроены по системѣ Френеля.

Прежде всего Френель, чтобы избѣжать большой толщины въ средней части громадныхъ плоско-выпуклыхъ чечевицъ, выработалъ типъ ступенчатыхъ собирающихъ стеколъ. Стекла эти, предложенные впервые Бюффономъ въ 1748 г., состоятъ изъ центральной плоско-выпуклой чечевицы и нѣсколькихъ окружающихъ ее концентрическихъ колецъ, задняя поверхность которыхъ плоская, а передняя отшлифована по шаровымъ поверхностямъ. Такое стекло составляется изъ отдѣльныхъ, склеиваемыхъ особой прозрачной мастикой частей (это не приходило въ голову Бюффону) и отличается отъ обыкновенной плоско-выпуклой чечевицы еще тѣмъ, что, будучи правильно разсчитано, почти не имѣетъ сферической аберраціи и посылаетъ собираемые лучи параллельнымъ пучкомъ. Обыкновенно, такой ступенчатой системѣ придаютъ видъ прямоугольника; соединивъ нѣсколько такихъ прямоугольниковъ, получаютъ многоугольную (обыкновенно, 8-миугольную) замкнутую призму (барабанъ или тамбуръ), внутри которой, на ея оси, помѣщаютъ источникъ свѣта, отъ котораго, такимъ образомъ, идетъ рядъ равноотстоящихъ параллельныхъ пучковъ лучей. Барабану Френель давалъ и другую форму—именно боченкообразнаго цилиндра, также составного. При такой формѣ свѣтъ распредѣляется еще болѣе равномѣрно, въ видѣ горизонтальнаго вѣерообразнаго пучка лучей.

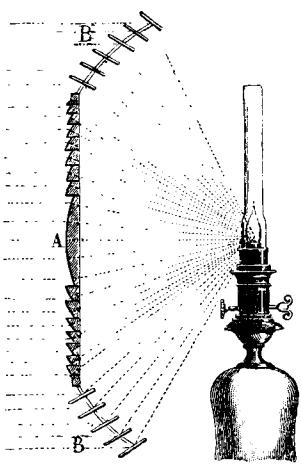


Рис. 328. Схема устройства чечевицы Френеля съ отражателями.

При нѣкотораго рода устройствахъ Френель прибѣгалъ также и къ помощи отраженія, чтобы не потерять лучей свѣта, которыхъ нельзя собрать въ вертикальную ступенчатую чечевицу. Подобное устройство (оно носитъ названіе катодіоптрическаго) или, вѣрнѣе сказать, схема его представлена на рис. 328: А—ступенчатая чечевица, а ВВ—рядъ наклонно-поставленныхъ зеркалъ, отражающихъ лучи, не попадающіе на чечевицу.

Общій видъ барабана для маяковъ Френеля представленъ на рис. 329.

Количество маяковъ чрезвычайно велико, и если бы всѣ они давали равномѣрный и бѣлый свѣтъ, то близко лежащіе другъ отъ друга маяки легко было бы смѣшать между собой. Поэтому огни маяковъ дѣлаютъ или постоянными или перемежающимися, бѣлыми и окрашенными. Комбинація окраски свѣта и продолжительности періодовъ затемнѣнія, а также отчасти и сила свѣта являются характерными для каждаго даннаго маяка. Для маяковъ постояннаго свѣта употребляются цилиндрическіе фонари Френеля, такъ какъ въ нихъ вся стеклянная поверхность совершенно равномѣрно и во всѣ стороны распредѣляетъ свѣтъ; для перемежающагося—фонари многогранные, ибо въ углахъ, образуемыхъ отдѣльными ступенчатыми чечевицами, свѣтъ не проходитъ и при вращеніи восьмиугольнаго, положимъ, фонаря мы будемъ имѣть на каждый оборотъ по восьми пучковъ лучей свѣта, раздѣленныхъ между собою одинаково долгими затемнѣніями. Какъ въ круглыхъ, такъ и въ многранныхъ фонаряхъ часть стеколъ можетъ быть окрашенной, и тогда огонь маяка будетъ мѣняться изъ бѣлаго въ красный или зеленый и обратно.

Діоптрическіе и катодіоптрическіе маяки были большимъ прогрессомъ, но все же и въ нихъ примѣнялись такіе слабые источники свѣта, какъ масляныя лампы,

а потому, усиливъ самый источникъ свѣта, можно было надѣяться еще болѣе увеличить то разстояніе, съ котораго становится виденъ маячный огонь. Электричество напрашивалось въ маяки.

Устройство постоянныхъ электрическихъ маяковъ настоящаго времени.

Первые опыты освѣщенія маяковъ вольтовыми дугами были сдѣланы въ Блэкуэллѣ и Соутъ-Фореленѣ, въ Англіи, въ 1858 году. Компанія «Альіансъ» устроила подобное же освѣщеніе по порученію французскаго правительства въ 1863 году на двухъ французскихъ маякахъ. Источниками электричества служили здѣсь уже извѣстныя намъ динамо «Альіансъ», видоизмѣненныя Меритенсомъ. Магнито-электрическая машина съ 48 магнитами и 96 катушками приводилась въ движеніе 8—10-сильнымъ локомобилемъ; при 400 оборотахъ она развивала энергію достаточную, чтобы сила свѣта вольтовой дуги равнялась 5000 рожкамъ прежнихъ Карсельскихъ лампъ. Огонь такого маяка виденъ былъ за 50 километровъ.

При этомъ оказалось, что не только сила свѣта была въ 5 разъ сильнѣе, чѣмъ при масляныхъ лампахъ, но что единица свѣта при электричествѣ обходилась въ 7 разъ дешевле, чѣмъ прежде. При увеличеніи силы свѣта въ 5 разъ издержки на освѣщеніе не только, такимъ образомъ, не повысились, а даже нѣсколько понизились.

Въ настоящее время на маякахъ источниками электрической энергіи служатъ какъ машины Меритенса, такъ и динамо Грамма и имъ подобныя. Машины Меритенса удерживаются только вслѣдствіе ихъ надежности и простоты ухода; въ экономическомъ же отношеніи значительно болѣе выгодными оказываются машины перемѣннаго тока съ самоиндукціей. Такъ какъ маякъ не долженъ оставаться безъ свѣта ночью даже ни на одинъ часъ, то всегда имѣются двѣ динамо, изъ которыхъ одна работаетъ, а другая находится въ полной готовности замѣнить первую въ случаѣ ея порчи.

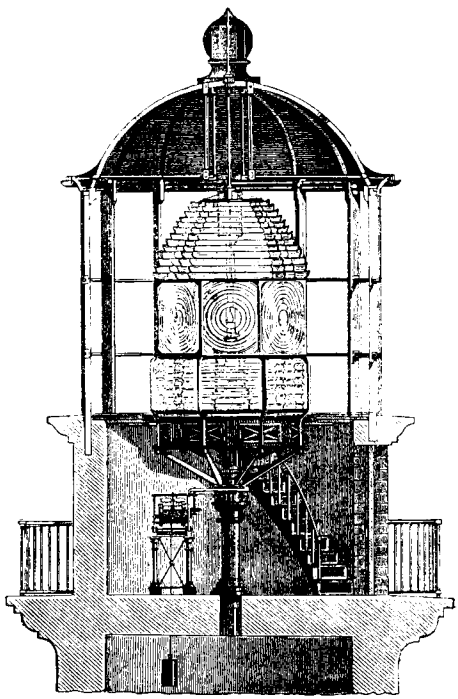


Рис. 329. Общій видъ верхушки маяка съ фонаремъ Френеля.

Источникомъ свѣта на электрическихъ маякахъ является всегда вольтова дуга (регуляторъ). И регуляторовъ берутъ также всегда два. Регуляторы соединяются между собою такъ, что если одинъ изъ нихъ погаснетъ, то второй тотчасъ же автоматически зажигается. Вставляются регуляторы въ фонарь рядомъ оба сразу, и въ фонарѣ и на одномъ изъ регуляторовъ такъ устраиваются контакты, что какъ только регуляторы займутъ нужное для нихъ положеніе въ фонарѣ, то въ нихъ начинаетъ итти токъ.

Наиболѣе сильные маяки въ настоящее время находятся во Франціи. Маякъ Ла-Гекъ, близъ Гавра, былъ оборудованъ въ 1893 году лампами въ 2½ милл. карселей [1], которыя позволяютъ видѣть его далѣе 90 километровъ. Еще сильнѣе свѣтъ

[1] Карсель—единица силы свѣта, принятая во Франціи и равная 10 свѣчамъ.

Экмюльскаго маяка (рис. 330), построеннаго на мысѣ Пенмаркъ, близъ Бреста: сила его свѣта равна 5 милліонамъ карселей!

Но и это еще не предѣлъ. Въ Америкѣ въ настоящее время строится маякъ, сила свѣта котораго будетъ равна девяти милліонамъ карселей. Діаметръ срединныхъ чечевицъ у него—2,75 метра!

Мы не будемъ говорить о болѣе второстепенныхъ примѣненіяхъ электричества на маякахъ: при помощи его, напримѣръ, весь фонарь приводится во вращеніе и т. д.

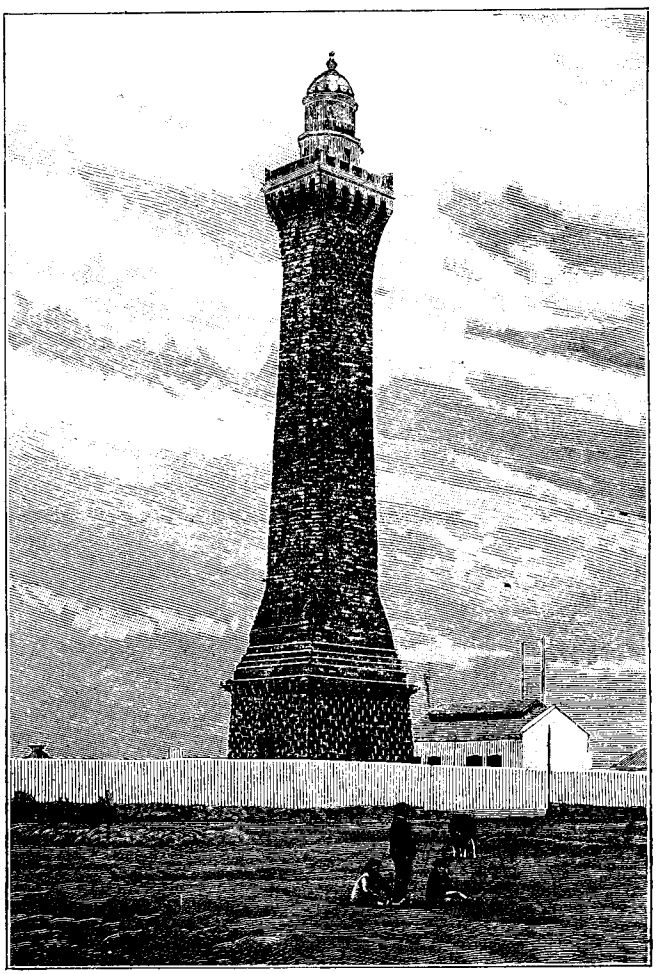


Рис. 330. Экмюльскій маякъ.

Не малую услугу маячному дѣлу оказалъ электрическій телеграфъ. Есть маяки, расположенные на скалахъ и пустынныхъ островкахъ, сообщеніе которыхъ съ берегомъ возможно только въ тихую погоду. Все остальное время маякъ со своими сторожами совершенно отрѣзанъ отъ всего міра. Въ ясную погоду, днемъ, сообщеніе возможно было и до изобрѣтенія электрическаго телеграфа при помощи оптическихъ сигналовъ. Въ туманъ и въ бурю оптическая сигнализація является несостоятельной, а именно въ это время очень часто является настоятельная необходимость передать на берегъ извѣстія о гибнущемъ кораблѣ, просить помощи и дѣлать указанія о средствахъ къ ней и т. д. Все это стало возможнымъ только при помощи электрическаго телеграфа. Со введеніемъ его, можно сказать, маячные сторожа даже въ самыхъ отдаленныхъ и уединенныхъ пунктахъ пере-

стали быть такъ одиноки, какъ они были прежде. Сознаніе возможности во всякую минуту войти въ сношеніе съ людьми сильно облегчаетъ ихъ тягостную службу.

Телеграфъ безъ проводовъ заставляетъ мечтать еще о новомъ примѣненіи электричества на маякахъ. При помощи его маякъ сообщаетъ приближающимся судамъ свое названіе и мѣстоположеніе, даетъ лоцманскія указанія и т. д. Впрочемъ, это дѣло—еще отдаленнаго будущаго.

Пловучіе маяки.

Не вездѣ возможно построить маячную башню; легко себѣ представить мѣсто опасное для судоходства, гдѣ это совершенно невозможно. Въ такихъ случаяхъ прибѣгаютъ къ помощи маяковъ пловучихъ. Пловучіе маяки представляютъ собою суда бо̀льшей

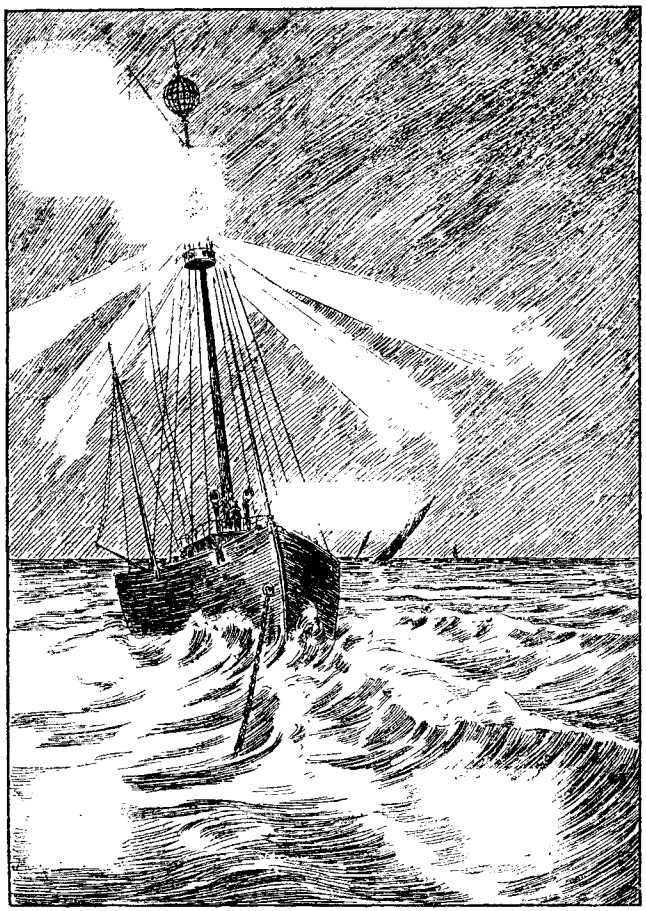


Рис. 331. Пловучій маякъ.

или меньшей величины (рис. 331), установленныя въ опредѣленномъ мѣстѣ на якоряхъ и несущія на мачтѣ сильный маячный огонь.

Первый пловучій маякъ былъ установленъ въ XVIII столѣтіи двумя частными предпринимателями—Робертомъ Гамлинъ и Давидомъ Авери въ устяхъ Темзы. Этотъ маякъ давалъ возможность судамъ входить въ Темзу ночью. Ночной входъ въ рѣку былъ обложенъ, конечно, извѣстной въ пользу предпринимателей пошлиной.

Неустойчивое положеніе плавучихъ маяковъ, помѣщеніе сигнальнаго огня на мачтѣ, конечно, не позволяютъ примѣнять здѣсь что-либо подобное сложнымъ и тяжелымъ фонарямъ маяковъ постоянныхъ. Усиливать свѣтъ здѣсь можно только усиленіемъ источниковъ свѣта; понятно поэтому, что введеніе электрическаго свѣта для плавучихъ маяковъ было, пожалуй, еще важнѣе, чѣмъ для маяковъ постоянныхъ.

На плавучихъ маякахъ (ихъ особенно много въ Англіи) теперь и употребляются въ качествѣ источниковъ свѣта почти исключительно электрическія лампы накаливанія, рѣже—регуляторы. Въ маячный фонарь помѣщаютъ обыкновенно три стосвѣчныхъ лампы, и этого свѣта бываетъ вполнѣ достаточно для цѣли плавучихъ маяковъ, огонь которыхъ уже по одному своему низкому надъ водой положенію не можетъ быть виденъ на очень большомъ разстояніи.

То, что мы говорили объ отсутствіи въ продолженіе долгаго времени сообщенія между постоянными маяками и берегомъ, еще болѣе примѣнимо къ маякамъ плавучимъ. Обыкновенный электрическій телеграфъ здѣсь является мало примѣнимымъ. Казалось, что не трудно соединить плавучій маякъ съ берегомъ посредствомъ подводнаго кабеля, но большимъ препятствіемъ для этого служитъ неустойчивость маяка и,—главное,—постоянное его вращеніе подъ вліяніемъ вѣтра и волнъ около точки укрѣпленія, т.-е. около якоря. Разрывы кабеля вслѣдствіе этого постоянны.

Опыты Приса, о которыхъ мы писали въ четвертой главѣ, одною изъ своихъ цѣлей имѣли именно устройство сообщенія съ плавучими маяками при помощи индуктивныхъ токовъ. Телеграфъ Попова-Маркони даетъ окончательное рѣшеніе этого вопроса.

Свѣтящіеся баканы.

Положеніе каждой гавани опредѣляется прежде всего однимъ или нѣсколькими маяками перваго или второго разряда, т.-е. съ большою силою свѣта. По этимъ огнямъ подходящее судно направляетъ свой курсъ за 20—30 миль до гавани; подходя ближе, оно ориентируется по огнямъ менѣе сильнаго напряженія (маяки третьяго разряда); непосредственный входъ въ гавань ему указываютъ огни четвертаго разряда (рис. 332). Но чѣмъ ближе къ берегу, все больше является для судна опасностей и все точнѣе долженъ быть указанъ путь, по которому ему надо слѣдовать. Днемъ этотъ путь опредѣляется различной формы и окраски вѣхами, баканами и буями, а ночью... капитаны, мало знакомые съ даннымъ портомъ, предпочитаютъ не входить вовсе въ гавань вслѣдствіе чего имъ часто въ очень скверныхъ и опасныхъ условіяхъ, приходится всю ночь стоять на якорѣ или крейсировать въ виду и вблизи совершенно спокойной стоянки. Какъ помочь этому? Какъ свѣтовыми сигналами обозначить путь, столь ясно днемъ огражденный? Единственнымъ средствомъ для этого могло бы быть укрѣпленіе фонарей на этихъ вѣхахъ и буяхъ. Къ такому средству и начали прибѣгать уже съ 1625 года, но нельзя сказать, чтобы со слишкомъ большой удачей. При тихой погодѣ масляные фонари на вѣхахъ и баканахъ горѣли достаточно ярко и не гасли, да и присмотръ за ними не былъ затруднителенъ, такъ какъ до нихъ легко было добраться на лодкахъ. Но въ тихую погоду огни эти и не такъ нужны; гораздо важнѣе они въ погоду темную, бурную, а въ эту погоду фонари горѣли плохо, часто гасли, присмотръ за ними былъ невозможенъ. Извѣстны случаи, когда потуханіе такихъ сигналовъ и полная невозможность снова зажечь ихъ служили причиной серіозныхъ аварій судовъ, входившихъ въ гавань.

Идея примѣнить къ освѣщенію буевъ электричество пришла въ голову впервые въ 1865 г. американскому профессору Генри, но лампы накаливанія въ это время еще не были извѣстны, а примѣненіе регуляторовъ оказалось затруднительнымъ. Впрочемъ, и вообще въ то время электротехника стояла еще слишкомъ низко, и задача профессора Генри была для него неразрѣшимой. Значительно позже, послѣ появленія лампы накаливанія Эдисона, Сименсъ взялъ патентъ на освѣщающійся электричествомъ баканъ, но практическаго примѣненія это изобрѣтеніе не получило.

Первый буй съ электрической лампой былъ поставленъ около скалы Робинъ, при входѣ въ Нью-Іоркскую гавань, въ 1881 году. Токъ къ нему проводился изъ городской станціи кабелемъ съ двумя тщательно изолированными проводниками. Этотъ пер-

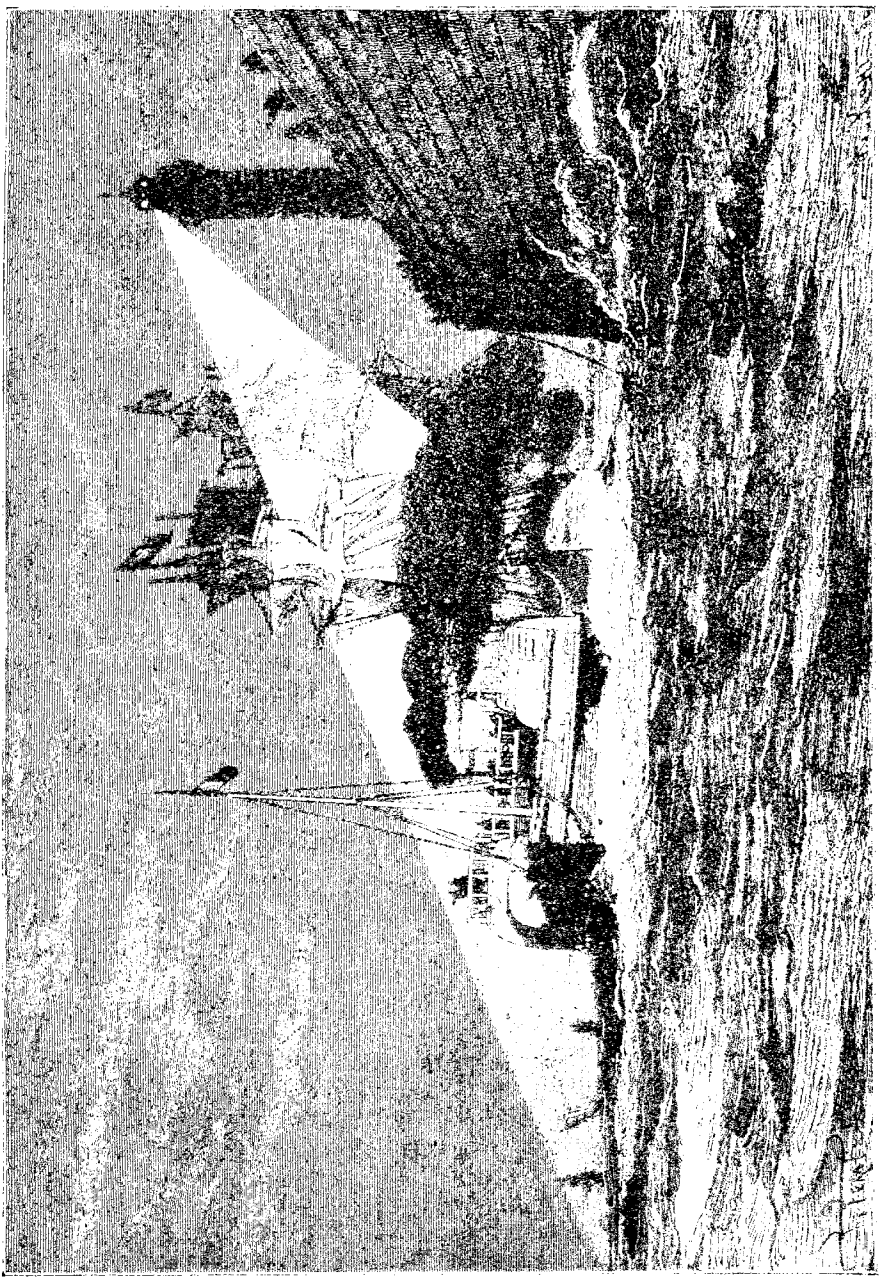


Рис. 332. Маякъ 4-го разряда при входѣ въ гавань.

вый опытъ былъ настолько удаченъ, что тотчасъ же было рѣшено обставить точно такими же свѣтящимися ночью вѣхами каналъ Gedney,—проходъ шириною всего въ 300 метровъ, по которому должны итти всѣ суда, направляющіяся въ Нью-Іоркъ. По этому каналу ночью рисковали проходить только суда незначительнаго размѣра, а трансатлантиче-

скіе, напримѣръ, пароходы, не успѣвшіе засвѣтло войти въ гавань, должны были ночевать передъ входомъ въ каналъ и, такимъ образомъ, терять 12 часовъ и больше даромъ, что, при погонѣ за ускореніемъ сообщенія между Европой и Америкой, казалось нетерпѣливымъ янки чрезвычайно неудобнымъ.

Вотъ по сторонамъ этого канала Gedney, послѣ перваго удачнаго опыта на скалѣ Робинъ, и были поставлены вѣхи съ электрическими фонарями, бѣлаго цвѣта съ одной стороны и краснаго съ другой (рис. 333). Вѣхи эти представляютъ (рис. 334) мачты изъ кедроваго дерева, длиною около 18 метровъ, внизу окованныя и за эту оковку, свободно, кольцомъ прикрѣпленные къ массивнымъ чугуннымъ постаментамъ, вѣсомъ въ 2000 килограммовъ, лежащимъ на днѣ. Сбоку на такой мачтѣимѣется родъ ступеней (рис. 335), по которымъ надсмотрщикъ можетъ добираться до фонаря, помѣщающагося на вершинѣ. Кедровое дерево, какъ матеріалъ для вѣхъ, выбрано было потому, что оно обладаетъ наибольшей пловучестью, и кедровыя вѣхи держатся при тихой погодѣ совершенно вертикально.



Рис. 333. Входъ въ Нью-Іоркскую гавань, освѣщенный вѣхами съ электрическими фонарями.

Наверху подобной вѣхи имѣется клѣтка изъ перекрещивающихся желѣзныхъ прутьевъ, а въ серединѣ подъ колпакомъ изъ толстаго стекла помѣщается лампа накаливанія въ 100 свѣчей. Употребленіе стекляннаго колпака, нѣсколько скрадывающаго силу свѣта, вызвано было настоятельной необходимостью: безъ него лампы во время холодовъ отъ брызгъ холодной воды часто лопались. Сила свѣта бѣлыхъ лампъ, при описанномъ устройствѣ и при токѣ напряженія въ 100 вольтъ, оказывается такова, что въ ясную погоду ихъ можно видѣть за 10 миль; красныя лампы видны рядомъ съ этимъ всего за $4^1/_2$ мили.

Электрическая станція для всѣхъ дающихъ токъ силою въ 60 амперъ при напряженіи въ 156 вольтъ. Вначалѣ число освѣщаемыхъ буевъ было шесть, и потому токъ со станціи распредѣлялся по шести отдѣльнымъ проводамъ, которые подъ землей шли до берега океана, а здѣсь раздѣлялись на два кабеля, изъ которыхъ каждый шелъ по одной сторонѣ канала Gedney. Отъ каждаго такого трехжильнаго кабеля, противъ каждой вѣхи, отдѣлялся кабель съ однимъ проводомъ и далѣе онъ шелъ къ лампѣ по вырѣзанной сбоку мачты канавкѣ, закрываемой сверху деревяннымъ подходящей формы брускомъ, окованнымъ затѣмъ, вмѣстѣ съ мачтой, желѣзными кольцами.

Въ такомъ видѣ вся установка оставалась до Чикагской выставки 1893 года. Во время этой выставки было установлено на озерѣ Мичиганѣ, на протяженіи приблизительно 6 километровъ, 13 свѣтящихся вѣхъ для обозначенія фарватера вплоть до набе-

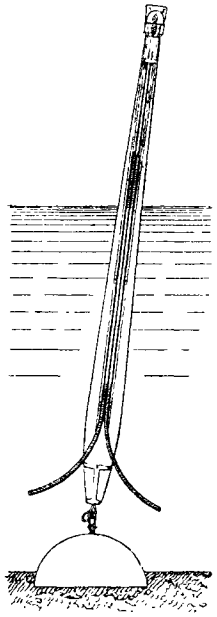


Рис. 334. Устройство и укрѣпленіе вѣхъ въ Нью-Іоркской гавани.

режной Казино въ оградѣ выставки. Лампы на этихъ вѣхахъ были соединены послѣдовательно, и существовало предположеніе пользоваться для ихъ питанія перемѣнными токами въ 1460 вольтъ. На дѣлѣ оказалось, что такого напряженія тока нельзя было примѣнить изъ-за самоиндукціи, возбуждавшейся въ металлической, наружной оболочкѣ кабеля. Времени для производства опытовъ и замѣны кабеля не было, и потому пришлось перемѣнный токъ замѣнить постояннымъ. Въ остальномъ установка оказалась совершенно удачной, и свѣтящіяся вѣхи прекрасно исполняли свое назначеніе во все время выставки. На каждой мачтѣ, изъ предосторожности, было помѣщено по двѣ лампы накаливанія, соединенныхъ такъ, что токъ, въ случаѣ порчи одной лампы, автоматически направлялся въ другую. Устроено такое автоматическое приспособленіе было очень просто: передъ каждой лампой было введено легкоплавкое сопротивленіе; пока уголекъ цѣлъ—токъ идетъ черезъ него, лопнетъ уголекъ — токъ направляется въ упомянутое сопротивленіе, плавитъ его и этимъ освобождаетъ пружинный коммутаторъ, направляющій токъ въ другую лампу.

Чикагская установка послужила поводомъ передѣлать установку въ Нью-Іоркѣ, тѣмъ болѣе, что, съ одной стороны, лоцмана требовали увеличенія числа огней, а, съ другой стороны, оказалось, что большое количество проводовъ при этой установкѣ очень затрудняло розыски неисправностей въ случаѣ внезапнаго потуханія лампъ, а многожильность главнаго кабеля дѣлала всякаго рода работы съ нимъ трудными; поломка кабеля могла быть исправлена только черезъ три часа. При кабелѣ съ однимъ проводомъ, какъ въ Чикаго, неудобства эти отпадали. Опасно было только примѣнять токъ высокаго напряженія, потому что вѣхи всегда мокры, а на нихъ рабочимъ приходится взбираться, не имѣя возможности прекратить токъ.

При новой установкѣ въ Нью-Іоркѣ лампы были соединены послѣдовательно, токъ имѣлъ высокое напряженіе и былъ проведенъ къ каналу со станціи по кабелю, изолирующая масса котораго между средней жилой и металлической наружной оболочкой, служащей обратнымъ проводомъ, имѣетъ сопротивленіе, равное 300 мегомамъ на милю кабеля. На каждомъ буѣ былъ въ непроницаемомъ для воды и наполненномъ минеральнымъ масломъ ящикѣ установленъ трансформаторъ, емкостью въ 600 уаттъ. Изъ трансформатора къ лампѣ шелъ уже токъ напряженія въ 100 вольтъ. На генераторной станціи машины даютъ токъ небольшого напряженія и число вольтовъ повышается особымъ трансформаторомъ при самомъ выходѣ со станціи.

Новая установка въ Нью-Іоркѣ была закончена въ іюлѣ 1895 года и съ тѣхъ поръ функціонируетъ безостановочно.

Въ Европѣ буи съ освѣщеніемъ электрическими лампами пока совершенно не употребляются.

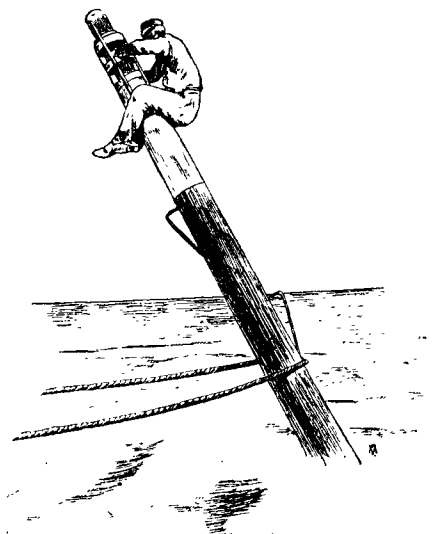


Рис. 335. Замѣна лампы на вѣхѣ въ Нью-Іоркской гавани.

Буи съ электрическими колоколами.

Слабая сравнительно сила свѣта описанныхъ нами буевъ дѣлаетъ ихъ мало пригодными въ туманную погоду. Свѣтовые сигналы повсюду въ такую погоду стремятся замѣнить звуковыми; такое стремленіе касается и буевъ. Болѣе того,—уже примѣняли на дѣлѣ буи съ звуковыми сигналами, когда о вѣхахъ съ электрическимъ освѣщеніемъ еще не было и помину. Однако буи эти были устроены примитивнымъ образомъ, колоколъ на нихъ звонилъ только подъ дѣйствіемъ волнъ и, слѣдовательно, дѣйствовалъ неравномѣрно и часто слишкомъ слабо. Въ настоящее время и тутъ на помощь призвано электричество. Буи съ электрическими колоколами установлены въ настоящее время передъ входомъ въ Бостонскую гавань.

Какъ сами буи, такъ и вся электрическая установка для нихъ выполнена по планамъ Дж. Фербэнкса.

Всего находится тамъ три буя; разстоянія ихъ отъ берега—3,25, 0,75 и 1 миля. Токъ для ихъ дѣйствія взятъ прямо съ освѣтительной сѣти; напряженіе его—500 вольтъ. Къ каждому изъ буевъ токъ проводится подводнымъ кабелемъ съ тремя проводниками, тщательно изолированными. Кабель имѣетъ двойную джутовую оболочку со спирально навитой стальной проволокой.

Буй конической формы имѣетъ подставку, на которой подвѣшенъ колоколъ, вѣсомъ въ 45 килогр. По колоколу этому ударяетъ молотокъ, вѣсомъ около килограмма. Этотъ молотокъ пружиной удерживается на нѣкоторомъ отъ колокола разстояніи; особая рычажная вилка, прикрѣпленная къ якорю электромагнита, когда токъ въ этотъ послѣдній пущенъ, преодолѣваетъ силу пружины и заставляетъ молотокъ ударять по колоколу. Якорь, притягиваясь къ электромагниту, замыкаетъ токъ, идущій обратно на землю, и здѣсь, на станціи, получается сигналъ, показывающій, что колоколъ находится въ работѣ и вся установка, слѣдовательно, въ исправности.

Удары колокола на каждомъ буѣ производятся въ извѣстномъ порядкѣ, съ извѣстной продолжительностью промежутковъ между ними; дѣлается это для того, чтобы судно могло разобраться, около котораго изъ сигналовъ оно находится.

Сигналы, т.-е. удары въ колоколъ, даются на каждый буй въ нужной послѣдовательности автоматически; на берегу, на станціи, имѣется вращающійся электрическимъ двигателемъ цилиндръ съ расположенными для линіи каждаго буя въ извѣстномъ порядкѣ контактами. Цилиндръ этотъ дѣлаетъ одинъ оборотъ въ минуту и замыкаетъ токъ на одинъ буй съ равномѣрными между замыканіями промежутками времени, и на другія—группируя удары по нѣсколько вмѣстѣ.

Тутъ же, на станціи, имѣется вращающійся цилиндръ хронографа, и на немъ наносятся особыми штифтами соотвѣтствующіе ударамъ колокола значки. Токъ на электромагниты этихъ штифтовъ замыкается, какъ мы видѣли, на самыхъ буяхъ въ моментъ опусканія молотка.

Весь механизмъ, приводящій въ движеніе молотокъ на буѣ, заключенъ въ водонепроницаемый бронзовый футляръ, и всѣ части его сдѣланы изъ неокисляющихся сплавовъ, покрыты лакомъ и густо смазаны вазелиномъ.

Существуютъ и другія системы буевъ съ колоколами и, пожалуй, даже болѣе простыя, но ихъ описывать мы не будемъ.

XI.

Электричество въ арміи.

Въ прежнее время участь сраженія рѣшалась рукопашными схватками,—побѣда всегда была достояніемъ наиболѣе храбрыхъ. Теперь же храбрость и сила солдатъ отошли на второй планъ. Солдатъ въ настоящее время долженъ умѣть не опрокидывать непріятеля и умирать посреди рукопашнаго боя, возбужденный и съ крикомъ «ура» на губахъ, а ждать смерти и готовиться къ ней, даже не видавъ непріятеля. Теперь побѣда не на сторонѣ храбрѣйшаго, а на сторонѣ искуснѣйшаго, и нынѣшнее военное дѣло призываетъ себѣ на помощь всѣ отрасли человѣческаго знанія.

Не малая задача во время войны выпадаетъ и на долю электричества. Мы разберемъ только главнѣйшія его примѣненія: телеграфію, прожекторы и запалы.

Военный телеграфъ.

Впервые во время войны, для сношенія между собою отдѣльныхъ отрядовъ и этихъ послѣднихъ съ главнымъ штабомъ, телеграфъ былъ примѣненъ въ 1857 году маршаломъ Рандономъ въ Алжирѣ. Большее примѣненіе получилъ онъ во время сѣверо-американской войны, а все значеніе его было доказано, наконецъ, войною 1870—1871 гг., когда въ германскихъ войскахъ впервые была примѣнена полная и заранѣе подготовленная служба военнаго телеграфа.

Вскорѣ послѣ открытія кампаніи въ авангардъ нѣмецкой арміи прибыла первая телеграфная бригада изъ 300 человѣкъ. Бригада эта была снабжена переносными аппаратами Морзе, легкими телеграфными столбами и мѣдной проволокой, равно какъ и кабелями. Вторая телеграфная бригада слѣдовала съ центромъ арміи и замѣняла временную телеграфную линію авангарда болѣе прочной. Наконецъ, за арьергардомъ шла третья бригада, и она проводила уже телеграфныя линіи постоянныя, такія, какія приняты повсюду въ Германіи. Такимъ образомъ, войска все время оставались связанными другъ съ другомъ и съ отечествомъ, откуда по телеграфнымъ требованіямъ получали провіантъ и военные припасы.

Въ особенности ясно сказалась польза электрическаго телеграфа при осадѣ Меца и Парижа. Вильгельмъ совершенно правильно писалъ Мольтке: «безъ телеграфа мы не были бы въ состояніи вовсе обложить Парижъ и довести до конца продолжительную осаду Меца». Вокругъ Парижа было 150 килом. нѣмецкихъ телеграфовъ и 24 станціи; быстрая передача извѣстій позволяла, въ случаѣ надобности, во время сосредоточивать войска въ любомъ мѣстѣ, гдѣ предполагалась вылазка непріятеля.

Въ настоящее время служба военнаго телеграфа организована во всѣхъ странахъ. Устройство военной телеграфной линіи сводится къ слѣдующимъ операціямъ: перевозка и разматываніе проволоки, установка столбовъ и станцій. Америка и Швеція употребляютъ для этихъ операцій телеграфныя повозки трехъ родовъ: однѣ для проволоки и кабелей, другія для столбовъ съ изоляторами, третьи для аппаратовъ. Бельгія примѣняетъ повозки одного рода и проводитъ телеграфъ кабельный, безъ столбовъ; бельгійскіе телеграфные фургоны раздѣлены на три отдѣленія: открытое помѣщеніе для служащихъ, станція и помѣщеніе для кабеля.

Кабель или проволока всегда въ военно-телеграфной повозкѣ находятся намотанными на катушки, и катушки эти въ большинствѣ случаевъ автоматически разматываютъ проволоку, получая свое движеніе отъ ходовыхъ колесъ повозокъ. Особенно хорошо устроену это автоматическое разматываніе въ англійскомъ военно-телеграфномъ паркѣ. Три кату-

шки съ проволокой расположены въ задней части англійскаго телеграфнаго фургона; онѣ могутъ разматываться и всѣ сразу и поочередно; въ передней части помѣщаются батарея и аппараты. Между катушками и аппаратами на дно фургона укладывается 20 легкихъ чугунныхъ составныхъ телеграфныхъ столбовъ.

Во Франціи телеграфные фургоны дѣлятся на двѣ половины: въ задней—8 катушекъ съ проволокой на 16 верстъ, въ передней—телеграфная станція. Для устройства телеграфовъ на большія разстоянія существуютъ, кромѣ того, особые фургоны только съ проводами. Есть, сверхъ того, и ручныя повозки съ катушками для прокладки кабеля тамъ, гдѣ не можетъ проѣхать фургонъ. Имѣются, наконецъ, и вьючныя катушки для горъ. Всякое отдѣленіе полевого французскаго телеграфа состоитъ изъ унтеръ-офицера, двухъ капраловъ и 12 рядовыхъ. Часть солдатъ копаетъ ямы для столбовъ, часть сматываетъ проволоку и соединяетъ ее, гдѣ надо, и часть, наконецъ, прикрѣпляетъ проволоку къ столбамъ и устанав-

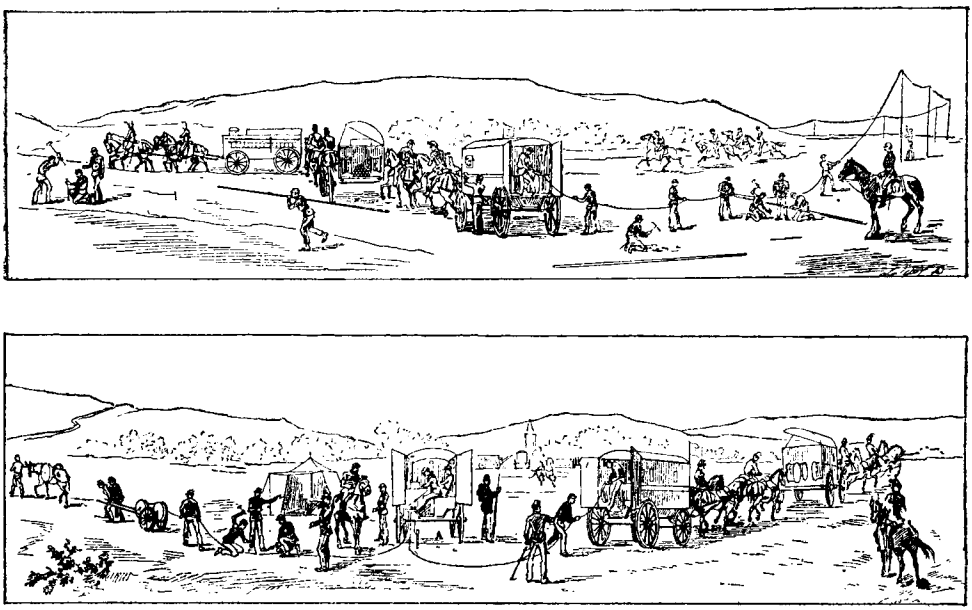


Рис. 336. Установка французскаго военнаго телеграфа.

ливаетъ столбы. Какъ производится работа установки полевого воздушнаго и кабельнаго телеграфа—хорошо видно на рис. 336.

Отправляющіе и пріемные аппараты военнаго телеграфа нисколько не отличаются отъ обыкновенныхъ; это по бо́льшей части чернопишущіе аппараты Морзе. Въ Америкѣ въ употребленіи исключительно, такъ называемые, «говорящіе» аппараты. Въ нихъ нѣтъ вовсе пишущаго прибора и пріемка депеши производится на слухъ, по стуку якоря электромагнита. Во Франціи употребляются подобнаго же рода приборы только для, такъ называемаго, «летучаго» телеграфа, проводимаго на небольшихъ разстояніяхъ. Два поста такого телеграфа состоятъ изъ солдата и унтеръ-офицера. У солдата за плечами имѣется ящикъ съ батареей и подъ нимъ катушка съ проводомъ—двужильнымъ кабелемъ (рис. 337).

У унтеръ-офицера имѣется, сбоку, у пояса сумка съ гальваническимъ элементомъ. У обоихъ, т.-е. и у солдата и у унтеръ-офицера, кромѣ того, одинаковый телеграфный аппаратъ, изображенный на рис. 338. Такой аппаратъ («говорящій», т.-е. безъ пишущаго приспособленія) представляетъ собою круглый ящикъ съ электромагнитомъ въ срединѣ и манипуляторомъ А снаружи; отъ него идутъ три провода: одинъ къ элементу, а два къ кабелю. Способъ употребленія подобнаго летучаго телеграфа изображенъ на рис. 339.

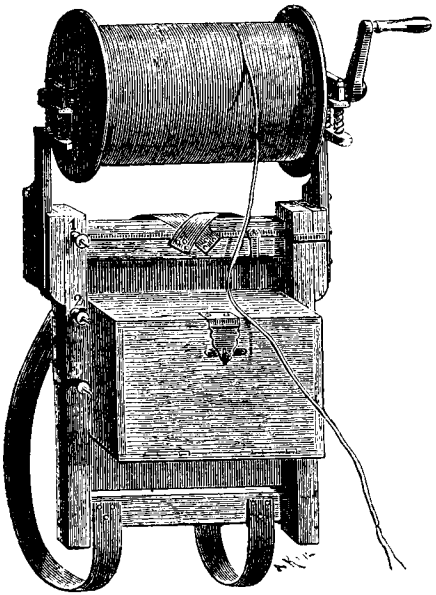


Рис 337. Телеграфный ранецъ.

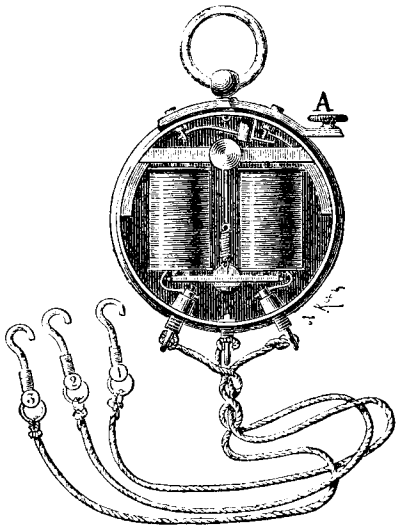


Рис. 338. Телеграфный аппаратъ для летучаго военнаго телеграфа.

«Говорящій» телеграфъ, при всѣхъ своихъ удобствахъ, имѣетъ одинъ значительный недостатокъ, а именно имъ можетъ пользоваться только очень опытный телеграфистъ и онъ требуетъ весьма большого вниманія. Труве поэтому предлагаетъ изображенный на рис. 338 аппаратъ замѣнять аппаратомъ, представленнымъ на рис. 340: это знакомый намъ приборъ Брегета, но болѣе компактный, и соединяющій пріемный аппаратъ вмѣстѣ съ манипуляторомъ.

Перейдемъ теперь къ устройству военно-телеграфныхъ частей въ Россіи. До 1894 года въ нашей арміи имѣлось 17 телеграфныхъ парковъ, въ мирное время входившихъ въ составъ

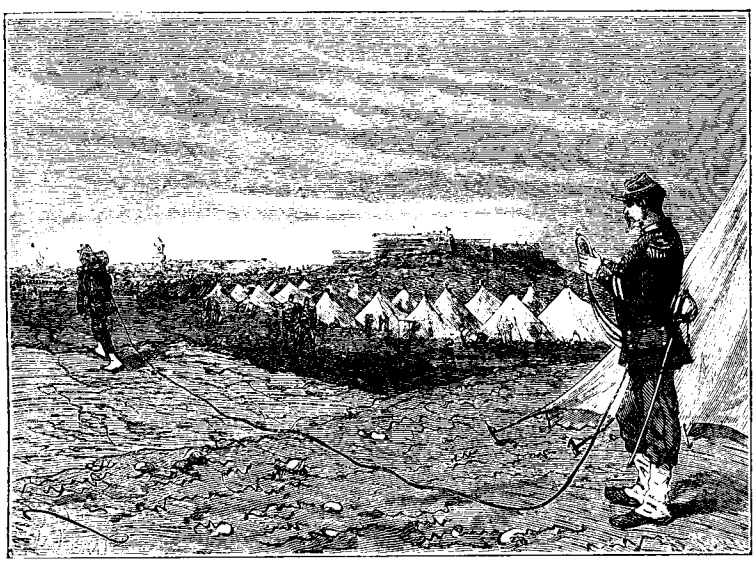


Рис. 339. Примѣненіе летучаго телеграфа.

саперныхъ бригадъ. Въ 1894 г. парки эти упразднены, а взамѣнъ ихъ въ составъ саперныхъ баталіоновъ включили телеграфныя роты. Общее число ихъ — 24 въ Европейской Россіи и 4 въ Азіатской. Нѣкоторыя роты раздѣляются на четыре шестовыхъ отдѣленія, а нѣкоторыя—на два шестовыхъ и одно кабельное. Назначеніе кабельныхъ отдѣленій—устраивать телеграфныя сообщенія безъ помощи столбовъ въ сферѣ огня, въ горахъ и вообще тамъ, гдѣ линія устраивается на очень непродолжительное время. Шестовыя отдѣленія устраиваютъ телеграфъ на столбахъ. Въ отдѣленіяхъ обоихъ родовъ приняты чернопишущіе аппараты Морзе съ ломанымъ пишущимъ рычагомъ и коммутаторами для рабочаго и постояннаго тока и для послѣдовательнаго или параллельнаго соединенія обмотокъ электромагнитовъ въ аппаратахъ; этотъ послѣдній коммутаторъ позволяетъ аппаратамъ одинаково хорошо работать при разнообразной длинѣ линій [1]. Элементы въ шестовыхъ отдѣленіяхъ приняты типа Калло, а въ кабельномъ—сухіе полковника Сущинскаго. Въ кабельныхъ отдѣленіяхъ для перевозки матеріальной части и аппаратовъ употребляются двуколки въ одну лошадь, а въ отдѣленіяхъ шестовыхъ—троечныя повозки и фургоны.

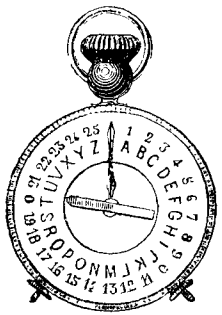


Рис. 340. Телеграфный аппаратъ Труве.

Кромѣ спеціальныхъ телеграфныхъ ротъ въ саперныхъ баталіонахъ, въ русской арміи имѣется еще, такъ называемый, кавалерійскій телеграфъ, имѣющійся во всякой ка-



Рис. 341. Военный телефонъ.

[1] Наивыгоднѣйшее дѣйствіе электромагнитовъ телеграфнаго аппарата получается при условіи равенства сопротивленія его обмотокъ сопротивленію телеграфной цѣпи.

валерійской и казачьей части. Все имущество такого телеграфа помѣщается и перевозится на одной двуколкѣ. Телеграфному дѣлу въ кавалерійскихъ частяхъ обучается часть нижнихъ чиновъ, командируемыхъ на годъ въ саперную полковую школу.

Полевой телефонъ.

Въ послѣднее время военный телеграфъ во многихъ случаяхъ замѣняется телефономъ. Въ особенности хорошъ телефонъ для установленія летучихъ соединеній на короткія разстоянія (въ цѣпи, секретахъ и т. д.). Во французскихъ войскахъ принятъ телефонъ Бертона. Рис. 341 представляетъ двухъ солдатъ со станціей такого телефона.

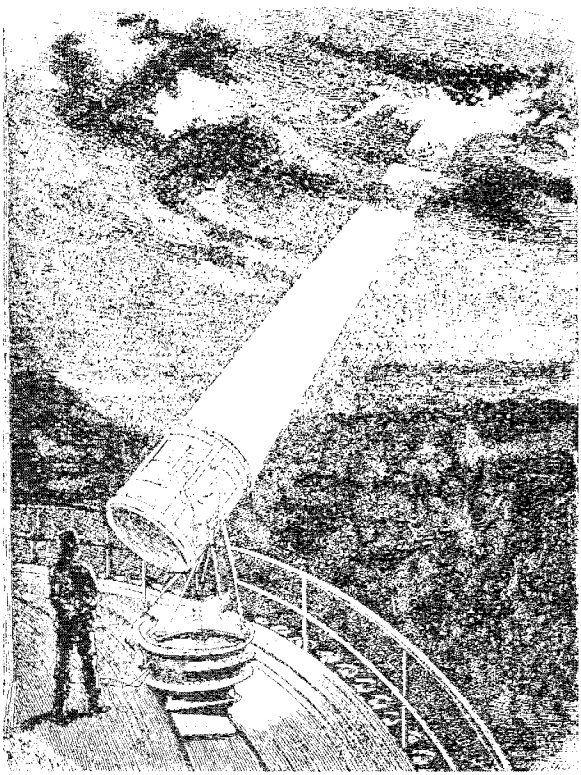


Рис. 342. Прожекторъ Манжена.

Проводъ этого телефона одножильный, а обратно токъ идетъ черезъ землю. У каждаго солдата имѣется палка со стальнымъ наконечникомъ, втыкая которую въ землю, онъ устраиваетъ соединеніе своей станціи съ землею.

Прожекторы.

Телеграфное и телефонное сношенія на войнѣ представляютъ все-таки извѣстное затрудненіе изъ-за необходимости протягивать провода. Провода къ тому же легко могутъ быть обрываемы непріятелемъ. Нѣтъ сомнѣнія, что въ будущемъ въ этомъ отношеніи громадную роль будетъ играть электрическій телеграфъ безъ проводовъ; покамѣстъ же

часто прибѣгаютъ къ телеграфу оптическому: днемъ при помощи геліографовъ (аппаратовъ, подающихъ сигналъ помощью отраженія солнечныхъ лучей), а ночью—при помощи электрическихъ прожекторовъ. Въ русскихъ войскахъ каждое шестовое и кабельное отдѣленіе телеграфныхъ ротъ снабжается электрическими прожекторами Манжена.

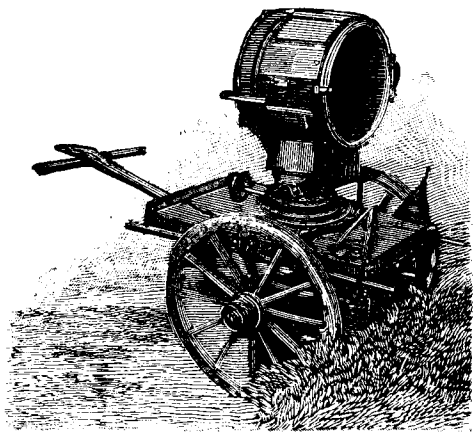


Рис. 343. Перевозный прожекторъ.

Прожекторы употребляются войсками не только для цѣлей оптической сигнализаціи. Еще бо̀льшее, пожалуй, значеніе они имѣютъ для цѣлей прямого освѣщенія. Прожекторами освѣщаютъ пространство передъ фортами, траншеями и другими укрѣпленіями, съ цѣлью предупредить внезапное нападеніе непріятеля; прожекторами пользуются для ночного пристрѣла орудій и т. д.

Наичаще употребляемый прожекторъ Манжена состоитъ изъ лампы съ вольтовой дугой силою въ 40—60 тысячъ свѣчей, заключенной въ металлическій фонарь, сзади снабженный особымъ апланатнымъ рефлекторомъ, а спереди закрытый дверцей съ толстымъ стекломъ. Лучи свѣта, отбрасываемые такимъ рефлекторомъ, почти совершенно параллельнымъ пучкомъ, хорошо видны на 15—20 километровъ[1]. Рисунокъ 342 изображаетъ наружный видъ прожектора Манжена, установленнаго наверху башни Эйфеля.

Для прожекторовъ употребляютъ какъ механическіе регуляторы, такъ часто, въ силу ихъ надежности и простоты, регуляторы ручные.

Въ крѣпостяхъ и укрѣпленіяхъ прожекторы устанавливаются разъ навсегда такъ, чтобы ими, въ совокупности, можно было освѣщать все пространство передъ укрѣпленіемъ

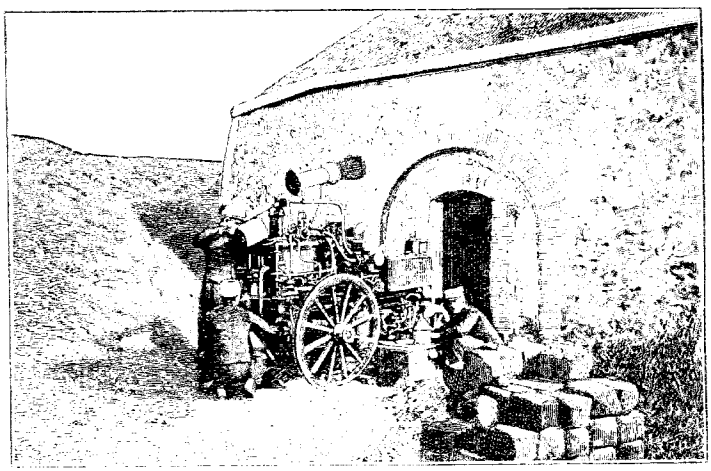


Рис. 344. Прожекторъ вмѣстѣ съ динамо и локомобилемъ.

и чтобы можно было передавать сигналы въ укрѣпленія ближайшія (изъ фортовъ, напримѣръ, въ центральное укрѣпленіе и т. п.); при дѣйствующихъ же войскахъ (у насъ, какъ

[1] Имѣются англійскіе прожекторы еще бо̀льшей силы; лондонская фирма Brusch строитъ ихъ съ лампами въ 100 тысячъ свѣчей. Угли этой лампы—толщиной въ 65 мм. Свѣтъ виденъ болѣе, чѣмъ на 27 километровъ.

мы уже говорили, при телеграфныхъ ротахъ) имѣются прожекторы перевозные. Прожекторы эти или устанавливаются на отдѣльныхъ небольшихъ повозкахъ (рис. 343) и работаютъ отъ динамо-машины, непосредственно соединенной съ локомобилемъ, или устанавливаются на одной платформѣ съ динамо и локомобилемъ (рис. 344).

Первое примѣненіе свое прожекторы получили во время франко-прусской войны. Ими съ одинаковымъ успѣхомъ пользовались при осадѣ Парижа какъ осаждающіе, такъ и осаждаемые. У этихъ послѣднихъ, однако, большинство прожекторовъ было очень слабо; недостатокъ угля не позволялъ примѣнять динамомашинъ, и токъ приходилось получать при помощи гальваническихъ элементовъ (для каждаго прожектора употреблялась батарея изъ 50 элементовъ Бунзена). Только для одной станціи, расположенной на

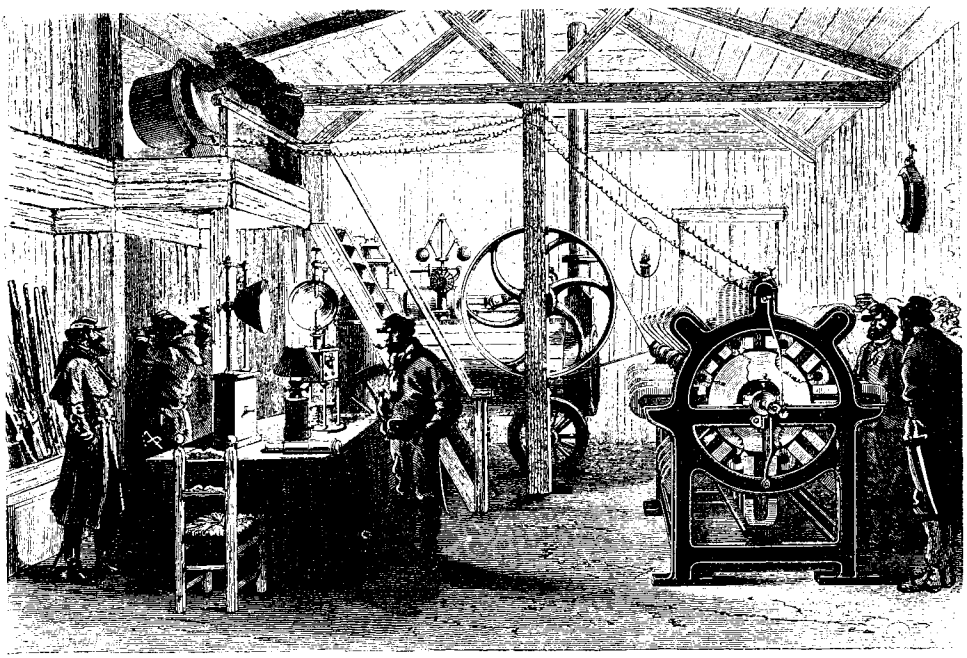


Рис. 345. Прожекторная станція на Монмартрѣ.

Монмартрѣ (рис. 345), оказалась возможность примѣнить динамо-машину Альіансъ, и прожекторъ этой станціи освѣщалъ Аржантейльскую долину болѣе, чѣмъ на 10 километр. отъ Парижа.

Запалы для минъ.

Мы видѣли, какъ примѣняется электричество для минъ подводныхъ; не меньшее значеніе оно имѣетъ для сухопутнаго миннаго дѣла. Электрическіе запалы являются и для сухопутныхъ минъ наиболѣе надежными и наиболѣе удобными. Различаютъ два рода электрическихъ запаловъ: 1) перерывчатые, т.-е. такіе, въ которыхъ воспламененіе взрывчатаго вещества производится прохожденіемъ черезъ него электрической искры, и 2) неперерывчатые: воспламененіе происходитъ отъ накаливанія проводника, окруженнаго взрывчатымъ веществомъ.

Перерывчатые запалы могутъ быть воспламеняемыми при помощи всякаго рода источниковъ электричества, дающихъ токъ очень незначительной силы, но высокаго напряженія (напр., статическія машины).

Преимущество такихъ запаловъ—ихъ прочность и удобопереносимость; аппараты, доставляющіе имъ токъ, также прочны и не занимаютъ много мѣста; при помощи ихъ, наконецъ, весьма легко тамъ, гдѣ это надо, достичь отъ одного провода одновременнаго взрыва цѣлаго ряда минъ.

Громадное ихъ неудобство — требованіе чрезвычайно тщательной изолировки проводовъ; неудобство это настолько велико, что, кромѣ англійской, всѣ остальныя европейскія арміи почти совершенно ихъ бросили и употребляютъ одни неперерывчатые запалы.

Для воспламененія этихъ запаловъ требуются батареи, составленныя изъ гальваническихъ элементовъ, ибо для нихъ нуженъ токъ большой силы и малаго напряженія. Изоляція проводовъ можетъ при этихъ запалахъ быть далеко не тщательная, но провода должны быть толстые.

Ставятъ въ упрекъ имъ ихъ хрупкость, но при надлежащемъ устройствѣ запала этой хрупкости не должно быть. Разсмотримъ нѣсколько ближе наиболѣе характерные запалы того и другого рода.

А. Запалы перерывчатые.

Это запалы наиболѣе старинные.

Послѣ нѣсколькихъ не вполнѣ удачныхъ попытокъ испанца Вердю и французовъ Савари и дю-Монселя, англичанину Стетегаму удалось, въ 1850 году, вполнѣ удачно взрывать такимъ образомъ подземныя мины. На мысль о перерывчатомъ запалѣ Стетегама натолкнули наблюденія, сдѣланныя имъ при прокладкѣ подводнаго телеграфнаго кабеля между Дувромъ и Кале. Изслѣдуя проводимость испорченнаго кабеля, онъ замѣтилъ искры, проходившія отъ одной жилы кабеля къ другой черезъ гуттаперчевую изолировку. Искры оказались настолько сильными, что воспламеняли порохъ. Запалъ былъ изобрѣтенъ.

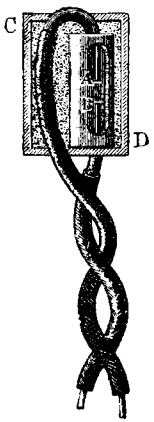
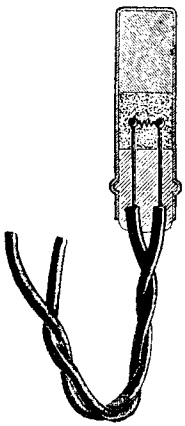


Рис. 346. Перерывчатый запалъ.

Наиболѣе простой перерывчатый запалъ, такимъ образомъ, состоитъ (рис. 346) изъ двухъ мѣдныхъ проводовъ, которыхъ концы A и B введены въ капсюлю изъ вулканизированной гуттаперчи. Концы проволоки A и B не доходятъ до соприкосновенія на 1 — 2 миллиметра и покрыты гремучей ртутью. Капсюлю съ проводниками помѣщаютъ въ небольшую камеру CD, наполненную порохомъ. Камера эта и помѣщается, какъ запалъ, въ любую мину. Вулканизированный каучукъ для капсюли употребляется въ виду того, что онъ отъ соприкосновенія съ мѣдной, проводящей токъ проволокой легко выдѣляетъ сѣру въ видѣ чрезвычайно быстро воспламеняющагося порошка.


Рис. 347. Неперерывчатый запалъ.

Существуютъ болѣе удачные, но болѣе сложные перерывчатые запалы (напр., Абеля), но ихъ мы описывать не будемъ, ибо, повторяемъ, вообще такого рода запалы уступили теперь мѣсто запаламъ неперерывчатымъ. Всѣмъ перерывчатымъ запаламъ свойственъ, кромѣ выше приведенныхъ, одинъ основной недостатокъ: они, будучи совсѣмъ неспособны проводить токъ, не могутъ быть провѣрены относительно своей исправности передъ взрывомъ.

В. Запалы неперерывчатые.

Въ нихъ воспламененіе производитъ, какъ мы говорили, накаливаемый проводникъ—обыкновенно, платиновый. Вотъ одна изъ наиболѣе простыхъ формъ такого запала (рис. 347): въ деревянный цилиндръ насыпаютъ мелкаго пороха, затѣмъ кладутъ слой пироксилина, обсыпаннаго пороховой мякотью, и на него, какъ на подушку, опу-

скаютъ платиновую спиральку (мостикъ) изъ проволоки $^1/_{18}$ мм. толщиною. Число завитковъ спирали 6—10, разстояніе между завитками $^1/_3$ мм. Сверху цилиндръ засыпается также мелкимъ порохомъ. Описанный запалъ представляетъ очень малое сопротивленіе: 0,2—0,4, максимумъ (при мостикѣ изъ иридіевой платины, толщиною въ 0,02 мм.) 2,8 амперъ. Дѣлаютъ запалы и бо́льшаго сопротивленія (до 500 омовъ), въ которыхъ мостикомъ между проводниками служитъ непрерывный рядъ слабо проводящихъ твердыхъ частичекъ вещества.

Для неперерывчатыхъ запаловъ, источникомъ тока—служатъ элементы Грове, Лекланше, Грене и т. д. или аккумуляторы,—въ такомъ количествѣ, чтобы въ данной цѣпи получилась сила тока, достаточная для накаливанія мостика запала. Опыты показали, что для взрывовъ всякихъ запаловъ этого рода достаточенъ токъ силою въ 0,8 амперъ. Пусть E будетъ электровозбудительная сила примѣняемыхъ при этомъ элементовъ, L—внутреннее ихъ сопротивленіе, R—сопротивленіе проводниковъ, p—сопротивленіе запала, y—число запаловъ, соединенныхъ между собою послѣдовательно, а x—число необходимыхъ для полученія нужной силы тока элементовъ. Тогда 0,8 амперъ$=\frac{Ex}{Lx+R+py}$. Это уравненіе имѣетъ большое практическое значеніе, ибо позволяетъ вычислить: или x, т.-е. число нужныхъ элементовъ, чтобы взорвать y соединенныхъ послѣдовательно запа-

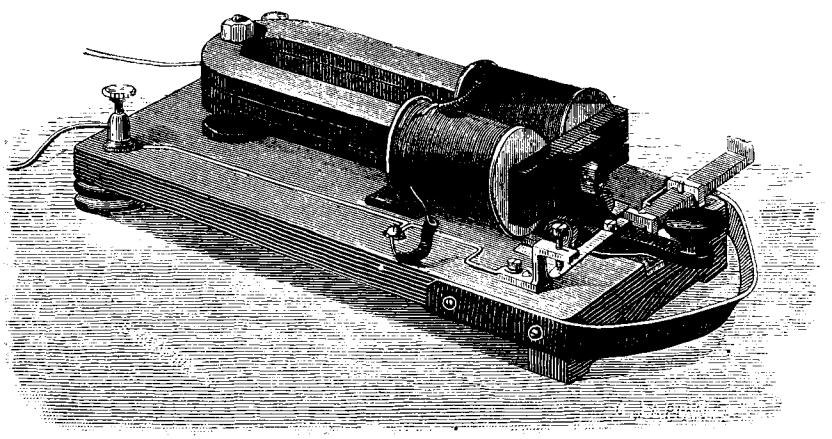


Рис. 348. Взрыватель Бреге́та.

ловъ, или y, т.-е. число запаловъ, которое можно одновременно взорвать отъ батареи изъ x элементовъ. На практикѣ полученныя такимъ образомъ величины всегда, на всякій случай, увеличиваются на 50%.

Для одновременнаго взрыва нѣсколькихъ послѣдовательно соединенныхъ непрерывчатыхъ запаловъ необходимо, чтобы сопротивленія мостиковъ ихъ были близки. Если это условіе не можетъ быть соблюдено, то запалы слѣдуетъ соединять параллельно; при этомъ сначала произойдутъ взрывы запаловъ наиболѣе чувствительныхъ, но тотчасъ же бо́льшая часть тока отвѣтвится въ запалъ менѣе чувствительный и т. д. Такимъ образомъ, взрывъ всѣхъ запаловъ произойдетъ хотя и не вполнѣ одновременно, но все же въ очень короткій промежутокъ времени.

Для правильнаго соединенія запаловъ съ однимъ источникомъ тока, такимъ образомъ, надо знать сопротивленіе каждаго изъ нихъ.

Описанные нами неперерывчатые запалы съ небольшими измѣненіями могутъ быть примѣнены и къ стрѣльбѣ изъ орудій. При помощи электрическихъ запаловъ можно производить выстрѣлы изъ орудій съ какого угодно разстоянія отъ нихъ, напр., въ крѣпости изъ одного центральнаго помѣщенія. Можно устраивать и стрѣляющія автоматически орудія, въ зависимости отъ извѣстнаго дѣйствія или въ строго опредѣленное время.

Взрыватели.

Кромѣ гальваническихъ элементовъ, аккумуляторовъ и т. п. источниковъ тока, для электрическихъ запаловъ употребляются еще и особые приборы, носящіе названіе взрывателей. Мы опишемъ изъ нихъ взрыватель Брегета (рис. 348). Онъ представляетъ собою подковообразный электромагнитъ, обмотки котораго соединены съ проводами запала; передъ полюсами электромагнита имѣется подвижной желѣзный якорь, соединенный помощью колѣнчатаго рычага съ ударной кнопкой. Якорь этотъ особой пружиной держится прижнутымъ къ электромагниту, но ударомъ по упоминавшейся кнопкѣ можно отвести его отъ электромагнита. При такомъ отведеніи якоря въ обмоткахъ электромагнита индуктируется токъ, и появляется экстра-токъ, который увеличиваетъ силу тока индуктированнаго и доводитъ ее до нужной для взрыва запала величины.

При описанномъ взрывателѣ или ударникѣ взрывъ, такимъ образомъ, производится безъ какой бы то ни было батареи гальваническихъ элементовъ—ударомъ по описанной электрической затравкѣ.

XII.

Электричество на желѣзной дорогѣ.

Въ главѣ объ электрической тягѣ мы видѣли, какъ примѣняется электричество къ передвиженію желѣзнодорожныхъ поѣздовъ, что уже въ этомъ отношеніи достигнуто и чего еще нужно ждать. Мы видѣли, что въ этомъ отношеніи роль электричества на желѣзныхъ дорогахъ—пока еще очень скромная, и электрическое передвиженіе тяжелыхъ поѣздовъ на большихъ разстояніяхъ—задача еще не разрѣшенная.

Зато въ другихъ отношеніяхъ электричество въ желѣзнодорожномъ дѣлѣ играетъ громадную роль и, благодаря ему, напримѣръ, можно достигнуть вполнѣ безопаснаго отъ всякаго рода столкновеній движенія желѣзнодорожныхъ поѣздовъ.

При эксплоатаціи желѣзныхъ дорогъ очень скоро выяснилась необходимость передавать машинисту движущагося поѣзда указанія, регулирующія ходъ поѣзда между двумя какими-либо пунктами. Указанія эти не сложны и сводятся, собственно говоря, къ тремъ знакамъ: «путь свободенъ», «итти малымъ ходомъ» и «путь занятъ» или, что то же самое, «остановиться». Поѣздъ, вышедшій съ какой-либо станціи при наличности на пути трехъ вышеперечисленныхъ сигналовъ, можетъ съ полной безопасностью отъ столкновенія дойти до слѣдующей станціи, въ особенности при одномъ пути и правильно чередующихся въ обоихъ направленіяхъ поѣздахъ. Въ самомъ дѣлѣ, поѣздъ № 1 [1] выходитъ со станціи А и идетъ на станцію В; передъ станціей В сигналъ показываетъ ему, что путь на станціи В свободенъ и станція можетъ принять поѣздъ. Поѣздъ № 1 входитъ на станцію В, стоитъ столько, сколько надо, времени и затѣмъ идетъ на слѣдующую станцію С. Послѣ его прохода станція В посылаетъ поѣздъ № 2 на станцію А; поѣздъ этотъ стоялъ на станціи В, но ему путь заграждалъ сигналъ, снятый только послѣ прохода поѣзда № 1. Поѣздъ № 2 идетъ въ полной безопасности по пути въ А и входитъ на эту станцію, если сигналъ показываетъ ему, что путь на станціи свободенъ. Затѣмъ снова станція А посылаетъ поѣздъ № 3 въ В и т. д. При такой системѣ отправки поѣздовъ на участкѣ пути между двумя станціями можетъ быть только одинъ поѣздъ; если при этомъ поѣзда ира-

[1] На желѣзныхъ дорогахъ нумера поѣздовъ—всегда четные въ одномъ направленіи и нечетные—въ другомъ. Въ Россіи нечетными №№ обозначаются поѣзда, идущіе съ сѣвера на югъ и съ востока на западъ на главныхъ линіяхъ и по направленію къ главной линіи на вѣткахъ.

вильно чередуются другъ съ другомъ, то упоминавшихся нами трехъ сигналовъ для безопаснаго ихъ движенія совершенно достаточно. Но представимъ себѣ, что правильнаго чередованія поѣздовъ (какъ это обыкновенно и бываетъ) нѣтъ,—что станціи А надо отправить два-три поѣзда въ В, раньше, чѣмъ В отправитъ поѣздъ въ А. Когда послѣ перваго поѣзда А можно отправить второй? Зная время, необходимое для переходъ отъ А до В, можно, понятно, сдѣлать промежутокъ между отправленіями поѣздовъ нѣсколько бо́льшимъ и руководствоваться, слѣдовательно, интервалами времени. Такъ прежде, да и теперь, кое-гдѣ на глухихъ линіяхъ, и дѣлаютъ; не трудно, однако, видѣть всѣ неудобства такой системы. Предполагаютъ, что поѣздъ прошелъ отъ станціи до станціи безъ приключеній и остановки. Ну, а если съ поѣздомъ что-либо случилось,—если онъ остановился въ пути? Слѣдующій за нимъ поѣздъ можетъ его нагнать, и если остановившійся поѣздъ не успѣетъ поставить на достаточномъ сзади себя разстояніи сигнала, то столкновеніе неизбѣжно. Гораздо надежнѣе поэтому другая система движенія поѣздовъ, гдѣ принимаются во вниманіе интервалы не времени, а пространства. Поѣздъ пускается станціей только тогда, когда предыдущій, вышедшій по тому же направленію, пройдетъ извѣстное пространство, до слѣдующей станціи, поста или сигнала. Надо, однако, чтобы станція отправленія знала, что предыдущій поѣздъ прошелъ назначенное пространство—вотъ тутъ-то и является на помощь электричество, и прежде всего, телеграфъ.

Всѣ станціи и посты желѣзной дороги соединены между собою телеграфомъ, и поѣздъ выпускается со станціи не раньше, чѣмъ будетъ со слѣдующей станціи или поста получено увѣдомленіе, что предыдущій поѣздъ прибылъ или прошелъ мимо и для отправки слѣдующаго не предвидится препятствій. При телеграфныхъ сношеніяхъ и достаточно частыхъ постахъ желѣзнодорожное движеніе съ полной безопасностью можетъ быть сильно развито, число поѣздовъ—увеличено, и, какъ при одномъ, такъ и при двухъ путяхъ, введены разнообразнѣйшія комбинаціи росписанія движенія поѣздовъ, при чемъ можно дѣлать различныя въ этомъ росписаніи экстренныя перемѣны и добавленія.

При телеграфныхъ извѣстіяхъ о выходѣ поѣзда, свободномъ пути и т. д. свѣдѣнія эти передаются въ контору начальника станціи или поста и соотвѣтственно имъ станція выставлетъ тѣ или другіе путевые сигналы. Будутъ ли они подняты своевременно, не произойдетъ ли какой-нибудь путаницы въ нихъ,—это зависитъ отъ исполнительности и внимательности служащихъ. Болѣе или менѣе независимо отъ «доброй воли» служащихъ или, по крайней мѣрѣ, при контролѣ одного поста надъ другимъ, ограждается безопасность желѣзнодорожнаго движенія при, такъ называемой, «блокировочной» системѣ сигнализаціи, той системѣ, гдѣ электричество играетъ первую роль. Съ телеграфа и блокировочныхъ сигнальныхъ аппаратовъ мы и начнемъ наше изложеніе примѣненія электричества на желѣзныхъ дорогахъ.

Желѣзнодорожный телеграфъ.

Этотъ телеграфъ—по крайней мѣрѣ, у насъ, въ Россіи,—ни чѣмъ не отличается отъ телеграфа обыкновеннаго, нами своевременно описаннаго. Общепринятымъ аппаратомъ у насъ является черпопишущій аппаратъ Морзе. Неудобства этого аппарата, въ особенности въ связи со сложной системой депешъ, отправляемыхъ и принимаемыхъ станціей по поводу всякаго поѣзда, очевидны и всего сильнѣе сказываются они въ большой потерѣ времени какъ на самое телеграфированіе [1], такъ и на передачу приказаній въ телеграфъ отъ начальника станціи, (мѣсто этого послѣдняго—перонъ около поѣзда, а аппаратъ находится въ комнатѣ); но у насъ въ Россіи при медленныхъ передвиженіяхъ поѣздовъ и долгихъ стоянкахъ на станціяхъ это не такъ замѣтно, какъ за границей. За границей же, вмѣсто сложнаго и долгаго обмѣна телеграммами, переходятъ или къ блокъ-системѣ, или

[1] Не странно ли, въ самомъ дѣлѣ, до сорока и больше разъ въ сутки выстукивать по буквамъ одну и ту же фразу: «могу ли отправить поѣздъ №», «поѣздъ № прибылъ», «поѣздъ № отправляю» и т. д., не замѣняя ихъ болѣе простымъ и короткимъ сигналомъ?

къ упрощеннымъ телеграфнымъ аппаратамъ, устанавливаемымъ непосредственно на платформѣ.

Во Франціи изъ подобныхъ упрощенныхъ аппаратовъ въ большомъ употребленіи—индикаторъ Жусселена (рис. 349). По внѣшнему виду онъ напоминаетъ намъ знакомый телеграфъ Брегета, только различное положеніе стрѣлки отвѣчаетъ не различнымъ буквамъ, а опредѣленнымъ фразамъ, опредѣленнымъ сигналамъ. Манипуляторомъ служитъ обыкновенный кнопочный коммутаторъ; каждое замыканіе тока вызываетъ передвиженіе стрѣлки на одно дѣленіе. Слѣдовательно, для того, чтобы передать, напримѣръ, сигналъ 10-ый кнопку нажимаютъ подъ рядъ 10 разъ.

На маленькихъ французскихъ станціяхъ очень часто такой телеграфъ играетъ главную роль въ сношеніяхъ съ сосѣдними станціями и постами; обыкновенный телеграфный аппаратъ хотя и имѣется, но въ цѣпь не включенъ и включается только по особому (на нашемъ рисункѣ отвѣчающему № 15) сигналу, переданному индикаторомъ Жусселена.

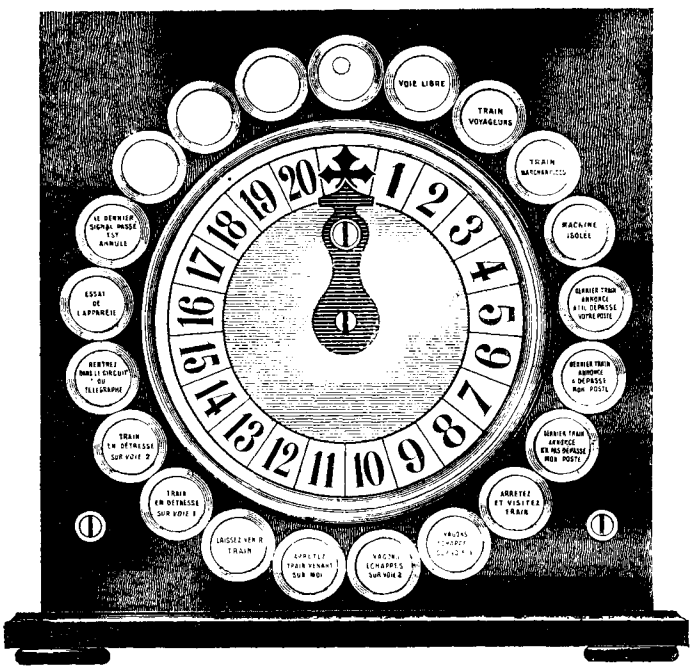


Рис. 349. Индикаторъ Жусселена.

По телеграфу передаются только извѣстія и сигналы, не предусмотрѣнные на индикаторѣ. На большихъ станціяхъ индикаторами Жусселена пользуются для соединенія отдѣльныхъ постовъ и стрѣлокъ между собою и съ желѣзнодорожной конторой.

Единственный недостатокъ описаннаго упрощеннаго телеграфнаго аппарата—отсутствіе какого бы то ни было вещественнаго слѣда переданнаго сигнала. Случилась катастрофа, былъ ли сдѣланъ запросъ о свободномъ пути, вѣрный ли былъ данъ отвѣтъ—этого при индикаторѣ Жусселена провѣрить нельзя.

Электрическіе колокола вдоль линіи.

Посредствомъ телеграфа (въ послѣднее время кое-гдѣ съ этой цѣлью примѣняется и телефонъ) свѣдѣнія о движеніи поѣздовъ получаютъ станціи и промежуточные болѣе или менѣе значительные посты. Но между постами имѣются сторожевыя будки у переѣз-

довъ; надо давать знать и сторожамъ о приближающемся поѣздѣ, чтобы они закрыли барьерами переѣзды черезъ путь. Эти сигналы передаются посредствомъ звона особыхъ электрическихъ колоколовъ. Число ударовъ колокола указываетъ направленіе поѣзда, а иногда и номеръ его.

Первые сигнальные колокола предложены были австрійскимъ инженеромъ Леопольдеромъ (рис. 350); въ настоящее время очень употребительны такого же рода колокола Сименса и Гальске (рис. 351). Суть устройства обоихъ колоколовъ совершенно одинакова: имѣется колоколъ С (рис. 350) и молотокъ М посредствомъ проволоки F и колѣнчатыхъ рычаговъ соединенный, съ часовымъ механизмомъ А, работающимъ или отъ пружиннаго завода, или отъ опускающихся гирь. Часовой механизмъ этотъ въ обыкновенное время застопоренъ желѣзной пластинкой, представляющей якорь достаточно сильнаго электромагнита, заключеннаго въ одномъ съ часовымъ механизмомъ футлярѣ.

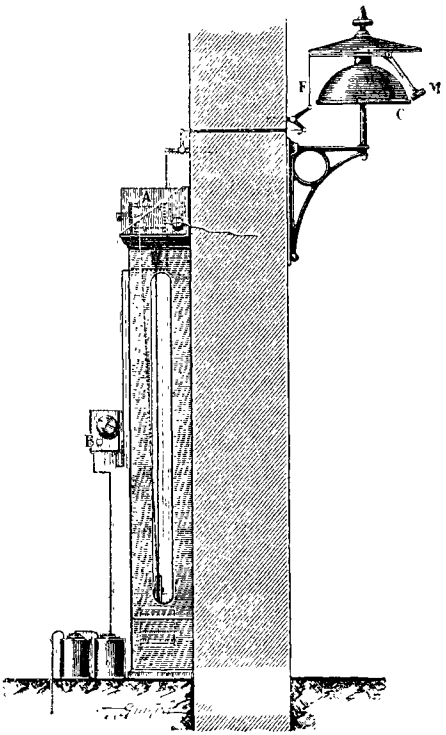


Рис. 350. Сигнальный колоколъ Леопольдера.

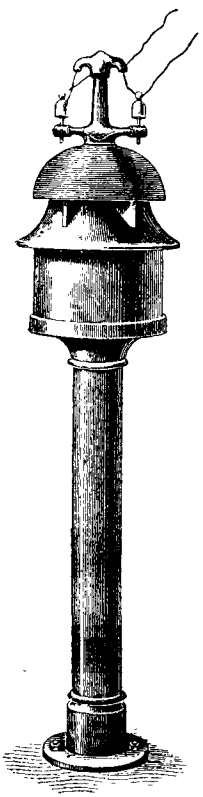


Рис. 351. Сигнальный колоколъ Сименса.

Точно такой же колоколъ находтся и на конечныхъ станціяхъ даннаго участка, только тутъ (какъ это и показано на рис. 350) есть еще гальваническая батарея и коммутаторъ В, посылающій изъ нея токъ во всѣ механизмы путевыхъ колоколовъ. Нажимая этотъ коммутаторъ, станція отстопориваетъ часовые механизмы всѣхъ имѣющихся на линіи колоколовъ и заставляетъ ихъ прозвонить желаемое число разъ.

Блокировочная система.

Мы находимся въ будкѣ небольшого, промежуточнаго между станціями, французскаго поста. Ночь. Дежурный поста дремлетъ за столомъ, передъ окошкомъ. На пути все тихо, и только часть его освѣщается свѣтомъ изъ оконъ поста да фонаремъ семафора. Но вотъ въ будкѣ раздается звонокъ; на одномъ изъ помѣщенныхъ на столѣ циферблатовъ стрѣлка отклоняется отъ вертикальнаго положенія, и одновременно на семафорѣ поднимается до горизонтальнаго положенія небольшое желтое крыло, до этого висѣвшее внизъ. Дежурный встаетъ и идетъ запирать барьеръ на переѣздѣ. Слышенъ шумъ приближающагося поѣзда. Моментъ—и онъ промчался мимо поста, облившъ его свѣтомъ рефлекторовъ локомотива.

Дежурный по проходѣ поѣзда нажимаетъ кнопку и возвращаетъ отклонившуюся стрѣлку въ прежнее положеніе, въ то же время отклоняя другую на точно такомъ же, рядомъ помѣщенномъ, циферблатѣ; затѣмъ помощью рычага онъ поднимаетъ на сема-

форѣ красное крыло. Барьеры на переѣздѣ открыты, но дежурный все еще не можетъ оставить поста: онъ ждетъ, пока не придетъ въ нормальное положеніе сдвинутая имъ стрѣлка, и пока не опустится автоматически только-что поднятое имъ красное крыло семафора. Поѣздъ, только-что пронесшійся мимо, благополучно дошелъ до слѣдующаго поста, и путь свободенъ для прохода слѣдующаго поѣзда.

Мы описали дѣйствія дежурнаго промежуточнаго поста желѣзной дороги съ двойнымъ путемъ и блокировочной системой, впервые предложенной Кукомъ въ 1842 году и затѣмъ непрерывно развиваемой и улучшаемой, съ одной стороны, Сименсомъ и Гальске, а съ другой — Лартигомъ, Реньо, Сарціо и многими другими.

Посмотримъ теперь, что обозначали и къ чему вели всѣ тѣ манипуляціи, которыя, какъ мы видѣли, продѣлывалъ дежурный блокировочнаго поста.

Весь путь при блокировочной системѣ раздѣленъ на бо́льшей или меньшей величины участки, и каждый такой участокъ, при помощи помѣщающихся на его краяхъ сигналовъ, въ моментъ нахожденія на немъ поѣзда имѣетъ путь блокированнымъ, закрытымъ; блокировка даннаго участка при этомъ снимается только исключительно постомъ слѣдующаго участка, когда на него перейдетъ данный поѣздъ.

Блокировка или закрытіе пути производится при помощи электросемафоровъ (рис. 352). Электросемафоръ представляетъ собою составную желѣзную мачту или башенку, высотою въ 8—10 метровъ, снабженную наверху двумя красными крыльями A и A′ большого размѣра, а пониже двумя значительно меньшаго размѣра крыльями B и B′ желтаго или бѣлаго цвѣта. Крылья A и B служатъ указаніями для поѣздовъ одного направленія, а крылья A′ и B′ являются сигналами для поѣздовъ направленія обратнаго. Каждому изъ крыльевъ ночью отвѣчаетъ отдѣльный фонарь соотвѣтствующаго цвѣта.

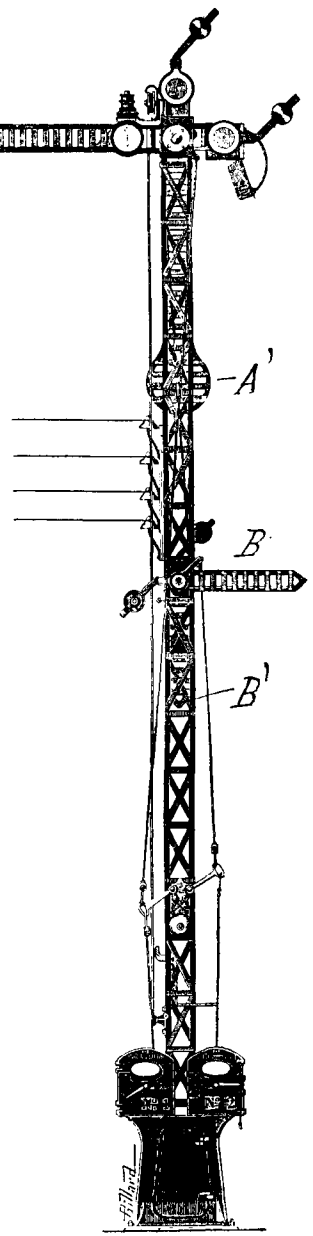


Рис. 352. Электросемафоръ.

Внизу мачты семафора находятся четыре ящика (два № 1 и два № 2) съ механизмами для поднятія: № 1—красныхъ, а № 2—желтыхъ крыльевъ. Механизмы эти у всѣхъ семафоровъ электрическими проводами обязательно соединены съ семафорами сосѣднихъ въ обѣ стороны постовъ. Только красныя крылья служатъ сигналами для поѣздовъ, желтыя же предназначаются для агентовъ постовъ и указываютъ имъ на исправное дѣйствіе семафоровъ. Каждое желтое крыло связано всегда съ соотвѣтственнымъ краснымъ предыдущаго поста и одновременно съ нимъ какъ поднимается, такъ и опускается. Связь эта—электрическая, но въ подробности механизма мы входить не будемъ; телеграфъ намъ представлялъ много примѣровъ еще болѣе точныхъ синхроническихъ движеній; мы встрѣтимся съ синхроническими устройствами еще и ниже, при описаніи электрическихъ часовъ.

Каждый блокировочный постъ (мы все время имѣемъ въ виду двойной путь), кромѣ того, снабженъ двумя аппаратами Реньо (рис. 353), каждый съ двумя стрѣлками, отвѣчающими двумъ путямъ. Одинъ изъ аппаратовъ управляется съ сосѣднихъ постовъ, а другой служитъ для передачи сигналовъ на эти послѣдніе.

Какъ только поѣздъ прошелъ мимо поста № 1, дежурный, нажимая соотвѣтствующую кнопку на второмъ аппаратѣ Реньо, заставляетъ на немъ отклониться стрѣлку и въ то же время отклоняетъ стрѣлку электрически съ нимъ связаннаго перваго аппарата на постѣ № 2, сосѣднемъ по направленію движенія. Этотъ сигналъ, сопровождающійся звонкомъ, показываетъ посту № 2, что поѣздъ вошелъ въ секцію поста № 1.

Подавши сигналъ по аппарату Реньо, дежурный поста № 1 идетъ къ семафору и, при помощи рукоятки одного изъ механизмовъ № 1, поднимаетъ въ горизонтальное положеніе красное крыло (сигналъ остановки), отвѣчающее пути, по которому только-что прошелъ мимо поста поѣздъ. Участокъ № 1 блокированъ. Провѣркой того, что блокировка произведена, служитъ поднимающееся соотвѣтствующее желтое крыло на семафорѣ поста № 2; выше мы говорили, что эти крылья электрически соединены между собою. Постъ № 2, такимъ образомъ, провѣряетъ дѣйствія поста № 1, какъ, въ свою очередь, его провѣряетъ постъ № 3 и т. д.

Деблокировать свой участокъ, спустить поднятое красное крыло самъ постъ № 1 никоимъ образомъ не можетъ. Это деблокированіе производится постомъ № 2. Какъ только поѣздъ пройдетъ мимо этого поста, дежурный прежде всего продѣлываетъ всѣ тѣ манипуляціи, которыя мы видѣли на посту № 1, передаетъ сигналъ объ идущемъ поѣздѣ на постъ № 3 и блокируетъ свой участокъ № 2. Затѣмъ онъ придавливаетъ кнопку на своемъ аппаратѣ Реньо, соединенномъ съ аппаратомъ поста № 1, приводитъ тамъ стрѣлку въ нормальное положеніе къ слову «путь свободенъ», идетъ къ семафору и механизмомъ № 2 опускаетъ желтое крыло, которое, какъ мы видѣли, автоматически здѣсь поднялось при подъемѣ краснаго крыла на посту № 1. При опусканіи желтаго крыла на посту № 2 опускается и красное на посту № 1, блокировка съ участка № 1 снимается.

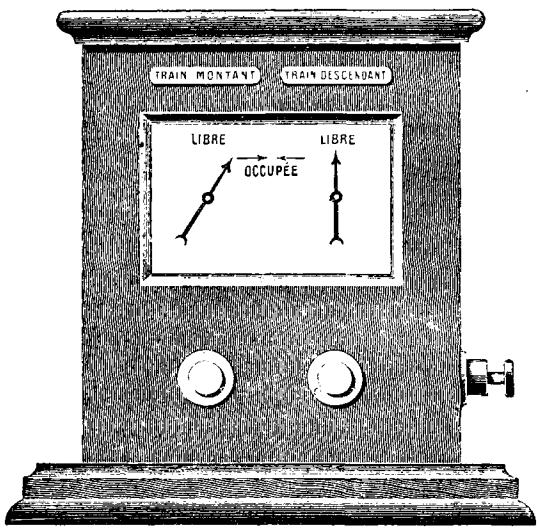


Рис. 353. Аппаратъ Реньо.

Тоже самое продѣлывается далѣе на посту № 3, 4 и т. д. Вездѣ съ одной стороны сигналы передаются дежурнымъ обоихъ сосѣднихъ постовъ при помощи аппаратовъ Реньо, а съ другой стороны производится блокировка своего участка и деблокировка предыдущаго. Красныя крылья каждый постъ можетъ самъ поднять, но не можетъ самъ опустить, а желтыя, наоборотъ, можетъ самъ опустить, но не можетъ самъ поднять.

Автоматическая блокировка пути.

При описанномъ нами устройствѣ блокировочныхъ постовъ, блокировка каждаго участка производится дежурнымъ даннаго поста собственноручно; деблокировать свой постъ дежурный никакъ не можетъ, и потому нечего опасаться, что путь будетъ открытъ ранѣе, чѣмъ поѣздъ дойдетъ до слѣдующаго поста; но это все обстоитъ такъ, если блокировка будетъ исполнена, если дежурный подниметъ на своемъ семафорѣ красное крыло. Если онъ это позабудетъ сдѣлать и не извѣститъ слѣдующій постъ объ идущемъ поѣздѣ, то его оплошность будетъ замѣчена на слѣдующемъ посту только тогда, когда поѣздъ дойдетъ до него. Да если бы оплошность была замѣчена и раньше, то какъ ее исправить? Все-таки

значитъ, и при блокировочной системѣ многое зависитъ отъ внимательности и исполнительности постовыхъ агентовъ. Отсюда—стремленіе къ вполнѣ автоматической блокировкѣ пути, къ тому, чтобы поѣздъ самъ закрывалъ за собою путь, самъ поднималъ, проходя мимо поста, красное крыло семафора. Устроить такую автоматическую блокировку не трудно: надо, чтобы поѣздъ на своемъ пути самъ прижималъ контактъ, который пускалъ бы токъ въ семафоръ и тѣмъ освобождалъ грузъ, поднимающій крыло. Въ то же время можетъ быть пущенъ также автоматически и отъ того же контакта токъ въ аппаратъ Реньо и къ звонку слѣдующей станціи. При такомъ устройствѣ поѣздъ самъ, проходя мимо поста, блокируетъ участокъ, на который вступаетъ, и подаетъ о своемъ приближеніи сигналъ на слѣдующій постъ. На долю дежурныхъ, такимъ образомъ, остается только деблокировка предыдущаго участка, а эта операція, не во время исполненная, можетъ вызвать только замедленіе въ движеніи, но никоимъ образомъ не катастрофу.

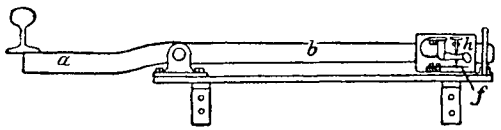


Рис. 354. Рельсовый контактъ Шелленса.

Какъ устроить, однако, необходимый для автоматической блокировки контактъ? Послѣ долгихъ опытовъ оказалось, что для такого контакта надо пользоваться не непосредственно давленіемъ проходящаго черезъ контактъ поѣзда, а происходящимъ при этомъ прогибаніемъ рельсовъ.

Величина этого прогибанія сама по себѣ незначительна, и это движеніе въ передачѣ контакту приходится увеличивать. Проще всего можно достичь этого при помощи неравноплечаго рычага, на болѣе короткое плечо котораго дѣйствуетъ движеніе рельса. Рис. 354 представляетъ наиболѣе простое устройство рельсоваго контакта, системы Шелленса. Короткое плечо a коромысла этого контакта пропускается подъ рельсъ, а на концѣ длиннаго b насаженъ молотокъ, который при движеніи рычага вверхъ и внизъ, отъ изгиба и колебанія рельса, начинаетъ качаться и при этомъ ударяетъ въ контактную пружинку f и приводитъ ее въ соприкосновеніе съ контактнымъ штифтомъ h.

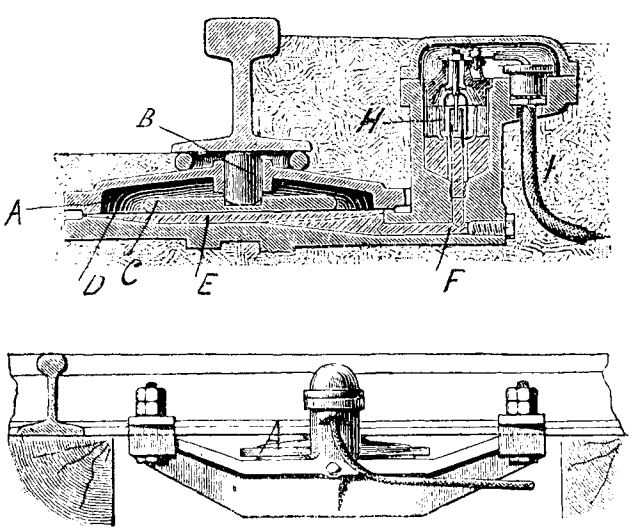


Рис. 355. Рельсовый контактъ Сименса и Гальске.

Сложнѣе, но надежнѣе ртутный контактъ Сименса и Гальске (рис. 355). Подъ рельсомъ ставится педаль, состоящая изъ плоскаго чугуннаго сосуда A, въ крышку котораго вставлена стальная пробка B. Она приходится подъ основаніемъ рельса и вдавливается въ крышку его прогибаніемъ; чтобы не попадалъ внутрь песокъ и т. д., пробка вверху окружена резиновымъ кольцомъ. Своимъ нижнимъ концомъ пробка упирается въ прокладку C, лежащую на стальной діафрагмѣ D. Діафрагма эта закрываетъ нижнюю тарелкообразную часть F чугуннаго сосуда, наполненную ртутью и соединенную трубкой E со стекляннымъ стаканчикомъ H, въ который опущены стальные штифты, соединенные, съ одной стороны, съ проводомъ K къ семафору и звонку, а корпусъ педали соединенъ съ броней кабеля, которая соединена съ землей. Пробка да-

вить, вслѣдствіе изгиба рельса, на діафрагму, а діафрагма давитъ ртуть и гонитъ ее по трубкѣ F въ стаканчикъ H, гдѣ она и устанавливаетъ электрическое соединеніе между штифтомъ проводника и броней кабеля. Пройдетъ поѣздъ, пробка поднимется, поднимется

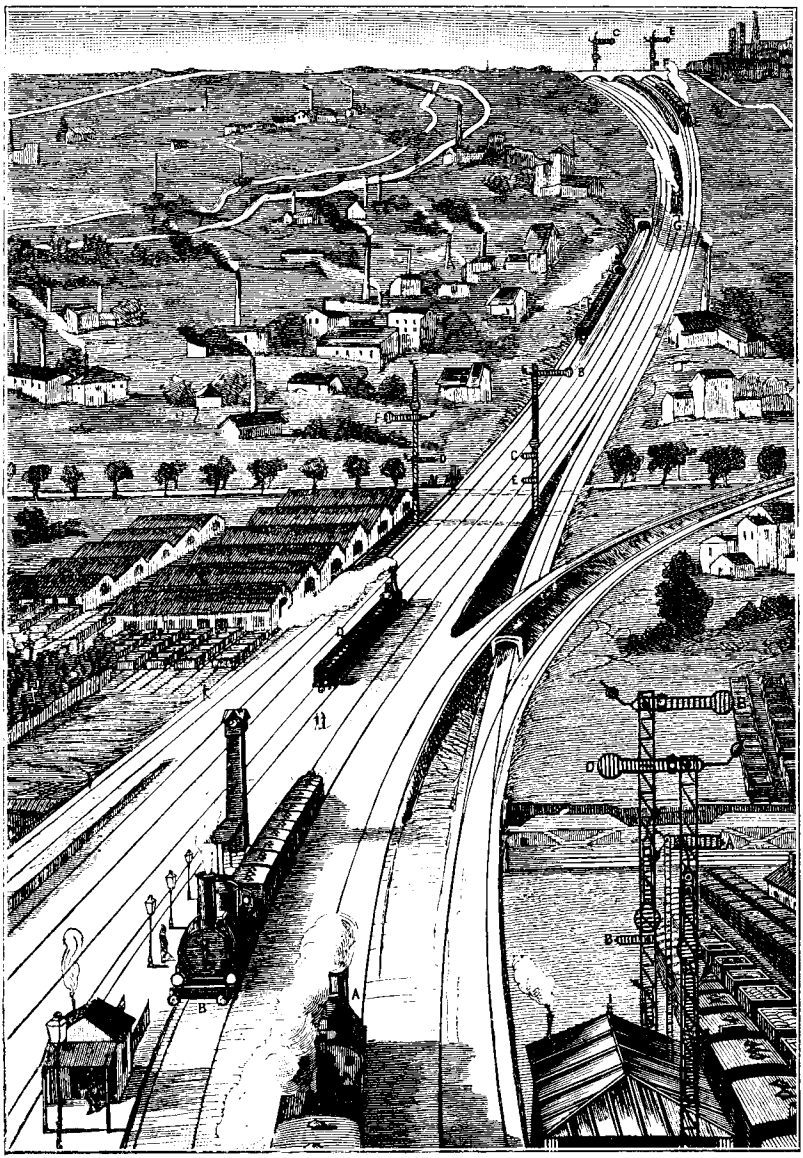


Рис. 356. Размѣщеніе семафоровъ большой узловой станціи.

и діафрагма, и ртуть снова стекаетъ внизъ; контактъ нарушенъ. Поперечныя сѣченія ртутной тарелкообразной камеры и соединительной трубки относятся между собою какъ 600 къ 1, такъ что самаго небольшаго прогиба рельса достаточно для значительнаго подъема столбика ртути.

Блокировка крупныхъ станцій.

Въ предыдущемъ мы разсмотрѣли блокировку пути между станціями. Гораздо сложнѣе дѣло обстоитъ при блокировкѣ самихъ станцій, въ особенности первоклассныхъ и узловыхъ, съ ихъ множествомъ путей и стрѣлокъ. Тутъ приходится обозначать—не только свободенъ ли путь, но и правильно ли поставлена стрѣлка. Рис. 356 представляетъ нѣсколько упрощенный видъ части пути Сѣверной желѣзной дороги отъ Парижа до Сенъ-Дени съ главными только путями въ Понтуазъ, Шантильи и Суассонъ. A—поѣздъ, идущій въ Суассонъ, B и C—поѣзда изъ Понтуаза, D—поѣздъ въ Понтуазъ, E—изъ Шантильи и F—въ Шантильи.

Первый слѣва путь F, такимъ образомъ, идетъ въ Шантильи, слѣдующій D—въ Понтуазъ, слѣдующій B—изъ Понтуаза, A—въ Суассонъ, E—изъ Шантильи и, наконецъ, путь H, соединяющійся съ E—обратно изъ Суассона. Семафоровъ на этихъ путяхъ всего

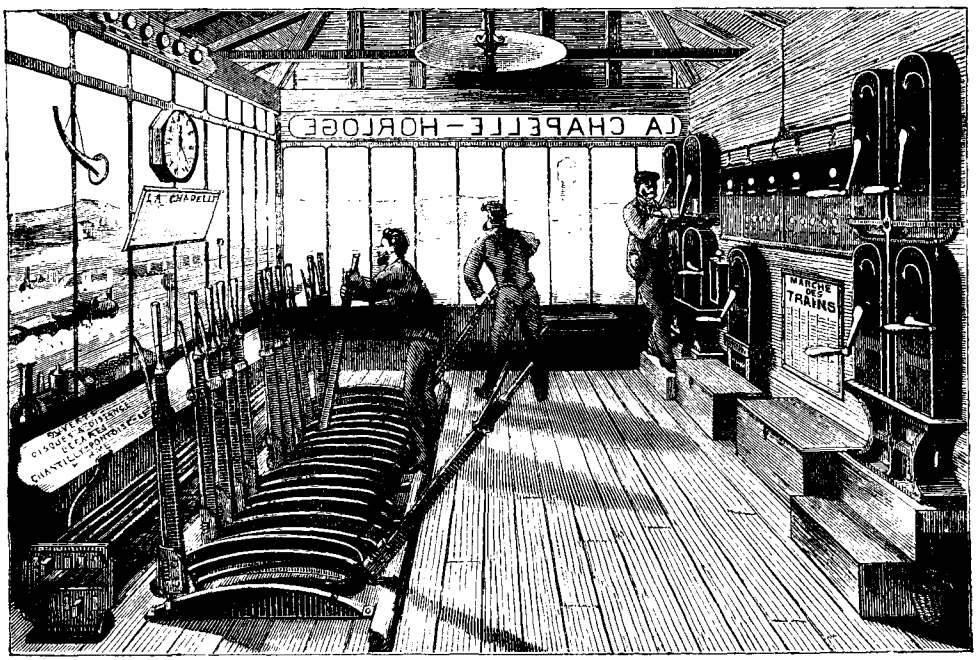


Рис. 357. Блокировочный и стрѣлочный постъ.

7. Семафоръ D (крайній справа, внизу рисунка) и FD (нижній слѣва рисунка) блокируютъ два самыхъ лѣвыхъ пути въ Шантильи и въ Понтуазъ, а семафоры BB и BCE—пути оттуда возвратные. Путь въ Суассонъ охраняется семафоромъ A съ однимъ только маленькимъ крыломъ.

Крылья въ каждой парѣ на описываемыхъ семафорахъ помѣщены на различной высотѣ, чтобы избѣжать возможнаго, при обиліи сигналовъ, смѣшиванія ихъ.

Поѣздъ F, идущій въ Шантильи, возвѣщается впереди нижнимъ крыломъ F, поднимаемымъ справа семафора FE (на самомъ верху рисунка), а сзади блокируется нижнимъ крыломъ F семафора FD. Поѣздъ D на Понтуазъ возвѣщается верхнимъ крыломъ D только-что упоминавшагося семафора FD, а блокируется крыломъ D слѣва отъ перваго на рисункѣ семафора D. Поѣздъ, идущій изъ Понтуаза, возвѣщается маленькимъ крыломъ B семафора BB и блокируется крыломъ B семафора BCE. Для него же сигналомъ служитъ

большое крыло B семафора BB, блокирующее участокъ пути впереди нашего рисунка. На одномъ пути съ поѣздомъ B виденъ еще вдали поѣздъ C; его возвѣщаетъ маленькое крыло C семафора BCE, а блокируетъ крыло C семафора на горизонтѣ. Поѣздъ A въ Суассонъ возвѣщается семафоромъ A. Поѣздъ E изъ Шантильи возвѣщается нижнимъ правымъ крыломъ E семафора BCE, а прикрывается лѣвымъ крыломъ E семафора FE.

Эта еще далеко не полная картина сигнализаціи посредствомъ электросемафоровъ поѣздамъ около узловыхъ станцій показываетъ, насколько здѣсь должны быть сложными

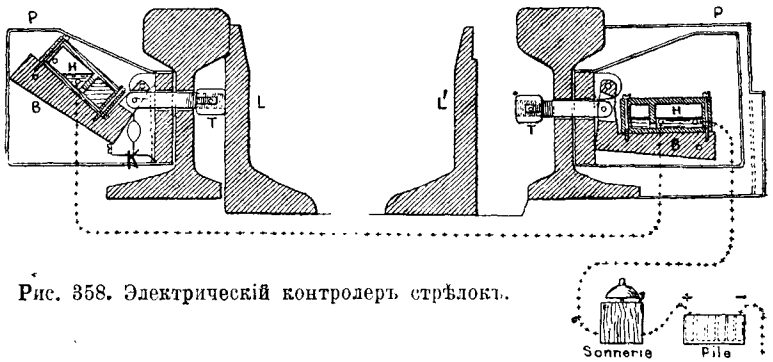


Рис. 358. Электрическій контролеръ стрѣлокъ.

электрическія установки, въ особенности, въ виду того, что управленіе нѣсколькими семафорами сводится обыкновенно на одинъ постъ. Рис. 357 представляетъ такой постъ (именно постъ La Chapelle, который на рис. 356 изображенъ внизу справа). На этомъ посту, на задней стѣнкѣ, помѣщаются 9 ящиковъ съ механизмами къ тремъ семафорамъ (A и B и D рисунка 356). Впереди поста на рисункѣ виденъ рядъ рычаговъ, управляющихъ стрѣлками и сигнальными дисками. Устройство ихъ, чрезвычайно интересное и остроумное, дополняетъ и еще болѣе развиваетъ блокировку станціи, но въ нихъ электричество не играетъ никакой роли, и потому мы ихъ должны оставить въ сторонѣ. Скажемъ только, что эти рычаги такъ механически соединены между собой, что какую бы мы путаницу между ними ни старались произвести, какъ наобумъ ихъ не переставляли бы,—они всегда въ общей комбинаціи стрѣлокъ и сигналовъ дадутъ или правильное положеніе стрѣлокъ и свободный и безопасный, слѣдовательно, проходъ, или сигналъ остановки.

Электрическій контроль стрѣлокъ.

Мы только-что говорили, что зависимость между правильнымъ положеніемъ стрѣлокъ и сигналами достигается механическими приспособленіями; въ послѣднее время, однако, къ помощи электричества стали прибѣгать для контролированія того, что стрѣлка при переводѣ ея съ центральнаго поста, т.-е. съ большого разстоянія, дошла до мѣста,—что переводная скошенная часть рельса плотно прилегла къ рельсу постоянному. Обстоятельство это очень важно, ибо неплотное прилеганіе можетъ вызвать сходъ поѣзда съ рельсовъ. Обыкновенно, эта правильная установка стрѣлки узнавалась по особому увеличенію сопротивленія хода рычага, ибо передвижной рельсъ въ моментъ окончанія своего движенія преодолѣваетъ сопротивленіе особой пружинной защелки; но теперь, по крайней мѣрѣ, во Франціи, нашли болѣе надежнымъ электрическій контролеръ Лартига. Этотъ аппаратъ (рис. 358 и 359) состоитъ, главнымъ образомъ, изъ коммутатора—качающейся эбонитовой коробки H, заключающей въ себѣ нѣкоторое количество ртути

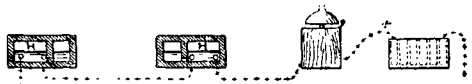


Рис. 359. Электрическій контролеръ стрѣлокъ.

Эта коробка раздѣлена на два отдѣленія перегородкой съ небольшимъ отверстіемъ, такъ что, когда она приметъ наклонное положеніе, ртуть медленно перебѣгаетъ изъ одного отдѣленія въ другое. Такое устройство имѣетъ цѣлью, какъ увидимъ дальше, продолжить періодъ, на время котораго производится замыканіе тока. Въ ящикъ пропущены изолированныя другъ отъ друга платиновыя проволоки; когда ящикъ находится въ горизонтальномъ положеніи, ртуть соединяетъ обѣ проволоки, но стоитъ ему наклонится—и одна изъ проволокъ оказывается внѣ ртути.

Ящикъ H, какъ показываетъ рис. 358, укрѣпленъ на угольникѣ B, шарнирно висящемъ на планкѣ K, неподвижно укрѣпленной къ контръ-рельсу противъ передвижныхъ пластинокъ стрѣлки. Угольникъ B снабженъ проходящимъ сквозь рельсъ прутикомъ T, который съ другой стороны нѣсколько надъ рельсомъ выступаетъ и придавливается продвинутой къ рельсу срѣзанной пластиной, т.-е. правильно переведенной стрѣлкой.

На каждой стрѣлкѣ, какъ рис. 358 показываетъ, устанавливается два коммутатора H. Платиновыя проволоки обоихъ коммутаторовъ, а именно тѣ, что ближе къ внутренней перегородкѣ, соединены между собою проводомъ. Другія, дальнія отъ перегородки, проволоки соединены у одного коммутатора съ землей, а у другого, посредствомъ звонка, съ положительнымъ полюсомъ гальванической батареи, отрицательный полюсъ которой соединенъ съ землею. Звонокъ и батарея помѣщаются на посту, откуда происходитъ управленіе стрѣлкой. Схема соединенія вполнѣ ясна на рис. 359. Аппаратъ функціонируетъ слѣдующимъ образомъ: пока стрѣлка находится на мѣстѣ, L давитъ на T (рис. 358) и при помощи его держитъ B, а вмѣстѣ съ нимъ и коммутаторъ, въ наклонномъ положеніи; ртуть стекаетъ въ нижнее отдѣленіе; платиновые контакты оказываются разъединенными и цѣпь на звонокъ прерванной; звонокъ молчитъ. Но вотъ переводятъ стрѣлку: L отъ рельса отходитъ, а L' (рис. 358), наоборотъ, къ другому рельсу приближается. Коммутаторный ящикъ около перваго рельса становится въ горизонтальное положеніе, а такой же около второго принимаетъ положеніе наклонное. Ртуть при этомъ переливается въ обоихъ ящикахъ, и наступаетъ такой моментъ, когда всѣ четыре платиновыхъ контакта оказываются подъ ртутью—раздается звонокъ; скоро, однако, одинъ изъ контактовъ второго ящика, вслѣдствіе стеканія ртути въ нижнее отдѣленіе, изъ цѣпи выводится, и звонокъ перестаетъ звонить. Если же стрѣлка при установкѣ не дошла до конца, то оба коммутаторные ящика останутся, какъ это представлено на рис. 359, въ горизонтальномъ положеніи, и звонокъ будетъ звонить, не переставая.

На посту, такимъ образомъ, непродолжительный звонокъ возвѣщаетъ, что стрѣлка передвинута и дошла до мѣста, а звонокъ безконечный указываетъ на то, что стрѣлка, хотя и передвинута, но не заняла правильнаго положенія, не дошла до мѣста.

Описанные нами коммутаторные ящики защищаются отъ внѣшнихъ ударовъ чехлами P (рис. 358). Цѣлый рядъ такихъ стрѣлочныхъ контрольныхъ приборовъ соединяется на посту съ одной батареей и однимъ звонкомъ для того же, чтобы узнать, какая именно стрѣлка не въ порядкѣ, возлѣ перенумерованныхъ проводовъ отъ нихъ ставятся небольшіе гальванометры или компасы. Отклоненіе стрѣлки покажетъ, по какому проводу идетъ токъ къ звонку.

Электрическія стрѣлки.

На послѣдней Парижской всемірной выставкѣ были представлены стрѣлки, передвигавшіяся при помощи электричества. Рис. 360 представляетъ подобную стрѣлку инженеровъ Дюкуссо и Родари. Изъ центральнаго поста посылаютъ по проводамъ токъ въ электромоторъ A, приводящій въ движеніе безконечный винтъ B, сцѣпляющійся съ зубчатымъ эксцентрикомъ, переводящимъ стрѣлку.

Электромагнитный свистокъ.

Электросемафоры и соединенные съ стрѣлками цвѣтные диски даютъ машинисту поѣзда оптическіе сигналы. Въ туманъ ихъ можно, однако, пропустить или замѣтить слишкомъ поздно. Лартигъ и Форсетъ поэтому предложили въ такихъ случаяхъ замѣнять оптическіе сигналы звуковыми. Простѣйшіе звуковые сигналы примѣнялись для закры-

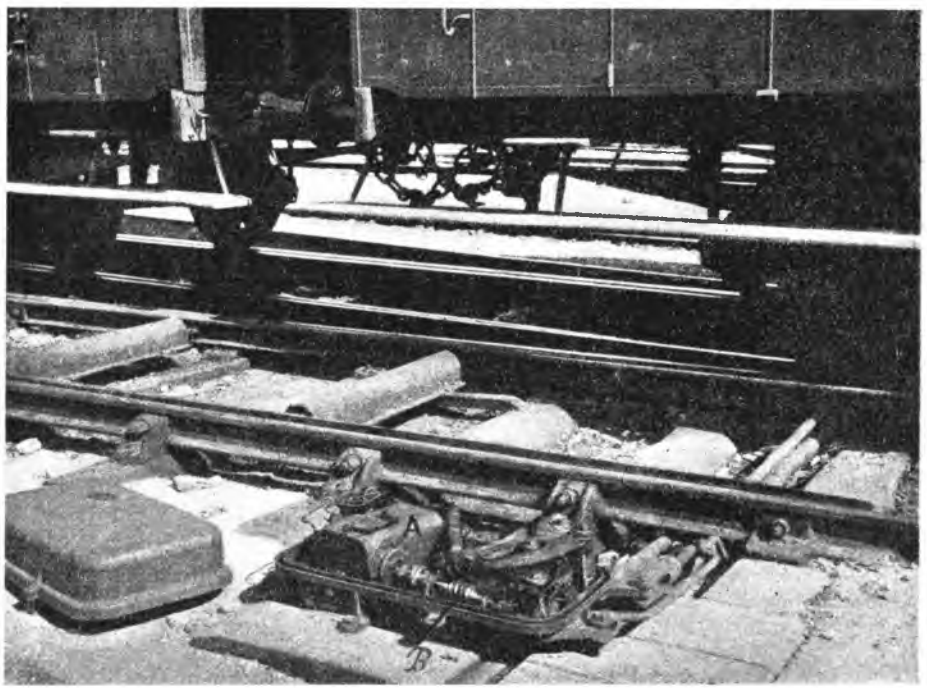


Рис. 360. Электрическая стрѣлка.

тія пути въ экстренныхъ случаяхъ и въ случаѣ тумана и раньше: это петарды, которыя кладутъ на рельсы, и взрывъ которыхъ подъ поѣздомъ даетъ машинисту сигналъ остановки. Сигналы Лартига и Форсета—автоматическіе и электромагнитные.

На нѣкоторомъ разстояніи отъ сигнальныхъ дисковъ (рис. 361) по пути устанавливаются неподвижные контакты А, соединенные при поворотѣ диска на сигналъ, означаю-

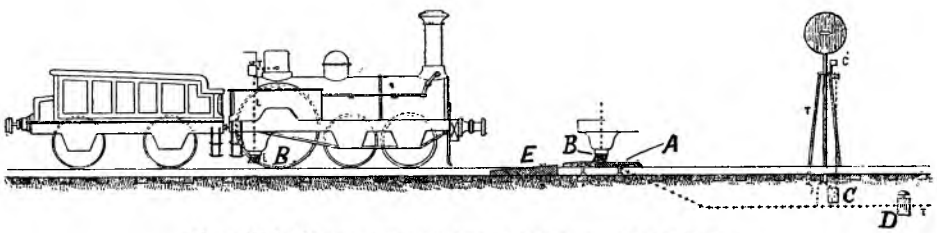


Рис. 361. Контактъ для электромагнитнаго свистка.

щій остановку, съ положительнымъ полюсомъ гальванической батареи С и контрольнымъ звонкомъ Д. Отрицательный полюсъ батареи соединенъ съ землей, а такъ какъ контактъ на пути съ землею не соединенъ, то цѣпь остается не замкнутой. Замыкается цѣпь только при проходѣ черезъ контакты поѣзда и замыкается она черезъ особое, находящееся на

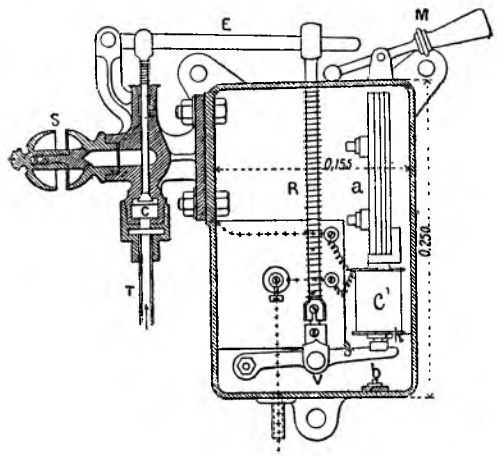


Рис. 362. Электромагнитный свистокъ.

паровозѣ приспособленіе, приводящее въ дѣйствіе его свистокъ. Свистокъ этотъ указываетъ машинисту, что дальнѣйшій путь не свободенъ.

Вотъ нѣкоторыя подробности всего этого устройства. Контакты (А, рис. 361) состоятъ изъ положенныхъ вдоль пути шпалъ, покрытыхъ металлическими листами, изолированными отъ земли и соединенными черезъ посредство диска или семафора съ положительнымъ полюсомъ батареи. Подъ паровозомъ находится мѣдная контактная щетка В, которая, приходя въ соприкосновеніе съ листами контакта А, воспринимаетъ отъ нихъ токъ въ приборъ, приводящій въ дѣйствіе свистокъ. Этотъ приборъ, съ другой стороны, черезъ колеса паровоза и рельсы, находится въ соединеніи съ землей. Такимъ образомъ, цѣпь батареи С замыкается, какъ только щетка В войдетъ на пластину А, а чтобы облегчить это вхожденіе и предупредить поломку, находятся наклонные щиты Е, по которымъ щетка В, постепенно сдавливаясь и все сильнѣе пружиня (это обусловливаетъ болѣе совершенный контактъ), входитъ на А.

Приборъ, приводящій въ дѣйствіе свистокъ, изображенъ на рис. 362. Съ его помощью происходящее на мгновеніе замыканіе тока вызываетъ свистокъ, продолжающійся, пока его не закроетъ собственноручно машинистъ. Главная составная часть прибора — электромагнитъ Юза; онъ состоитъ изъ магнита a, на концахъ котораго укрѣплены бобинки электромагнита c' съ такою обмоткой, что сила его (когда черезъ него пропущенъ токъ) равна силѣ магнита и ей противоположна. Пока токъ въ обмоткѣ не идетъ, магнитъ a удерживаетъ поднятымъ кверху рычагъ d, съ якоремъ h; но какъ только электромагнитъ получитъ токъ,—его дѣйствіе на якорь h противопоставится дѣйствію магнита, его уничтожитъ, и рычагъ d, подъ вліяніемъ пружинъ R, опустится, потянетъ за собой тягу Е и откроетъ клапанъ c, пускающій изъ паропровода Т паръ въ свистокъ S. Магнитъ a можетъ удержать d притянутымъ, но притянуть его изъ нижняго положенія не можетъ, и потому свистокъ продолжаетъ дѣйствовать, хотя токъ въ электромагнитъ болѣе и не про-

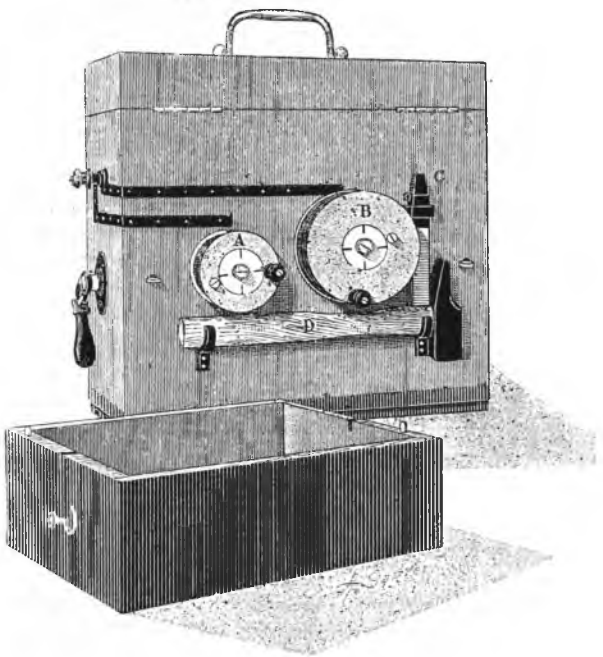


Рис. 363. Ящикъ для телеграфированія о подачѣ помощи.

ходитъ, пока машинистъ рукояткой M не приведетъ приборъ въ первоначальное положеніе.

Делебекъ и Бондерали пошли дальше и соединили только-что описанный электромагнитный свистокъ непосредственно съ краномъ, впускающимъ паръ въ эжекторъ воздушнаго тормоза. Устройство прибора, открывающаго кранъ, совершенно таково же, какъ мы только-что описали для свистка, и останавливаться на немъ намъ больше не приходится.

Подача сигналовъ съ поѣзда.

До сихъ поръ мы разсматривали тѣ способы, которыми станціи и посты извѣщаютъ поѣздъ о свободномъ или несвободномъ пути, передаютъ ему приказанія остановиться или итти тихимъ ходомъ и т. д. Но можетъ явиться надобность и обратная, а именно передачи сигналовъ или извѣстій съ поѣзда на слѣдующую или уже пройденную станцію. Здѣсь при этомъ могутъ быть два случая: извѣстія передаются съ поѣзда послѣ его остановки и на ходу поѣзда. Первый способъ подачи сигналовъ и извѣстій, т.-е. послѣ остановки поѣзда, несравненно проще, а потому и примѣняется повсемѣстно. Въ каждомъ поѣздѣ находится телеграфный или телефонный сундукъ (рис. 363) и легкая деревянная (напр., бамбуковая) палка (рис. 364) съ пружиннымъ крючкомъ наверху и соединеннымъ съ нимъ проволокой зажимомъ (клямерой) внизу. Крючокъ этотъ, какъ показываетъ рис. 365, послѣ остановки поѣзда надѣвается на соотвѣтственный телеграфный проводъ, а къ зажиму прикрѣпляется сматываемая съ катушки B (рис. 363) голая телеграфная проволока, другимъ своимъ концомъ соединенная съ помѣщающимся внутри ящика телеграфнымъ аппаратомъ. Для соединенія съ землей служитъ изолированная проволока съ катушки A, прикрѣпляемая къ забиваемому молоткомъ D въ землю колу C.

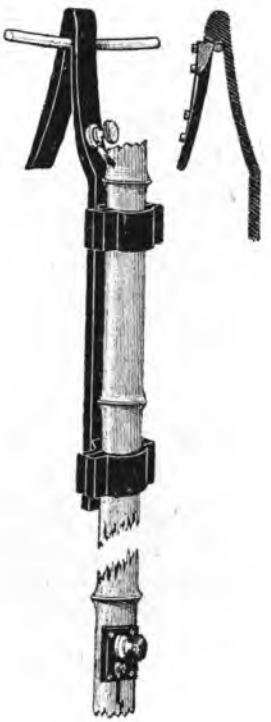


Рис. 364. Контактный крючокъ.

Теоретически не трудно себѣ представить и устройство телеграфныхъ сношеній поѣзда на ходу со станціями и даже другими поѣздами, но на практикѣ подобныя устройства дороги и не особенно надежны.

По системѣ А. Лефевра протягиваютъ сбоку каждаго желѣзнодорожнаго пути и немного выше рельсъ голый проводникъ; локомотивы снабжаются троллеями, идущими по этому проводнику. Въ цѣпь включается звонокъ. Токъ на звонокъ замыкается только тогда, когда два локомотива съ троллеями идутъ по одному пути; раздающійся звонокъ предупреждаетъ машиниста, что сзади или спереди его находится еще одинъ поѣздъ, и тогда онъ, съ помощью телефона, можетъ завязать съ нимъ разговоръ, узнать о разстояніи между поѣздами, предупредить о вынужденномъ почему-либо уменьшеніи хода или полной остановкѣ и т. д.

Существуютъ и другія, какъ болѣе простыя, такъ и болѣе сложныя, аналогическія приспособленія, но въ практику они пока еще не вошли.

Освѣщеніе поѣздовъ.

Покончивъ съ главнымъ,—пока электрическая тяга къ тяжелымъ поѣздамъ еще трудно приложима, — примѣненіемъ электричества на желѣзныхъ дорогахъ, состоящимъ, какъ мы видѣли, въ сигнализаціи разнообразнѣйшаго устройства, укажемъ теперь на примѣненія его менѣе общаго характера и начнемъ съ электрическаго освѣщенія вагоновъ.

Съ перваго взгляда устройство такого освѣщенія не представляетъ никакого затрудненія и должно быть очень просто, на самомъ же дѣлѣ это не такъ. Самое удобное общее для всего поѣзда электрическое освѣщеніе трудно связать съ совершенно необходимой независимостью одного вагона отъ другого.

Поэтому приходится устраивать освѣщеніе для каждаго вагона въ отдѣльности. Въ вагонъ помѣщаютъ батарею аккумуляторовъ, отъ которой лампы горятъ во время остановокъ поѣзда, а также и небольшую динамо, приводимую въ движеніе ремнемъ отъ оси ходовыхъ колесъ вагона: ею пользуются во время хода поѣзда. Но и здѣсь установка не особенно проста, приходится считаться съ перемѣнной скоростью движенія вагона и мѣняющеюся,

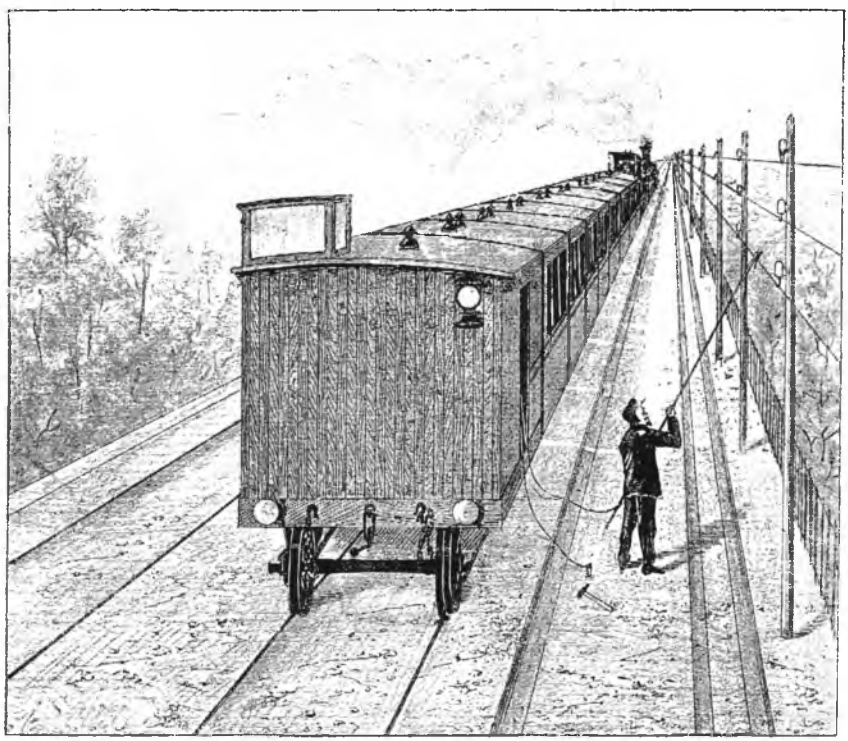


Рис. 365. Телеграфированіе съ пути на станцію.

слѣдовательно, силою свѣта лампъ и бороться съ этимъ неудобствомъ при помощи различныхъ регуляторныхъ приспособленій.

Описанная система освѣщенія была предложена англійскимъ инженеромъ Артуромъ Жиллемъ, усовершенствована другимъ англичаниномъ Стономъ и въ настоящее время употребляется многими англійскими желѣзными дорогами. Во Франціи же въ большинствѣ случаевъ предпочитаютъ ограничиваться одними аккумуляторами, разсчитывая батареи ихъ такъ, чтобы одного заряда хватило на нужный между конечными станціями періодъ освѣщенія.

Исключительно аккумуляторная система, однако, имѣетъ свои большія неудобства: на конечныхъ станціяхъ приходится употреблять много времени на заряженіе батареи или производить тяжелую работу—замѣну отработавшихъ аккумуляторовъ другими, только-что заряженными.

Въ 1899 году французская компанія желѣзной дороги Парижъ—Ліонъ—Средиземное море попробовала поэтому примѣнить вышеописанную систему Стона, но со значительными усовершенствованіями, и проба увѣнчалась полнымъ успѣхомъ.

Здѣсь находятся и динамо и аккумуляторная батарея, которыя соединены между собою, а они соединены съ лампами при помощи автоматически регулируемыхъ коммутаторовъ. Если вагонъ стоитъ или движется очень медленно — лампы горятъ отъ однихъ аккумуляторовъ; при движеніи поѣзда токъ въ лампы все въ бо̀льшей степени начинаетъ давать динамо; при извѣстной скорости аккумуляторы выключаются вовсе, а выше ея часть тока изъ динамо идетъ на ихъ заряженіе.

Индикаторъ станцій.

Поѣздъ подошелъ къ небольшой незнакомой станціи; если у васъ нѣтъ съ собою путеводителя и вполнѣ вѣрныхъ часовъ, вы часто совершенно лишены возможности узнать, что это за станція. Правда, кондукторъ что-то такое выкрикиваетъ на платформѣ, но это въ большинствѣ случаевъ какіе-то почти нечленораздѣльные звуки. Днемъ еще можно прочесть названіе станціи на ея фасадѣ, но ночью вы лишены и этой возможности, а звуки, произносимые кондукторомъ спросонья, становятся еще болѣе неудобопонятными. Того и гляди, что пропустишь нужную станцію.

Англійскій изобрѣтатель Роджерсъ предлагаетъ поэтому ввести на поѣздахъ автоматическіе указатели станцій. Въ каждомъ отдѣленіи, въ каждомъ купэ имѣется циферблатъ съ названіями станцій. Поѣздъ, подходя къ станціи, наѣзжаетъ на электрическій контактъ и пускаетъ токъ во всѣ индикаторы. Токъ передвигаетъ стрѣлку индикатора на одно дѣленіе, къ названію проѣзжаемой станціи. Названіе индикатора сопровождается звонкомъ.

XIII.

Электрическіе часы.

Въ предыдущей главѣ мы только-что разсмотрѣли, какъ при помощи электрическихъ различныхъ приборовъ достигаютъ на желѣзныхъ дорогахъ правильнаго и безопаснаго курсированія поѣздовъ. Мы видѣли, что достигается это, главнымъ образомъ, цѣлой системой электрическихъ сигнальныхъ приборовъ. Чтобы совершенно покончить съ электрической сигнализаціей на желѣзныхъ дорогахъ, слѣдовало бы еще разсмотрѣть электрическую сигнализацію времени, но она имѣетъ значеніе не только для желѣзныхъ дорогъ, а потому мы и предпочли ее выдѣлить въ отдѣльную главу «электрическихъ часовъ» или, какъ правильнѣе ее было бы назвать, «электрическихъ показателей и счетчиковъ времени».

Всѣ электрическіе часы мы можемъ раздѣлить на три категоріи: къ первой относятся часы, въ которыхъ часовой механизмъ приводится въ движеніе электричествомъ; ко второй—часы, при помощи электричества повторяющія на разстояніи движеніе стрѣлокъ обыкновенныхъ пружинныхъ часовъ, и, наконецъ, къ третьей — часы съ электрической провѣркой хода.

Электрическіе часы, независимые отъ другихъ и безъ завода.

Въ такихъ часахъ качаніе маятника вызывается гальваническимъ токомъ безъ всякаго участія часовой пружины. Первый устроилъ подобные часы Бэнъ,

но мы опишемъ часы нѣсколько поздней модели—часовщика Веритэ. Рис. 366 представляетъ существенную часть механизма этихъ часовъ.

Подвѣшенный, какъ обыкновенно, маятникъ B имѣетъ горизонтальную поперечину AD, снабженную двумя вертикальными штифтами по концамъ. Штифты эти сверху накрываются колпачками C и C′, подвѣшенными при посредствѣ тоненькой серебряной проволоки съ тяжелыми подвѣсками p къ вращающемуся около точки O якорю HK. Якорь этотъ—составной, изъ двухъ плечей H и K, которыя изолированы другъ отъ друга слоновой костью. На концахъ якоря находятся желѣзныя пластинки (собственно якоря), притягиваемые электромагнитами E и E′. Каждый изъ этихъ электромагнитовъ соединенъ, съ одной стороны, съ гальваническимъ элементомъ, а, съ другой стороны, съ соотвѣтствующимъ плечомъ рычага HK.

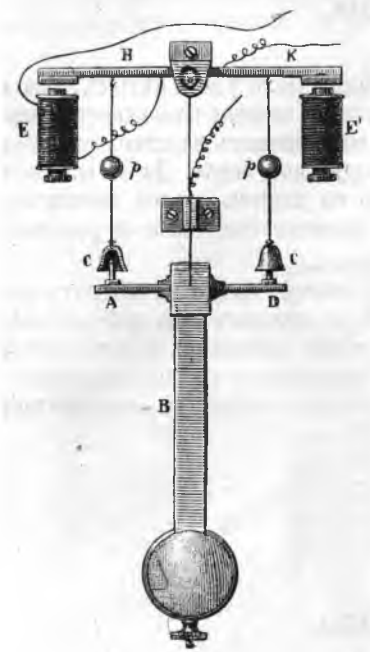


Рис. 366 Электрическіе часы Веритэ.

Когда маятникъ находится въ покоѣ и занимаетъ, слѣдовательно, строго вертикальное положеніе, ни одинъ изъ штифтовъ поперечины AD не находится въ контактѣ съ колпачками CC′. Отведемъ теперь маятникъ въ правую сторону, правый штифтъ тотчасъ же вступаетъ въ контактъ съ колпачкомъ C′, токъ поступаетъ въ электромагнитъ E′, онъ притягиваетъ якорь K и поворачиваетъ рычагъ HK вправо. Колпачокъ C′ при этомъ опускается, садится на соотвѣтствующій ему штифтъ поперечины AD и своимъ вѣсомъ даетъ маятнику импульсъ въ обратную, лѣвую сторону. При колебаніи налѣво то же самое происходитъ въ лѣвой половинѣ механизма. Попеременныя замыканія тока въ электромагнитахъ и вызываемые ими толчки маятника поддерживаютъ его въ качаніи все время, пока батарея даетъ токъ. Передача отъ движенія маятника стрѣлкамъ производится какъ обыкновенно, и мы ея описывать не будемъ. Однако часы, подобные только-что описаннымъ, имѣютъ одинъ очень существенный недостатокъ: изохронизмъ качаній маятника можетъ быть достигнутъ только при совершенно неизмѣнной и постоянной силѣ тока батареи, а этого, какъ мы знаемъ, достичь нельзя. Часы Веритэ и имъ подобные могутъ итти долгое время безъ завода, но постоянно будутъ все больше и больше отставать.

Существуютъ и болѣе совершенной системы электрическіе часы, напримѣръ, часы Гиппа, въ которыхъ, посредствомъ системы электромагнитовъ, маятнику даются толчки только тогда, когда амплитуда его качаній становится меньше извѣстной величины. При такомъ устройствѣ, измѣненія въ силѣ тока на ходъ часовъ не оказываютъ вліянія.

Часы съ электрическимъ заводомъ.

Существуетъ очень много системъ подобныхъ часовъ. Мы опишемъ только одну, братьевъ Ришаръ, наиболѣе, по нашему мнѣнію, простую.

Движеніе часового механизма здѣсь вызывается (рис. 367) сжатіемъ спиральной пружины R, которая опускаетъ лѣвое плечо рычага, имѣющаго точку вращенія O″, и посредствомъ храпового сцѣпленія A поворачиваетъ первое зубчатое колесико часового механизма C. Другой конецъ рычага, несущаго храповое сцѣпленіе, снабженъ желѣз-

нымъ якоремъ a, притягиваемымъ электромагнитомъ M. Отъ этого же рычага спускается внизъ вѣтка H, несущая винтъ V. Винтъ этотъ упирается въ нижнюю часть рычага B, вращающагося около точки O и въ опредѣленномъ положеніи удерживаемаго пружиной r. Положеніе же это таково, что при немъ верхній конецъ B подходитъ подъ конецъ горизонтальнаго рычага B′ и, несмотря на давленіе пружины r′, удерживаетъ его отъ опусканія, при которомъ контактъ b рычага B′ коснулся бы контакта G, соединеннаго съ обмоткой электромагнита. Другой конецъ обмотки электромагнита, а также и рычагъ B′ соединены съ полюсами гальваническаго элемента. Когда пружина R растянута и приводитъ, слѣдовательно, въ дѣйствіе часовой механизмъ, то весь описанный нами механизмъ находится въ положеніи, изображенномъ на нашемъ рисункѣ, то-есть контакта между b и G нѣтъ, токъ въ электромагнитъ не проходитъ и якорь a къ нему не притягивается. По мѣрѣ сжиманія пружины R рычагъ съ якоремъ поворачивается, вѣтка его H нижнимъ концомъ наклоняется вправо, и нажимной винтъ V, преодолѣвая силу пружины r, отклоняетъ рычагъ B, освобождаетъ рычагъ B′ и, такимъ образомъ, уста-

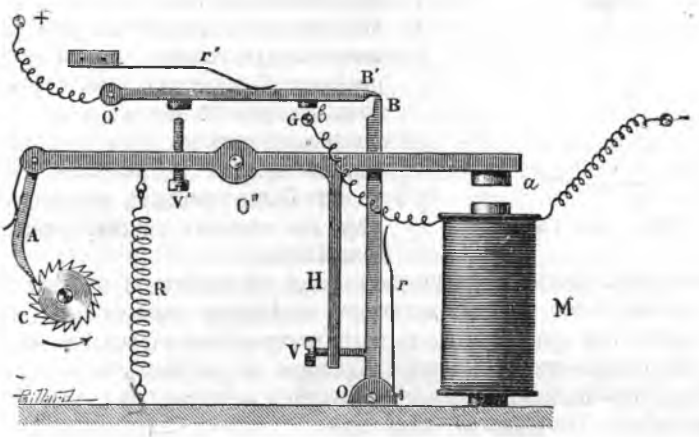


Рис. 367. Часы Ришара.

навливаетъ контактъ между b и G. Токъ поступаетъ въ электромагнитъ и этотъ послѣдній, притягивая якорь a, поворачиваетъ горизонтальный большой рычагъ около O″ и натягиваетъ пружину R. Храповое сцѣпленіе при этомъ перескакиваетъ на нѣсколько зубцовъ вверхъ и удерживаетъ пружину въ растянутомъ положеніи; нажимной винтъ V′ при этомъ, какъ только будетъ достигнуто нужное растяженіе пружины, приподнимаетъ рычагъ B′, прерываетъ контактъ между b и G, и вся система снова приходитъ въ положеніе, изображенное на рисункѣ. Весь описанный заводъ совершается менѣе, чѣмъ въ четверть секунды и повторяется приблизительно каждыя 20 секундъ.

Въ большихъ башенныхъ часахъ электрическій заводъ совершается иначе. Гири, приводящія механизмъ такихъ часовъ въ движеніе, передъ самымъ концомъ своего спуска надавливаютъ контактъ, пускающій токъ въ небольшой электродвигатель, который поднимаетъ гири снова вверхъ.

Какъ ни удобны часы съ электрическимъ заводомъ, удобство это не окупается сложностью механизма, и часы эти требуютъ за собой довольно-таки бдительнаго и умѣлаго присмотра. Гораздо большее значеніе имѣетъ передача показанія какихъ-либо центральныхъ часовъ на разстояніе и электрическая провѣрка часовъ.

Электрическая передача показаній времени.

Задача устройства подобныхъ часовъ очень проста: надо посредствомъ электрическаго тока заставить рядъ болѣе или менѣе далеко отстоящихъ стрѣлокъ двигаться по часовымъ циферблатамъ синхронически съ движеніемъ стрѣлокъ однихъ какихъ-либо центральныхъ, тщательно вывѣряемыхъ, пружинныхъ или гиревыхъ часовъ. Подобную задачу синхроническаго движенія стрѣлокъ мы имѣли еще при телеграфахъ и въ наиболѣе простомъ ея видѣ—при телеграфѣ Брегета. Какъ мы можемъ припомнить, здѣсь каждому передвиженію на одно дѣленіе ручки манипулятора отвѣчало точно такое же передвиженіе стрѣлки на пріемномъ аппаратѣ. Замѣнимъ ручку манипулятора минутной стрѣлкой часовъ, и на пріемникѣ мы получимъ передвиженіе стрѣлки на одно дѣленіе каждую минуту. Другой подобный же отправляющій аппаратъ или вторая стрѣлка на томъ же приборѣ могутъ передавать передвиженія часовой стрѣлкѣ. Но устройство передачи показаній времени на разстояніе можно устроить съ еще болѣе простымъ механизмомъ. Для примѣра мы опишемъ систему электрическихъ часовъ Гарнье.

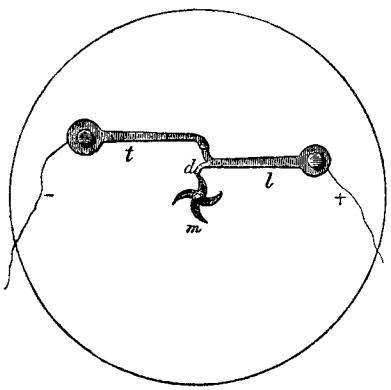


Рис. 368. Часы Гарнье.

Центральными часами служатъ часы самой обыкновенной конструкціи, но у нихъ на ось послѣдняго колеса часового механизма надѣвается мельничка m (рис. 368), о четырехъ крыльяхъ. При вращеніи она то поднимаетъ крючекъ d рычага l, то опускаетъ его. Въ первомъ положеніи (оно какъ разъ изображено на рисункѣ) полюсы гальванической батареи сообщаются посредствомъ соприкосновенія рычаговъ t и l, и токъ проходитъ въ линію. Когда рычагъ l опускается, цѣпь прерывается, и токъ въ линію не идетъ. Посмотримъ теперь, какъ устроены индикаторы, показывающіе время синхронически съ описанными центральными часами.

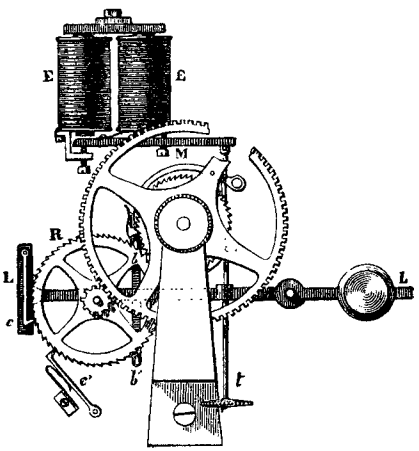


Рис. 369. Часы Гарнье.

Механизмъ такого индикатора изображенъ на рис. 369. Электромагнитъ EE, когда до него доходитъ изъ центральныхъ часовъ токъ, притягиваетъ якорь M, а этотъ послѣдній, посредствомъ тяги t, приподнимаетъ рычагъ L. Одинъ изъ концовъ этого рычага L несетъ храповое сцѣпленіе c и имъ при каждомъ поднятіи рычага подвигаетъ на одинъ зубецъ колесо R. Упорки bb′ мѣшаютъ колесу при этомъ подаваться назадъ или даже и впередъ больше, чѣмъ на одинъ зубъ. Прерывается токъ, якорь M отпадаетъ, рычагъ L опускается, и храповая защелка c, опускаясь, захватываетъ слѣдующій зубецъ колеса R, чтобы при слѣдующемъ замыканіи тока снова его подвинуть. Движеніе колеса R посредствомъ тщательно подобранныхъ зубчатокъ передается движущимся по циферблату индикатора стрѣлкамъ. Разъ подборъ зубчатыхъ колесъ сдѣланъ правильно, стрѣлки индикатора постоянно будутъ двигаться синхронически со стрѣлками центральныхъ часовъ, и на ихъ движеніе не будутъ оказывать никакого вліянія коле-

банія въ силѣ тока, лишь бы онъ былъ всегда достаточенъ для того, чтобы поднять якорь электромагнита индикатора.

Покажемъ теперь, какимъ образомъ рядъ индикаторовъ Гарнье соединяется съ одними и тѣми же центральными часами. Отъ отрицательнаго полюса батареи P (рис. 370) идетъ проводъ къ изображенному на рис. 368 передаточному аппарату центральныхъ часовъ. Проводъ отъ положительнаго полюса идетъ прямо на линію. Отъ проводовъ линіи AB и CD идутъ отвѣтвленія ab, a′ b′ и a″ b″ къ индикаторамъ o, o′ и o″. Отъ каждаго этого бокового отвѣтвленія могутъ быть взяты еще болѣе частныя отвѣтвленія, какъ это показываютъ проводы c d и c′ d′ и индикаторы o‴ и o⁗. Все распредѣленіе тока, такимъ образомъ, совершенно подобно тому, что примѣняется при лампочкахъ накаливанія, и каждый индикаторъ функціонируетъ поэтому независимо отъ остальныхъ.

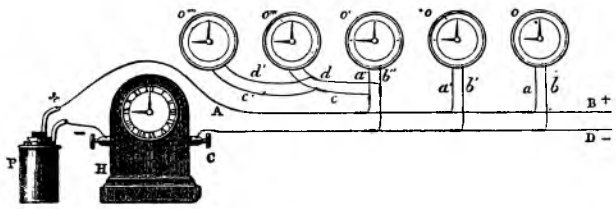


Рис. 370. Соединеніе нѣсколькихъ индикаторовъ Гарнье.

Въ системѣ Гарнье, какъ мы видѣли, якорь въ индикаторахъ отпадаетъ только въ силу своей тяжести; это имѣетъ громадное преимущество, такъ какъ исключаетъ возможность порчи всякаго рода отводящихъ якорь пружинъ, но зато требуетъ непремѣнно вертикальнаго положенія индикаторовъ. Тамъ, гдѣ это почему-нибудь не удобно, прибѣгаютъ къ помощи пружины.

Интересно устройство индикаторовъ Брегета, которые устанавливаются на стеклахъ уличныхъ фонарей (рис. 371). Стрѣлки передвигаются здѣсь при помощи двойного храпового сцѣпленія ii, управляемаго рычагомъ M съ вилкой на одномъ концѣ и якоремъ на другомъ. Якорь этотъ находится между двумя электромагнитами E и E′, расположенными разноименными полюсами другъ къ другу. Токъ поперемѣнно пускается то въ одинъ электромагнитъ, то въ другой, такъ что въ зависимости отъ того, какъ пускается токъ, якорь отталкивается однимъ и притягивается другимъ и обратно.

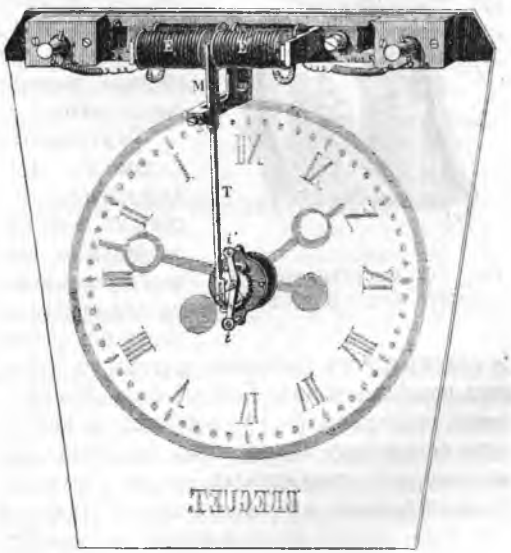


Рис. 371. Часы Брегета.

Всѣ чисто электрическіе индикаторы времени имѣютъ одинъ очень крупный недостатокъ: останавливаются почему-либо центральные часы—и вмѣстѣ съ ними останавливаются и всѣ индикаторы. Главное преимущество электрическихъ индикаторовъ времени, — намъ особенно хочется это подчеркнуть,—не отсутствіе завода, а строгая вывѣренность хода; эти качества особенно важны, напримѣръ, на линіи желѣзной дороги, но не менѣе важно въ подобныхъ случаяхъ имѣть и часы постоянно въ ходу; опасность, что цѣлый рядъ часовъ по линіи сразу остановится, можетъ перевѣсить выгоду не требующаго провѣрки хода индикаторовъ. Большее значеніе поэтому имѣетъ другое приложеніе электричества къ цѣлому ряду часовъ, идущихъ каждый отъ своего завода: это электрическая регулировка хода ихъ, въ зависимости отъ хода однихъ центральныхъ часовъ.

Часы съ электрической провѣркой.

Существуетъ не мало системъ подобныхъ часовъ. Мы покажемъ только, какъ устроена цѣлая сѣть подобныхъ часовъ въ Парижѣ.

Въ обсерваторіи здѣсь имѣется маятникъ, производящій размахи очень точно, по одному въ секунду; точность эта различными средствами поддерживается и провѣряется. При каждомъ размахѣ, маятникъ этотъ замыкаетъ токъ, справа отъ себя въ одну цѣпь, а слѣва—въ другую. Въ одной цѣпи находится 9, а въ другой 7 центральныхъ часовъ (первые 9 въ западной, а вторые 7 въ восточной части Парижа). Центральные часы эти имѣютъ свои собственные заводы, и электрическій токъ, каждую секунду пускаемый къ нимъ маятникомъ Обсерваторіи, служитъ только для вывѣрки ихъ хода или, говоря точнѣе, для синхронизаціи ихъ маятниковъ. Достигается это такъ: на концѣ маятника каждыхъ центральныхъ часовъ (рис. 372) прикрѣплена небольшая пластинка изъ незакаленнаго желѣза, которая при качаніяхъ маятника и справа, и слѣва проходитъ надъ полюсами электромагнитовъ. Въ обмотки этихъ электромагнитовъ поступаетъ токъ съ линіи отъ маятника Обсерваторіи. Намагничиваніе происходитъ какъ разъ въ то время, когда маятникъ находится надъ электромагнитомъ, и маятникъ въ своемъ крайнемъ положеніи нѣсколько задерживается и отпускается въ моментъ перерыва тока, т.-е. какъ разъ въ моментъ начала возвратнаго движенія маятника Обсерваторіи. Надъ противоположнымъ электромагнитомъ происходитъ точно такая же задержка, и въ концѣ концовъ движеніе всѣхъ маятниковъ центральныхъ часовъ совершается совершенно синхронически съ движеніемъ маятника Обсерваторіи. Центральные часы такимъ образомъ показываютъ время совершенно точно, и погрѣшности ихъ противъ времени на обсерваторскихъ часахъ не могутъ быть больше $^1/_4$ секунды.

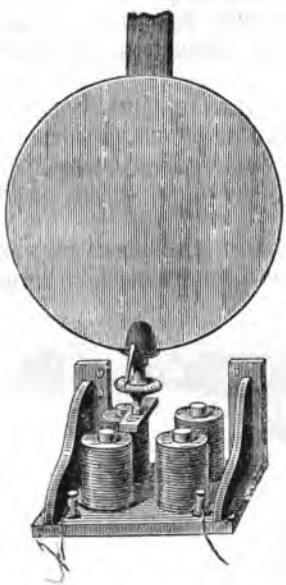


Рис. 372. Электрическій регуляторъ качаній маятника.

Центральными часами, какъ уже само названіе показываетъ, далеко не заканчивается вся парижская сѣть электрическихъ часовъ. Отъ каждыхъ центральныхъ часовъ въ зависимости находится по 20 и болѣе часовъ въ различныхъ казенныхъ, городскихъ и другихъ общественныхъ учрежденіяхъ. Соотношеніе между этими часами и часами центральными, однако, иное, чѣмъ между центральными и обсерваторскими. Тамъ регулируется движеніе однихъ часовъ сообразно другимъ, а здѣсь только періодически, ежечасно производится провѣрка часовъ. Каждый полный часъ, т.-е. каждый разъ, когда на центральныхъ часахъ минутная стрѣлка становится на цифру 12, посредствомъ электрическаго тока во всѣхъ остальныхъ часахъ, если они отстали или ушли впередъ, хотя бы и очень незначительно, минутныя стрѣлки также переводятся ровно на 12. Достигается такая вывѣрка въ разныхъ кварталахъ Парижа различно. Мы опишемъ наиболѣе простой способъ для этого—способъ Барро и Лунда. Все устройство это разсчитано на то, что при вывѣркѣ, примѣняющейся ежечасно, часы не могутъ давать большихъ погрѣшностей, и, слѣдовательно, минутная стрѣлка ихъ всегда при полныхъ часахъ будетъ находится весьма близко къ цифрѣ 12.

На циферблатѣ часовъ поэтому надъ цифрой 12 дѣлаютъ дуговую вырѣзку и въ ней по краямъ располагаютъ два штифта. Штифты эти могутъ по вырѣзкѣ двигаться другъ другу навстрѣчу именно точно до черты, соотвѣтствующей 12. Когда время на центральныхъ часахъ будетъ соотвѣтствовать полному какому-нибудь часу, минутная стрѣлка

на часахъ съ описаннымъ приспособленіемъ будетъ непремѣнно,—спѣшатъ ли часы или, наоборотъ, отстаютъ, — гдѣ-нибудь между описанными штифтиками. Штифтики эти приходятъ въ движеніе и, двигаясь другъ другу навстрѣчу, доходятъ до средней черты, при чемъ который-нибудь изъ нихъ непремѣнно задѣваетъ минутную стрѣлку и отводитъ ее точно до дѣленія 12. Вывѣрка произведена.

Передвигаются штифты простымъ электрическимъ приспособленіемъ. Оба они вставлены въ концы двухъ колѣнчатыхъ рычаговъ, верхніе плечи которыхъ снабжены прорѣзами. Въ прорѣзы эти входятъ рожки прикрѣпленной къ якорю электромагнита вилки. Подъ дѣйствіемъ противовѣса на коромысла якоря послѣдній поднимается отъ электромагнита и вслѣдствіе рычаговъ, которые связаны между собою наподобіе ножницъ, нижнія колѣна бываютъ раздвинуты такъ же, какъ и штифтики, передвигающіе стрѣлку. Когда въ точный моментъ окончанія часа центральные часы при помощи того или другого контакта пропускаютъ въ линію, а, слѣдовательно, и во всѣ электромагниты всѣхъ зависящихъ отъ нихъ часовъ токъ, то электромагнитъ притягиваетъ свой якорь, рога вилки прижимаютъ верхнія плечи ножницъ внизъ, нижнія же ихъ плечи вмѣстѣ со штифтиками для передвиганія стрѣлки сходятся, и стрѣлка ставится точно на 12.

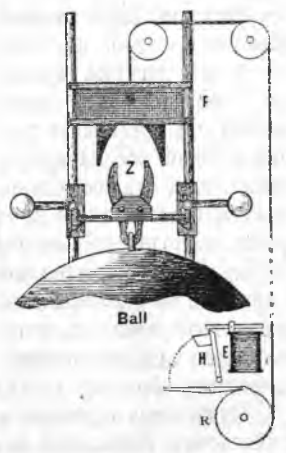


Рис. 373. Механизмъ сигальнаго шара.

Такіе вторично-зависящіе часы въ Парижѣ показываютъ время совершенно правильно только разъ въ каждый часъ и только тогда, когда минутная стрѣлка ихъ стоитъ на 12. Примѣняютъ провѣрку и болѣе рѣдкую, каждые три часа, два раза въ сутки и т. д. Въ Берлинѣ, напримѣръ, есть цѣлая сѣть часовъ, провѣрка которыхъ производится разъ въ сутки, а именно по утрамъ, и—что всего замѣчательнѣе — токъ для этой провѣрки употребляется тотъ же, который служитъ для цѣлей освѣщенія. Компанія электрическаго освѣщенія каждое утро съ указанной цѣлью провѣрки часовъ понижаетъ весьма значительно, правда, всегда на нѣсколько минутъ, напряженіе разсылаемаго ею тока, и этихъ нѣсколькихъ минутъ совершенно достаточно, чтобы соединить всѣ повѣряемые часы съ часами центральными и вывѣрить ихъ.

Оптическіе и звуковые сигналы для провѣрки времени.

Чтобы дать возможность провѣрять, по однимъ завѣдомо правильно показывающимъ время часамъ, часы всевозможные и вовсе съ центральными не сообщающіеся, во многихъ городахъ прибѣгаютъ къ оптическимъ, рѣже звуковымъ, сигналамъ, опредѣляющимъ наступленіе извѣстнаго часа.

Въ Ливерпулѣ и въ Эдинбургѣ, напримѣръ, во многихъ кварталахъ имѣются высокія мачты съ сигнальными шарами. При помощи электрическихъ приспособленій всѣ шары эти одновременно, а именно ровно въ часъ по полудни, падаютъ. Въ Римѣ такой же шаровой сигналъ и въ то же время сопровождается выстрѣломъ изъ пушки. Въ Нью-Іоркѣ сигнальный шаръ помѣщается на вершинѣ высокой башни, и паденіе его вызывается, понятно, посредствомъ электрическаго привода, изъ Вашингтонской обсерваторіи, отстоящей отъ Нью-Іорка на 360 километровъ.

Механизмъ, служащій для опусканія, или, точнѣе сказать, паденія шара, очень не сложенъ. Онъ изображенъ на рис. 373. Шаръ, скользящій по тремъ стержнямъ, удерживается клещами Z. Пропускаемый въ опредѣленный часъ импульсъ тока заставляетъ электромагнитъ E притянуть якорь, который роняетъ задерживаемый до тѣхъ поръ молоточекъ H. Молоточекъ, падая, ударяетъ стопорный рычажекъ колеса R и освобождаетъ это послѣднее. Колесо вращаясь сматываетъ веревку, удерживающую колодку F, колодка падаетъ внизъ, своей нижней надѣлкой сжимаетъ верхніе концы клещей; нижніе концы ихъ отъ этого расходятся и освобождаютъ шаръ, который быстро падаетъ.

Хронографы.

Мы видѣли, что электричество чаще примѣняютъ для передачи вдаль показаній какихъ-либо часовъ или для вывѣрки и синхронизаціи ихъ, а не для непосредственнаго измѣренія времени хотя бы замѣной пружинъ и гирь работой тока. Бываютъ, однако, случаи, гдѣ токъ примѣняется и непосредственно для измѣренія времени. Мы говоримъ о чрезвычайно точныхъ измѣреніяхъ очень малыхъ періодовъ времени. Наука, и прежде всего астрономія, требуетъ измѣреній времени съ точностью до 0, 1 секунды и даже меньше. Физику и технику теперь часто предстоятъ такія измѣренія (напримѣръ, измѣреніе скорости, съ которою пуля пролетаетъ различныя части своего пути и т. п.), гдѣ важны сотыя и даже тысячныя секунды. Подобныя измѣренія возможны только при помощи электричества. Существуетъ не мало хронографовъ или хроноскоповъ, какъ называются подобнаго рода приборы, но мы ограничимся описаніемъ только одного изъ нихъ, а именно электродіапазона Меркадье.

Колеблющійся камертонъ расположенъ передъ барабаномъ, который обернутъ зачерненнымъ сажей листомъ бумаги. Одна изъ ножекъ камертона снабжена на концѣ маленькимъ легкимъ металлическимъ штифтикомъ, который прикасается къ листу бумаги и при колебаніи камертона вычерчиваетъ на бумагѣ бѣлую линію. При вращеніи барабана отъ соединенія двухъ движеній на листѣ вычерчивается волнистая линія, каждая волна которой обозначаетъ равный періодъ времени, зависящій отъ числа колебаній камертона, или, слѣдовательно, отъ его тона. Чтобы послѣ полнаго оборота барабана вычерченная волнистая линія не прикрывалась получающейся при слѣдующемъ оборотѣ, камертонъ располагается на подставкѣ, нѣсколько передвигаемой винтомъ при каждомъ оборотѣ барабана. Зубчатое колесо, насаженное на оси винта и спѣпляющееся съ такимъ же винтомъ на оси барабана, согласуетъ движеніе барабана и камертона. Чтобы поддерживать камертонъ въ непрерывномъ колебаніи, одну его ножку подвергаютъ дѣйствію небольшого электромагнита, который попеременно притягиваетъ и отпускаетъ ее, сообщая такимъ образомъ толчки камертону.

Отдѣльныя вершины волнъ ограничиваютъ, какъ и минутныя черточки на циферблатѣ часовъ, извѣстные промежутки времени, зависящіе отъ строя камертона и, во всякомъ случаѣ, равные здѣсь сотымъ секунды. Если отмѣчать вторымъ штифтикомъ, приводимымъ въ движеніе электромагнитомъ, поперечныя черты на звуковыхъ линіяхъ, то разстояніе между двумя такими чертами можно легко и вѣрно опредѣлить по числу приходящихся между ними вершинъ волнъ.

Если надо опредѣлить моментъ какого-либо событія, то соединяютъ электрически подобный пишущій электромагнитъ или другой ему подобный приборъ съ аппаратомъ, въ которомъ происходятъ опредѣленныя явленія, и распоряжаются такъ, чтобы сами эти явленія замыкали цѣпь тока, вслѣдствіе чего притягивается якорь пишущаго штифта, и поперекъ волнистой линіи на цилиндрѣ вычерчивается черта, означающая начало явленія. Вторая черта точно также вычерчивается при концѣ измѣряемаго періода, напримѣръ, при періодически повторяющихся явленіяхъ, при наступленіи слѣдующаго и т. д.

Электрическіе контрольные сторожевые аппараты.

Электричество съ пользой примѣняется въ часовомъ дѣлѣ тамъ, гдѣ приходится провѣрять обходы въ извѣстные часы сторожей, присутствіе въ извѣстное время и въ извѣстномъ мѣстѣ рабочаго или надсмотрщика и т. д. Количество такихъ ириборовъ разнообразнѣйшаго устройства весьма велико, и они за границей въ большомъ ходу въ различныхъ мастерскихъ, заводахъ, казенныхъ зданіяхъ и т. д.

Принципъ дѣйствія ихъ всегда одинъ и тотъ же: служащій, при обходѣ, съ различныхъ мѣстъ посылаетъ въ какое-либо центральное помѣщеніе сигналы, доказывающіе его присутствіе въ извѣстное время въ опредѣленныхъ пунктахъ.

Но, хотя контрольные аппараты и преслѣдуютъ одну и ту же цѣль и основаны на одномъ и томъ же принципѣ, въ подробностяхъ устройства ихъ могутъ быть особенности, дѣлающія ихъ особенно пригодными въ опредѣленныхъ, спеціальныхъ условіяхъ.

Вотъ, напримѣръ, американскій контрольный приборъ «Бонди» для фабрикъ. Каждый рабочій приходя беретъ ключъ съ отвѣчающимъ ему номеромъ на ручкѣ и на бордюркѣ, вставляетъ этотъ ключъ въ счетчикъ-регистраторъ и дѣлаетъ имъ полуоборотъ. При этой операціи ключъ номеромъ, имѣющимся у него на бородкѣ, придавливаетъ бумагу къ валику съ краской, и такимъ образомъ № рабочаго на ней отпечатывается. Валикъ съ краской, однако, здѣсь не совсѣмъ простой: во-первыхъ, онъ вращается при помощи часового механизма, а, во-вторыхъ, на немъ нанесены часы и минуты. При нажиманіи къ нему ключомъ бумаги, рядомъ съ № рабочаго отпечатывается и тотъ часъ, когда рабочій вложилъ ключъ. Ту же самую операцію рабочій продѣлываетъ и уходя съ завода, но теперь онъ посредствомъ особаго рычага отпечатываетъ еще рядомъ съ № и часомъ особый значокъ, отмѣчающій, что показаніе относится къ уходу съ работы.

Для другого назначенія служитъ приборъ Эмиля Госса. Часто на фабрикахъ имѣются работы, требующія постояннаго наблюденія; отсутствіе рабочаго можетъ повести къ большимъ несчастіямъ или большимъ денежнымъ потерямъ. Надо имѣть возможность издали, напримѣръ, изъ кабинета управляющаго, контролировать присутствіе надсматривающаго за подобной важной или опасной операціей рабочаго на мѣстѣ. Конечно, всего проще было бы, чтобы такой рабочій черезъ извѣстные промежутки времени давалъ какой-нибудь сигналъ, напримѣръ, звонокъ въ кабинетъ управляющаго, но это было бы очень неудобно для послѣдняго, такъ какъ постоянные звонки не давали бы ему покоя. Кромѣ того пропускъ звонка въ опредѣленное время весьма легко можетъ быть и не замѣченъ. При контрольномъ приборѣ Э. Госса звонокъ раздается только тогда, когда въ опредѣленные моменты рабочаго не оказывается на мѣстѣ. Болѣе того—рабочему этому черезъ опредѣленные промежутки времени посылаются сигналы, приглашающіе его быть внимательнымъ къ своему дѣлу.

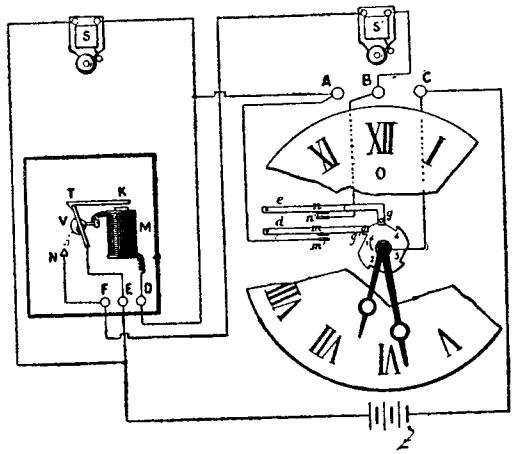


Рис. 374. Контрольные часы Э. Госса.

Вотъ устройство прибора: въ кабинетѣ управляющаго или въ комнатѣ старшаго надсмотрщика находятся часы O (правая половина рисунка 374), на оси минутной стрѣлки которыхъ насажено колесо съ четырьмя храповыми зубцами. Въ эти зубцы или вырѣзы упираются два согнутыхъ крючкомъ рычажка g и g', вращающихся около точекъ и и e. Посрединѣ и съ нижней стороны рычажки g и g' снабжены серебряными контактаме n и m, а немножко пониже ихъ находятся самостоятельные контакты n' и m', соединенные проводами съ зажимами B и A. Храповое колесо (или, вѣрнѣе сказать, весь часовой механизмъ), въ свою очередь, соединенъ проводомъ съ третьимъ зажимомъ C. Отъ зажима A проводъ идетъ къ звонку S, находящемуся около контролируемаго рабочаго. Отъ зажима B проводъ идетъ къ звонку S', находящемуся въ томъ же помѣщеніи, гдѣ и часы. Отъ зажима C, наконецъ, проводъ идетъ къ батареѣ Z. Обратный проводъ отъ звонка S идетъ прямо къ батареѣ, а отъ звонка S' къ особому контрольному прибору, изображенному съ лѣвой стороны рисунка и въ большомъ масштабѣ на рис. 375. Этотъ контрольный приборъ, кромѣ того, включенъ и въ отвѣтвленіе линіи звонка S.

Устройство контрольнаго прибора не сложно: онъ состоитъ изъ электромагнита M, притягивающаго якорь KT, вращающійся около своей середины, какъ это ясно видно на

рис. 375. На концѣ T якоря имѣется небольшой крючокъ, при помощи котораго можетъ быть въ приподнятомъ положеніи удержана откидная дощечка V. Падая, эта дощечка упирается въ другую подъемную же планку N. Эта планка N можетъ быть повернута при помощи пуговки b, и такимъ образомъ вмѣстѣ съ N можетъ быть поднята V и закрѣплена въ T. Весь контрольный аппаратъ заключенъ въ стеклянномъ ящикѣ, и снаружи остается только пуговка b. Обмотка электромагнита соединена, съ одной стороны, съ зажимомъ D, а, съ другой стороны, со штифтомъ G, въ который упирается при верхнемъ своемъ положеніи откидная дощечка V. Эта дощечка, въ свою очередь, соединена съ зажимомъ E. Наконецъ, упорка N соединена съ зажимомъ F. Зажимъ съ другой стороны соединенъ (рис. 374): D и E съ отвѣтвленіемъ линіи звонка S, а F со звонкомъ S′.

Разберемъ теперь дѣйствіе описаннаго прибора: каждую четверть часа храповое колесо становится въ такое положеніе, что крючокъ g′ съ зубца соскакиваетъ и этимъ возстановляетъ контактъ между m и m′. Токъ изъ батареи тогда идетъ въ звонокъ S и напоминаетъ рабочему объ его обязанностяхъ. Но въ то же время токъ по указанному нами отвѣтвленію идетъ и въ регуляторъ. Электромагнитъ M притягиваетъ якорь, якорь наклоняется, освобождаетъ планку V, и планка эта падаетъ на упорку N. Токъ въ отвѣтвленіи такимъ образомъ (вслѣдствіе разъединенія между G V) прерывается, но звонокъ S будетъ звонить, пока храповое колесо снова не приподниметъ рычага g′, а это случится приблизительно черезъ двѣ минуты послѣ начала звонка.

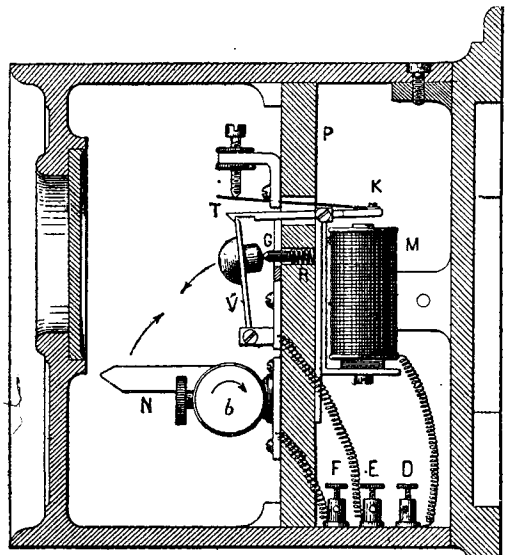


Рис. 375. Контрольные часы Э. Госса.

Посмотримъ теперь, что произойдетъ дальше, если работника нѣтъ на своемъ посту, и никто регуляторъ трогать не будетъ. Планка V упавъ замкнула линію слѣдующаго рода: контактъ на часахъ n, зажимъ B, звонокъ S′, зажимъ F, планка N, планка V, зажимъ E, батарея Z, зажимъ C и храповое колесо. Звонокъ S′ не звонитъ только потому, что нѣтъ контакта между n и n′; контактъ этотъ, однако, скоро наступаетъ; ибо храповое колесо, продолжая свое вращеніе тѣмъ самымъ выступомъ, съ котораго оно только-что уронило крючокъ рычажка g′, теперь уронитъ загнутый конецъ рычажка g; рычажокъ этотъ повернется около точки l и замкнетъ токъ между n n′. Сейчасъ же начнетъ дѣйствовать звонокъ S′, находящійся, какъ мы помнимъ, въ томъ же помѣщеніи, гдѣ и часы. Легко можно было бы избѣжать дѣйствія этого звонка; стоило бы только послѣ сигнала, поданнаго звонкомъ S и, слѣдовательно, послѣ паденія планки V, снова ее поднять посредствомъ пуговки b и планки N. При такомъ положеніи планки V цѣпь на звонокъ S′ не можетъ быть замкнута и при сдвинувшихся контактахъ n и n′.

Находится рабочій на своемъ посту—онъ, заслышавъ сигналъ звонка S, поступаетъ такъ, какъ описано сейчасъ, и въ помѣщеніи, гдѣ находятся часы, все тихо; ушелъ рабочій со своего мѣста и, несмотря на сигналъ, не возвратился къ нему, планка V остается лежать и черезъ нѣсколько минутъ въ помѣщеніи управляющаго или старшаго надсмотрщика раздается звонокъ, извѣщающій кого надо объ неаккуратности этого рабочаго.

Описанный приборъ, понятно, можетъ работать въ самые разнообразные періоды времени; у насъ описанъ приборъ, контролирующій четыре раза въ часъ; могутъ быть приборы и съ значительно болѣе рѣдкимъ дѣйствіемъ. Дѣлаютъ подобные же приборы съ «репетиціей», т.-е. устраиваютъ ихъ такъ, что кромѣ автоматическаго дѣйствія звонокъ

къ рабочему и, слѣдовательно, провѣрка его нахожденія на мѣстѣ можетъ быть вызвана во всякое время искусственно, нажатіемъ особой кнопки.

Можно одни часы соединить съ нѣсколькими контрольными приборами и т. д. и т. д. Вообще аппаратъ Э. Госса—одинъ изъ наиболѣе простыхъ и универсальныхъ въ примѣненіи приборовъ этого рода.

XIV.

Электричество въ сельскомъ хозяйствѣ.

Электричество въ сельскомъ хозяйствѣ можетъ играть,—да навѣрное и будетъ играть,—большую роль, съ одной стороны, какъ источникъ удобопередаваемой формы энергіи, а съ другой—какъ возбудитель химическихъ процессовъ въ почвѣ и въ растеніяхъ. Оставивъ пока эту область примѣненія электричества въ сельскомъ хозяйствѣ въ сторонѣ (она носитъ названіе электрокультуры), скажемъ нѣсколько словъ о значеніи электричества, какъ двигательной силы.

Электродвигатели въ сельскомъ хозяйствѣ.

Безъ механическаго двигателя нынѣшнее даже экстенсивное русское хозяйство сколько-либо значительныхъ размѣровъ положительно не можетъ обходиться, и паровой локомобиль и керосиновый двигатель стали частыми и желанными гостями инвентарнаго сарая. Нельзя того же пока сказать про двигатель электрическій, а между тѣмъ въ нѣкоторыхъ условіяхъ онъ незамѣнимъ. Есть, напримѣръ, въ имѣніи водопадъ; поставимъ около него электрическую станцію и мы будемъ имѣть возможность посылать электрическую энергію во всѣ отдаленные уголки имѣнія и тамъ, преобразовавши снова въ энергію механическую, примѣнять ее къ плугамъ, молотилкѣ и т. п. Или находится въ имѣніи сахарный заводъ: все лѣто паровыя машины его стоятъ безъ употребленія; поставимъ къ нимъ альтернаторъ, и опять-таки у насъ явится возможность примѣнять силу этихъ машинъ на какомъ угодно разстояніи для разнообразнѣйшихъ сельскохозяйственныхъ цѣлей.

За границей, въ особенности во Франціи, а также и въ Германіи прекрасно поняли это значеніе электричества, и электрическія пахота и молотьба не составляютъ теперь тамъ слишкомъ большой рѣдкости. Во Франціи существуютъ, напримѣръ, кое-гдѣ при большихъ паденіяхъ воды устроенныя въ складчину многими владѣльцами центральныя электрическія станціи, дающія энергію во всѣ помѣстья кооперативнаго товарищества.

Для электрической пахоты существуетъ столько же системъ, сколько и для паровой. Намъ не мѣсто разбирать ихъ здѣсь, а потому мы ограничимся описаніемъ одного способа, наиболѣе простого по устройству, но вовсе не наиболѣе выгоднаго. Мы говоримъ о такъ называемой двумашинной системѣ. Электродвигатель (рис. 376) установленъ на четырехколесной платформѣ и можетъ по желанію приводить въ движеніе либо воротъ, наматывающій стальной канатъ, тянущій плугъ, либо ходовыя колеса платформы. Два такихъ электромобиля устанавливаются по краямъ поля и работаютъ поочередно. На нашемъ рисункѣ, напр., изображенъ моментъ, когда плугъ тянетъ моторъ, находящійся на первомъ планѣ. У второго, задняго, электромобиля въ это время канатъ сматывается съ расхолощеннаго ворота, а самъ онъ нѣсколько подается впередъ, чтобы канатъ этотъ пришелся противъ середины слѣдующаго прохода плуга. Дойдетъ плугъ до передняго двигателя—этотъ расхолащиваетъ воротъ и подается впередъ (вдоль поля), а тащитъ обратно плугъ задній моторъ. Токъ электромоторамъ доставляется изъ какой-либо центральной станціи, и

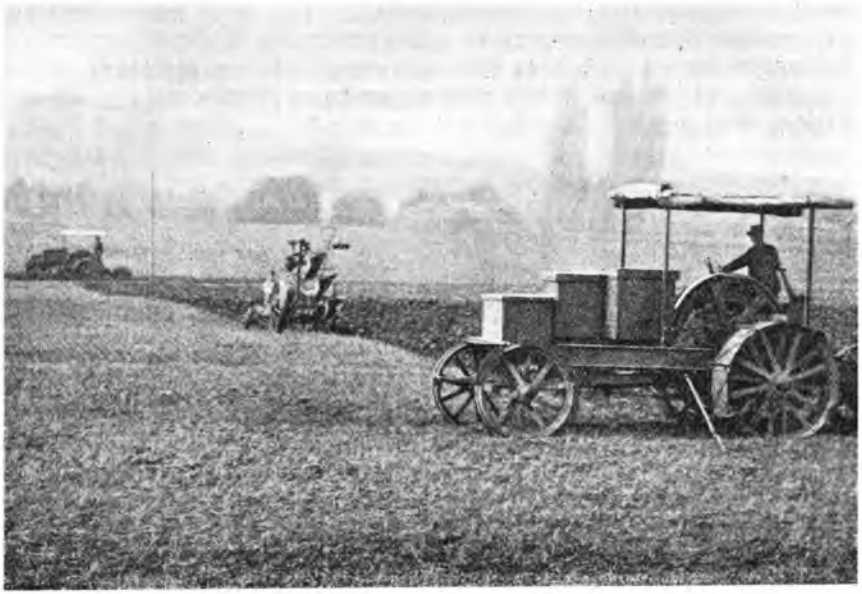


Рис. 376. Электрическій плугъ.

если надо, то трансформируется. Трансформаторы устраиваются какъ отдѣльные (имѣются и перевозные), такъ и вмѣстѣ на одной платформѣ съ двигателями.

Еще проще, чѣмъ къпахотѣ, приспособить электромоторъ къ другимъ сельско-хозяйственнымъ операціямъ, требующимъ механическаго двигателя. Рис. 377 показываетъ не-



Рис. 377. Электрическая молотилка.

ревозный электромоторъ, приводящій въ движеніе молотилку; на рис. 378 изображена молочная, гдѣ всѣ машины приводятся въ движеніе электричествомъ.

Чрезвычайно удобными оказываются электромоторы для приведенія въ движеніе небольшихъ машинъ. При паровой силѣ машины эти приходится устанавливать при сложной трансмиссіи; здѣсь же небольшой электромоторъ, въ родѣ изображеннаго на рис. 379, подвозится къ любому механизму (на рис., напр., соломорѣзкѣ), соединяется съ ней валомъ и работаетъ, пока надо. Окончивъ одну работу, электродвигатель передвигаютъ

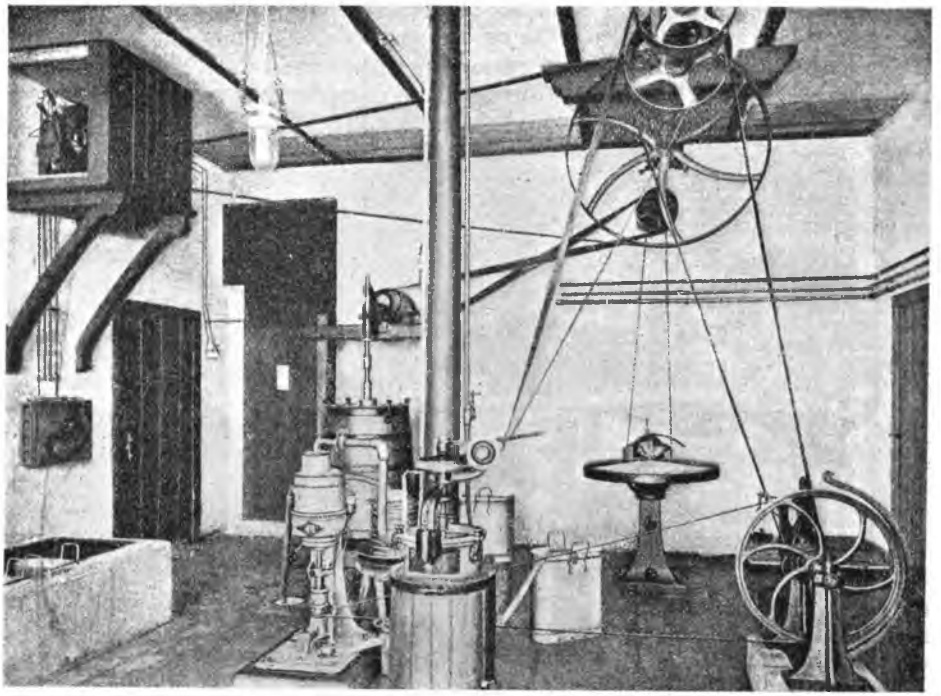


Рис. 378. Электрическая молочная.

къ другой машинѣ и т. д. При этомъ всѣ эти исполнительные механизмы могутъ помѣщаться въ разныхъ помѣщеніяхъ: токъ всюду легко провести воздушными проводами или кабелемъ.

Электрическій отдѣлитель отрубей.

Чрезвычайно остроумно электричествомъ воспользовались Обурнъ и Смитъ, патентовавшіе въ 1881 году электрическій отдѣлитель отрубей отъ муки, основанный на принципѣ: всякій непроводникъ сильно натертый притягиваетъ къ себѣ легковѣсныя и сухія тѣла. Аппаратъ состоитъ изъ двухъ эбонитовыхъ вальцевъ, трущихся около шерстяныхъ подушекъ, помѣщенныхъ надъ ситомъ, по которому движется мука. Отруби притягиваются вальцами, а мука просѣивается.

Электрическая стрижка овецъ.

Въ Германіи и Франціи электричество примѣняется для стрижки овецъ: оно служитъ двигательной силой для обыкновенныхъ гребенчатыхъ ножницъ. Въ Калифорніи

нѣсколько лѣтъ назадъ былъ взятъ патентъ на сниманіе шерсти съ овецъ помощью электричества же, но вовсе безъ ножницъ. Изобрѣтатель устраиваетъ «кораль», или загонъ, все болѣе суживающійся и, наконецъ, заканчивающійся отверстіемъ такой величины, чтобы въ него овца могла пройти только съ нѣкоторымъ усиліемъ. На верху этого отверстія, на разстояніи приблизительно 5 сант. отъ его стѣнокъ, укрѣплена полукругомъ согнутая желѣзная проволока толщиной въ 4 мм. Проволока эта раскаляется электрическимъ токомъ, а затѣмъ черезъ кораль гонятъ возможно скоро овецъ. Раскаленная проволока, въ которой овцамъ поневолѣ приходится проходить, срѣзаетъ или, вѣрнѣе сказать, обжигаетъ шерсть. Небольшой ожогъ кожи, по словамъ изобрѣтателя, только ускоряетъ прохожденіе овецъ, а, слѣдовательно, дѣлаетъ всю операцію болѣе быстрой.

Нельзя относиться серіозно къ такому предложенію, конечно, но мы его привели, чтобы показать, какое все-таки, часто совершенно неожиданное, примѣненіе можетъ полу-

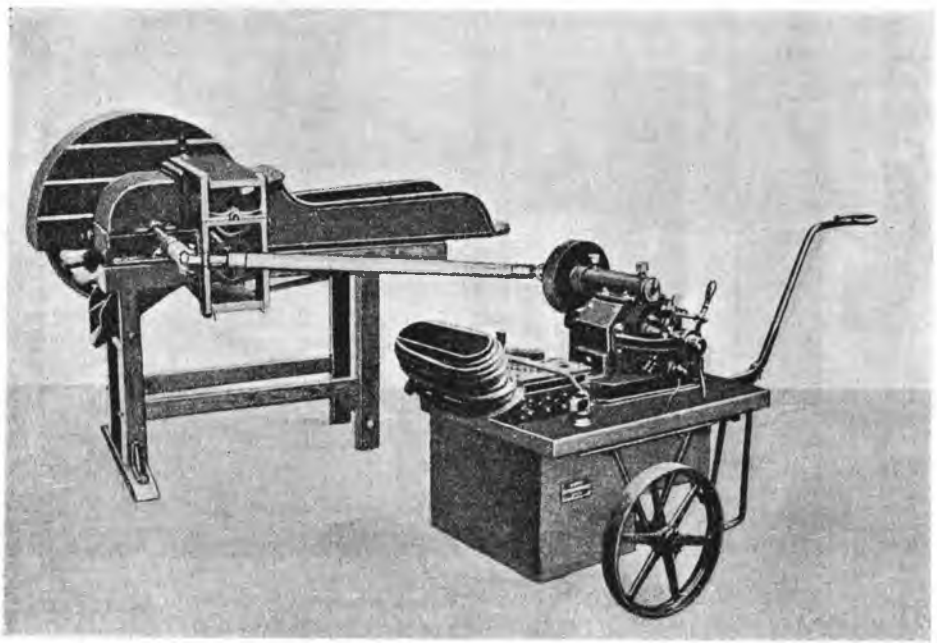


Рис. 379. Электрическая соломорѣзка.

чить электричество, и при томъ примѣненіе не фантастическое. Снимать описаннымъ способомъ шерсть съ овецъ возможно—въ этомъ нѣтъ сомнѣнія, но только при этомъ портится и качество шерсти, да и ожоги кожи могутъ быть не только маленькіе, а и очень серіозные.

Электрокультура.

Вліяніе электричества на растенія, съ одной стороны, а наличность въ растеніи электрическихъ токовъ, съ другой, подмѣчены уже давно.

Сохранилось, напр., письмо аббата Тоальдо къ извѣстному физику XVIII столѣтія Бертолону, въ которомъ онъ описываетъ слѣдующія наблюденія: сенаторъ Квирини посадилъ около своего дома нѣсколько кустовъ жасмина; два изъ нихъ пришлись около опускающагося въ землю громоотвода; оказалось, что при всѣхъ прочихъ равныхъ условіяхъ эти два куста гораздо быстрѣе подвигались въ ростѣ, чѣмъ остальные.

Беккерель въ 1850 г. напечаталъ работу, въ которой онъ считаетъ растенія однимъ изъ главныхъ источниковъ атмосфернаго электричества. Втыкая платиновыя проволочки, одну въ кору дерева, а другую въ древесину, Беккерель нашелъ: 1) что въ растеніяхъ существуютъ электрическіе токи отъ паренхимы къ сердцевинѣ; 2) что существуютъ подобные же токи, но противоположнаго направленія, отъ камбія къ паренхимѣ и 3) что существуютъ токи и отъ сердцевины къ корѣ, но они идутъ черезъ корни. При такомъ движеніи электричества въ растеніяхъ оказалось, что постоянно избытокъ электричества положительнаго съ корней стекаетъ въ землю, а отрицательнаго—съ паренхимы во влажный воздухъ. Въ листьяхъ Беккерель нашелъ аналогичные же процессы. Конечно, въ настоящее время нельзя принимать воззрѣній Беккереля во всемъ ихъ объемѣ и нельзя считать, что въ растеніяхъ находится главный источникъ атмосфернаго электричества, но, во всякомъ случаѣ, присутствіе въ растеніяхъ извѣстнаго количества электрической энергіи не подлежитъ сомнѣнію. Электричество играетъ какую-то роль въ жизни растеній, оно въ растеніяхъ образуется или, вѣрнѣе сказать, преобразуется изъ другого какого-то вида энергіи; очевидно, растеніе не можетъ быть индифферентнымъ къ электрической энергіи, сообщаемой ей извнѣ.

Съ этой точки зрѣнія имѣется не мало наблюденій и проектовъ, изъ которыхъ мы разсмотримъ наиболѣе интересные и важные, раздѣливъ ихъ на три отдѣла: 1) вліяніе на растенія электрическаго освѣщенія, 2) вліяніе на нихъ гальваническихъ токовъ въ почвѣ и 3) вліяніе атмосфернаго, искусственно собираемаго электричества.

I.

Кто былъ на Парижской электрической выставкѣ 1881 года, тотъ, вѣроятно, помнитъ двѣ теплицы съ чудными цвѣтами, всю ночь освѣщавшимися большимъ количествомъ электрическихъ свѣчей Яблочкова; посѣтителямъ объясняли, что въ виду опытовъ д-ра Сименса, который заставилъ бутонъ тюльпана совершенно распуститься въ теченіе 40 минутъ, является возможность при помощи электрическаго освѣщенія ускорить распусканіе многихъ цвѣтовъ и вообще развитіе растеній.

Уже въ 1861 году академикъ Жерве-Магонъ производилъ подобные же опыты: онъ первый указалъ на возможность увеличить время, въ которое совершаются процессы ассимиляціи въ растеніяхъ, освѣщая ихъ электричествомъ. Въ 1869 г. опыты эти были возобновлены Прилье, доказавшимъ, что дѣйствительно электрическое освѣщеніе въ нѣкоторыхъ случаяхъ благопріятствуетъ ассимилированію углерода, а, слѣдовательно, и развитію растеній. Такимъ образомъ не Сименсъ началъ опыты этого рода, но за нимъ остается несомнѣнная заслуга постановки ихъ въ бо́льшихъ размѣрахъ, съ чисто практическими цѣлями.

Опыты Сименса во Франціи были повторены и продолжены Дегереномъ. Онъ нашелъ, что свѣтъ вольтовой дуги, не защищенной стекломъ, оказываетъ вредное дѣйствіе: большинство растеній, ему подвергнутыхъ, медленно, но неизбѣжно погибали; фуксіи, камеліи, лиліи, азаліи быстро теряли листья, только ячмень росъ и развивался. Если заключить вольтову дугу въ стеклянный колпакъ, то вліяніе электрическаго свѣта на разныя растенія оказывалось различнымъ: фуксіи на три дня ранѣе начали цвѣсти, а вербена, геліотропъ и нѣкоторыя другія растенія вовсе не цвѣли и мало-по-малу погибли. Опыты Дегерена производились во время выставки 1881 года и въ слѣдующемъ году; затѣмъ наступило десятилѣтнее затишье, и снова подобные опыты выходятъ на сцену уже въ 1891—1892 году. Ими занялись Cornell University въ Англіи и Гастонъ Бонье во Франціи.

Бонье главнымъ образомъ изслѣдовалъ анатомическія особенности въ растеніяхъ, подвергнутыхъ электрическому освѣщенію. Опыты свои онъ производилъ въ теплицахъ въ Центральномъ Парижскомъ Рынкѣ. Изъ трехъ однородныхъ группъ растеній одна была оставлена для контроля въ обыкновенныхъ условіяхъ, другая подвергнута непрерывному электрическому освѣщенію, а третья—освѣщенію, продолжавшемуся ежедневно отъ

6 часовъ утра до 6 ч. вечера. Температура поддерживалась возможно постоянная отъ 13° до 15° Ц.; смѣна воздуха въ теплицахъ была довольно медленная. Освѣщеніе производилось при помощи регуляторовъ со стеклянными колпаками. Опыты позволили сдѣлать слѣдующіе выводы:

1) Постояннымъ освѣщеніемъ можно вызвать довольно серіозныя измѣненія въ анатомическомъ строеніи листьевъ и молодыхъ побѣговъ древесныхъ растеній;

2) Можно создать съ помощью электрическаго освѣщенія такія условія, что растенія эти дышатъ и ассимилируютъ совершенно одинаково и безостановочно и днемъ и ночью; растенія сильно мѣняются при такихъ условіяхъ, и ткани ихъ начинаютъ пріобрѣтать все болѣе простую структуру.

3) При освѣщеніи съ промежутками по 12 часовъ ежедневно строеніе различныхъ органовъ древесныхъ растеній остается нормальнымъ.

Были культивируемы въ такихъ условіяхъ (т.-е. при постоянномъ и прерываемомъ электрическомъ освѣщеніи) въ продолженіе 7 мѣсяцевъ травянистыя растенія. Нѣкоторыя изъ нихъ болѣе или менѣе быстро гибли, другія же, наоборотъ, развивались съ особенной пышностью, имѣли ярко-зеленую окраску листьевъ и особенно ярко окрашенные цвѣты. Вообще наиболѣе благопріятные результаты дали луковичныя растенія, злаки и растенія плодовыя.

Это подтвердили и болѣе поздніе опыты Флаго въ Норвегіи.

II.

Перейдемъ теперь къ опытамъ второй серіи. Начало имъ было положено въ Англіи, гдѣ въ 1846 г. Шеппаръ закопалъ на грядкахъ мѣдныя и свинцовыя пластинки, соединивъ ихъ проводниками; онъ констатировалъ въ такихъ условіяхъ увеличеніе урожая корнеплодовъ, но быстрое погибаніе вблизи пластинъ и по прямому между ними направленію—травянистыхъ растеній.

10 лѣтъ спустя въ Германіи Губекъ, нѣсколько видоизмѣнивъ способъ Шеппара, достигъ болѣе быстраго образованія листковъ и спѣлости зеренъ кукурузы; развитіе другихъ растеній, однако, въ этомъ опытѣ ничѣмъ не отличалось отъ нормальнаго.

Еще нѣсколько лѣтъ спустя Фихтнеръ, посѣявъ горошекъ, ячмень и разныя травы параллельно проводникамъ, соединявшимъ закопанныя въ землю металлическія пластинки, получилъ урожай ихъ, на 20—27% превосходившій таковой же на контрольныхъ участкахъ.

Въ виду опытовъ Бертело надъ нитрификаціей почвы А. Готье въ 1882 году предпринялъ рядъ опытовъ надъ вліяніемъ гальваническаго тока на ассимилированіе растеніями азота.

Опыты производились съ бобовыми растеніями въ цвѣточныхъ горшкахъ. Часть растеній оставлялась для контроля въ обыкновенныхъ условіяхъ, а часть подвергалась дѣйствію тока. Въ землю горшковъ этой части растеній закапывались электроды отъ батареи изъ 2—4 термо-элементовъ Ноэ, по силѣ тока равныхъ приблизительно элементамъ Бунзена; элементы Ноэ даютъ при этомъ токъ чрезвычайно постоянной разности потенціаловъ. Оказалось, что растенія въ горшкахъ съ электродами развивались значительно быстрѣе контрольныхъ и приблизительно черезъ мѣсяцъ они по объему и вѣсу превосходили не подвергавшіяся электрическому току растенія въ два раза.

Опыты Готье были продолжены и дополнены въ Россіи, въ Кіевѣ и Псковской губ. въ 1889 г. Спѣшневымъ. Спѣшневъ считаетъ на основаніи своихъ опытовъ несомнѣнно установленнымъ:

1) что сѣмена, подвергнутыя дѣйствію индукціоннаго тока, получаютъ способность прорастать болѣе быстро и съ большей силой, чѣмъ обыкновенные, этому дѣйствію не подвергнутыя, и

2) что постоянный токъ оказываетъ вліяніе на скорость произрастанія растеній, увеличиваетъ такимъ образомъ ихъ урожаи и даетъ, напр., возможность выводить овощи поразительныхъ размѣровъ.

Первый свой законъ Спѣшневъ вывелъ на основаніи слѣдующихъ вполнѣ убѣдительныхъ опытовъ: онъ помѣщалъ въ стеклянный цилиндръ, между двумя мѣдными кружками вымоченныя въ водѣ сѣмена и, соединивъ кружки эти съ индукціонной катушкой, пропускалъ сквозь сѣмена токъ въ продолженіе 2—3 минутъ. Затѣмъ сѣмена высѣвались въ почву и здѣсь снова подвергались дѣйствію тока при температурѣ 7°—10° по Ц. Десять разъ повторенные такіе опыты давали каждый разъ приблизительно одинъ и тотъ же результатъ: горохъ и рожь вмѣсто 4 дней (контрольный опытъ) проростали въ два дня, бобы вмѣсто 6—въ 3 дня, а подсолнечникъ вмѣсто 15—въ 8 дней.

Второй выводъ былъ сдѣланъ на основаніи слѣдующихъ опытовъ, исполненныхъ въ Кіевскомъ Ботаническомъ саду: здѣсь по краямъ грядокъ были закопаны въ вертикальномъ положеніи большіе (0,445×0,712 метр.) мѣдные и цинковые листы, соединенные между собою надъ почвой мѣднымъ проводомъ. На такихъ грядкахъ (рядомъ, конечно, съ контрольными) культивировались различные овощи, преимущественно же морковь и рѣдька, и они достигали небывалыхъ размѣровъ (рѣдька получалась въ 13 сант. діаметромъ и 45 сант. длиной, а морковь вѣсомъ около 3 килогр.)

Опыты Спѣшнева были дополнены и продолжены въ Америкѣ на Массачузетскомъ опытномъ полѣ Аза С. Коннеемъ и пролили на разбираемый нами вопросъ отчасти новый свѣтъ.

Конней поставилъ себѣ задачей точно опредѣлить дѣйствіе тока на различнаго рода сѣмена и прослѣдить, какого рода и какой силы токъ всего болѣе способствуетъ прорастанію. При своихъ опытахъ Конней пользовался катушкой Румкорфа, нѣсколько имъ видоизмѣненной. Первичную обмотку въ этой катушкѣ составляютъ сложенные въ видѣ трубки желѣзные прутья и намотанная сверху нихъ въ 130 оборотовъ толстая мѣдная проволока. Эта внутренняя катушка (А на рис. 380) укрѣплена неподвижно на боковомъ кронштейнѣ, вторичная же обмотка (6.000 оборотовъ тонкой мѣдной проволоки) въ видѣ катушки значительно большаго діаметра (рис. 380 В) можетъ быть на первичную обмотку болѣе или менѣе надвигаема. Измѣняя разстояніе между катушками А и В, можно весьма легко и точно мѣнять силу тока. Источникомъ электричества въ опытахъ Коннея служила батарея изъ 4 послѣдовательно соединенныхъ элементовъ Лекланше съ электродвижущей силой въ 4 — 5 вольтъ или два элемента Симсонъ № 1 напряженіемъ въ 2,88 вольта.

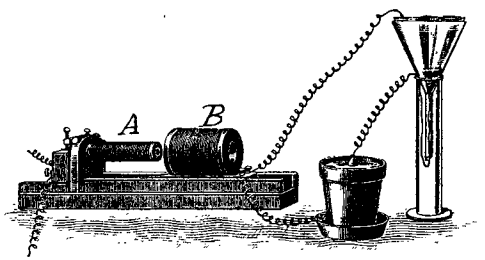


Рис. 380. Индукціонная катушка Коннея.

Токъ посылался при опытахъ черезъ опредѣленные промежутки времени, для чего при помощи часового механизма приводился въ дѣйствіе на линіи между батареей и катушкой электромагнитный прерыватель.

При электризаціи сѣмянъ Конней пользовался для крупныхъ сѣмянъ стекляннымъ цилиндромъ въ 5 сант. діаметра, а для мелкихъ—въ 1 сант. Сѣмена помѣщались въ цилиндръ слегка влажными и прикрывались съ обѣихъ сторонъ мѣдными кружками, соединенными съ кондукторами спирали Румкорфа.

По окончаніи электризаціи Конней проращивалъ сѣмена въ приборѣ, состоящемъ изъ двухъ вложенныхъ одно въ другое блюдечекъ. Внѣшнее блюдечко—фарфоровое, 22 сантим. діаметромъ, а внутреннее—изъ пористой глины, 17 см. діаметромъ. На дно меньшаго блюдечка клался кусокъ пропускной бумаги, а на него помѣщались сѣмена; въ большое блюдечко наливалась вода: она постепенно просасывалась внутрь меньшаго и смачивала бумагу, а съ нею и сѣмена. Сверху весь приборъ накрывался мокрой бумагой, а на нее помѣщался кусокъ темнаго картона. Были опыты и относительно дѣйствія индукціоннаго тока на сѣмена въ моментъ ихъ проростанія и на молодыя растеньица.

Изъ цѣлой серіи подобныхъ опытовъ Конней сдѣлалъ слѣдующія заключенія:

1) Электричество оказываетъ значительное вліяніе на проросшіе сѣмянъ;

2) 24-часовая электризація ускоряетъ проростаніе на 30%, 48-часовая—на 20%, 72-часовая—на 6%.

3) При употребленіи индукціоннаго тока съ цѣлью увеличенія скорости проростанія сѣмянъ его напряженіе не должно быть выше одного вольта.

4) Наиболѣе благопріятно дѣйствуетъ на проростающія сѣмена и молодыя растенія токъ напряженіемъ приблизительно въ 3 вольта и

5) Всего сильнѣе дѣйствіе тока на молодыя растенія въ первые 24 часа дѣйствія его; результаты воздѣйствія тока на ростѣ стеблей сказываются на 13% меньше, чѣмъ на ростѣ и развитіи корней.

Недавно американскій ботаникъ Амонъ Плауменъ произвелъ рядъ опытовъ въ Гарвардскомъ ботаническомъ саду съ цѣлью выясненія дѣйствія динамическаго электричества на ростъ растеній. Опыты Плаумена показали, что 20-ти-часовое дѣйствіе тока въ 0,03 ампера убиваетъ почти всѣ сѣмена, находящіяся вблизи анода, тогда какъ токъ той же силы не только не оказываетъ вреда сѣменамъ, прилегающимъ къ катоду, но даже иногда замѣтно возбуждаетъ ихъ къ дальнѣйшему проростанію. Указанная разница въ дѣйствіи положительнаго и отрицательнаго тока выступала еще рѣзче, когда сѣмена культивировались въ водѣ, обнаруживалась даже и при пропусканіи тока сравнительно большей силы, но только въ теченіе короткаго времени. Если токъ пропускался черезъ воду въ теченіе 20 и болѣе часовъ, то вредное вліяніе его на проростающія растенія обнаруживалось на всѣхъ пунктахъ, лежащихъ между обоими электродами (анодомъ и катодомъ) даже и въ томъ случаѣ, если токъ не превышалъ 0,03 ампера при 2 и болѣе вольтахъ. Во всѣхъ случаяхъ, когда сила тока не превышала 0,03 ампера, наблюдался усиленный ростъ молодыхъ побѣговъ у катода. Вотъ главные выводы опытовъ Плаумена: 1) Если взять цвѣточный горшокъ съ нѣсколькими мѣсячными ростками лупина (Lupinus) и зарядить горшокъ положительнымъ электричествомъ сравнительно высокаго потенціала (500 вольтъ), то растенія пріостанавливаются въ ростѣ, постепенно теряютъ свойственное имъ напряженіе тканей и, наконецъ, погибаютъ. При отрицательномъ зарядѣ того же потенціала наблюдаются, наоборотъ, благопріятные результаты. 2) При выращиваніи растеній изъ сѣмянъ въ водныхъ культурахъ, во всѣхъ случаяхъ, когда черезъ жидкость проходитъ слабый электрическій токъ, концы кореньковъ поворачиваются по направленію къ аноду. Подобное искривленіе еще замѣтнѣе у ростковъ, выращиваемыхъ въ обыкновенной землѣ, при чемъ очень часто наблюдается, что главная ось растенія изгибается непосредственно подъ поверхностью почвы на прямой уголъ по направленію къ аноду. 3) При нормальныхъ условіяхъ растеніе является электроположительнымъ по отношенію къ почвѣ, на которой оно растетъ, и разница въ потенціалѣ является, повидимому, непосреднственнымъ результатомъ физіологической дѣятельности растенія.

Е. Пилсудскій вмѣсто пары изъ мѣди и цинка, употреблявшейся другими изслѣдователями, началъ примѣнять желѣзо-цинкъ, уголь-цинкъ и желѣзо-желѣзо. Послѣдняя пара, понятно,—наиболѣе дешевая, но дѣйствуетъ только тогда, если одинъ изъ листовъ находится въ болѣе влажной почвѣ, чѣмъ другой. Достигается это закапываніемъ пластинъ на разную глубину, но все же нельзя быть всегда увѣреннымъ въ успѣхѣ. Надежнѣе поэтому другая система Пилсудскаго, когда онъ соединяетъ группу желѣзныхъ листовъ однимъ общимъ проводникомъ съ цинковымъ электродомъ, закопаннымъ на противоположномъ концѣ поля. Размѣры металлическихъ листовъ—въ 1 кв. метръ, толщина ихъ 1—2 мм., а проводниками служитъ желѣзная проволока въ 1 мм. толщиною. Группы металловъ располагаются попеременно—чередуются цинкъ и желѣзо, чтобы получить направленіе токовъ въ противоположныя стороны. Для удешевленія установки необходимо проводить электричество по наибольшей длинѣ поля. Опыты показали, что такіе земляные элементы даютъ токи, дѣйствующіе на разстояніе до 120 километровъ. При парахъ желѣзо-цинкъ или уголь-желѣзо расходуется одно желѣзо. Желѣзный листъ можетъ простоять въ землѣ 2—3 года и затѣмъ замѣняется новымъ. Можно при этомъ примѣнять старое кровельное желѣзо. Стоимость установки по подсчетамъ Пилсудскаго

составляетъ рубль на десятину (?), а эксплоатація въ годъ стоитъ около 4 коп. Опыты, произведенные надъ сахарной свекловицей, показали, что при установкахъ Пилсудскаго урожаи увеличились въ три раза, а сахаристость свеклы возрасла на 12%.

III.

Опыты третьей серіи впервые были предприняты Спѣшневымъ. Для изученія дѣйствія атмосфернаго электричества на растенія онъ въ своемъ имѣніи, въ Псковской губерніи, установилъ на различныхъ поляхъ, засѣянныхъ рожью, пшеницей, горохомъ и засаженныхъ картофелемъ, изолированные столбы съ коллекторами и наконечниками изъ позолоченной мѣди. Всѣ коллекторы соединены между собою проводами; растенія, такимъ образомъ, развивались въ средѣ сильно наэлектризованной.

Вотъ каковы были получены имъ при этомъ повышенія (по вѣсу) урожаевъ: для ржи 28%, для пшеницы 56%, овса 62%, ячменя 55%, гороха 25%, клевера 31%, картофеля 11%, льна 44%. Не меньше были увеличенія и урожая соломы. Сверхъ того, все развитіе растеній въ условіяхъ электрокультуры шло быстрѣе; ячмень, напр., доспѣлъ на 12 дней раньше контрольнаго.

Оказалось далѣе, что при электрокультурѣ посѣвы гораздо менѣе страдаютъ отъ какихъ бы то ни было болѣзней. Въ контрольномъ картофелѣ, напр., было 40% больныхъ клубней, а въ собранномъ съ опытнаго участка—всего 5%. Далѣе Спѣшневъ заражалъ нарочно свеклу на электрокультурномъ участкѣ, но зараза не прививалась. Спѣшневъ полагаетъ, что помощью атмосфернаго электричества можно вылѣчивать зараженные филлоксерой виноградники.

Опыты Спѣшнева надѣлали много шуму, ихъ повторяли повсемѣстно, но съ различными, противорѣчивыми результатами.

Туринскій профессоръ Ловини подробно анализировалъ опыты Спѣшнева и показалъ ихъ сущность и значеніе, а также и недостатки. Онъ указываетъ, что въ опытахъ этихъ суть была въ устройствѣ надъ посѣвомъ металлической сѣтки, заряженной положительно. Въ самомъ дѣлѣ, подъ вліяніемъ атмосфернаго электричества на изолированныхъ коллекторахъ должно произойти слѣдующее распредѣленіе: отрицательное электричество должно собраться наверху и черезъ острія уйти въ атмосферу, а положительное должно остаться на соединяющихъ коллекторы ниже лежащихъ проводникахъ. Чтобы это было такъ, надо коллекторы особенно тщательно изолировать отъ земли, а никакихъ относительно этого сколько-нибудь подробныхъ указаній у Спѣшнева не имѣется.

Въ Бельгіи повтореніемъ и развитіемъ опытовъ Спѣшнева занимался Лагранжъ. По его мнѣнію, методъ Спѣшнева является прямымъ послѣдствіемъ работъ Бертело, нашедшаго, что ассимиляція азота микроорганизмами почвы усиливается при различіи въ электрическихъ потенціалахъ атмосферы и почвы. Имѣя это въ виду, Лагранжъ въ 1893 году сдѣлалъ слѣдующіе сравнительные опыты: на трехъ совершенно одинаковыхъ участкахъ земли длиною въ 33 м. и шириною въ 8 м. былъ посаженъ картофель въ равномъ количествѣ кустовъ. На первомъ участкѣ была примѣнена система коллекторовъ Спѣшнева; второй участокъ былъ контрольный, а на третьемъ была установлена серія небольшихъ громоотводовъ изъ луженаго желѣза. Каждый громоотводъ внизу развѣтвлялся на четыре ножки, углубленныя въ землю на 15 сант., т.-е. на глубину посадки картофеля.

Урожай съ этихъ участковъ выразился такъ: съ перваго было получено 60 килогр., со второго 80 и съ третьяго 163.

Для картофеля, по крайней мѣрѣ, Спѣшневская электрокультура, такимъ образомъ не даетъ значительныхъ результатовъ. Зато они получились при новомъ, впервые употребленномъ Лагранжемъ методѣ сѣти небольшихъ громоотводовъ. Еще надо прибавить, что ботва (листья и цвѣты) всего роскошнѣе развилась на первомъ участкѣ. Отсюда есть нѣкоторое основаніе думать, что методъ Спѣшнева даетъ хорошіе результаты для наземныхъ частей растеній, а методъ Лагранжа—для подземныхъ.

Одновременно съ Лагранжемъ аналогичными опытами занимался монахъ Поленъ, въ то время директоръ братской школы въ Монтбризонѣ, а затѣмъ директоръ Агрономическаго Институтавъ Бовэ. Поленъ для электрокультуры предлагаетъ особый приборъ—геомагнитиферъ, съ которымъ ему при опытахъ въ большихъ масштабахъ, какъ это съ точностью установлено экспертизой на выставкахъ и спеціальными комиссіями, удалось добиться прекрасныхъ результатовъ.

Громкимъ названіемъ геомагнитифера Поленъ окрестилъ простой приборъ, состоящій (рис. 381) изъ поднятаго на деревянную мачту громоотвода, соединеннаго съ подземною, общею для всѣхъ громоотводовъ, сѣтью металлическихъ проводовъ. Методъ Полена является такимъ образомъ комбинаціей методовъ Спѣшнева и Лагранжа.

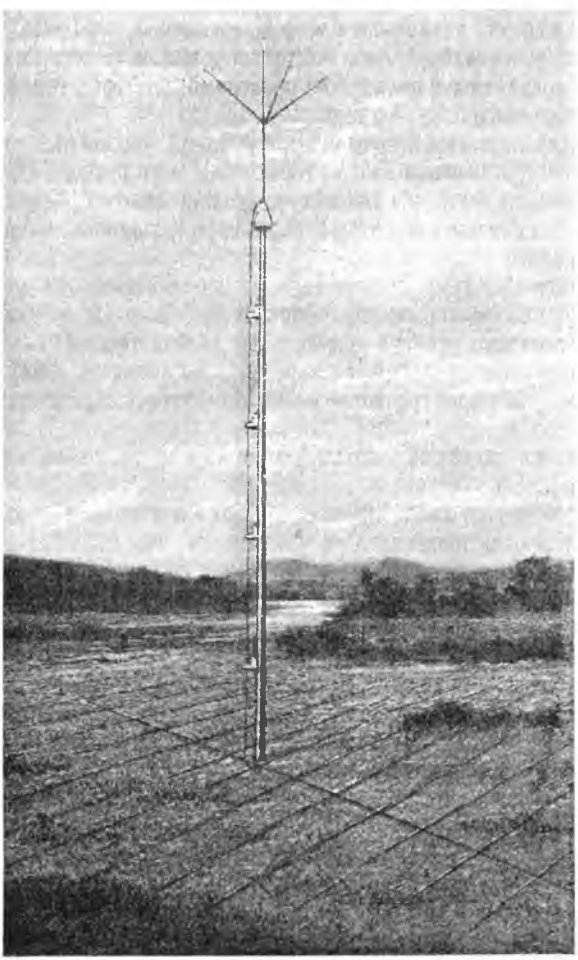


Рис. 381. Геомагнитиферъ Полена.

Чрезвычайно интересны опыты профессора физики Гельсингфорскаго университета, З. Лемштрема, изложенные имъ въ недавно напечатанной статьѣ: «Увеличеніе урожаевъ всѣхъ культурныхъ растеній».

Непосредственной причиной, побудившей Лемштрема заинтересоваться этимъ вопросомъ, были наблюденія, сдѣланныя имъ надъ характерной особенностью растительнаго міра въ полярныхъ странахъ. Культурныя растенія въ полярныхъ широтахъ, если только не погибаютъ отъ дѣйствія ночныхъ заморозковъ, отличаются всегда особенно пышнымъ развитіемъ, свѣжей и свѣтлой окраской цвѣтовъ, сильнымъ ихъ запахомъ, быстрымъ ростомъ листьевъ на лиственныхъ деревьяхъ и т. д. Причиной такого скораго развитія растеній въ полярныхъ странахъ до сихъ поръ считались только длинные полярные дни; Лемштремъ же видитъ ее въ электрическихъ токахъ, проявляющихся въ видѣ полярнаго сіянія.

Далѣе полярная финская экспедиція 1882—1884 гг. съ несомнѣнностью констатировала, что иглы и ости хвойныхъ растеній и злаковъ служатъ собирателями атмосфернаго электричества, что толщина годичныхъ колецъ хвойныхъ деревьевъ находится въ близкомъ соотвѣтствіи съ періодомъ повторяемости сѣверныхъ сіяній и солнечныхъ пятенъ, измѣряющемся 10—11 годами, и тѣмъ рѣзче проявляется, чѣмъ ближе къ полюсу произрастаютъ деревья. Ту же зависимость отъ періодичности сѣверныхъ сіяній Лемштремъ видитъ и въ періодичности колебанія урожаевъ въ Финляндіи.

Заинтересованный всѣми указанными сопоставленіями, Лемштремъ предпринялъ рядъ опытовъ культуры различныхъ растеній, искусственно электризуя почву и воздухъ около нихъ при помощи индукціонной машины.

Первые опыты производились въ лабораторіи въ горшкахъ, поверхъ которыхъ была протянута изолированная металлическая сѣтка съ остріями, а почва горшковъ при помощи цинковыхъ листовъ была соединена съ землею. Затѣмъ въ 1886 году перешли и къ полевымъ опытамъ на землѣ Общества Садоводства. Опыты производились на грядкахъ, изъ которыхъ однѣ получали электрическій токъ, а другія были оставлены для контроля. По внѣшнему виду растенія на опытныхъ и контрольныхъ участкахъ мало отличались другъ отъ друга, но въ результатѣ получился плюсъ въ пользу растеній на опытномъ участкѣ, только нѣкоторые овощи (капуста и др.) дали отрицательный результатъ. Но это послѣднее явленіе зависѣло отъ причины, въ то время еще не выяснившейся,—отъ недостатка воды. Въ то же лѣто приступили къ опытамъ въ имѣніи Бредторпъ, Нюландской губерніи, барона Е. Гизингера, давшимъ слѣдующіе результаты: на участкахъ, подвергавшихся дѣйствію электрическихъ токовъ, дали плюсъ: пшеница 45%, ячмень 65%, овесъ 54%, картофель 24%, свекла 31%, малина 95% и рожь 10%, но къ опыту надъ рожью было приступлено поздно, когда уже началось колошеніе.

Опыты были возобновлены въ 1898 году.

На опытныхъ участкахъ была установлена изолированная проволочная сѣть такимъ образомъ: поля со всѣхъ сторонъ были окружены оцинкованной желѣзной проволокою въ $1^1/_2$ мм. толщины, поддерживаемой кольями, а къ ней на разстояніи $1^1/_4$ метра другъ отъ друга были придѣланы поперечныя проволоки $^1/_2$ мм. толщины, къ кольямъ проволока прикрѣплялась при помощи защищенныхъ эбонитовыхъ изоляторовъ.

На опытныхъ участкахъ въ 1899 году среднее увеличеніе урожая было: ячменя 23%, овса 29,7%, гороха 7,5%, сахарной свеклы 10,4%, картофеля 50%, моркови 37,5%, между тѣмъ, какъ капуста дала уменьшеніе урожая на 19,1%.

Въ слѣдующемъ 1900 году, на поляхъ, подвергавшихся электрическимъ токамъ, получалось увеличеніе урожая: ячменя 26,4%, гороха 55,7%, картофеля 17%, моркови 92,7%, сахарной свекловицы 42,2%, клеверныхъ сѣмянъ 13,4%, клевернаго сѣна 19,8%, бобовъ 33,3%, крыжовника 12,8%, клубники 88,7% и, наконецъ, озимыхъ хлѣбовъ—ржи 28,4% и озимой пшеницы 15,8%. На этихъ хлѣбахъ вліяніе электричества выразилось въ улучшеніи качества зерна, такъ что излишекъ въ пользу опытнаго поля составлялъ для I сорта зерна ржи 32,1%, а для того же сорта пшеницы 26,9%.

Въ 1899 году электрическая машина дѣйствовала днемъ, въ среднемъ, въ теченіе $6^1/_2$ часовъ, а лѣтомъ 1900 года ночью въ теченіе 10 часовъ. Вывода относительно зависимости прироста отъ продолжительности дѣйствія электричества не удалось сдѣлать. Но было замѣчено, что электрическіе токи дѣйствовали вредно на растенія во время сильнаго солнечнаго освѣщенія. Кромѣ этого, обнаружился интересный фактъ, что нѣкоторыя растенія, какъ морковь, капуста, дававшія раньше отрицательные результаты, обнаруживали весьма значительный приростъ въ томъ случаѣ, когда въ почвѣ находилось достаточное количество воды. Дѣйствіе электричества на растенія проф. Лемштремъ разъясняетъ такъ:

Если капиллярную трубку, надъ которой находится тонкое металлическое остріе, соединенное съ отрицательнымъ полюсомъ индукціонной машины, погрузить въ сосудъ съ водою, находящейся въ электрическомъ соединеніи съ землею, то черезъ нѣсколько моментовъ послѣ начала дѣйствія машины въ верхней части трубки покажутся капли воды. Вода, значитъ, поднялась вдоль сгѣнокъ трубки: количество поднявшейся воды—пропорціонально силѣ тока и обратно пропорціонально квадрату разстоянія острія отъ уровня воды въ трубкѣ. На основаніи этихъ явленій, можно заключить, что электрическій токъ, вызванный дѣйствіемъ индукціонной машины, положительный полюсъ которой соединенъ съ землею, направляется отъ нея чрезъ растенія къ остріямъ изолированной металлической сѣти, а оттуда къ отрицательному полюсу машины и вызываетъ тѣмъ самымъ поднятіе жидкостей и питательныхъ соковъ по капиллярнымъ сосудамъ растеній. Такимъ способомъ увеличивается энергія, съ которою совершается циркуляція растительныхъ соковъ.

Изъ лабораторныхъ опытовъ, кромѣ этого, выяснилось, что если соединить отрицательный полюсъ машины съ цинковой полосой внизу растеній, а проволочную сѣть съ

землею, то въ такомъ случаѣ положительный токъ при переходѣ отъ остріевъ сѣти черезъ воздухъ въ растенія вводитъ черезъ существующія отверстія въ ихъ капиллярные сосуды разнообразныя составныя части воздуха: кромѣ кислорода также азотъ, воду, углекислоту, озонъ, амміакъ и т. п.

Такимъ образомъ, дѣйствіе электричества на растенія можетъ быть сведено къ чисто механическимъ процессамъ: отрицательный токъ способствуетъ поднятію воды и растворенныхъ частей почвы отъ корней вверхъ, а положительный вводитъ въ растенія различныя части атмосферы.

Повидимому, электричество въ жизни растеній играетъ гораздо бо́льшую роль, чѣмъ предполагалось до сихъ поръ, вліяніе его должно быть повсемѣстное, но при большей наличности въ полярныхъ странахъ вліяніе его тамъ болѣе рѣзкое.

Изъ всѣхъ произведенныхъ опытовъ добыты пока нѣкоторыя положенія, которыя хотя и не обладаютъ еще достаточною степенью достовѣрности, все-таки имѣютъ значеніе:

1. Дѣйствительная величина процента прироста не могла быть точно опредѣлена для растеній, надъ которыми были произведены опыты, но мы близко подойдемъ къ минимальной величинѣ прироста, если примемъ ее равной 45% для поля средняго качества.

2. Чѣмъ лучше вспахано и обработано поле, тѣмъ значительнѣе % прироста. На тощихъ почвахъ онъ столь незначителенъ, что его не легко обнаружить.

3. Для нѣкоторыхъ растеній примѣненіе электричества не окупается, если таковыя не орошаются, но подвергнутыя орошенію—даютъ весьма высокіе проценты прироста. Къ такимъ растеніямъ, между прочимъ, принадлежатъ капуста, морковь и горохъ.

4. Электричество, дѣйствуя совмѣстно съ значительной солнечной теплотой, вредно вліяетъ на большинство и, весьма вѣроятно, на всѣ растенія; поэтому въ жаркіе солнечные дни дѣйствіе электричества должно быть прекращено къ полудню.

Итакъ мы видимъ много попытокъ, и попытокъ удачныхъ, примѣнить въ той или другой формѣ электричество къ культурѣ растеній; однако еще далеко не сказано послѣднее слово электрокультуры, и въ ней много есть вопросовъ темныхъ и требующихъ выясненія. Во всякомъ случаѣ это вопросы, заслуживающіе полнаго вниманія и тщательной разработки.

XV.

Электричество въ промышленности и техникѣ.

Въ одной изъ предыдущихъ главъ мы разсмотрѣли двѣ отрасли промышленности, имѣющія блестящую будущность и основанныя на свойствахъ электрическаго тока: электрохимію и электрометаллургію. И та и другая примѣняютъ для своихъ цѣлей исключительно электролизъ. Не одно, однако, разлагающее химическія соединенія дѣйствіе тока находитъ себѣ примѣненіе въ добывающей и обрабатывающей промышленности: имъ пользуются и какъ источникомъ для полученія высокой температуры, какъ двигательной силой и т. д. Къ разсмотрѣнію такихъ примѣненій электричества въ промышленности мы теперь и приступимъ.

А. Химическія производства и металлургія.

Прежде всего мы займемся изученіемъ примѣненія электрическаго тока съ цѣлью полученія высокихъ температуръ.

Электрическія печи.

Печи эти имѣютъ огромное значеніе для приготовленія карбида кальція—источника ацетилена, столь часто примѣняемаго теперь въ освѣщеніи. Эти же печи позволяютъ надѣяться на искусственное приготовленіе въ будущемъ брилліантовъ и другихъ драгоцѣнныхъ камней.

Дэви, открывшій вольтову дугу, первый же воспользовался высокой температурой, ею развиваемой, для электролитическаго добыванія натрія и калія изъ расплавленныхъ ѣдкихъ щелочей. Англійскій ученый Грове затѣмъ употреблялъ электрическій токъ для плавленія металловъ. Онъ помѣщалъ металлъ въ уго́льный тигель (рис. 382) C, плавающій въ ртутной ваннѣ H, и прикрывалъ его угольной же крышкой D. Посредствомъ электродовъ A и B вся система соединялась съ полюсами сильной батареи. Тигель раскаливался—и металлъ плавился. Такой способъ плавки металловъ, однако, не могъ имѣть техническаго примѣненія, ибо полученіе достаточной силы тока отъ гальваническихъ элементовъ обходится очень дорого; несмотря на это, въ 1853 году во Франціи Пишономъ была взята привилегія на техническую электрическую печь, которую съ полнымъ правомъ можно считать родоначальницей нынѣ принятыхъ печей Муассона и тому подобныхъ. Печь Пишона изображена на рис. 383. Смѣсь минерала (окиси или сѣрнистаго соединенія) или болѣе или менѣе чистаго металла съ углемъ въ видѣ довольно тонкаго порошка сыплютъ постоянной струей на электроды A, помѣщенные горизонтально внутри печи. Уголь сгораетъ, а расплавленный чистый металлъ собирается въ резервуарѣ R. Если затѣмъ предполагается производить отливку или вообще металлъ нуженъ въ жидкомъ состояніи, то R очагомъ G поддерживаютъ настолько нагрѣтымъ, чтобы металлъ въ немъ оставался расплавленнымъ.

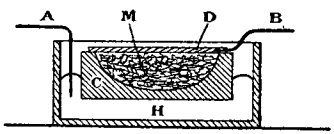


Рис. 382. Электрическая печь Грове.

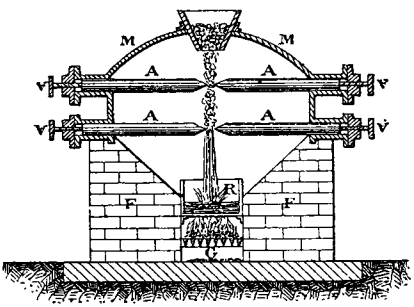


Рис. 383. Электрическая печь Пишона.

Нѣсколько позже Жаклену удалось въ пламени вольтовой дуги превратить алмазъ въ графитъ. Депрецъ началъ тотчасъ же опыты обратные, съ цѣлью превращенія угля въ алмазъ. Комбинируя въ одномъ и томъ же аппаратѣ вольтову дугу, водородо-кислородное пламя и солнечную теплоту, собранную двояковыпуклой чечевицей, ему, если и не удалось получить алмазовъ, то удалось плавить и испарять почти всѣ извѣстныя тѣла. Опыты свои Депрецъ повторялъ въ различныхъ газахъ и при различныхъ давленіяхъ, и надо сожалѣть только, что онъ совершенно не обращалъ вниманія на химическую сторону дѣла, не изучалъ происходящихъ въ этихъ условіяхъ реакцій, а исключительно занимался изслѣдованіемъ физическихъ при этомъ явленій.

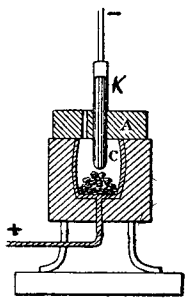


Рис. 384. Электрическая печь Сименса.

Между тѣмъ появились изслѣдованія Джоуля и сэра Томсона, касавшіяся теплотныхъ эффектовъ тока, появились динамо-машины — мощные источники дешеваго тока, и электрическія печи, значеніе которыхъ, какъ видно изъ вышеизложеннаго, давно было ясно, начали получать практическое примѣненіе. Изъ большого количества существующихъ въ настоящее время электрическихъ печей мы разсмотримъ, разумѣется, далеко не всѣ.

Въ лабораторной практикѣ первой получила примѣненіе печь В. Сименса (рис. 384). Она состоитъ изъ угольнаго тигля C, окруженнаго кускомъ мѣла или другого плохо проводящаго тепло матеріала. Сверху тигель покрывается крышкой изъ того же матеріала A. Тигель соединяется съ положительнымъ полюсомъ источника тока, а опущенный въ тигель сверху, сквозь крышку A, уголь K—съ отрицательнымъ. Длина вольтовой дуги въ этой печи регулируется автоматически при помощи электромагнитнаго регулятора, помѣщеннаго въ отвѣтвленіи.

Приближается къ типу печи Сименса плавильный тигель Геру, описанный нами при электролитѣ. Первой устроенной въ фабричныхъ размѣрахъ электрической печью является печь бр. Коульсовъ, но ее мы разсмотримъ ниже, разбирая способъ бр. Коульсовъ изготовленія алюминіевой бронзы.

Печь Борхерса, описанная имъ въ 1891 году, употреблялась имъ для полученія рѣдкихъ металловъ возстановленіемъ окисей ихъ углемъ. Печь эта изображена на рисункѣ 385. Возстановляемыя вещества въ этой печи помѣщаются въ полость А, окруженную неплавкими кирпичами В. Въ эту полость входятъ два угольныхъ стержня С, соединенныхъ съ источникомъ тока. Между собою угли соединяются тонкимъ стержнемъ с, сгорающимъ при пропусканіи тока.

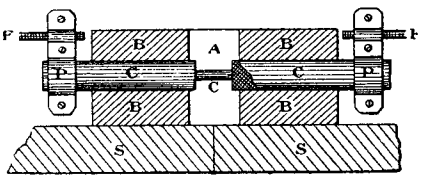
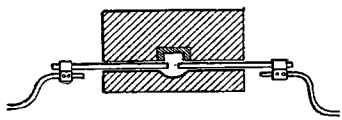
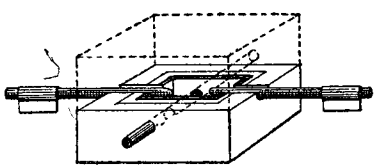


Рис. 385. Электрическая печь Борхерса.

Теперь мы переходимъ къ наиболѣе надѣлавшей шуму электрической печи Муассана, французскаго химика, не только давшаго много дѣйствительно интересныхъ и цѣнныхъ научныхъ работъ, но и не брезгающаго усиленно ихъ и свои изобрѣтенія рекламировать. Задачей въ своихъ изслѣдованіяхъ Муассанъ поставилъ полученіе при помощи вольтовой дуги насколько возможно болѣе высокихъ температуръ; вольтову дугу онъ взялъ, какъ обыкновенное, но съ очень высокой температурой пламя и, чтобы усилить ея дѣйствіе, прибѣгъ къ тѣмъ способамъ, которые всегда въ техникѣ употребляются для такихъ случаевъ, а именно устроилъ подобіе отражательной печи. Кромѣ того, онъ принялъ предосторожности, чтобы въ его печи не могъ итти электролизъ, а также чтобы продукты реакціи не загрязнялись продуктами сгоранія электродовъ.


Рис. 386. Печь Муассана въ первоначальномъ видѣ.

Первоначальная модель Муассановской печи состояла (рис. 386) изъ двухъ пластинъ изъ необожженной извести, сложенныхъ вмѣстѣ; въ нижней пластинѣ прорѣзаны канавки для электродовъ, а въ срединѣ выдолблена полость, служащая тиглемъ. Вещество, подвергающееся дѣйствію высокой температуры, помѣщалось либо непосредственно въ эту полость, либо въ небольшомъ вставляемомъ въ нее графитовомъ тиглѣ. Матеріалъ для печи былъ выбранъ Муассаномъ особенно удачно: при толщинѣ пластинъ всего въ нѣсколько сантиметровъ, во время полной работы печи её сверху и снизу можно трогать руками—настолько мала проводимость тепла ея стѣнокъ. Это, а также расположеніе углей надъ обрабатываемымъ веществомъ, такъ что объ электролизѣ не можетъ быть и рѣчи, позволило Муассану уже въ первой своей печи достигнуть температуры въ 3500° по Ц.


Рис. 387. Печь Муассана постояннаго дѣйствія.

При продолжительномъ пользованіи при 3000° и выше известь плавится и съ углемъ образуетъ особыя соединенія—карбиды; чтобы избѣжать этого, Муассанъ нѣсколько усложнилъ свою печь и сталъ ее дѣлать, какъ она представлена на рис. 387. Печь эта также состоитъ изъ двухъ кусковъ известковаго камня (изъ обожженной извести трудно приготовить нужнаго размѣра плиты), но полость въ нижней плитѣ дѣлается значительно больше и затѣмъ она устилается попеременными слоями магнезита и графита. Съ плитой всегда соприкасается слой магнезита, а снаружи полости всегда находится слой графита. Электроды устроены и проложены и въ этой печи, какъ въ предыдущей, но, кромѣ отверстія для нихъ, въ нижней плитѣ продалбливается еще сквозное, перпендикулярное направленію электродовъ, отверстіе, и въ него вставляется трубка, служащая для вывода изъ печи газовъ, въ случаѣ опасенія, что образующіеся газы могутъ вступать въ печи въ реакцію съ получаемымъ продуктомъ.

Продѣлавъ только-что описанный каналъ не горизонтально, а подъ угломъ въ 30°, мы получимъ печь постояннаго дѣйствія. Сверху въ этотъ каналъ можно засыпать обрабатываемый матеріалъ, а снизу будетъ вытекать расплавленная масса получаемаго продукта.

Электроды дѣлаются, конечно, подвижными, и, такимъ образомъ, является возможность регулировать силу накаливанія.

Температура такой печи возрастаетъ съ увеличеніемъ силы тока. Размѣры печи и электродовъ должны быть, понятно, тѣмъ больше, чѣмъ больше сила тока и выше достигаемая въ печи температура. При первоначальныхъ опытахъ Муассонъ употреблялъ токъ силою въ 30 амперъ и напряженіемъ въ 55 вольтъ и достигалъ въ своей печи температуры въ 2250°; затѣмъ ему удалось получить токъ бо̀льшей силы, и при силѣ въ 100 амперъ и напряженіи въ 45 вольтъ температура печи была около 3000°, а при 450 амперахъ и 70 вольтахъ—выше 3500°.

При помощи печи Муассана плавятся всѣ извѣстныя вещества, за исключеніемъ полученныхъ впервые въ электрической же печи соединеній съ углеродомъ бора, кремнія и нѣкоторыхъ металловъ.

Намъ остается разсмотрѣть еще нѣсколько электрическихъ печей большого заводскаго размѣра.

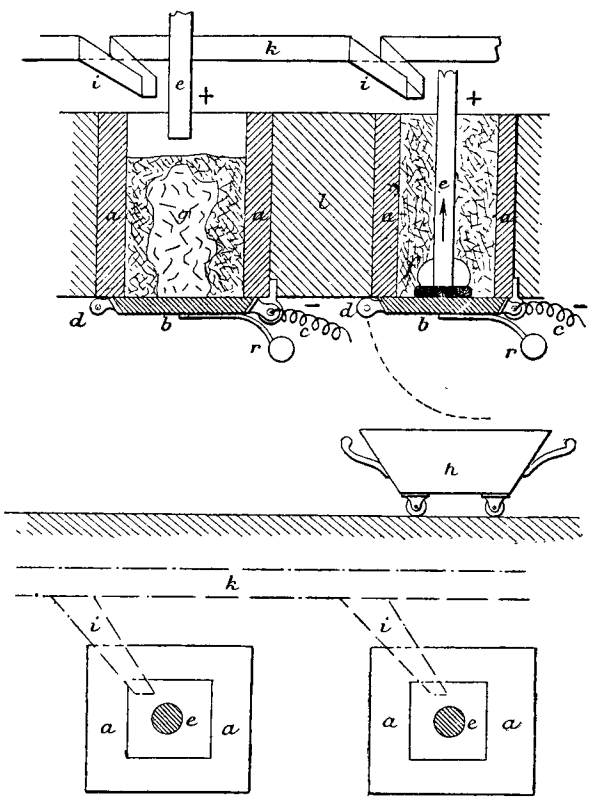


Рис. 388 и 389. Печь Бюлье.

Рис. 388 и 389 представляютъ продольный разрѣзъ и планъ серіи электрическихъ печей Бюлье. Стѣнки этихъ печей *a* сдѣланы изъ огнеупорнаго матеріала, подвижныя днища *b*—изъ графита. Днища эти удерживаются запертыми противовѣсами r и задвижками d и, будучи соединены съ отрицательнымъ полюсомъ динамо-машины, служатъ однимъ изъ электродовъ. Вторымъ электродомъ являются угольные стержни *e*. Послѣ окончанія операціи въ такой печи (напр., послѣ того, какъ помѣщенная въ печи смѣсь угля и извести даетъ карбидъ кальція) угли *e* приподнимаются, откидываются по очереди дверцы b и полученный продуктъ выпадаетъ въ подвозимую внизу тачку h. Для новой нагрузки печей служитъ жолобъ k со спускомъ къ каждой печи i. Выгрузка и нагрузка слѣдуютъ такъ быстро другъ за другомъ и занимаютъ настолько мало времени, что печь не успѣваетъ остыть, и ея теплота не пропадаетъ даромъ. Описанныя печи, при помощи покатаго, не открывающагося дна и боковыхъ отверстій, не трудно сдѣлать печами постояннаго дѣйствія.

Въ Америкѣ на заводѣ карбида Вильсона, пользующагося, какъ источникомъ движущей силы для динамо-машинъ, паденіемъ Ніагары, примѣняются печи Морехеда, Шальмо и Кинга, изображенныя въ разрѣзѣ на рис. 390. Тигель помѣщается на движущейся по рельсамъ телѣжкѣ *a*, такъ что по окончаніи операціи телѣжка тотчасъ же выдвигается,

тигель замѣняется новымъ и снова вдвигается въ печь. Для вывоза изъ печи телѣжки служитъ желѣзная дверь c, во время работы плотно закрытая. Выдѣляющіеся при реакціи газы выводятся изъ печи черезъ u и v. Телѣжка *a* во все время нагрѣванія посредствомъ прута *g* автоматически снаружи печи приводится въ возвратное колебательное движеніе; движеніе это перемѣшиваетъ помѣщенные въ тиглѣ матеріалы и мѣняетъ нѣсколько направленіе прохожденія черезъ матеріалъ вольтовой дуги.

Питаніе тигля производится автоматически посредствомъ каналовъ *e e* съ вращающимися черпаками f, скорость вращенія которыхъ регулируетъ подачу матеріала.

Верхній электродъ составляютъ 12 угольныхъ стержней, обернутыхъ желѣзной рубашкой b и подвѣшенныхъ къ зажиму m n, помѣщенному внизу стержня l—въ серединѣ мѣднаго, а снаружи желѣзнаго. Такое устройство стержня обусловливаетъ его хорошую проводимость при стойкости къ высокой температурѣ; температура эта вокругъ стержня при

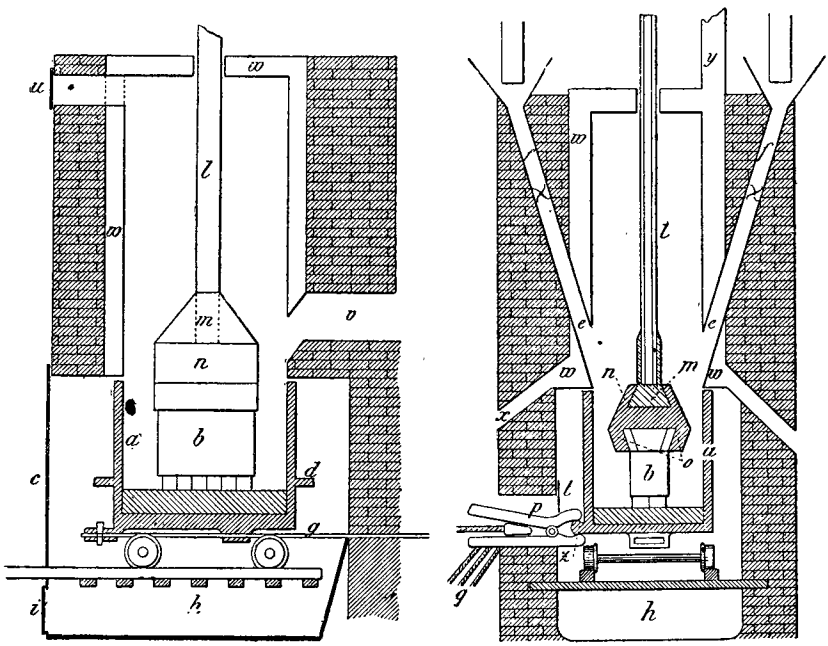


Рис. 390. Печь Кинга.

томъ же умѣряется воздушными каналами w, въ которые черезъ *x* входитъ холодный воздухъ, а черезъ *y* выходитъ горячій.

Во всѣхъ описанныхъ нами печахъ нагрѣваніе производится исключительно вольтовой дугой, но уже Крамптонъ въ 1889 году предложилъ для сокращенія расходовъ на электрическую энергію нагрѣвать сначала обрабатываемый матеріалъ обыкновеннымъ путемъ.

Печь Рауля Пиктэ (рис. 391) преслѣдуетъ точно такую же задачу. Вольтова дуга образуется между горизонтальными углями CC внизу тигля. Матеріалъ (для карбида кальція, напр., смѣсь угля и извести) въ тигель насыпается сверху и постепенно опускается внизъ, нагрѣваясь въ три пріема, сначала продуваніемъ черезъ A накаленнаго воздуха (часть угля горитъ и температура поднимается до 2000°), затѣмъ водородо-кислороднымъ пламенемъ изъ B (нагрѣваніе до 2300°) и, наконецъ, уже вольтовой дугой до 3000°—3500°. Продуктъ реакціи черезъ центральное отверстіе въ огнеупорной діафрагмѣ G поступаетъ въ камеру J, а изъ нея выводится въ H черезъ каналъ F.

На этомъ мы покончимъ общее описаніе электрическихъ печей и теперь покажемъ нѣкоторыя изъ ихъ примѣненій, при чемъ разберемъ и формы печей, примѣняющихся въ извѣстныхъ частныхъ случаяхъ.

Самое важное примѣненіе электрическія печи имѣютъ въ изготовленіи алюминіевой бронзы и карбида кальція.

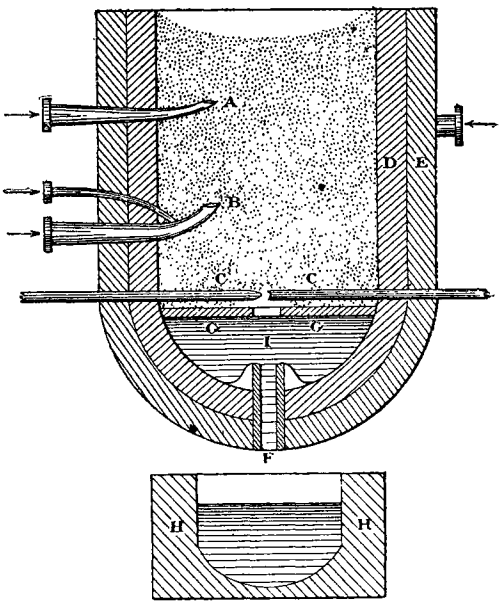


Рис. 391. Печь Пиктэ.

Алюминіевая бронза.

Съ изготовленіемъ ея по способу Геру мы познакомились въ главѣ объ электролизѣ. Еще въ болѣе значительныхъ размѣрахъ готовятъ этотъ сплавъ способомъ, также нами упоминавшимся, бр. Коульсовъ. Токъ при этомъ способѣ употребляется не непосредственно для выдѣленія алюминія изъ его соединеній, а для нагрѣванія смѣси глины съ углемъ до такой температуры, при которой уголь дѣйствуетъ на глиноземъ раскисляющимъ образомъ и выдѣляетъ металлическій алюминій. Обыкновенно нагрѣвается смѣсь глинозема, угля и мѣди, и потому конечнымъ продуктомъ получается алюминіевая бронза. Рис. 392 изображаетъ электрическую печь бр. Коульсовъ; она сдѣлана изъ огнеупорнаго матеріала; съ боковъ внутрь проходятъ двѣ наклонныя трубки R, черезъ которыя просовываютъ толстые угольные стержни E. Концы ихъ сближаются настолько, чтобы между ними проходила вольтова дуга. Подъ печи набивается древеснымъ углемъ, а затѣмъ печь наполняютъ нужнаго состава смѣсью, закрывается чугунной крышкой съ отверстіями для выхода газовъ, и затѣмъ пропускается токъ силою до 5 тысячъ амперъ. Смѣсь разогрѣвается, происходитъ возстановленіе алюминія и его сплавленіе съ мѣдью, и черезъ 1—2 часа уже готовую расплавленную массу бронзы выпускаютъ черезъ особое очко.

Обыкновенно, устроенъ рядъ печей, и пока одна работаетъ, другія разгружаются, остываютъ и снова нагружаются. Токъ переводится отъ одной печи къ другой. Рис. 393 представляетъ группу печей бр. Коульсовъ на американскомъ заводѣ въ Локпортѣ, пользующемся водяною силой для вращенія динамо-машинъ.

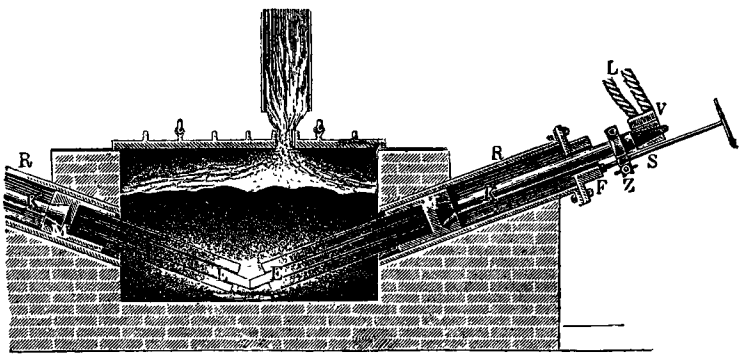


Рис. 392. Печь бр. Коульсовъ для полученія алюминіевой бронзы.

Кромѣ приготовленія алюминіевой бронзы подобный же способъ служитъ также для выдѣлки сплава алюминія съ желѣзомъ—такъ называемаго ферро-алюминія, который имѣетъ примѣненіе въ чугуноплавильномъ дѣлѣ.

Алюминіевую бронзу упоминавшійся нами Локпортскій заводъ готовитъ съ высокимъ, въ 15 — 20%, содержаніемъ алюминія. Такая бронза въ техникѣ примѣненія не имѣетъ, а потому ее еще разъ переплавляютъ съ добавкой нужнаго количества мѣди

Производство алюминіевой бронзы имѣетъ довольно значительное распространеніе, такъ какъ матеріалъ этотъ отличается крѣпостью, вязкостью и прочностью по отношенію къ химическимъ реагентамъ. 10%-ная бронза имѣетъ крѣпость литой стали.

Хромъ.

Наиболѣе распространеннымъ способомъ полученія этого металла является возстановленіе окиси хрома углемъ. Смѣсь изъ окиси хрома и 45% древесноугольнаго порошка накаливается въ тиглѣ въ регенеративной печи. Продуктъ получается въ видѣ порошка, содержащаго углеродъ, частью примѣшанный механически, а частью связанный химически, такъ какъ температура плавленія хрома не достигается даже въ лучшихъ печахъ.

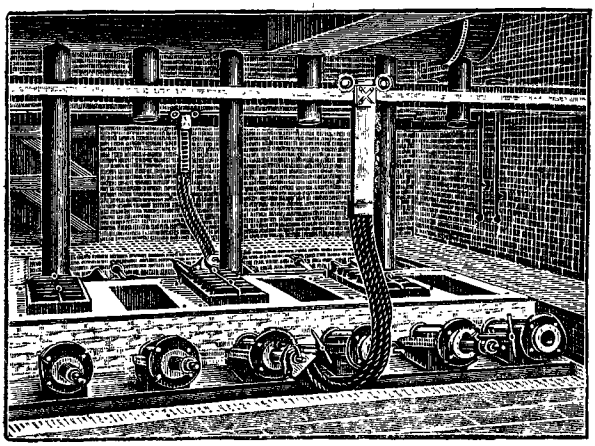


Рис. 393. Группа печей по системѣ бр. Коульсовъ.

Для полученія хрома въ расплавленномъ видѣ возстановленіе хромовой руды приходится вести въ электрическихъ печахъ. Для этой цѣли была примѣнена впервые вышеописанная печь Борхерса. При избыткѣ угля (а его всегда будетъ избытокъ) и здѣсь получается хромъ съ примѣсью карбида. Такой не чистый металлъ плавятъ въ электрической печи второй разъ, прибавляя окиси хрома (чистой) столько, сколько требуетъ слѣдующее уравненіе: $3Cr_3C + Cr_2O_4 = 11\,Cr + 3CO$. Углеродъ, такимъ образомъ, окисляется въ окись углерода, а весь хромъ выдѣляется въ металлическомъ видѣ.

Карбидъ кальція.

Муассонъ и нѣкоторые другіе химики изслѣдовали взаимодѣйствіе различнаго рода металловъ и угля при температурѣ вольтовой дуги въ электрическихъ печахъ. Золото, висмутъ и олово вовсе не растворяютъ угля въ этихъ условіяхъ. Мѣдь, серебро, платина и платиновые металлы хотя и растворяютъ его, но вполнѣ или въ большей части выдѣляютъ при охлажденіи и не даютъ опредѣленныхъ съ углемъ кристаллическихъ соединеній. Большинство остальныхъ металловъ при температурѣ электрической печи вступаетъ съ углеродомъ въ соединеніе и даютъ опредѣленнаго состава кристаллическія тѣла,—такъ называемые, карбиды. Большинство карбидовъ (карбиды калія, натрія, литія, кальція, барія, стронція, аммонія, магнія, урана и металловъ церитовой группы) при этомъ разлагается водою съ образованіемъ на счетъ водорода воды и углерода карбидовъ различнаго рода углеводородовъ. Меньшая часть карбидовъ (карбиды молибдена, хрома, кремнія, цирконія, ваннадія) водой не разлагается.

Громадная освѣтительная способность ацетилена, углеводорода состава C_2H_2, была извѣстна давно, но не было способа полученія этого газа въ сколько-нибудь значительныхъ количествахъ. Оказалось, что онъ получается при разложеніи водой карбидовъ литія, кальція, стронція и барія. Литій при этомъ даетъ изъ одного килограмма карбида 587 литровъ ацетилена. Къ сожалѣнію, литій дорогъ, и карбидъ его не можетъ имѣть примѣненія въ техникѣ. Зато недорого можетъ быть приготовленъ карбидъ кальція, дающій съ водой хотя и меньше, но все же большія количества ацетилена. Карбидъ кальція и является теперь единственнымъ изъ всѣхъ карбидовъ, изготовляемыхъ заводскимъ путемъ въ громадныхъ размѣрахъ.

Готовятъ его взаимодѣйствіемъ угля и необожженной извести при температурѣ вольтовой дуги. Реакція образованія можетъ быть выражена уравненіемъ:

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$

известь углеродъ карбидъ окись углерода

Реакція эта эндотермическая, т.-е. идетъ съ поглощеніемъ тепла (разсчитывая на аморфный уголь, она поглощаетъ 0,65 калорій), почему и приходится прибѣгать къ внесенію энергіи въ видѣ теплоты, развиваемой вольтовой дугой.

Для полученія карбида кальція пользуются печами въ родѣ описанныхъ нами выше (Муассана, Бюлье, Кинга и т. п.) или, еще чаще, печей Геру, къ описанію которыхъ мы приступимъ нѣсколько ниже. Матеріалами для изготовленія карбида кальція служатъ, какъ мы уже говорили, негашенная известь и уголь. Качество извести и угля для изготовленія высокосортнаго карбида, дающаго большой выходъ ацетилена и при томъ возможно мало загрязненнаго разными примѣсями, играетъ большую роль: известь должна содержать не менѣе 95% CaO, а уголь слѣдуетъ употреблять въ видѣ кокса, не содержащаго выше 5—7% золы. Особенно вредными примѣсями считаются магнезія (если ея 2,5% или больше, образованіе карбида идетъ съ большимъ трудомъ) и фосфорнокислый кальцій (онъ даетъ соединенія, разлагаемыя водой, съ выдѣленіемъ весьма ядовитаго фосфористаго водорода). Матеріалы въ электрическую печь, въ особенности уголь, должны поступать въ сильно раздробленномъ состояніи.

Очень интереснымъ съ практической стороны является вопросъ о томъ, какое количество электрической энергіи надо издержать для изготовленія опредѣленнаго вѣса карбида кальція.

Теоретическія соображенія, которыя, къ сожалѣнію, мы не находимъ возможности здѣсь разбирать, приводятъ къ выводу, что для полученія одного килограмма карбида кальція надо издержать 2453,18 калоріи.

Электрическая сила-часъ, по теоретическимъ вычисленіямъ, можетъ дать 637 калорій; для того, чтобы получить 1 килогр. карбида кальція, надо, такимъ образомъ, затратить $\frac{2453.18}{637} = 3{,}84$ электрическихъ силы-часа или около 3 килоуаттовъ.

Практика показываетъ, что въ дѣйствительности на изготовленіе килограмма карбида приходится затрачивать значительно бо́льшее количество электрической энергіи, до 4,5 килоуатта и даже больше. Происходитъ это отъ различнаго рода потерь энергіи при превращеніи изъ электрической въ тепловую, отъ лучеиспусканія и т. д. и т. д. Чѣмъ совершеннѣе электрическая печь, тѣмъ ближе расходъ энергіи въ ней долженъ подходить къ вычисленному теоретически. Съ этой точки зрѣнія должна и производиться оцѣнка печей различной конструкціи.

Кромѣ описанныхъ нами уже выше печей, мы остановимся еще на одной печи, именно на принятой французскимъ карбиднымъ заводомъ въ Фрожѣ. Эта печь (система Геру) состоитъ изъ четырехграннаго куска графита *a* размѣрами 1,8×1,5×1,5 метр. (рис. 394). Снаружи она имѣетъ чугунную оболочку A, а внутри кубическое углубленіе *b*. Это углубленіе боковыми каналами соединяется съ отверстіями для заряженія E и для

выгрузки готоваго карбида B. Вся печь *a* изолирована отъ земли изображенными на рисункѣ колесиками. Кабели I G отъ отрицательнаго полюса прикрѣплены въ *f f*, къ задней стѣнкѣ печки. Положительнымъ электродомъ является угольный брусокъ, 20×20 сант. въ разрѣзѣ, захваченный четырьмя лапками зажима M, верхняя часть котораго L соединена проводами N съ положительнымъ полюсомъ динамо-машины. Посредствомъ винта P, гайки T и передачи SRVZ положительный электродъ можетъ быть поднимаемъ и опускаемъ.

Работа въ этой печи ведется очень просто: одинъ рабочій прежде всего наполняетъ углубленіе *g* черезъ отверстіе E смѣсью извести и кокса въ пропорціи 1: 0,65; затѣмъ другой рабочій, помѣщающійся за слюдянымъ экраномъ H и имѣющій передъ глазами вольтметръ и амперометръ, опускаетъ электродъ D возможно ниже и затѣмъ, пустивъ токъ, поднимаетъ его, пока не образуется нужной силы вольтова дуга между нимъ и заложеннымъ въ печь матеріаломъ. Рабочій регулируетъ положеніе угля D, руководясь показаніемъ измѣрительныхъ иструментовъ, а о ходѣ реакціи судитъ по величинѣ и окраскѣ пламени, которое, какъ только масса раскалится, вырывается черезъ отверстіе E. Когда рабочій, слѣдящій за ходомъ реакціи, найдетъ, что она близка къ концу, онъ приказываетъ выпустить черезъ B расплавленный карбидъ въ C, а черезъ E всыпать въ печку новый зарядъ. Тока при этихъ операціяхъ не прерываютъ. Заряженіе печи производятъ приблизительно каждыя 40 минутъ. Ежедневно (24 ч. работы) каждая такая печка производитъ около 300 килогр. карбида. Сама печь служитъ достаточно долго, но очень скоро сгораютъ положительные электроды, и ихъ часто приходится замѣнять новыми.

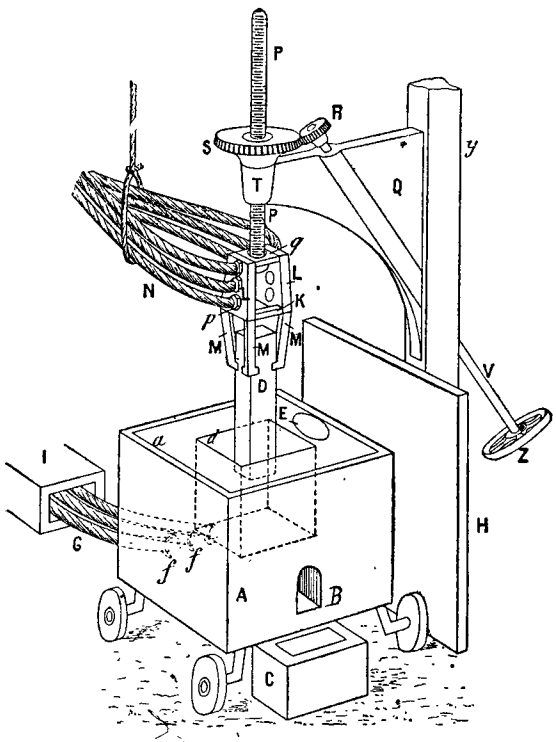


Рис. 394. Печь Геру.

На описываемомъ нами заводѣ въ Фрожѣ (это заводъ Электрометаллургическаго Общества изготовленія алюминія по способу Геру), на каждыя три описанныя печи, двѣ находятся въ работѣ, а третья въ исправленіи. Каждую серію печей обслуживаетъ отдѣльная динамо. Сила тока 6.000 амперъ, напряженіе 60 вольтъ.

Карборундъ.

Изъ другихъ карбидовъ имѣетъ довольно большое значеніе карбидъ кремнія CSi, или, такъ называемый, карборундъ, полученный почти одновременно (1891) Мюльгейзеромъ и Атчесономъ въ С.-А. С. Штатахъ и Муассаномъ во Франціи. Карборундъ получается возстановленіемъ кремнезема углемъ въ электрической печи при температурѣ около 2.500 °. При этомъ обыкновенно берутъ смѣсь угля, поваренной соли и кремнезема ($Si\,O_2$). Очищая полученную массу кислотами и отмывая водою, получаютъ карборундъ въ видѣ прозрачныхъ, блестящихъ зеренъ зеленоватаго цвѣта, обладающихъ весьма

большой твердостью, а потому нашедшихъ себѣ примѣненіе для полировки твердѣйшихъ видовъ стали и камней. Въ краснокалильномъ жарѣ карборундъ не измѣняется и не горитъ и вообще по свойствамъ приближается къ алмазу.

Искусственные рубины.

Электрическую печь пробовали, да и теперь эти пробы продолжаются, примѣнять къ искусственному изготовленію драгоцѣнныхъ камней, преимущественно рубиновъ и алмазовъ. Рубинъ или яхонтъ представляетъ собою кристаллическій глиноземъ Al_2O_3, окрашенный въ красный цвѣтъ, повидимому, какими-то солями хрома, а, можетъ быть, хрома и желѣза. Искусственные рубины довольно крупныхъ размѣровъ удалось получить французскому химику Фреми продолжительнымъ накаливаніемъ глинозема съ хлористымъ кальціемъ и слѣдами солей хрома.

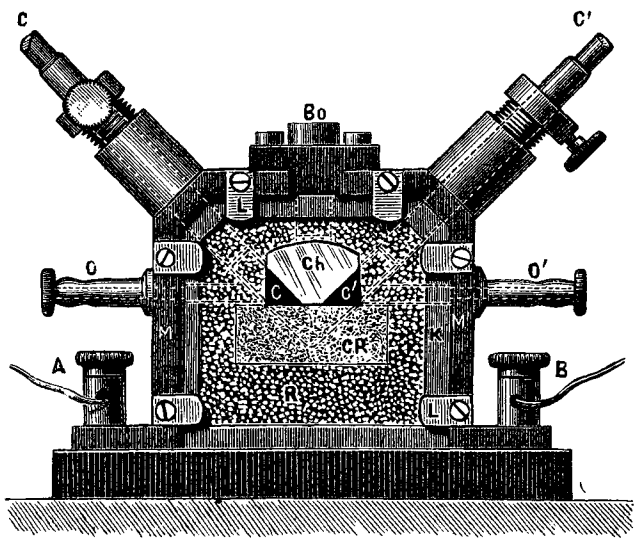


Рис. 395. Электрическая печь Дюкретэ.

Для полученія рубиновъ, но, правда, очень мелкихъ, хороша электрическая печь Дюкретэ (рис. 395). Внутрь огнеупорной набивки CR ставится тигель, нагрѣваемый вольтовой дугой между двумя угольными стержнями C и C', наклоненными одинъ къ другому подъ угломъ въ 90° и способными перемѣщаться по оси. Приборъ заключается въ металлическую оправу и монтируется на аспидной плитѣ. Въ передней и задней стѣнкахъ оправы оставляются отверстія для наблюденія за ходомъ реакцій, закрывающіяся ширмами изъ слюдяныхъ пластинокъ съ азбестовыми прокладками. Трубки съ отверстіями O O' служатъ для циркуляціи въ печи газовъ, а черезъ Bo производится засыпка въ тигель матеріала. A и B, наконецъ, борны для введенія печи въ электрическую цѣпь. Для изготовленія рубиновъ достаточенъ токъ въ 12 амперъ и 35 вольтъ.

Искусственное полученіе алмазовъ.

Дѣлаютъ попытки искусственнаго полученія алмазовъ. Наиболѣе благопріятные результаты получилъ Муассонъ. Въ электрической печи онъ растворялъ уголь, получаемый обжиганіемъ сахара въ расплавленномъ желѣзѣ, а затѣмъ расплавленную массу подвергалъ быстрому охлажденію съ поверхности. При этомъ внутри слитка получалось весьма высокое давленіе, и подъ его вліяніемъ выдѣляющійся углеродъ выкристаллизовывался въ видѣ алмаза. Чтобы отдѣлить эти алмазы отъ окружающаго желѣза, слитокъ обрабатывается кислотой. Желѣзо растворяется, а алмазы остаются нетронутыми. Размѣры отдѣльныхъ кристалликовъ такимъ образомъ полученныхъ алмазовъ не превосходятъ, однако, въ поперечникѣ $^1/_2$ мм. До бриллiантовъ, годныхъ въ огранку, конечно, еще далеко, но есть полное основаніе думать, что, увеличивая давленіе и повышая температуру, со временемъ удастся получить алмазы и болѣе крупные.

Электрическая сварка и спайка.

Электрическій токъ даетъ возможность вызывать мѣстное, ограниченное нагрѣваніе металла до плавленія, достигая этого настолько быстро, что остальной металлъ еще не успѣваетъ сильно прогрѣться. Этимъ свойствомъ электрическаго нагрѣванія пользуются для сварки металловъ, при чемъ различаютъ два способа сварки: при первомъ теплота развивается вольтовой дугой, которую заставляютъ дѣйствовать на соединяемое мѣсто (это то, что часто называютъ электрической спайкой); при второмъ токъ пропускается непосредственно черезъ соединяемыя металлическія части, при чемъ одну изъ нихъ соединяютъ съ отрицательнымъ полюсомъ, а другую съ положительнымъ, при складываніи такихъ металлическихъ кусковъ въ мѣстахъ ихъ соприкосновенія не имѣется полнаго контакта,—отсюда большое сопротивленіе току и развитіе высокой температуры.

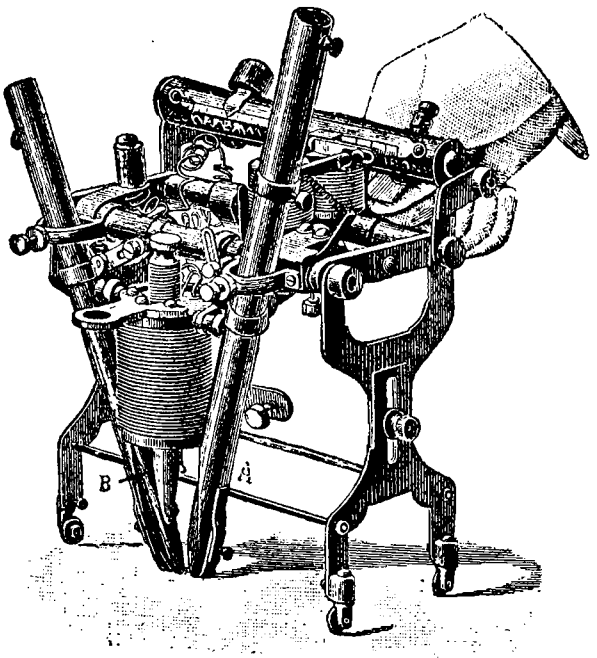


Рис. 396. Электрическій паяльникъ Коффина.

Первый способъ въ чистомъ видѣ примѣненъ къ дѣлу американцемъ Коффиномъ, устроившимъ для электрическаго спаиванія приборъ, изображенный на рис. 396 и 397. Принципъ устройства прибора заключается въ томъ, что получаютъ между двумя (рис. 396) A B или большимъ количествомъ (рис. 397) a, в, c и d углей вольтову дугу и дѣйствуютъ ею на спаиваемое мѣсто. Для того, чтобы лучше направлять дугу на спаиваемое мѣсто, пользуются явленіемъ, происходящимъ съ вольтовой дугой подъ дѣйствіемъ сильнаго магнита: если приблизить къ вольтовой дугѣ полюсъ магнита или электромагнита, то она отталкивается.

Приборъ Коффина, изображенный на рис. 396, предлагается спеціально для спайки желѣзныхъ обручей. Оба угля, A и B, стоятъ наклонно одинъ къ другому и въ нужномъ положеніи поддерживаются регуляторомъ въ родѣ ламповаго. Сильный электромагнитъ, легко при томъ же управляемый, служитъ для отклоненія дуги внизъ на свариваемый обручъ.

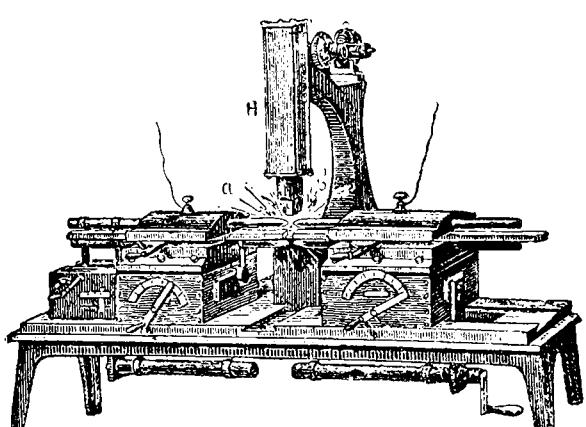


Рис. 397. Электрическій сварочный станокъ.

Приборъ, изображенный на рис. 397, предназначается для спаиваній предметовъ значительно болѣе толстыхъ. По достиженіи требуемаго нагрѣванія свариваемыхъ мѣстъ угли разводятся, а мѣсто соединенія проковывается электрическимъ молотомъ H.

По второму способу производится сварка металловъ, выработанная извѣстнымъ американскимъ электрикомъ Эригомъ Томсономъ. Двѣ металлическія части приводятся въ соприкосновеніе, и затѣмъ, пропуская черезъ нихъ токъ, сильно сжимаютъ ихъ. Происходитъ свариваніе, но при полномъ ли плавленіи металловъ или только при ихъ размягченіи—не выяснено. Томсонъ для своихъ работъ пользуется перемѣннымъ токомъ отъ динамо-машины, дающей токъ въ 20 амперъ и 60 вольтъ, но токъ этотъ затѣмъ трансформируется въ токъ большой силы и весьма слабаго напряженія (1 вольтъ) При такой силѣ тока оказалось возможнымъ сваривать желѣзные стержни въ 50 мм. діаметромъ менѣе чѣмъ въ одну минуту.

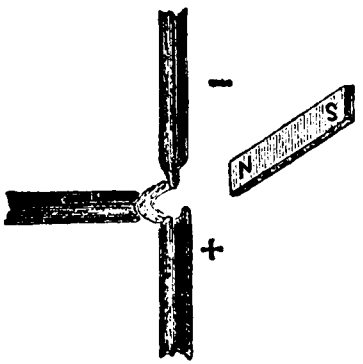


Рис. 398. Отталкиваніе вольтовой дуги магнитомъ.

Среднимъ, между описанными нами способами, является способъ спайки металловъ, выработанный нашимъ соотечественникомъ Н. Бенардосомъ. Способъ его состоитъ въ томъ, что между соединяемыми металлическими частями и угольной палочкой, играющей роль паяльника, заставляютъ образоваться вольтову дугу и дѣйствуютъ ею на соединяемыя мѣста. Сильная теплота дуги сплавляетъ кромки соприкасающихся мѣстъ и соединяетъ оба куска. Спаиваемый предметъ помѣщаютъ на чугунную наковальню или берутъ въ тиски, соединяемыя съ отрицательнымъ полюсомъ динамо-машины или аккумуляторной батареи, а положительный полюсъ соединяется гибкимъ изолированнымъ проводникомъ съ угольной палочкой, вставленной въ деревянную ручку съ деревяннымъ же экраномъ, защищающимъ руку рабочаго отъ ожоговъ. Прикоснувшись конусомъ этой палочки къ соединенному съ генераторомъ тока предмету и удаляя ее отъ послѣдняго на нѣсколько миллиметровъ, образуютъ вольтову дугу, которую затѣмъ передвигаютъ соотвѣтственнымъ образомъ по соединяемому мѣсту. Чтобы можно было слѣдить за ходомъ работы, рабочій прикрываетъ глаза щиткомъ изъ темнаго стекла (рис. 399).

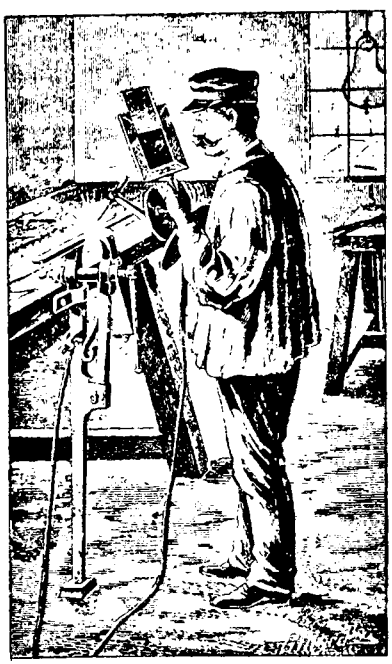


Рис. 399. Электрическое спаиваніе.

По способу Бенардоса, названному изобрѣтателемъ электрогефестомъ, можно производить слѣдующаго рода работы: заливаніе раковинъ, пузырей, трещинъ и т. п., приливаніе отломанныхъ или неудачно отлитыхъ частей, исправленіе изношенныхъ металлическихъ поверхностей, наливаніе слоя металла на другой металлъ, электропаяніе сосудовъ, резервуаровъ и вообще всякаго рода издѣлій изъ желѣзныхъ листовъ, всякаго рода электросварпваніе металловъ, обладающихъ способностью свариваться, электроразрѣзаніе и отрѣзаніе металловъ, нарѣзаніе металловъ для закалки, отжига и т. д.

За генераторъ тока для электрогефеста можно брать, какъ мы говорили, динамомашину или аккумуляторную батарею. Въ виду того, что при электропаяніи постоянно приходится то образовывать вольтову дугу, то, отодвигая паяльникъ, ее гасить а, слѣдовательно, переходить отъ тока большой силы быстро до нуля и обратно, понятно, что динамомашина является источникомъ тока не особенно удобнымъ, такъ какъ быстрыя и сильныя

колебанія нагрузки не могутъ не отозваться весьма вредно на ея долговѣчности. Поэтому для электрогефеста приходится пользоваться предпочтительно аккумуляторами, слѣдя только за тѣмъ, чтобы замыканіе на короткую цѣпь между углемъ и свариваемымъ предметомъ, необходимое для образованія вольтовой дуги, происходило на одно мгновеніе.

Качество электрической спайки не особенно высокое: вольтова дуга измѣняетъ строеніе нагрѣтаго желѣза, и крѣпость металла около спайки оказывается значительно меньшей, чѣмъ на нетронутыхъ частяхъ.

Существуетъ и еще одинъ способъ электрическаго свариванія металловъ, способъ инженера Славянова. Способъ этотъ предназначается, главнымъ образомъ, для наливанія расплавленнаго токомъ металла на какую-нибудь металлическую поверхность или приливаніе недостающихъ частей, при чемъ можно приливать какъ однородный металлъ, такъ и всякій другой. Изъ предназначаемаго для расплавки металла приготовляютъ стержни различнаго діаметра, смотря по силѣ тока, какимъ располагаютъ; таніе стержни расплавляются въ особомъ автоматическомъ регуляторѣ, который подвѣшивается надъ наплавляемымъ или чинимымъ предметомъ. На послѣднемъ, гдѣ надо, формуется нужнаго вида плоская форма, въ которую затѣмъ изъ регулятора и стекаетъ расплавляемый металлъ. Одинъ полюсъ источника тока соединяютъ съ регуляторомъ, а другой съ самимъ предметомъ. Передъ началомъ операціи предметъ нагрѣваютъ до болѣе или менѣе высокой температуры. При замыканіи тока между предметомъ и расплавляемымъ стержнемъ появляется вольтова дуга, подъ дѣйствіемъ которой стержень плавится, расплавляетъ металлъ, наполняетъ форму и приваривается къ предмету.

Славяновъ источникомъ тока бралъ динамо-машину, спеціально для этой цѣли имъ построенную. Машина эта имѣетъ якорь по типу Грамма изъ мѣдныхъ неизолированныхъ полосъ и даетъ токъ въ 200—500 амперъ при 50—60 вольтъ.

Во всемъ вышеописанномъ мы имѣли случаи пользованія электрическимъ токомъ для достиженія высокой температуры. Намъ остается привести нѣсколько примѣровъ пользованія электрическимъ токомъ для ускоренія хода нѣкоторыхъ химическихъ реакцій, для усиленія дѣйствія нѣкоторыхъ реагентовъ и т. п. Слѣдуетъ сейчасъ же прибавить къ этому, что роль электрическаго тока во многихъ подобныхъ процессахъ не выяснена и кое-гдѣ, можетъ быть, въ концѣ концовъ ее удастся свести къ электролизу.

Дубленіе кожъ.

Дубленіемъ, какъ извѣстно, называютъ пропитываніе шкуры животныхъ, или «сырой кожи», различными веществами, посредствомъ которыхъ шкура, сохраняя гибкость, крѣпость и мягкость, пріобрѣтаетъ способность противостоять гніенію, т.-е. превращается въ обработанную кожу. Наиболѣе обыкновеннымъ способомъ дубленія является пропитываніе кожи растительными дубильными веществами. Сущность происходящаго при этомъ процесса, несмотря на то, что дубленіе извѣстно и примѣняется съ незапамятныхъ временъ, до сихъ поръ съ положительностью не выяснена, и условія, въ которыхъ кожа послѣ дубленія получается всегда лучшаго качества, выработаны эмпирически. Въ общемъ обработка кожъ дубильными веществами требуетъ громаднаго времени. Очень тоннія кожи дубятся въ теченіе $1^1/_2$—2 мѣсяцевъ, среднія отъ 6 до 12 мѣсяцевъ, а толстыя отъ 1 до 3 лѣтъ,—мы говоримъ о наиболѣе примѣнимомъ ямномъ дубленіи, т.-е. выдерживаніи кожъ въ ямахъ или чанахъ съ водою и дубовой корой или какими-либо другими дубильными веществами. Дубленіе «соковымъ» способомъ, т.-е. вымачиваніемъ кожъ въ чанахъ (иногда подъ давленіемъ или, наоборотъ, въ вакуумѣ, при частомъ перемѣшиваніи, при періодическихъ прессованіяхъ кожъ и т. д.), въ готовомъ, заранѣе приготовленномъ растворѣ дубильныхъ веществъ, позволяетъ ускорить эту операцію для легкихъ кожъ до 1 мѣсяца, среднихъ $1^1/_2$—2 мѣсяцевъ и тяжелыхъ 2—$2^1/_2$ мѣсяцевъ, но въ ущербъ качеству кожи.

Уже въ 1850 году пробовали при дубленіи кожъ прибѣгнуть къ помощи электричества, но безъ удачи, и только въ 1874 году де-Меритенсу удалось получить первые практическіе результаты. Онъ опускалъ въ чаны съ кожами, дубильнымъ матеріаломъ и водою электроды—одинъ цинковый, другой угольный и пропускалъ черезъ нихъ токъ отъ своей динамо-машины; процессъ дубленія въ такихъ условіяхъ заканчивался въ 40 дней. Способъ Меритенса подвергался затѣмъ неоднократнымъ усовершенствованіямъ и въ настоящее время онъ примѣняется въ видоизмѣненіи, выработанномъ Вормсомъ и Бале. Чанами при этомъ служатъ большіе барабаны, получающіе вращательное движеніе отъ паровыхъ машинъ. Снаружи на барабаны эти насажены два сплошныхъ желѣзныхъ обруча, соединенныхъ съ внутренними круговыми электродами. По обручамъ этимъ трутся щеточные кондукторы, соединяющіеся съ проводами динамо-машины и передающіе электродамъ въ серединѣ барабановъ токъ въ 10 амперъ и 100 вольтъ.

Въ каждый барабанъ помѣщаютъ 700 килогр. шкуръ, 1000 литровъ воды и 500 литровъ дубильнаго настоя, плотности 20° по Боме. Операція дубленія для телячьихъ шкуръ заканчивается въ 48 часовъ, а для воловьихъ въ 96 часовъ. Качество получаемой кожи при этомъ весьма хорошо и въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ даже выше, чѣмъ кожъ обыкновеннаго, ямнаго дубленія.

Выдержка и старѣніе дерева.

Въ 1899 году французскіе техники Альбертъ Нодонъ и Бретанно изобрѣли способъ быстрой выдержки дерева для такихъ спеціальныхъ назначеній, какъ музыкальное дѣло, экипажи, судостроеніе и т. д. Обыкновенно, для этихъ цѣлей дерево выдерживается годами, а здѣсь вся операція занимаетъ нѣсколько часовъ.

Доски укладываются въ громадныя ванны, наполненныя 20% растворомъ сѣрнокислой магнезіи (англійской соли), температура которыхъ поддерживается около 20° по Ц. Въ ванны эти пропускаютъ токъ напряженіемъ въ 110 вольтъ, мѣняя одинъ разъ, какъ разъ въ серединѣ операціи, его направленіе. Обработку заканчиваютъ, пропустивъ 4500 уаттъ на кубическій метръ дерева. Сила тока, обыкновенно, 10-15 амперъ, а продолжительность операціи 3-4 часа.

Приготовленное такимъ образомъ дерево прямо пускается въ обработку и оно смѣло конкурируетъ съ деревомъ многолѣтней выдержки.

Подобный же способъ тѣ же изобрѣтатели примѣняютъ для полученія дерева несгораемаго.

Полученіе озона.

Намъ остается упомянуть еще объ одномъ очень распространенномъ способѣ примѣненія электрическаго тока въ химической промышленности, а именно—о полученіи озона, который затѣмъ вызываетъ разнообразныя реакціи окисленія.

Озонированіе для техническихъ цѣлей производится пропусканіемъ тока черезъ кислородъ, а потому, въ виду необыкновенно высокаго сопротивленія газа, можно пользоваться только токами очень высокаго напряженія, какіе доставляются машинами статическаго электричества и индукторами, дающими разряды въ видѣ искръ. Какимъ образомъ дѣйствуетъ электричество на кислородъ, это пока еще настолько же неизвѣстно, какъ и вообще природа озона; мы знаемъ только, что озонъ можно получать указаннымъ образомъ и что это вещество обладаетъ особыми свойствами, которыми отличается отъ обыкновеннаго кислорода и, главнымъ образомъ, тѣмъ, что оно гораздо энергичнѣе послѣдняго окисляетъ другія тѣла.

Преобразованіе кислорода въ озонъ, котораго всегда можно достичь только отчасти, производится двумя способами: пропусканіемъ черезъ газъ электрическихъ искръ или черезъ постепенное разряженіе двухъ проводниковъ, заряженныхъ разноименнымъ электричествомъ. Второй способъ преимущественно употребляется въ техникѣ.

Нужное постепенное разряженіе, которое походитъ въ извѣстной степени на непрерывно проходящій токъ, можно производить или пропусканіемъ электричества между остріями и черезъ озонируемый воздухъ (въ техникѣ, для простоты, рѣдко примѣняется чистый кислородъ, такъ какъ примѣшанный въ воздухѣ къ кислороду азотъ является газомъ инертнымъ и только нѣсколько разбавляетъ получаемый озонъ), или при помощи аппарата, въ которомъ прохожденіе электричества достигается дѣйствіями вліянія.

Озонизаторъ такого типа въ своей простѣйшей формѣ состоитъ изъ стеклянной трубки, которая закупорена съ обоихъ концовъ и содержитъ внутри расположенную по оси металлическую трубку, такъ что между послѣдней и внутренней стѣнкой стеклянной трубки остается каналъ для прохожденія озонируемаго воздуха или кислорода. Въ крышкѣ стеклянной трубки вставлены трубки для впуска и выпуска газовъ. Снаружи стеклянная трубка покрыта станіолью, которая соединяется съ однимъ изъ полюсовъ катушки Румкорфа, въ то время, какъ другой ея полюсъ приводится въ соединеніе съ внутренней металлической трубкой. Индукторъ заряжаетъ два проводника, облицовку изъ станіоля и металлическую трубку электричествомъ противоположныхъ знаковъ, при чемъ заряды

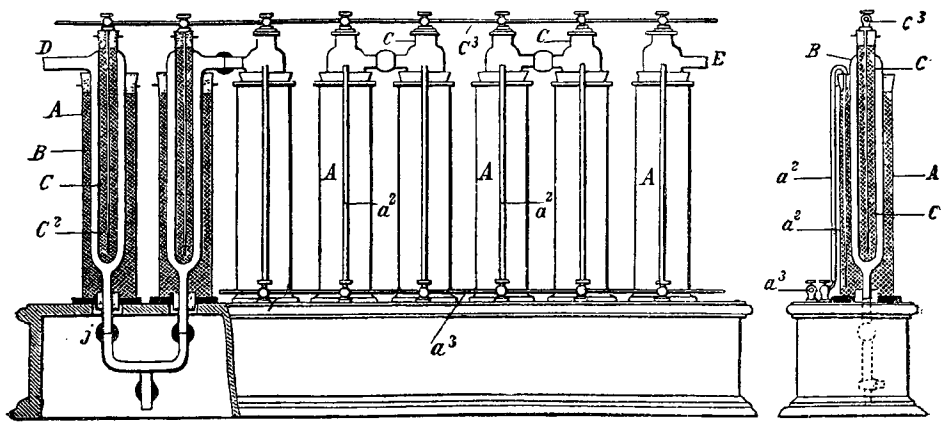


Рис. 400 и 401. Озонизаторъ братьевъ Бриновъ.

быстро мѣняются соотвѣтственно дѣйствію индуктора. Въ результатѣ между упомянутыми проводниками происходитъ выравниваніе электрическихъ зарядовъ, проходящихъ черезъ промежуточный слой кислорода и озонирующихъ его.

Существуютъ и другіе болѣе сложные озонирующіе приборы, изъ которыхъ два мы опишемъ ниже.

На примѣненіи озона, какъ окислителя, основаны, между прочимъ, искусственное старѣніе водокъ и винъ, очищеніе спирта, бѣленіе и, наконецъ, приготовленіе нѣкоторыхъ химическихъ органическихъ препаратовъ.

Мы укажемъ только на приборъ, принятый въ винномъ или, точнѣе, коньячномъ дѣлѣ, и на полученіе ванилина, вещества, обладающаго запахомъ ванили и имѣющаго большое примѣненіе въ кондитерскомъ, ликерномъ и парфюмерномъ производствахъ.

Старѣніе коньяка.

Какъ извѣстно, коньякъ получаетъ свой особый и сильно цѣнимый запахъ и маслянистость вкуса только послѣ многолѣтней выдержки въ дубовыхъ боченкахъ. Оказывается, что почти тѣхъ же результатовъ можно достигнуть озонированіемъ коньяка въ сосудахъ съ дубовыми стружками.

Для подобнаго рода озонированія предназначается аппаратъ бр. Бриновъ, изображенный на рис. 400 и 401. Аппаратъ этотъ состоитъ изъ батареи восьми отдѣльныхъ

озонизаторовъ, по которымъ послѣдовательно проходитъ кислородъ или воздухъ. Отдѣльный элементъ аппарата состоитъ изъ широкой стеклянной трубки, въ которую вставлена другая узкая; промежутокъ между ними заполняется желѣзными опилками. Внутрь прибора вставляется третья трубка, закупоренная снизу и также наполненная желѣзными опилками; между нею и внутренней стѣнкой средней трубки остается свободное пространство, черезъ которое пропускаютъ озонируемый газъ. Для ввода газовъ и соединенія отдѣльныхъ элементовъ озонизаторовъ каждая изъ среднихъ трубокъ В снабжена соединительными отростками. Опилки въ трубкахъ А соединены проводами между собою, а опилки въ трубкахъ С—между собою. Проводъ отъ наружныхъ слоевъ опилокъ затѣмъ соединяется съ однимъ, а отъ внутреннихъ—съ другимъ полюсомъ индукціонной катушки. Суть дѣйствія этого прибора понятна сама собою и такова же, какъ нѣсколько выше нами описаннаго.

Полученіе ванилина.

Ванилинъ — метиловый эфиръ протокатехиноваго альдегида — имѣетъ значеніе, какъ мы уже говорили, какъ вещество, обладающее запахомъ ванили. Одинъ изъ способовъ его полученія состоитъ въ окисленіи ейгенола — составной части гвоздичнаго масла посредствомъ озона. Не вдаваясь въ химическую сторону этого дѣла, мы опишемъ приборы, употребляемые при этомъ производствѣ для полученія озона. Приборы эти конструируются изобрѣтателями способа Отто и Варлеемъ въ двухъ типахъ — лабораторномъ и заводскомъ.



Рис. 402. Вращающійся буравъ.

Лабораторный озонизаторъ состоитъ изъ аспидной доски, укрѣпленной на подставкѣ при помощи изоляторовъ. Доска эта прикрыта листомъ алюминія въ 2 мм. толщины. Въ центрѣ ея оставлено отверстіе для аспирированія озона. На разстояніи 2 мм. отъ алюминіеваго листа укрѣплено стекло въ 7—8 мм. толщиною, посеребренное со стороны противоположной алюминіевой пластинкѣ. Алюминіевую пластинку и посеребренную сторону стеклянной соединяютъ съ двумя полюсами спирали Румкорфа, и разрядъ, происходящій между ними, образуетъ озонъ, который затѣмъ черезъ упомянутое центральное отверстіе аспирируется и направляется сначала черезъ промывную стклянку со щелочью, а затѣмъ черезъ газовый счетчикъ въ сосудъ съ окисляемымъ веществомъ.

Приборы, употребляемые для крупнаго, заводскаго производства, отличаются отъ только-что описаннаго лишь величиной. Поверхность каждаго озонизатора, на которой производится разрядъ, составляетъ здѣсь одинъ квадратный метръ; 60 озонизаторовъ соединяются съ однимъ общимъ аспираторомъ для озонированнаго воздуха. Электрическая энергія, расходуемая на эти озонизаторы, равняется 30,000 уаттъ. Окисленію подвергается заразъ около 25 киллогр. ейгенола, операція длится около 6 часовъ, при

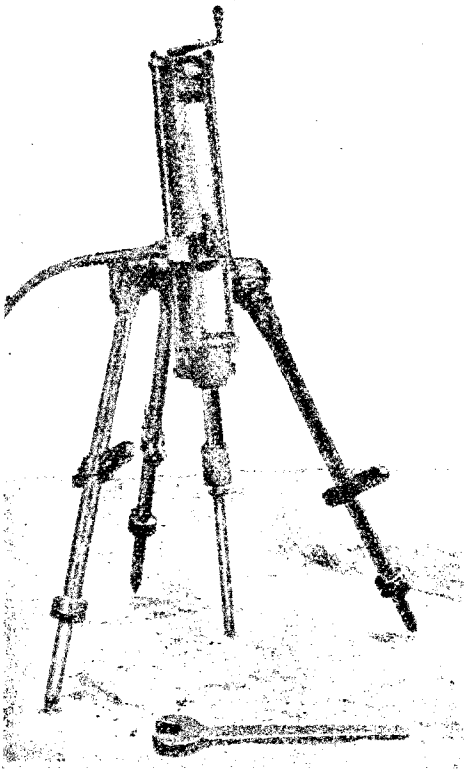


Рис. 403. Желобчатый буравъ.

чемъ пропускаютъ около 600,000 литровъ озонированнаго воздуха. Не мѣшаетъ прибавить, что при такомъ зарядѣ и такихъ условіяхъ выходъ ванилина—всего три килограмма.

В. Горное дѣло.

Въ горномъ дѣлѣ услугами электричества пользуются всего болѣе въ качествѣ механической силы. Имъ приводятъ въ дѣйствіе разнообразнаго устройства сверлильные и забойные приборы, имъ передвигаютъ какъ въ самихъ рудникахъ, такъ и надъ ними вагончики съ добываемыми углемъ, рудами и т. д.

Перфораторы.

Перфораторы, — инструменты, помощью которыхъ производятъ или самую ломку добываемыхъ рудъ, угля и т. п., или только продѣлываютъ шпуры, въ которые затѣмъ закладываютъ мины,—устраиваются разнообразно въ зависимости отъ свойствъ тѣхъ горныхъ породъ, въ которыхъ имъ приходится работать. Всѣ эти инструменты чрезвычайно удобно приводятся въ движеніе электричествомъ.

Для наиболѣе мягкихъ породъ прекрасно исполняетъ свое назначеніе спиральный буравъ, изображенный на рис. 402. Онъ приводится въ быстрое вращательное движеніе помощью маленькаго электродвигателя, насаженнаго непосредственно на рукоятку бурава. Такой буравъ можно, понятно, заставить работать въ любомъ положеніи, совершенно, какъ буравъ, приводимый въ движеніе руками.

Для породъ крѣпкихъ употребляются бурава желобчатые и имъ, помощью перемѣннаго электрическаго тока, сообщаютъ поперемѣнное вращательное движеніе. Къ такимъ буравамъ принадлежитъ, напр., буравъ Томсона-Густона (рис. 403). Буравъ этотъ также въ достаточной мѣрѣ портативенъ и можетъ примѣняться, какъ показываетъ рис. 404, въ разнообразнѣйшихъ положеніяхъ. Перфораторомъ этимъ пользуются или для непосредственной ломки породы, или только для буренія минныхъ шпуровъ.

Для прокладки въ крѣпкихъ породахъ значительныхъ галлерей и другихъ подобныхъ работъ употребляются и цѣлыя перфораторныя машины, въ родѣ изображенной на рис. 405. Поперемѣнное вращательное движеніе долоту здѣсь передается отъ электродвигателя помощью зубчатой штанги. Подобная перфораторная машина перевозится съ мѣста на мѣсто на особой платформѣ, изображенной на рис. 406.

Помпы и вентиляторы.

Выкачиваніе воды изъ рудниковъ и возобновленіе въ нихъ воздуха чрезвычайно удобно производится при помощи электрическихъ помпъ и вентиляторовъ, ибо только эта послѣдняя сила позволяетъ приводить въ движеніе цѣлый рядъ такихъ машинъ, разбросанныхъ въ разнообразныхъ закоулкахъ рудниковъ, отъ одного центральнаго, находящагося на поверхности земли источника энергіи. Ничего особеннаго по своей

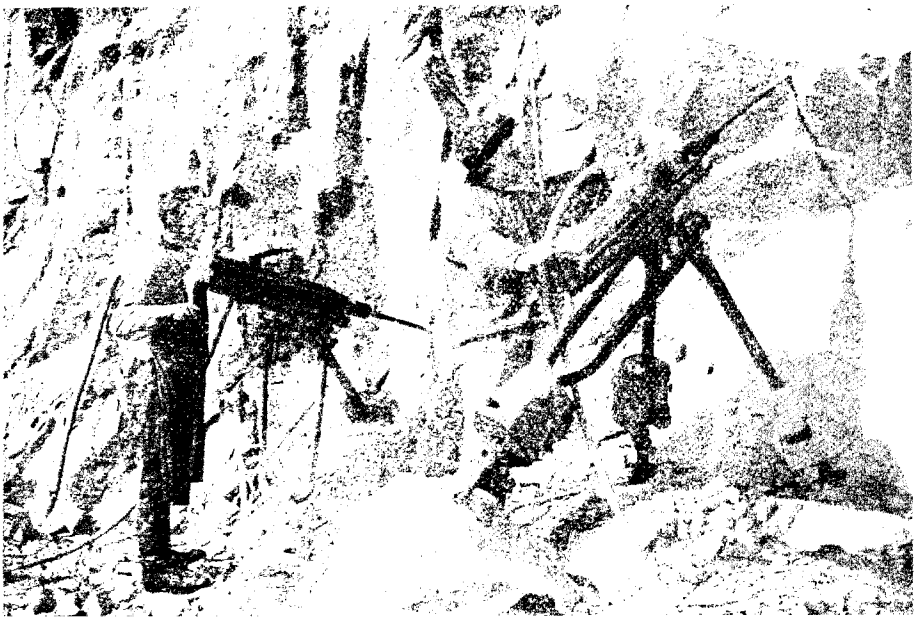


Рис. 404. Работа желобчатымъ буравомъ.

конструкціи ни помпы, ни вентиляторы, однако, не представляютъ. Передача движенія отъ электродвигателя центробѣжному насосу здѣсь производится помощью безконечнаго ремня.

Подъемныя машины и электрическая перевозка рудъ.

Подъемныя машины для рудниковъ большей частью устраиваются паровыми, но въ Америкѣ все больше и больше прибѣгаютъ къ помощи электричества, такъ какъ

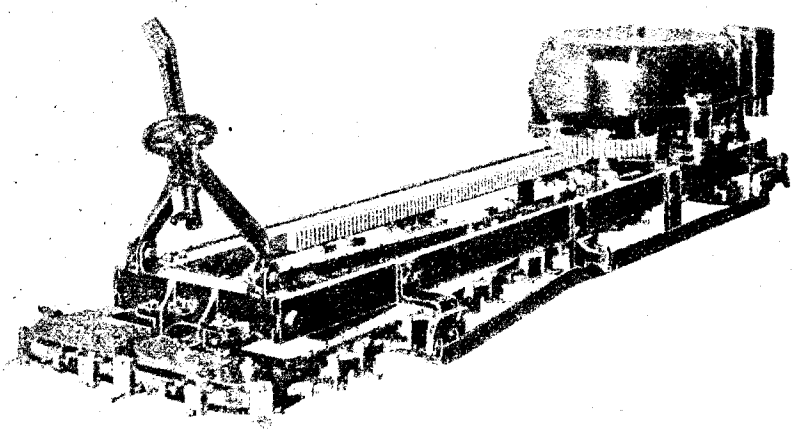


Рис. 405. Перфораторная машина Томсона-Густона.

электродвигатели гораздо легче пускаются въ ходъ и останавливаются, и потому управленіе ими можетъ быть устроено съ любого мѣста, со дна шахты, съ клѣти для рабочихъ и т. д., а это иногда для безопасности движенія бываетъ очень важно. Ходъ элек-

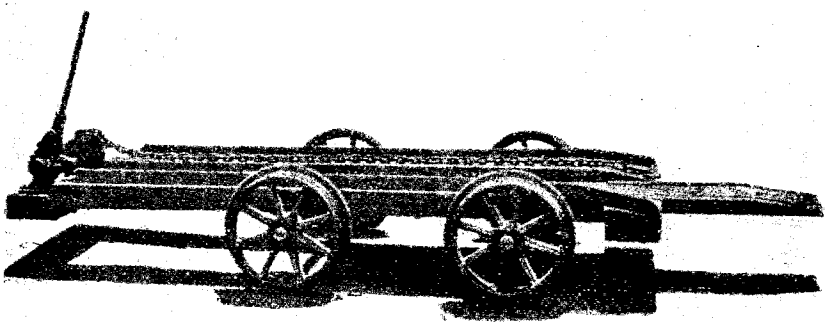


Рис. 406. Тачка для перфораторной машины.

трическихъ подъемныхъ лебедокъ регулируется введеніемъ въ цѣпь сопротивленій. Непремѣнною принадлежностью ихъ долженъ быть автоматическій тормозъ, быстро останавливающій вращеніе двигателя по инерціи, разъ токъ въ него не пускается.

Для горизонтальнаго передвиженія рудъ, какъ въ самихъ шахтахъ, такъ и по поверхности земли, отъ подъемныхъ машинъ на склады и т. п., въ большомъ ходу въ настоящее время электрическія желѣзныя дороги. Дороги эти, впрочемъ не представляютъ ничего особеннаго въ электрическомъ смыслѣ. Это знакомые уже намъ трамваи съ воздушнымъ троллеемъ. При этомъ употребляются какъ отдѣльно двигающіяся платформы съ электродвигателями внизу, подъ платформой (рис. 407), такъ и особые маленькіе электрическіе локомотивы, способные тащить цѣлый поѣздъ нагруженныхъ платформъ или вагончиковъ. Рис. 408 представляетъ рудничный электрическій локомотивъ Сименса и Гальске.

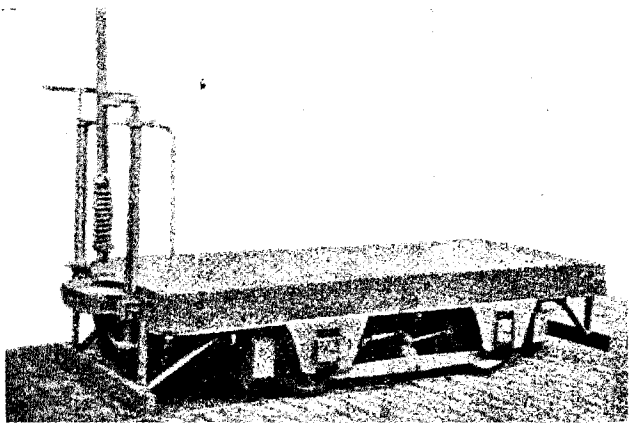


Рис. 407. Платформа съ электромоторомъ для рудниковъ.

Еще менѣе особенностей представляетъ перевозка рудъ, при помощи электричества внѣ шахтъ. Иногда, впрочемъ, здѣсь находитъ примѣненіе дорога совершенно особаго воздушнаго типа (рис. 409), названная изобрѣтателями, англійскими инженерами Дженкинымъ, Эртономъ и Перри, тельферажной. Такая дорога пригодна для перевозки всевозможныхъ грузовъ въ большомъ количествѣ въ общемъ, но на многихъ небольшихъ вагончикахъ. Грузъ въ 200 килограммовъ можетъ быть передвигаемъ, безъ всякой опасности, по подвѣшенному въ воздухѣ проволочному канату, даже не особенно большой толщины; такой путь, понятно, стоитъ значительно дешевле желѣзнодорожнаго полотна.

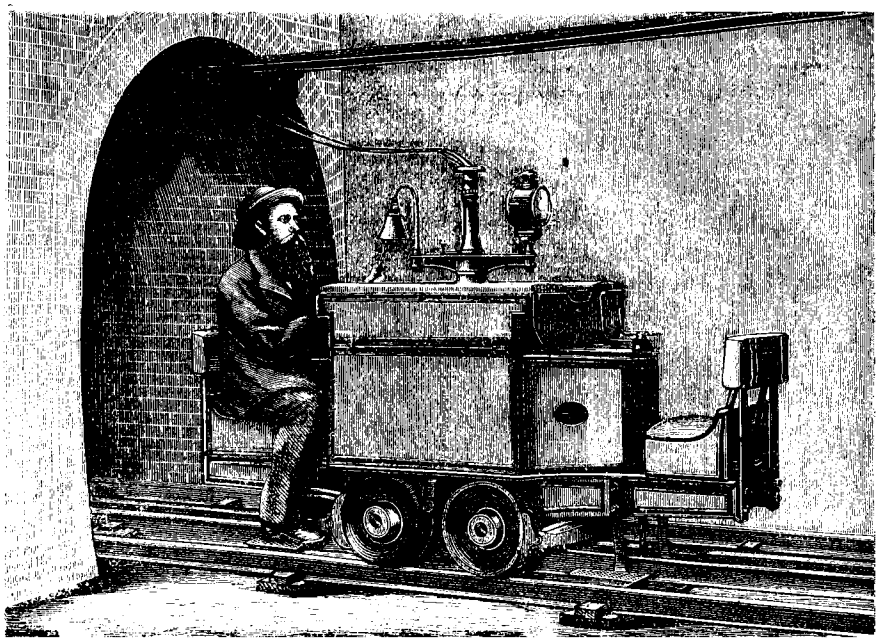


Рис. 408. Электровозъ для рудниковъ Сименса и Гальске.

Мы опишемъ устройство тельферажной линіи, какъ оно примѣнено въ имѣніи лорда Гэмидена въ Суссексѣ. Черезъ каждые двадцать метровъ (рис. 409) поставлены столбы, на которыхъ подвѣшены двѣ стальныхъ проволоки въ 9 мм. діаметромъ: одна для движенія въ одну сторону, другая для движенія обратнаго. Провода при этомъ составлены изъ отдѣльныхъ отрѣзковъ между столбами, и посредствомъ передаточныхъ соединительныхъ вѣтокъ СС всѣ четные отрѣзки одной линіи соединены съ нечетными другой, и обратно. Схема такого расположенія проводовъ хорошо видна на рис. 410; и въ правомъ и въ лѣвомъ проводахъ, служащихъ, какъ мы знаемъ, путями для поѣздовъ въ одну и другую сторону, послѣ каждаго столба, такимъ образомъ, будетъ мѣняться направленіе тока. Каждый тельферажный поѣздъ состоитъ изъ локомотива К и пяти вагончиковъ Н, при чемъ локомотивъ соединенъ съ по-

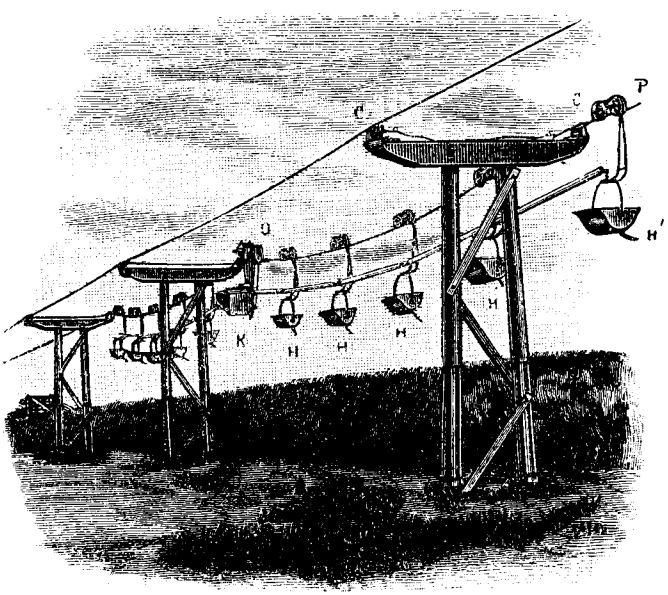


Рис. 409. Тельферажная линія.

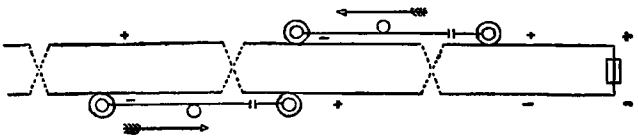


Рис. 410. Цѣпь для тельферажныхъ линій.

слѣднимъ вагончикомъ Н мѣдною проволокою. Длина всего поѣзда разсчитывается такъ, чтобы всегда локомотивъ и послѣдній вагончикъ находились на различныхъ, но смежныхъ отрѣзкахъ проволочнаго пути. Такимъ образомъ, въ локомотивъ поступаетъ, напримѣръ, токъ съ положительно наэлектризованнаго отрѣзка, затѣмъ онъ по мѣдной проволокѣ идетъ къ послѣднему вагончику и здѣсь переходитъ на отрѣзокъ отрицательный, т.-е. получаетъ возможность вернуться къ источнику тока, къ динамо-машинѣ центральной станціи. На слѣдующемъ отрѣзкѣ въ локомотивъ поступаетъ отрицательный токъ, а послѣдній вагонъ соединенъ уже съ положительнымъ отрѣзкомъ и т. д. Всегда цѣпь остается замкнутой, и токъ въ двигатель локомотива поступаетъ; надо только, чтобы онъ не мѣнялъ направленія своего вращенія при перемѣнѣ направленія тока. Вслѣдствіе тренія колесъ О, приводимыхъ въ движеніе двигателемъ локомотива, о проводъ, локомотивъ движется, а вмѣстѣ съ нимъ передвигается и поѣздъ, при чемъ каждый вагонъ катится колесиками Р по проводу. Кромѣ пяти вагоновъ сзади себя, локомотивъ еще, какъ изображено на рисункѣ, можетъ толкать другіе пять вагоновъ впереди себя.

Движеніе тельферажныхъ поѣздовъ можетъ происходить совершенно безъ присмотра: невозможны никакія столкновенія поѣздовъ.



Рис. 411. Электрическая лампа Поллака.

Освѣщеніе рудниковъ.

Всѣмъ извѣстна опасность работы въ рудникахъ съ открытымъ огнемъ, если только есть основаніе опасаться присутствія въ воздухѣ рудника болотнаго газа. Для устраненія возможности взрыва въ подобныхъ рудникахъ лампы употребляются съ предохранительными сѣтками, локализирующими взрывъ внутри лампы. Электрическія лампы накаливанія, гдѣ раскаленные угольки находятся въ герметически запаянныхъ стеклянныхъ колпачкахъ, оказываются особенно пригодными для работъ въ рудникахъ съ точки зрѣнія безопасности отъ взрыва. Ихъ большому распространенію препят-

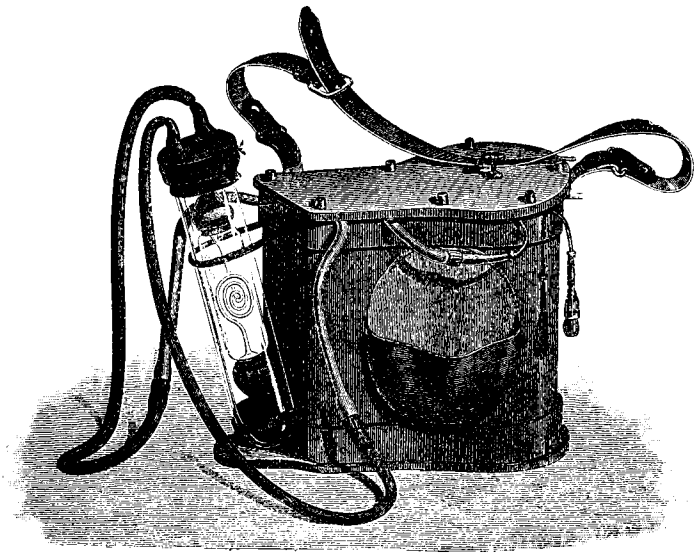


Рис. 412. Рудничная лампа Дюма и Бенуа.

ствуетъ отсутствіе сильныхъ и удобопереносимыхъ источниковъ электрическаго тока. Приходится соединять каждую лампу, какъ показываетъ рис. 411, съ тяжелымъ аккумуляторомъ, заряда котораго на лампу едва хватаетъ на день работы. Кромѣ того, опыты, недавно произведенные во Франціи, показали, что въ присутствіи гремучаго газа въ рудникахъ является опасность отъ разбитія лампы и хотя рѣдко случающихся, но все же возможныхъ разрывовъ ихъ колпачковъ. Разбивая искусственно лампу въ атмосферѣ гремучаго газа, удавалось вызывать иногда его взрывы.

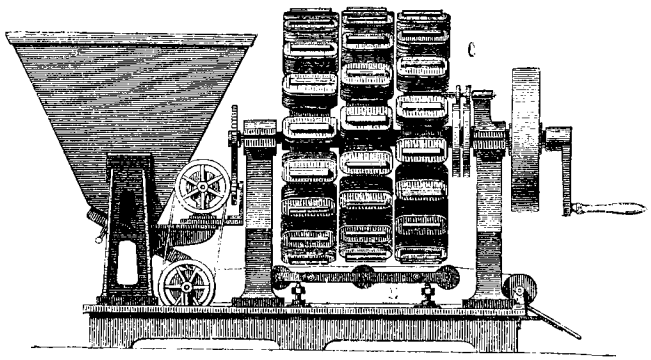


Рис. 413. Обогатитель руды Шено.

Предлагаютъ поэтому замѣнять для рудничнаго дѣла лампы накаливанія Гейслеровыми трубками, въ которыхъ, какъ извѣстно, заставляютъ искры отъ индуктивной спирали проходить черезъ разрѣженные газы, помѣщенные въ запаянной трубкѣ [1]. Подобный приборъ изображенъ на рис. 412. Въ задней круглой части ящика помѣщается сильный и постоянный гальваническій элементъ, а въ передней вертикально поставлена катушка Румкорфа. Особаго значенія, однако, по своему слабому свѣту и непродолжительности дѣйствія, приборъ этотъ имѣть не можетъ.

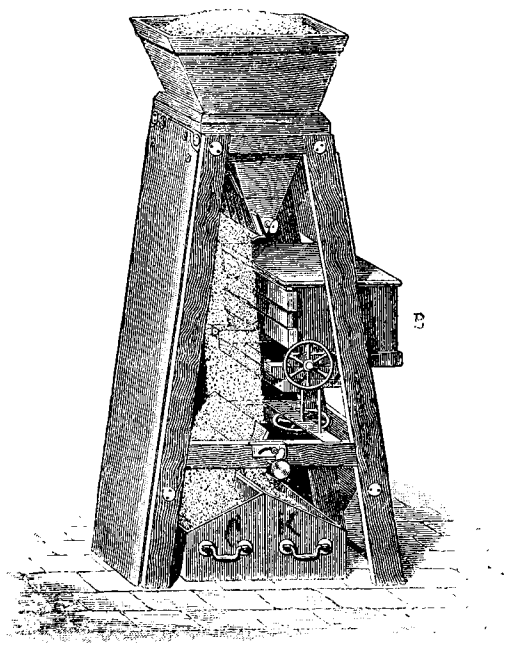


Рис. 414. Обогатитель руды Эдисона.

Электрическое обогащеніе рудъ.

Намъ остается еще разсмотрѣть одно примѣненіе электричества въ горномъ дѣлѣ, а именно — обогащеніе при помощи его нѣкоторыхъ желѣзныхъ рудъ, напримѣръ, для отдѣленія обожженной смѣси желѣзнаго шпата и цинковой обманки. Желѣзный шпатъ, равно какъ сѣрный и мышьяковистый колчеданъ, а также и нѣкоторыя другія руды послѣ предварительнаго обжига становятся магнитными. Такія предварительно обожженныя руды подвергаютъ дѣйствію сильныхъ электромагнитовъ, и эти послѣдніе выбираютъ изъ нихъ исключительно богатыя желѣзомъ части. Во Франціи для этой операціи употребляется машина инженера Шено (рис. 413), состоящая изъ воронки A, черезъ которую размельченная руда попадаетъ на безконечное желѣзное полотно B, протягивающее руду подъ тремя вращающимися колесами C, на ободахъ которыхъ укрѣплены электромагниты. Въ серединѣ этихъ колесъ находится постоян-

[1] Гейслеровы трубки разобраны подробнѣе въ слѣд. главѣ.

ный щеточный коммутаторъ, расположенный такъ, что онъ пускаетъ токъ только въ тѣ электромагниты, которые находятся внизу надъ безконечнымъ полотномъ и рудой. Электромагниты эти притягиваютъ магнитныя части руды и выносятъ ихъ съ полотна въ бокъ; но какъ только электромагнитъ отойдетъ нѣсколько отъ полотна, въ него перестаетъ итти токъ, онъ перестаетъ оказывать притяженіе на захваченныя частички руды, и эта послѣдняя падаетъ внизъ, но уже не на полотно, а сбоку его.

Въ Америкѣ употребляется еще болѣе простая и удачная машина подобнаго же рода, системы Эдисона (рис. 414). Руда здѣсь падаетъ изъ воронки A мимо ящика B, въ которомъ, противъ продольнаго прорѣза, помѣщается сильный электромагнитъ. Магнитныя частицы, подъ вліяніемъ этого электромагнита, отклоняются отъ вертикальнаго направленія, по которому онѣ падали изъ воронки и внизу, попадаютъ въ ящикъ K, въ

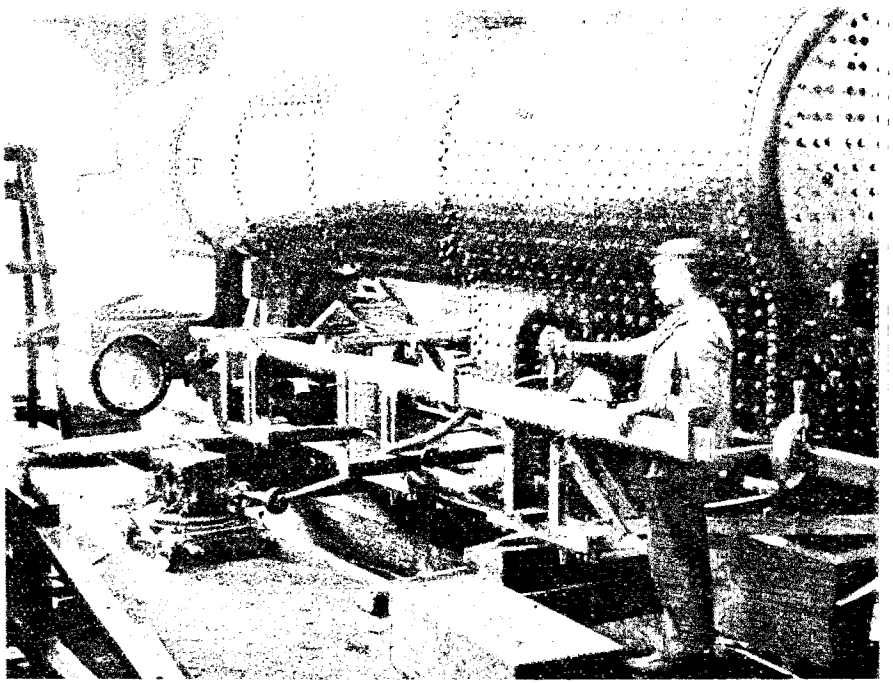


Рис. 415. Переносныя электрическія сверла.

то время, какъ пустая порода падаетъ въ ящикъ C. Положеніе электромагнита можетъ быть измѣняемо, и, сообразно съ этимъ, мѣняется сила его воздѣйствія и полнота отдѣленія магнитныхъ частицъ руды.

C. Механическія производства.

Въ механическихъ производствахъ электричество оказываетъ неоцѣненныя услуги всякій разъ, когда приходится производить клепку, сверленіе или другую какую механическую обработку металловъ въ такой формѣ, которая дѣлаетъ невозможной или, по крайней мѣрѣ, неудобной поднесеніе самой обрабатываемой вещи къ станку. Подобные случаи мы имѣемъ, напримѣръ, при клепаніи большихъ паровыхъ котловъ, при установкѣ брони и тому подобныхъ случаяхъ. Небольшой переносный или перевозный электродвигатель ставится неподалеку отъ мѣста работы и соединяется проводами съ центральной электрической станціей. Сверло или другой какой инструментъ соединяютъ съ электродвигателемъ посредствомъ гибкаго вала, какъ это можно видѣть на рис. 415,

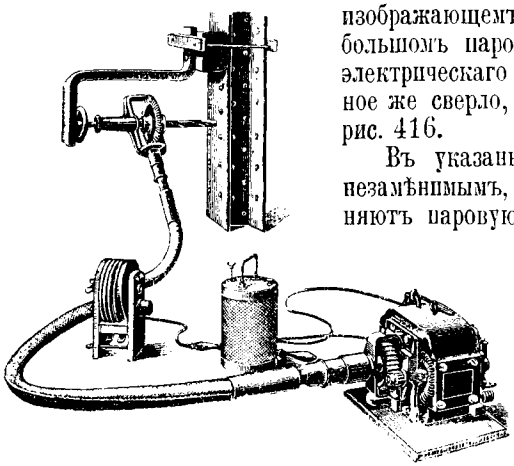


Рис. 416. Электрическая дрель.

изображающемъ просверливаніе дыръ для заклепокъ въ большомъ пароходномъ паровомъ котлѣ при помощи электрическаго сверла системы Томсона-Густона. Подобное же сверло, но малыхъ размѣровъ, изображено на рис. 416.

Въ указанныхъ условіяхъ электричество является незамѣнимымъ, но не безъ пользы подчасъ имъ замѣняютъ паровую силу и въ другихъ приспособленіяхъ: кранахъ, молотахъ и т. д.

Въ электрическомъ молотѣ подъемнымъ приспособленіемъ служатъ пустотѣлыя проволочныя катушки, въ которыхъ двигаются вертикальные желѣзные сердечники. Если пропустить токъ по этимъ катушкамъ, то онѣ втягиваютъ въ себя, вверхъ, эти желѣзные сердечники и соединенный съ ними молотъ. Катушки при этомъ состоятъ изъ нѣсколькихъ расположенныхъ одна надъ другой частей, изъ которыхъ въ цѣпь можно ввести какое угодно число ихъ, начиная снизу; смотря по числу введенныхъ въ цѣпь катушекъ, измѣняется высота подъема молота, а, слѣдовательно, и сила удара. Падаетъ молотъ послѣ выключенія катушекъ изъ цѣпи; такое выключеніе можетъ быть сдѣлано какъ просто руками, такъ и автоматически—коммутаторомъ, приводимымъ въ дѣйствіе самимъ молотомъ при подъемѣ его на опредѣленную высоту.

Краны строятся какъ совершенно по конструкціи подобные кранамъ паровымъ (рис. 417), такъ и электромагнитные, предназначенные для подъема спеціально желѣзныхъ и стальныхъ вещей.

Подобный кранъ примѣняется, напримѣръ, въ Вульвичскомъ арсеналѣ, въ Англіи, для передачи изъ одного отдѣленія въ другое крупныхъ артиллерійскихъ снарядовъ и

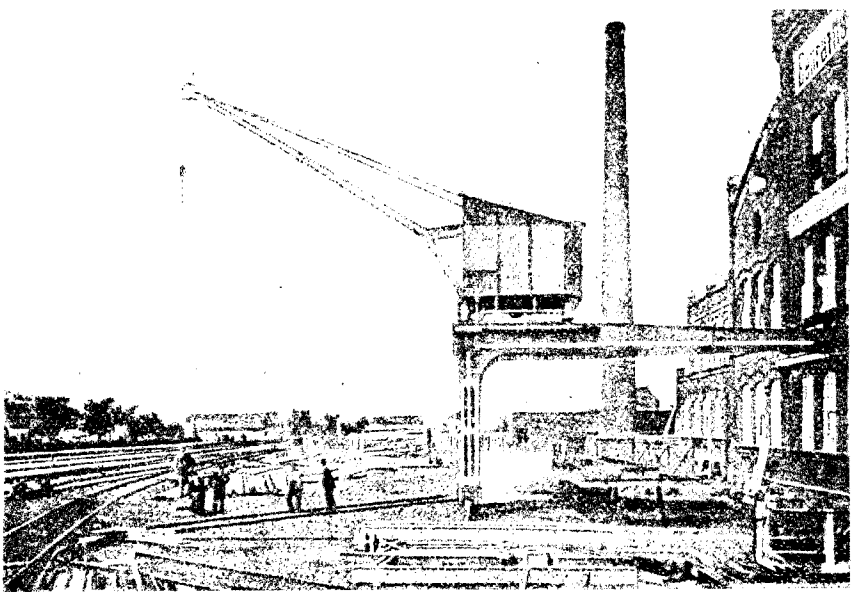


Рис. 417. Электрическій кранъ.

тому подобныхъ вещей. Кранъ этотъ (рис. 418) состоитъ изъ подковообразнаго электромагнита, вѣсомъ въ 20 килогр.; его обмотка заключена въ бронзовые чехлы. Внѣшняя обмотка произведена въ двѣ проволоки, чтобы избѣжать возможнаго разрыва ея и отсюда—несчастія. Токъ употребляется въ 3—4 ампера при 20—30 вольтахъ. Такой кранъ легко поднимаетъ два снаряда общаго вѣса 1390 кил. Удобство обращенія, простота устройства и быстрота работы не оставляютъ желать ничего лучшаго.

Самое большое значеніе электричество имѣетъ, однако, какъ способъ передачи механической энергіи. На весь заводъ, на всѣ мастерскія, расположенныя при томъ какъ угодно, можно имѣть одну паровую машину и затѣмъ передавать ея энергію при помощи двойного превращенія (динамо и электродвигатель) всюду.

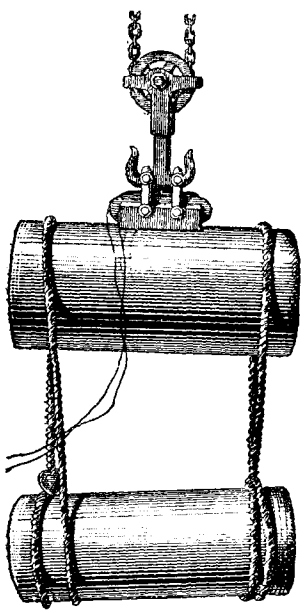


Рис. 418. Электромагнитный кранъ.

XVI.

Электричество въ медицинѣ.

Мы видѣли, что еще Гальвани занимался изслѣдованіемъ физіологическаго дѣйствія электрическаго тока на животныхъ; французскій хирургъ Ларрей повторилъ опыты Гальвани въ 1793 году надъ только-что ампутированной человѣческой ногой и вызвалъ тѣ же самыя сокращенія мышцъ, что и въ ногѣ лягушки. Вслѣдъ за Ларреемъ другіе доктора,—Дюпюитренъ, Нистенъ, наконецъ, Гильотенъ изучали дѣйствіе гальваническаго тока на нервную систему животныхъ и преимущественно человѣка. Племянникъ Гальвани, Жанъ Альдини, въ 1803 году подвергнулъ въ Лондонѣ дѣйствію сильнаго тока тѣло повѣшеннаго. Онъ получилъ судорожныя подергиванія губъ и морганіе рѣсницъ у трупа. Цѣлый рядъ подобныхъ же наблюденій былъ сдѣланъ въ Майансѣ надъ обезглавленными. Наиболѣе же интересное или, по крайней мѣрѣ, надѣлавшее наибольшаго шуму наблюденіе было сдѣлано въ 1818 году въ Глазго: докторъ Уръ производилъ здѣсь опыты съ повѣшеннымъ преступникомъ совершенно такимъ же образомъ, какъ и всѣ его предшественники. Прикладывая кондукторы отъ сильной гальванической батареи къ обѣимъ сторонамъ груди трупа, ему удалось воспроизвести дыхательныя движенія, затѣмъ ему пришло почему-то въ голову приложить одинъ электродъ къ пяткѣ, а другой къ рѣсничному нерву. Эффектъ былъ поразителенъ: лицо трупа вдругъ ожило, онъ пріоткрылъ ротъ, глаза начали поворачиваться въ различныхъ направленіяхъ. Видъ такого, какъ бы ожившаго трупа былъ настолько поразителенъ, что нѣкоторые изъ присутствовавшихъ при этихъ опытахъ упали въ обморокъ, другіе не могли успокоиться въ продолженіе нѣсколькихъ дней. Докторъ Уръ, на основаніи этого опыта, пришелъ къ заключенію, что можно оживлять уже охладѣвшіе трупы; мало кто изъ другихъ докторовъ повѣрилъ этой утопіи, но все же большинство признало, что электрическимъ токомъ можно иногда оживить утопленниковъ или повѣшенныхъ.

Рядомъ съ опытами надъ трупами доктора начали производить опыты и надъ живыми людьми при различныхъ заболѣваніяхъ; послѣ цѣлаго ряда наблюденій и опытовъ оказалось, что гальваническій токъ въ нѣкоторыхъ болѣзняхъ,—напримѣръ, при параличѣ, приноситъ огромную и несомнѣнную пользу. Оказалось, что токъ иногда постоянный, иногда перемѣнный и прерывистый способенъ возвращать мускуламъ ихъ первоначальную эластичность.

Въ настоящее время электротерапія разрослась въ отдѣльную важную отрасль медицинскаго искусства, но входить въ подробное разсмотрѣніе ея здѣсь было бы неумѣстно,

и потому мы ограничимся только указаніемъ общихъ основаній этого метода лѣченій. Въ электротерапіи можно различать три главнѣйшихъ метода: франклинизацію, гальванизацію и фарадезацію.

Франклинизація.

Для франклинизаціи пользуются электростатическими машинами и дѣйствуютъ на нервную систему болѣе или менѣе сильными электрическими толчками. Электричество отъ этого рода машинъ получается высокаго потенціала, но въ незначительныхъ количествахъ и небольшой силы; оказывается, что оно великолѣпно дѣйствуетъ на обмѣнъ веществъ въ организмѣ и является прекраснымъ успокаивающимъ и унимающимъ боли въ нервныхъ болѣзняхъ, возбуждающимъ въ анеміяхъ и т. д.

Больного, подвергающагося франклинизаціи, помѣщаютъ (рис. 419) на изолированный, на стеклянныхъ ножкахъ, табуретъ, соединенный съ однимъ изъ кондукторовъ электрической машины. При дѣйствіи машины паціентъ, помѣщенный на табуретѣ, оказывается насыщеннымъ электричествомъ; это то, что называютъ электрической ванной. Такая ванна можетъ быть какъ общая, такъ и частичная; въ послѣднемъ случаѣ къ тѣмъ членамъ, которые хотятъ подвергнуть дѣйствію электричества, приближаютъ, какъ это показано на рисункѣ, разрядникъ, состоящій изъ латунной гребенки и соединенный съ землею посредствомъ латунной же цѣпочки; между этимъ разрядникомъ и той частью тѣла, къ которой онъ приближенъ, при дѣйствіи машины появляется рядъ электрическихъ искръ. Результаты франклинизаціи сказываются очень скоро, появляется болѣе быстрое движеніе крови, поднимается температура тѣла.

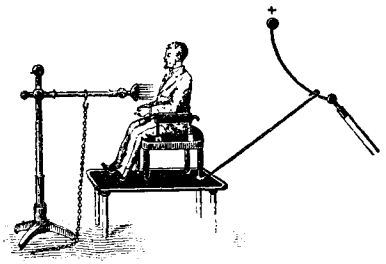


Рис. 419. Франклинизація.

Въ Сальпетріерѣ, по иниціативѣ доктора Бигуре, съ 1875 года созданъ электромедицинскій институтъ, гдѣ франклинизаціи подвергается сразу отъ 200 до 300 больныхъ, размѣщенныхъ группами въ 20 человѣкъ на отдѣльныхъ изолированныхъ платформахъ. Электричество получается при помощи машинъ Вимсхурста, приводимыхъ во вращеніе электродвигателями Труве. Доктора расхаживаютъ между платформами съ больными и разрядниками вызываютъ, гдѣ это надо, частичную электризацію тѣхъ или другихъ частей тѣла.

Гальванизація.

При гальванизаціи, называемой иначе вольтаизаціей, пользуются гальваническими токами. Здѣсь электричество дѣйствуетъ медленно, но постоянно. Силу тока мѣняютъ смотря по надобности, точно также мѣняютъ и направленіе его, ибо оказывается, что это послѣднее оказываетъ на физіологическое дѣйствіе тока немалое вліяніе: положительный электродъ возбуждаетъ, а отрицательный, наоборотъ, успокаиваетъ.

Гальванизація съ успѣхомъ примѣняется въ хронической невралгіи, атрофіи мускуловъ и т. п.

Фарадезація.

Въ фарадезаціи примѣняются индуктивные аппараты и электричество какъ бы частыми толчками дѣйствуетъ и на нервы и на мышцы. Существуетъ множество аппаратовъ для фарадезаціи: сначала токъ для этой цѣли получали отъ машины Кларка, затѣмъ стали примѣнять исключительно въ тѣхъ или другихъ видоизмѣненіяхъ катушку

Румкорфа. Приборъ устраивается при этомъ такъ, что является возможность ослабить или, наоборотъ, усилить вторичное въ немъ напряженіе. Часто для этого употребляется приспособленіе, изобрѣтенное Дюбуа-Реймономъ, заключающееся въ принципѣ въ томъ, что вторичная катушка надвигается въ бо́льшей или меньшей степени на первичную. Переставляя вторичную катушку, мы получаемъ, такимъ образомъ, болѣе или менѣе высокое вторичное напряженіе.

Въ послѣднее время, съ легкой руки французскаго ученаго д'Арсонваля, все больше входитъ въ медицинскую практику особая отрасль, такъ сказать, фарадезаціи съ примѣненіемъ токовъ весьма высокаго напряженія и весьма большого числа перемѣнъ направленія.

Токи эти имѣютъ особый интересъ даже и не съ медицинской точки зрѣнія, и потому на нихъ мы остановимся немного подробнѣе, дополнивъ то, что уже имѣли случай говорить при безпроволочномъ телеграфѣ, гдѣ, какъ мы видѣли, также примѣняются колебательные разряды или, что то же самое, токи большого числа перемѣнъ направленія.

Приборъ Тесла.

Вторичная обмотка спирали Румкорфа (рис. 420) соединяется съ цѣпью, въ которую включены конденсаторъ C и катушка съ большой самоиндукціей L. Вторичная обмотка катушки обладаетъ большимъ сопротивленіемъ, тѣмъ больше должна быть величина сопротивленія всей цѣпи MACLBN. Вслѣдствіе этого большого сопротивленія, конденсаторъ будетъ постепенно и безъ колебаній получать съ катушки все бо́льшій электрическій зарядъ. При этомъ будетъ все увеличиваться разность потенціаловъ на зажимахъ A и B и она дойдетъ, наконецъ, до того, что между сосѣдними шариками b и b′ получится искра, которая создастъ проводящую среду и, вмѣсто цѣпи съ большимъ сопротивленіемъ MACL BN, у насъ получится цѣпь b ACL Bb′, обладающая сопротивленіемъ малымъ. Все это, но только въ нѣсколько иной формѣ, напоминаемъ, было нами разсмотрѣно уже на стр. 125, при описаніи опытовъ Герца. Мы знаемъ, что теперь должно произойти: электрическая энергія, собранная на діэлектрикѣ конденсатора, должна вызвать въ цѣпи разрядъ большого количества колебаній.

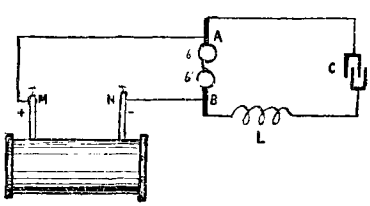


Рис. 420. Опытъ Тесла.

Колебанія эти будутъ все уменьшатся и, наконецъ, совершенно затихнутъ, но затѣмъ новый зарядъ конденсатора вызоветъ новыя колебанія и т. д. Скорость, съ которой будутъ слѣдовать колебательные разряды одинъ за другимъ, зависитъ исключительно отъ скорости прерыванія тока катушкой, а таковая можетъ быть до 50 разъ въ секунду. Что же касается до частоты колебаній въ каждомъ разрядѣ, то она зависитъ исключительно отъ емкости конденсатора и величины самоиндукціи. Въ опытахъ Тесла она достигала нѣсколькихъ сотъ тысячъ въ секунду.

Въ своихъ опытахъ Тесла за конденсаторъ бралъ лейденскую банку, а какъ источникъ большой самоиндукціи особую, такъ называемую, катушку Тесла. Катушка эта состоитъ изъ первичной и вторичной обмотки, тщательно изолированныхъ другъ отъ друга. Во вторичной катушкѣ точно также тщательно изолированы и отдѣльные обороты. Для лучшей изоляціи обмотокъ другъ отъ друга катушку Тесла, обыкновенно, помѣщаютъ въ баню съ масломъ.

Рис. 421 изображаетъ приборъ для опытовъ Тесла. L лейденская банка, соединенная помощью проводовъ i i съ источникомъ тока, большой спиралью Румкорфа, не изображенной на рисункѣ. Разряды банки идутъ отъ внутренней обкладки черезъ воздушный промежутокъ e, затѣмъ черезъ первичную обмотку катушки Тесла T, опущенной въ масляную баню R, проходятъ въ A и, наконецъ, къ внѣшней обкладкѣ a. Концы вторичной обмотки катушки Тесла соединены съ подвижными кондукторами E, помѣщенными на стеклянныхъ ножкахъ. Между этими кондукторами и происходитъ колебательный разрядъ.

Приборъ д'Арсонваля.

Д'Арсонваль, съ 1890 года много поработавшій надъ колебательными разрядами и токами большого числа колебаній и примѣнившій ихъ къ медицинѣ, усовершенствовалъ только-что нами описанное устройство прибора Тесла. Дѣло въ томъ, что, какъ мы сейчасъ увидимъ, одна изъ особенностей разбираемыхъ нами токовъ заключается въ томъ, что они совершенно безвредны для человѣка, несмотря на свою силу, но, съ другой стороны, конденсаторы являются приборами не совсѣмъ-то надежными, и при сильномъ напряженіи всегда можно опасаться короткаго замыканія между ихъ обкладками. Понятно, насколько подобное замыканіе опасно, ибо, вмѣсто колебательнаго разряда между шариками E (рис. 421), мы получимъ переданный безъ измѣненія обыкновенный опасный разрядъ Румкорфовой катушки.

Вотъ, чтобы избѣжать такой опасности для паціента, прибѣгающаго къ лѣченію токами большого числа перемѣнъ, д'Арсонваль и видоизмѣнилъ приборъ Тесла, введя въ

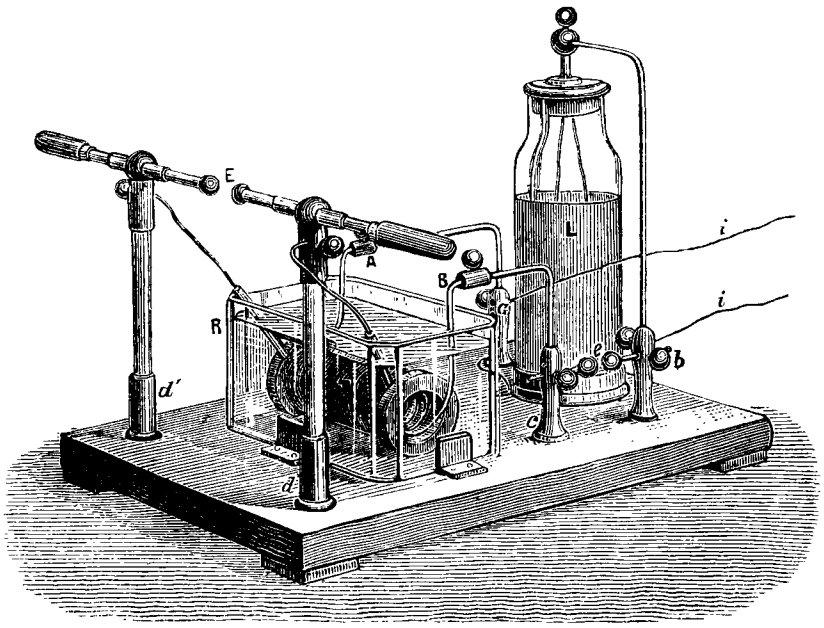


Рис. 421. Приборъ Тесла.

него не одинъ, а два конденсатора, между которыми помѣщаетъ катушку Тесла съ самоиндукціей. Разсчетъ прибора при этомъ производится такъ, что каждый конденсаторъ въ отдѣльности даетъ разрядъ достаточной для полной безопасности частоты колебаній. Испортится одинъ конденсаторъ (токъ пробьетъ діэлектрикъ),—частота колебаній уменьшится, но все же останется еще достаточная.

Свойства токовъ большого числа перемѣнъ.

Свойства подобнаго рода токовъ, поистинѣ, могутъ быть названы чудесными. Мы упоминали уже, что они являются совершенно для людей безопасными.

Свойство это не только нельзя было предсказать заранѣе, но оно шло вразрѣзъ съ извѣстнымъ фактомъ, что болевое ощущеніе отъ перемѣннаго тока увеличивается съ увеличеніемъ числа перемѣнъ, пока дѣло идетъ о перемѣнахъ, получаемыхъ при помощи обыкновенной катушки Румкорфа.

По опытамъ д'Арсонваля оказалось, что такое усиленіе болевого ощущенія идетъ до тѣхъ поръ, пока число перемѣнъ тока не достигнетъ 2500 въ секунду—это максимумъ; при дальнѣйшемъ увеличеніи числа перемѣнъ токъ становится все болѣе для человѣческаго организма безболѣзненнымъ и, наконецъ, около 10,000 колебаній въ секунду вовсе почти организмомъ не ощущается. При числѣ перемѣнъ направленія больше 10,000 въ секунду токъ даже весьма большого напряженія вызываетъ, самое большое, легкую анестезію органовъ, черезъ которые онъ проходитъ.

Д'Арсонваль пропускалъ черезъ свое тѣло токи громадной силы и ощущалъ только весьма слабое чувство ожога въ мѣстахъ прикладыванія электродовъ; токи этой силы, если число колебаній въ нихъ понизить до 100 въ секунду, были бы для человѣка смертельны.

Не слѣдуетъ полагать, что токи большого числа перемѣнъ не оказываютъ никакого физіологическаго дѣйствія на организмъ. Дѣйствіе это очень велико и состоитъ въ большомъ ускореніи обмѣна веществъ. Поглощеніе кислорода кровью подъ вліяніемъ этихъ токовъ легко можетъ, напримѣръ, удвоиться. Вялое пищевареніе, ожирѣніе, сахар-

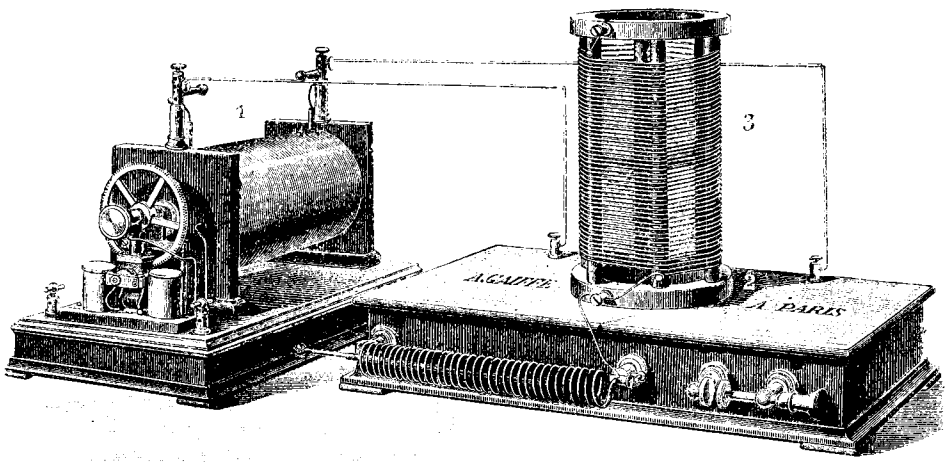


Рис. 422. Приборъ д'Арсонваля.

ная болѣзнь, подагра, ревматизмы поддаются лѣченію токами большого числа перемѣнъ. Больше того, есть основанія думать, что эти токи благопріятно дѣйствуютъ на туберкулозныхъ больныхъ, убивая туберкулозныхъ бациллъ въ легочной ткани и не причиняя этой послѣдней никакого вреда.

Рис. 422 представляетъ аппаратъ д'Арсонваля, предназначающійся для медицинскихъ цѣлей. Въ немъ съ катушкой Румкорфа соединенъ соленоидъ изъ небольшого числа оборотовъ толстой проволоки. Подобный соленоидъ обладаетъ малой самоиндукціей. Окружимъ этотъ соленоидъ только однимъ оборотомъ совершенно изолированной въ пространствѣ проволоки и соединимъ концы ея съ лампой накаливанія. Лампа будетъ горѣть; происходитъ это потому, что скорость перемѣнъ тока весьма велика, а отсюда велика и электродвижущая индуктированная сила. Рядомъ съ этимъ слѣдуетъ упомянуть о слѣдующемъ интересномъ явленіи: если помѣстимъ въ середину соленоида желѣзный сердечникъ, то можно было бы думать, что, какъ это обыкновенно бываетъ при катушкахъ Румкорфа, сила тока индуктированнаго увеличится, но этого не происходитъ,—желѣзо къ току съ большимъ количествомъ колебаній въ секунду относится такъ какъ и живой организмъ: оно его не воспринимаетъ; скорость вибрацій разряда слиш-

комъ велика, чтобы побѣдить инерцію молекулъ желѣза, и въ немъ магнитныхъ свойствъ подъ вліяніемъ тока съ большимъ числомъ перемѣнъ направленія не возбуждается.

Точно такіе токи, какіе индуктируются въ оборотѣ проволоки въ вышеприведенномъ примѣрѣ, можно индуктировать и въ человѣческомъ организмѣ, если устроить соленоидъ такой величины (рис. 423), чтобы въ немъ могъ помѣститься человѣкъ. Въ паціентѣ, помѣщенномъ въ такой соленоидъ, циркулируютъ токи высокаго напряженія, что̀ можно констатировать, давъ ему въ руки концы проводовъ отъ лампы накаливанія. лампа свѣтится въ этихъ условіяхъ совершенно такъ же, какъ свѣтилась она въ цѣпи изъ обведеннаго вокругъ соленоида провода. При соленоидѣ съ большимъ количествомъ оборотовъ человѣку не надо и помѣщаться внутри его. Индукція здѣсь такъ велика, что просто вблизи катушки Тесла начинаютъ свѣтиться трубки Гейслера (рис. 424), изъ концовъ пальцевъ, поднесенныхъ на нѣкоторое разстояніе къ соленоиду, сыплется какъ бы потокъ искръ, и т. д.

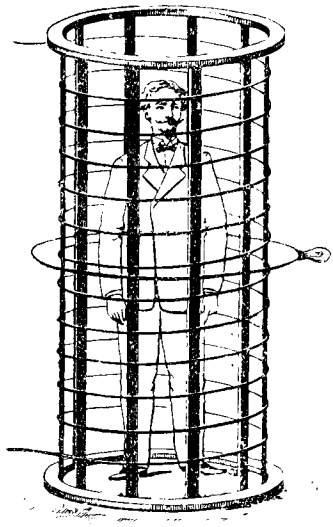


Рис. 423. Лѣченіе самоиндукціей.

Пользованіе съ медицинскими цѣлями токами съ большимъ количествомъ перемѣнъ направленія въ секунду еще очень молодо, а потому мы имѣемъ право надѣяться на то, что въ будущемъ оно дастъ намъ еще, быть можетъ, и непредвидѣнные теперь результаты.

До сихъ поръ мы разсматривали тѣ случаи примѣненія электрическаго тока въ медицинѣ, гдѣ пользуются его непосредственнымъ физіологическимъ дѣйствіемъ на организмъ. Могутъ быть и другого рода примѣненія электричества, не столь уже непосредственныя.

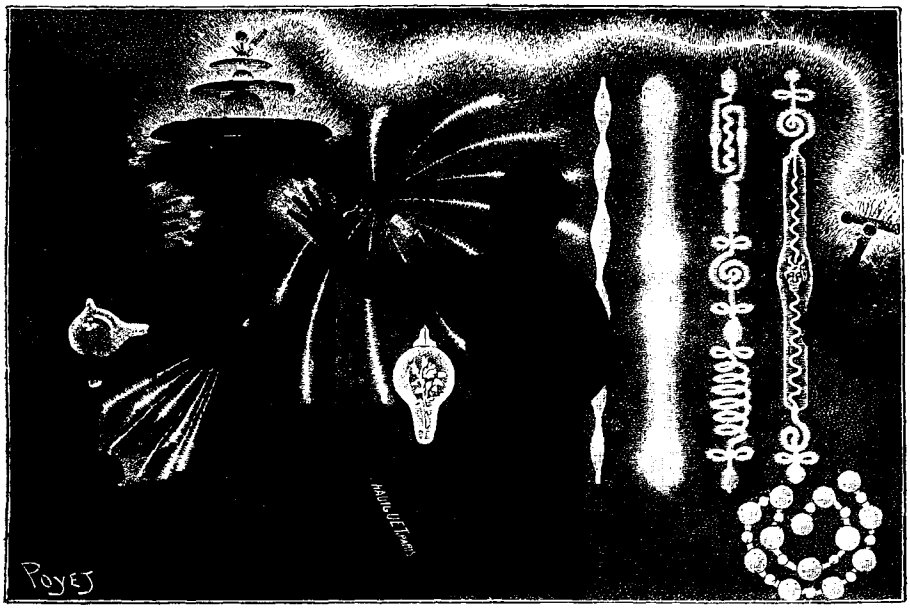


Рис. 424. Опыты съ токами высокаго напряженія.

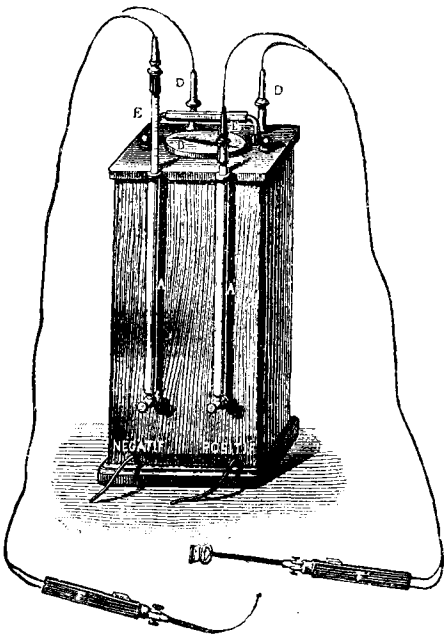


Рис. 425. Полископъ и гальванокаутеръ.

Свѣтовыя ванны.

Исходя изъ того положенія, что человѣку, какъ и всякому живому организму, необходимы воздухъ и солнечный свѣтъ, и что при недостаткѣ того и другого происходитъ обѣднѣніе крови красными кровяными шариками, многіе медики, между ними женевскій докторъ Руссель, прибѣгаютъ къ помощи солнечныхъ ваннъ и подвергаютъ малокровныхъ паціентовъ ежедневно, на нѣсколько часовъ, прямому дѣйствію солнца и воздуха. Американцы видоизмѣнили этотъ лѣчебный методъ и предлагаютъ замѣнять солнечный свѣтъ доступнымъ во всякое время года днемъ и ночью электрическимъ свѣтомъ. Институты электрической фототерапіи въ настоящее время существуютъ въ Нью-Іоркѣ и Филадельфіи, да начинаютъ появляться и въ Старомъ Свѣтѣ.

Наибольшей славой пользуется электрическій фототерапевтическій институтъ доктора миссъ А. Кливесъ въ Нью-Іоркѣ. Паціентъ совершенно нагой помѣщается въ этомъ институтѣ на кровати. Лицо ему защищаютъ особой ширмочкой, а затѣмъ на него направляютъ свѣтъ дуговой лампы Томсона-Густона, питаемой токомъ силою въ 9 амперъ при 48 вольтахъ напряженія. Свѣтовая ванна продолжается въ теченіе 15—30 минутъ, пока у паціента не появится испарина.

Миссъ Кливесъ въ своемъ докладѣ медицинской академіи въ Нью-Іоркѣ приводитъ многочисленные случаи полнаго излѣченія остраго малокровія, нейрастеніи, нервныхъ накожныхъ болѣзней, начинающагося туберкулознаго процесса и т. д.

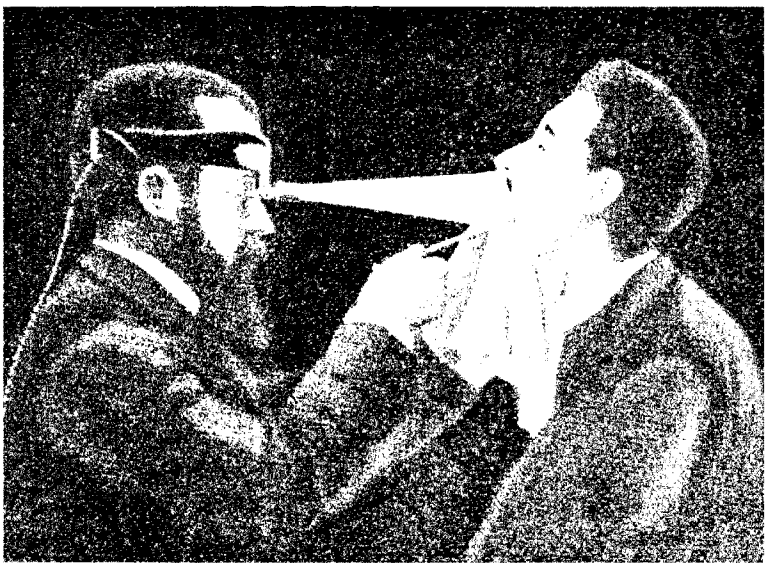


Рис 426. Примѣненіе полископа.

Освѣщеніе полостей.

Электрическимъ свѣтомъ пользуются въ медицинѣ еще и съ другой цѣлью, а именно для освѣщенія изслѣдуемыхъ полостей.

На рис. 425 изображенъ аккумуляторъ Планте съ соединенной съ нимъ справа небольшой лампочкой накаливанія. Лампочка эта съ платиновой проволочкой, а не угольком, помѣщается на концѣ двухъ твердыхъ, негибкихъ проводовъ, вставленныхъ въ деревянную ручку F и снабженныхъ повыше этой ручки коммутаторомъ. Такая лампочка,—или, какъ ее называетъ изобрѣтатель Труве, полископъ,—можетъ быть примѣнена для освѣщенія рта, горла, носа, ушей и т. д. Рис. 426 показываетъ, какъ подобная лампочка укрѣпляется на лбу доктора при изслѣдованіи полости рта.

Не можемъ не упомянуть о слѣдующемъ интересномъ опытѣ, произведенномъ Труве при помощи описаннаго полископа. Онъ далъ проглотить маленькую лампочку съ плати-

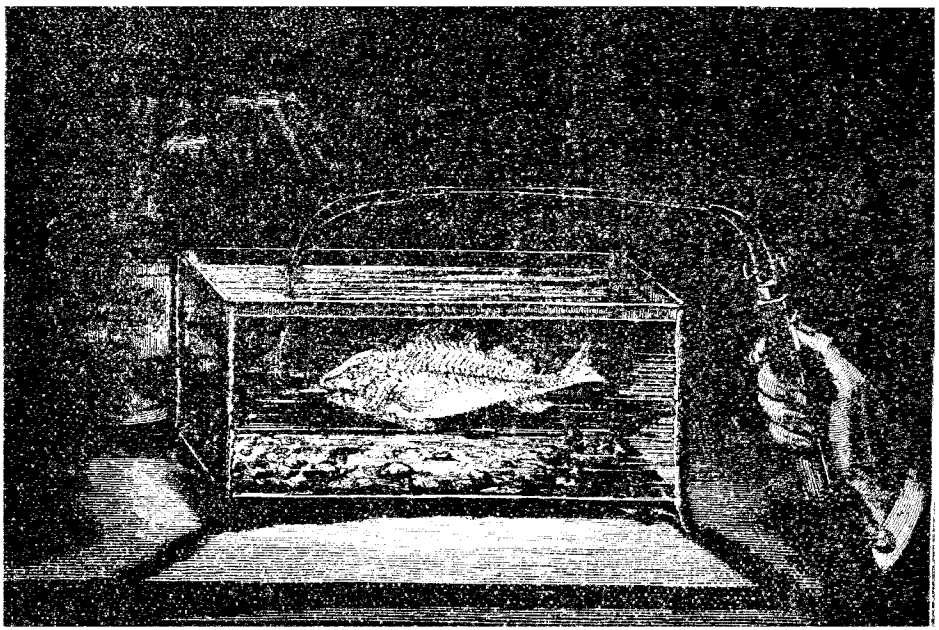


Рис. 427. Свѣтящаяся рыба.

новой проволочкой, прикрѣпленную на довольно длинныхъ проводахъ, рыбѣ и затѣмъ, при помощи коммутатора, пустилъ въ нее токъ (рис. 427). Рыба стала при этомъ просвѣчивать, и, какъ нашъ рисунокъ показываетъ, въ ней можно было видѣть весь костякъ, можно было наблюдать за движеніемъ жабръ и т. д.

Гальванокаутеръ.

Въ полископѣ накаливаніе платиновой проволоки примѣнялось съ цѣлью освѣщенія, и проволочка заключалась при этомъ, хотя и не для всѣхъ случаевъ, въ стеклянный колпачекъ. Накаленной же добѣла платиновой проволокой, а иногда платиновымъ шарикомъ, пластинкой и т. д. пользуются для прижиганій, и такой приборъ носитъ названіе гальванокаутера. На рисункѣ 425 справа изображенъ полископъ, а слѣва—соединенный съ тѣмъ же аккумуляторомъ гальванокаутеръ. Рис. 428 изображаетъ этотъ же

инструментъ въ увеличенномъ видѣ. Нечего и говорить о преимуществахъ гальванокаутера передъ раскаленными обыкновенными металлическими инструментами. Въ особенности эти преимущества сказываются при прижиганіи нарывовъ, бородавокъ и другихъ болѣзненныхъ образованій въ глубинѣ какихъ-либо полостей. Гальванокаутеръ вводится въ полость холоднымъ и только затѣмъ уже токомъ раскаляется. Точно также и вынимается онъ только послѣ охлажденія. Всякая возможность ожога другихъ мѣстъ полости, такимъ образомъ, исключается.



Рис. 428. Гальванокаутеръ.

Извлеченіе пуль.

При огнестрѣльныхъ ранахъ приходится прежде всего опредѣлять мѣстоположеніе пули, а затѣмъ уже извлекать ее. При извѣстной операціи, произведенной Гарибальди докторомъ Нелатономъ, этотъ послѣдній, для опредѣленія мѣстонахожденія пули, опускалъ въ рану зондъ съ наконечникомъ изъ пористаго фарфора: уткнувшись въ пулю, наконечникъ этотъ отъ свинца почернѣлъ. Такой способъ открытія пули примѣнимъ, однако, только тогда, когда пуля въ мускулахъ ничѣмъ не прикрыта. При современномъ, со страшной силой бьющемъ, огнестрѣльномъ оружіи пули рѣдко оказываются въ такомъ положеніи; обыкновенно, онѣ увлекаютъ въ рану вмѣстѣ съ собой кусочки бѣлья и верхней одежды и ими совершенно бываютъ закрыты. Способъ Нелатона въ такихъ случаяхъ не даетъ никакихъ указаній. Марсельскому доктору Фабру пришла мысль разыскивать пули въ ранахъ при помощи электричества. Труве, по его указаніямъ, сконструировалъ электрическій зондъ для опредѣленія мѣста пули въ ранѣ и извлеченія ея. Какъ источникъ электричества, Труве предлагаетъ небольшой, герметически закрытый гальваническій элементъ такихъ размѣровъ, что онъ свободно помѣщается въ жилетномъ карманѣ. Элементъ этотъ (рис. 429) состоитъ изъ эбонитоваго пенальчика, въ нижнюю часть котораго наливается электролитъ — растворъ двухромокаліевой соли, а въ верхнюю помѣщаются электроды — цинкъ и уголь. Элементъ работаетъ только въ томъ случаѣ, если его перевернуть такъ, чтобы электролитъ и электроды находились на одномъ концѣ пенальчика.

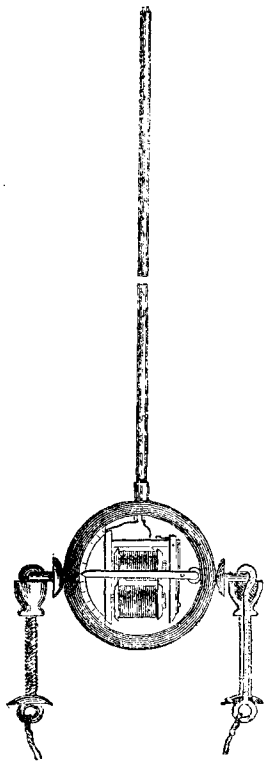


Рис. 430. Электрическій зондъ.

Зондъ (рис. 430) состоитъ изъ двухъ тщательно изолированныхъ проводовъ, заключенныхъ въ общую трубку и на концѣ лишенныхъ изолировки, но такъ укрѣпленныхъ, что въ соприкосновеніе и тамъ они прійти другъ съ другомъ не могутъ. Проводники эти въ верхнемъ концѣ зонда прикрѣплены къ небольшому электромагниту съ якоремъ-прерывателемъ (устройство совершенно такое же, какъ въ звонкѣ, но только самого звонка нѣтъ). Отъ этого электромагнита идутъ обыкновенные гибкіе провода къ описанному выше элементу. Когда токъ въ электромагнитъ пущенъ, вся цѣпь остается все-таки не замкну-

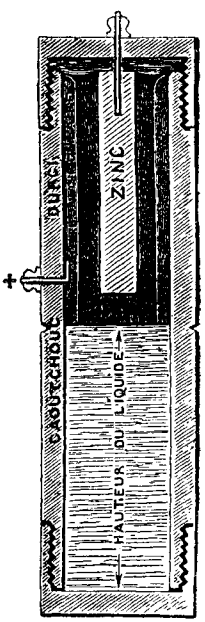


Рис. 429. Карманный элементъ Труве.

той и прерванной именно внизу зонда, около оголенныхъ, но не соприкасающихся концовъ внутреннихъ въ зондѣ проводниковъ. Опускаемъ такой зондъ въ рану; какъ только его концы придутъ въ соприкосновеніе съ металлической пулей, цѣпь замыкается и якорь электромагнита приходитъ въ дрожаніе. Концы проводниковъ въ зондѣ дѣлаются при этомъ острыми, а потому они приходятъ въ соприкосновеніе съ пулей, даже если она покрыта захваченнымъ ею въ рану лоскуткомъ матеріи или инымъ не металлическимъ слоемъ. Мѣсто пули опредѣлено, — остается ее вытащить. Эта послѣдняя операція, если пуля изъ мягкаго металла, исполняется при помощи изображеннаго на рис. 431 буравчатаго зонда, а если пуля изъ металла твердаго, то при помощи изображенныхъ на рис. 432 щипцовъ, соединяемыхъ также съ описаннымъ выше электромагнитомъ. Дрожаніе якоря электромагнита показываетъ, что щипцами пуля захвачена и что захвачена она одна, безъ мышцъ.



Рис. 431. Буравчатый зондъ.

Микрофонъ. Индукціонные вѣсы.

Микрофоническій зондъ также иногда примѣняется для опредѣленія положенія не только пули, но и всякаго посторонняго предмета или каменнаго новообразованія въ организмѣ.

Индукціонные вѣсы служатъ спеціально для опредѣленія положенія пули въ закрытой, затянувшейся ранѣ. Изобрѣтены эти вѣсы Юзомъ, и посредствомъ ихъ изобрѣтатель опредѣлилъ положеніе пули въ ранѣ президента Сѣв.-Амер. Штатовъ Гарфильда; состояніе раненаго не позволило только приступить къ извлеченію пули.

Вѣсы Юза состоятъ изъ градуированнаго коромысла, по которому можетъ скользить катушка, получающая при этомъ отъ двухъ неподвижно по концамъ коромысла расположенныхъ катушекъ индукціонный токъ. Сила его, понятно, зависитъ отъ положенія подвижной катушки. Неподвижныя катушки соединяются съ гальванической батареей, а въ цѣпь подвижной катушки включается телефонъ. Можно подвижную катушку установить на коромыслѣ такимъ образомъ относительно неподвижныхъ катушекъ, чтобы въ телефонъ не было слышно никакого индукціоннаго шума; установленные такимъ

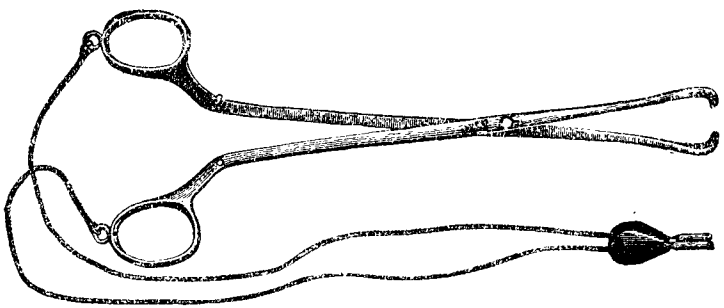


Рис. 432. Электрическіе щипцы для пуль.

образомъ вѣсы приближаютъ къ той части тѣла, гдѣ предполагается пуля. Какъ только пуля окажется на не слишкомъ большомъ разстояніи отъ вѣсовъ, она выведетъ систему катушекъ изъ равновѣсія, и мы въ телефонъ услышимъ характерный индукціонный шумъ. Шумъ этотъ будетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ разстояніе отъ пули до подвижной катушки меньше. При нѣкоторомъ навыкѣ можно при помощи вѣсовъ Юза опредѣлять съ достаточной точностью глубину мѣстонахожденія пули въ тѣлѣ.

Сфигмографъ.

Этимъ именемъ называютъ небольшой приборчикъ, въ которомъ рычажекъ приводится въ дѣйствіе пульсаціей артерій или сердца и вычерчиваетъ кривую того или другого характера въ зависимости отъ силы и правильности пульсацій на зачерненной бумагѣ, проходящей передъ нимъ при посредствѣ часового механизма. Какъ это коротенькое описаніе показываетъ, сфигмографъ ничего электрическаго не представляетъ, но для госпиталей и больницъ къ нему предлагаютъ устраивать электрическую передачу, при помощи которой можно было слѣдить за біеніемъ сердца или за характеромъ пульса одного или нѣсколькихъ больныхъ изъ центральной дежурной комнаты.

Термостатъ Таверньe.

Термостатъ Таверньe позволяетъ также слѣдить на разстояніи, но уже не за пульсомъ или работой сердца, а за температурой больного. Аппаратъ этотъ (рис. 433) состоитъ изъ небольшой металлической ампулы B, на половину наполненной эфиромъ. Подъ вліяніемъ тепла тѣла больного эфиръ въ ампулѣ расширяется, растягиваетъ ампулу и, наконецъ, приводитъ ее въ соприкосновеніе съ контактомъ C. Ампула соединена съ однимъ полюсомъ батареи, а контактъ C съ другимъ. При прикосновеніи B къ C замыкается, такимъ образомъ, цѣпь, и если въ нее включенъ звонокъ, то раздается звуковой сигналъ. Установочный винтъ V служитъ для того, чтобы можно было описанный термостатъ установить на любую температуру.

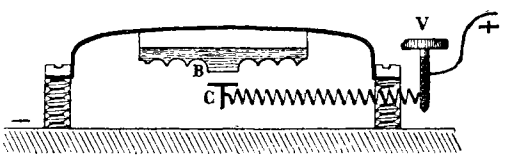


Рис. 433. Термостатъ Таверньe.

Термостатъ Таверньe, слѣдуетъ прибавить, имѣетъ больше значеніе куріоза, но не практически полезнаго прибора.

На этомъ мы закончимъ приложеніе электричества въ медицинѣ, но намъ остается еще разобрать одну новую, очень молодую отрасль діагностическаго искусства въ медицинѣ, а именно радіографію. Тутъ намъ приходится столкнуться съ новыми свойствами электрическаго разряда,—разряда совершающагося въ разрѣженныхъ газахъ, и мы начнемъ поэтому наше разсмотрѣніе радіографіи нѣсколько издалека.

Гейелеровы трубки.

Одно изъ наиболѣе извѣстныхъ и простыхъ электрическихъ явленій въ газахъ есть электрическая искра. Если мы достаточно сблизимъ между собою два проводника отъ полюсовъ какого-нибудь источника электричества, то въ извѣстный моментъ между ними проскочитъ искра, и затѣмъ явленіе это съ большей или меньшей быстротой будетъ повторяться, пока въ провода будетъ поступать электричество. Черезъ воздушный промежутокъ между концами проводовъ, такимъ образомъ, все время проходитъ токъ въ видѣ отдѣльныхъ электрическихъ искръ. Въ дѣйствительности явленіе значительно сложнѣе, чѣмъ оно намъ представляется, ибо, какъ мы имѣли случай видѣть, въ подобныхъ условіяхъ имѣемъ дѣло съ колебательнымъ разрядомъ, но для нашей нынѣшней цѣли это не важно. Въ зависимости отъ силы тока мѣняется то разстояніе, на которое надо сблизить концы проводниковъ, чтобы получить искру. Чѣмъ больше разность напряженія проводниковъ, тѣмъ больше длина искры. В. Томсонъ измѣрилъ эту разность въ зависимости отъ различной длины искры. Для искры въ 0,5 мм. разность напряженія должна быть равна 2910 вольтамъ, для 10 мм.—25,410 вольтъ, для 20 мм. — 31,350 вольтъ. Цифры эти показываютъ, съ какимъ трудомъ проходитъ электричество черезъ газы; это, собственно,

и все, что мы знаемъ относительно сущности этого явленія — электрической искры въ воздухѣ или иномъ газѣ. Вполнѣ естественнымъ являлся вопросъ: останется ли безъ измѣненія огромное сопротивленіе, оказываемое прохожденію электричества воздухомъ и вообще газами при разрѣженіи? Прохожденіе электричества въ разрѣженной газовой средѣ впервые было изслѣдовано французскимъ ученымъ Гассіо въ 1854 году, а болѣе подробно изучено въ 1858 году нѣмецкимъ физикомъ Плюккеромъ.

Для своихъ опытовъ Плюккеръ примѣнялъ стеклянныя трубки съ впаянными въ нихъ платиновыми электродами и выкачаннымъ изъ нихъ до желаемой степени воздухомъ. Въ нѣкоторыхъ опытахъ воздухъ замѣнялся другимъ какимъ-либо газомъ, для чего изъ трубки предварительно выкачивался воздухъ, затѣмъ она наполнялась этимъ газомъ, и снова производилось выкачиваніе до нужной степени разрѣженія. Стеклодувныя работы въ опытахъ Плюккера исполнялъ извѣстный искусный мастеръ Гейслеръ, откуда и и трубки эти получили названіе Гейслеровыхъ.

Возьмемъ одну изъ такихъ Гейслеровыхъ трубокъ, наполненную воздухомъ подъ обыкновеннымъ атмосфернымъ давленіемъ, и при томъ такой длины, чтобы при соединеніи впаянныхъ въ нее электродовъ съ источникомъ тока между ними искра не проскакивала бы. Будемъ изъ этой трубки постепенно выкачивать воздухъ, время отъ времени пробуя прохожденіе электрическихъ искръ черезъ ея все болѣе разрѣжаемую атмосферу. Сначала мы будемъ видѣть только слабые и короткіе лучи голубоватаго цвѣта, исходящіе изъ обоихъ электродовъ. Но какъ только мы достигнемъ разрѣженія въ 6—8 мм., то между электродами появится свѣтло-фіолетовая полоса свѣта, которая не наполняетъ всю трубку и расположена не по прямой линіи, а по дугѣ, идущей непосредственно отъ одного электрода къ другому. Если еще понизить давленіе до 1—3 мм., то этотъ фіолетовый свѣтъ между электродами заполнитъ мало-по-малу все пространство трубки. При болѣе внимательномъ разсмотрѣніи явленія мы можемъ замѣтить, что свѣтъ въ трубкѣ не равномѣрный на всемъ ея протяженіи,а состоитъ, какъ схематически изображаетъ рисунокъ 434, изъ чередующихся свѣтлыхъ и темныхъ полосъ. Далѣе мы можемъ замѣтить, что фіолетовый свѣтъ доходитъ до самаго положительнаго электрода, но не доходитъ до отрицательнаго и отдѣляется отъ него небольшимъ темнымъ промежуткомъ. Свѣтящійся разрядъ въ Гейслеровыхъ трубкахъ исходитъ отъ положительнаго электрода, но не вполнѣ доходитъ до отрицательнаго. Въ виду этого, онъ называется положительнымъ разрядомъ или положительнымъ свѣтомъ.

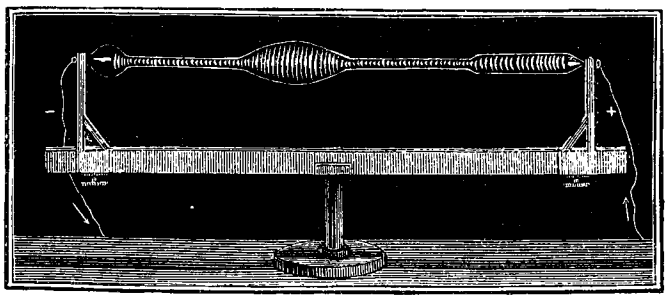


Рис. 434. Свѣченіе Гейслеровой трубки.

Если Гейслерова трубка изогнута, то разрядъ идетъ по всѣмъ ея изгибамъ. Цвѣтъ разряда зависитъ отъ природы наполняющаго трубку газа; въ воздухѣ онъ, какъ мы видѣли, фіолетовый, въ водородѣ красный, въ угольной кислотѣ зеленый и т. д. Это прохожденіе положительнаго свѣта по всѣмъ изгибамъ трубокъ и окраска его въ различные цвѣта, въ зависимости отъ природы наполняющихъ трубки газовъ, позволяетъ употреблять ихъ для различнаго рода свѣтовыхъ эффектовъ, иллюминацій и т. п. Рис. 435 и 436 показываютъ нѣсколько формъ Гейслеровыхъ трубокъ.

Къ сказанному о Гейслеровыхъ трубкахъ интересно еще прибавить, что положительный свѣтъ ихъ есть свѣтъ холодный; по опредѣленіямъ Варбурга, температура въ серединѣ Гейслеровыхъ трубокъ колеблется между 21 и 130 градусами по Ц.

Катодные лучи и Круксовы трубки.

Мы видѣли, что разряженіе въ Гейслеровыхъ трубкахъ доводится до 3 — 1 мм. и что при этомъ около отрицательнаго электрода находится небольшое темное пространство. При дальнѣйшемъ разрѣженіи атмосферы Гейслеровой трубки мы замѣтимъ, что это темное пространство будетъ все увеличиваться, а положительный свѣтъ, исходя изъ анода, будетъ все на меньшее пространство проникать въ трубку по направленію къ катоду. Наступаетъ, наконецъ, моментъ, когда темное катодное пространство совершенно заполнитъ всю трубку до анода, и положительное свѣченіе почти совершенно исчезнетъ. Рядомъ съ этимъ замѣчается и другое явленіе: отъ катода начинаютъ исходить лучи, вызывающіе яркую фосфоресценцію стекла трубки въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ они на нее попадаютъ. Фосфоресценція, въ зависимости отъ сорта стекла, бываетъ голубая или зеленая. Итакъ, по мѣрѣ увеличенія разрѣженія въ Гейслеровыхъ трубкахъ положительный свѣтъ пропадаетъ, а когда величина его станетъ равна частямъ миллиметра, то стекло трубки прямо противъ анода начинаетъ ярко свѣтиться. Лучи, вызывающіе это свѣченіе стекла и исходящіе отъ катода, были впервые наблюдены въ 1869 году Гитторфомъ и получили

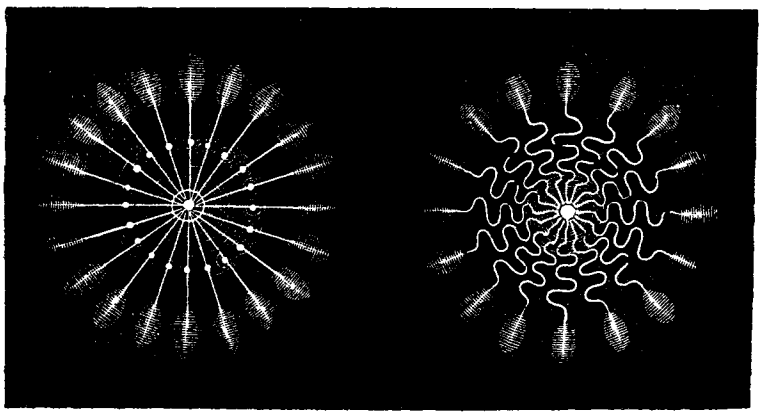


Рис. 435. Различныя формы Гейслеровыхъ трубокъ.

названіе катодныхъ. Болѣе подробно изучены они были Круксомъ въ 1879 году, и при изученіи этотъ ученый пользовался трубками болѣе, чѣмъ у Гитторфа, раціонально устроенными и съ разрѣженіемъ, доведеннымъ до 0,001 мм. Трубки эти получили названіе Круксовыхъ. Одна изъ Круксовыхъ трубокъ изображена на рис. 437.

Разсмотримъ нѣкоторыя изъ свойствъ катодныхъ лучей. Прежде всего оказывается, что между ними и анодомъ нѣтъ никакой зависимости: гдѣ и какъ бы ни былъ помѣщенъ въ Круксовой трубкѣ анодъ, лучи всегда идутъ перпендикулярно отъ катода къ стеклу трубки. Распространеніе катодныхъ лучей по прямой линіи доказывается весьма простыми опытами, но разбирать ихъ здѣсь мы не имѣемъ возможности.

Второе свойство катодныхъ лучей состоитъ въ томъ, что они вызываютъ фосфоресценцію не только въ стеклянныхъ стѣнкахъ трубки, но и во всякомъ другомъ не металлическомъ тѣлѣ, помѣщенномъ на ихъ пути. Мраморъ фосфоресцируетъ, напримѣръ, ярко-оранжевымъ цвѣтомъ, рубинъ—ярко-краснымъ, алмазъ—зеленовато-голубымъ и т. д. Фотографическія пластинки, подвергнутыя дѣйствію катодныхъ лучей внутри трубки Крукса, темнѣютъ въ неизмѣримо короткій промежутокъ времени. Металлы не пропускаютъ катодныхъ лучей, а потому, если наложить на фотографическую пластинку вырѣзанныя изъ жести буквы, то ими лучи будутъ задержаны и на пластинкѣ получатся свѣтлыя изображенія этихъ буквъ на темномъ фонѣ.

Третье свойство катодныхъ лучей заключается въ томъ, что они сильно нагрѣваютъ тѣ предметы, на которые попадаютъ. Стекло въ Круксовыхъ трубкахъ нерѣдко подъ вліяніемъ катодныхъ лучей настолько размягчается, что продавливается наружнымъ давленіемъ воздуха. Металлическія пластинки, подвергнутыя дѣйствію катодныхъ лучей, внутри трубки накаливаются докрасна, а при болѣе сильномъ токѣ и малой толщинѣ добѣла, а иногда и вовсе расплавляются.

Четвертымъ свойствомъ катодныхъ лучей является ихъ отклоняемость подъ вліяніемъ магнита или электростатическихъ явленій.

Пятое свойство катодныхъ лучей, и едва ли не самое неожиданное, было открыто Круксомъ. Оказывается, что лучи эти дѣйствуютъ механически на легкіе предметы. Въ трубкѣ (рис. 438) помѣщено колесико, легко перемѣщающееся по стекляннымъ рельсамъ. При пропусканіи черезъ эту Круксову трубку тока колесико катится и всегда по направленію отъ катода къ аноду. При измѣненіи направленія тока, мѣняется направленіе движенія колесика. Очевидно, что движеніе это происходитъ подъ вліяніемъ катодныхъ лучей.

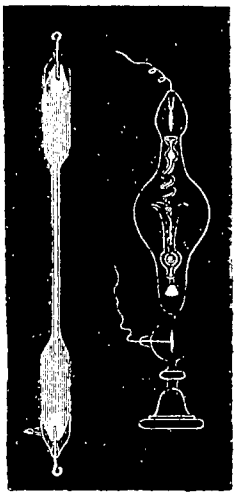


Рис. 436. Различныя формы Гейслеровыхъ трубокъ.

Что такое представляютъ собою катодные лучи—мы съ увѣренностью сказать не можемъ. Нѣкоторые ученые считаютъ ихъ за танія же волнообразныя движенія эфира, какъ и обыкновенныя свѣтовыя волны; Круксъ же видитъ въ нихъ траекторію матеріальныхъ мельчайшихъ частичекъ, наэлектризованныхъ отрицательно и выбрасываемыхъ съ поразительною скоростью. Скорость эта, по вычисленію нѣкоторыхъ физиковъ, доходитъ до 30,000 километровъ въ секунду. Скорость эта въ милліонъ разъ превосходитъ скорость движенія наиболѣе быстро движущагося поѣзда, и эффектъ, получаемый отъ столкновенія одного миллиграмма вещества, одареннаго такою поступательною скоростью, съ какимъ-либо неподвижнымъ препятствіемъ, поэтому будетъ одинаковъ со столкновеніемъ 10 желѣзнодорожныхъ поѣздовъ, пущенныхъ съ различныхъ сторонъ въ одну общую точку въ центрѣ со скоростью 100 килом. въ часъ. Этой большой скоростью движенія неизмѣримо малыхъ матеріальныхъ частичекъ прекрасно объясняются калорическія дѣйствія катодныхъ лучей и другія ихъ не совсѣмъ-то обыкновенныя свойства.

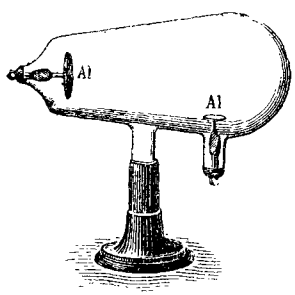


Рис. 437. Трубка Крукса.

Долгое время катодные лучи являлись совершенно обособленнымъ явленіемъ, и ихъ можно было изучать только внутри Круксовой трубки: стеклянныя стѣнки трубки представляютъ непроходимую для нихъ преграду.

Только Ленарду, на основаніи наблюденій Герца, удалось выпустить катодные лучи изъ Круксовой трубки наружу, черезъ затянутое листочкомъ алюминія окошечко. Оказалось, что катодные лучи могутъ суще-

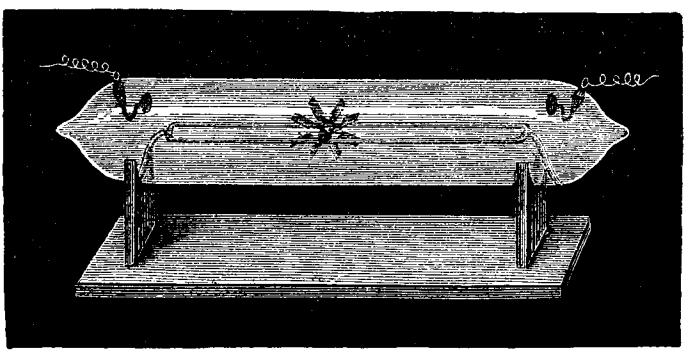


Рис. 438 Опыты съ Круксовой трубкой.

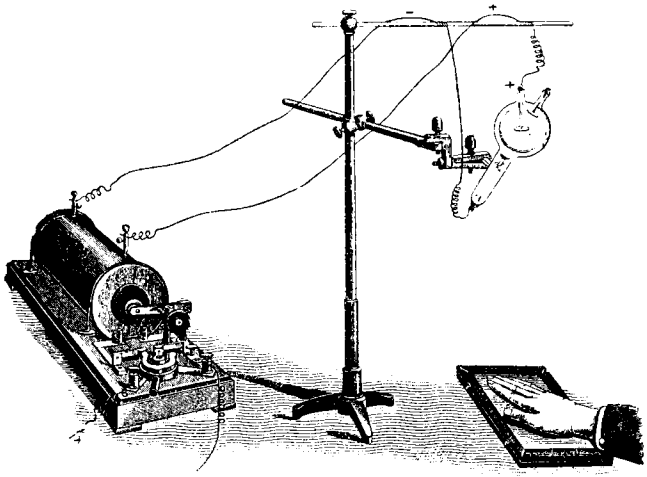


Рис. 439. Расположеніе приборовъ для радіографіи.

ствовать и внѣ разрѣженнаго пространства, въ обыкновенной атмосферѣ, но образовываться могутъ только въ сильно разрѣженномъ пространствѣ.

Рентгеновскіе лучи, или Х-лучи.

Катодные лучи получили совершенно особый интересъ, благодаря работамъ нѣмецкаго ученаго Рентгена. Рентгенъ въ 1896 году нашелъ, что изъ того мѣста стекла Круксовой трубки, на которое падаютъ катодные лучи исходитъ новый родъ лучей, обладающихъ въ высшей степени замѣчательными и неожиданными свойствами. Лучи эти дѣйствуютъ на чувствительную фотографическую пластинку, помѣщенную внѣ трубки Крукса, и вызываютъ свѣченіе тамъ же помѣщенныхъ флуоресцирующихъ веществъ, въ особенности яркое для піаноплатината барія. Но наиболѣе замѣчательнымъ свойствомъ этихъ лучей, названныхъ Рентгеномъ Х-лучами, является способность ихъ проходить сквозь большинство не металлическихъ тѣлъ, непроницаемыхъ для обыкновеннаго свѣта. Черезъ дерево, напримѣръ, Х-лучи проходятъ такъ же легко, какъ обыкновенные свѣтовые черезъ стекло. Эбонитъ, каучукъ, воскъ, пробка, уголь, графитъ, алюминій также легко пропускаютъ эти лучи. Тяжелые металлы значительно менѣе проницаемы для нихъ. Мясо оказывается значительно болѣе проницаемымъ, чѣмъ кости. Вообще можно сказать, что проницаемость

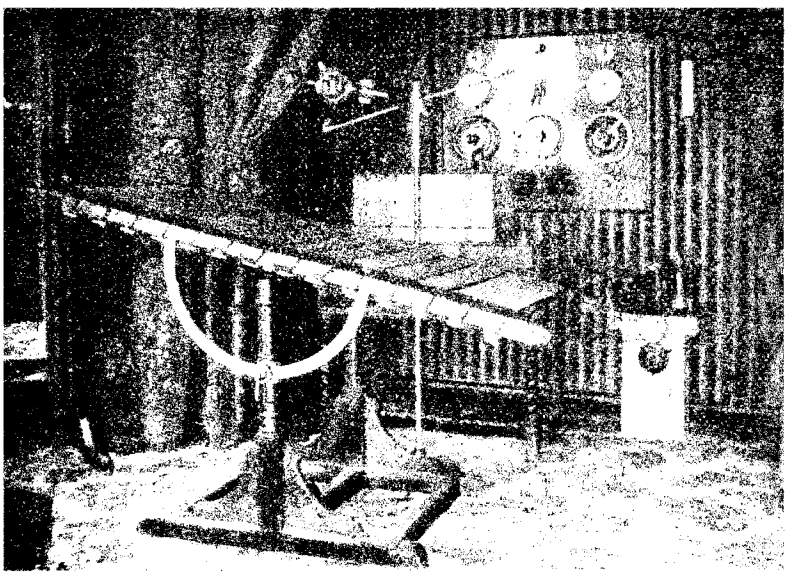


Рис. 440. Радіографическій кабинетъ.



Рис. 441. Приборъ Дюкрете для радіоскопированія.

для Х-лучей находится въ связи съ удѣльнымъ вѣсомъ тѣлъ. Чѣмъ удѣльный вѣсъ меньше, тѣмъ больше проницаемость, и наоборотъ.

Отсюда явилась возможность фотографировать предметы черезъ непрозрачные для обыкновенныхъ свѣтовыхъ лучей оболочки, напримѣръ, монеты, заключенныя въ портмонэ, металлическіе предметы, заложенные въ середину книги, и т. п. Получилась возможность также снимать скелетъ, внутренніе органы и посторонніе, попавшіе въ организмъ, предметы (напр., пули) сквозь кожные и мускульные покровы. Нечего и говорить о значеніи для медицинской діагностики подобнаго рода снимковъ, полученіе которыхъ носитъ названіе радіографіи.

Радіографія.

Посмотримъ теперь, какъ производятся радіографическіе снимки. Трубка Крукса (рис. 439) соединена своими электродами съ катушкой Румкорфа и помѣщена такъ, чтобы катодные лучи падали на часть трубки, находящуюся какъ разъ надъ тѣмъ мѣстомъ стола, гдѣ предполагаютъ производить снимокъ. На столѣ, въ этомъ мѣстѣ, помѣщаютъ въ деревянной каseткѣ, или завернутую въ черную бумагу, чувствительную фотографическую пластинку, на нее кладутъ снимаемый предметъ, напримѣръ, руку, и затѣмъ пропускаютъ въ трубку Крукса токъ. Подъ вліяніемъ катодныхъ лучей развиваются Х-лучи и они дѣйствуютъ сквозь дерево на чувствительный серебряный слой пластинки тамъ, гдѣ она не закрыта рукой. Въ тѣхъ же мѣстахъ, гдѣ на каseткѣ лежитъ рука, Х-лучи будутъ проходить труднѣе и при томъ болѣе будутъ задерживаться костями руки, чѣмъ мышцами. Въ результатѣ на снимкѣ получится темный контуръ руки и свѣтлѣе обрисованный костякъ ея. Позитивъ съ такого негатива дастъ намъ изображеніе въ родѣ представленнаго дальше на рис. 447. Рис. 440 представляетъ приспособленную для Рентгеновскихъ снимковъ комнату въ Радіографическомъ Институтѣ въ Парижѣ.

Дальнѣйшія работы по радіографіи показали, что можно иногда и не прибѣгать къ хлопотливому, во всякомъ случаѣ, процессу фотографированія, а ограничиваться, такъ называемымъ, рентгеноскопированіемъ. Для этого изслѣдуемый предметъ или изслѣдуемую часть тѣла, напримѣръ, руку, помѣщаютъ между экраномъ, покрытымъ сильно флуоресцирующимъ веществомъ, піанопластинатомъ барія, фтористымъ кальціемъ и т. п., и круксовой трубкой. На экранѣ получается проектированное изображеніе точно такое же, какое можно было бы получить на фотографической пластинкѣ. Рис. 441 представляетъ устроенный для подобнаго рентгеноскопированія аппаратъ Дюкрете, а на рис. 442 изображено болѣе простое приспособленіе для той же цѣли Лонда.

Радіографія и рентгеноскопированіе принесли уже въ медицинѣ много пользы.

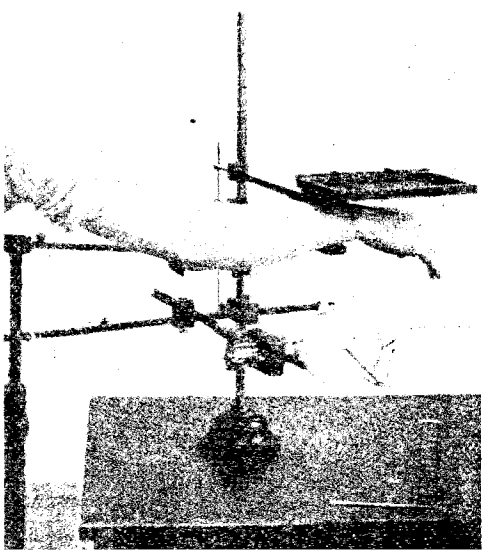


Рис. 442. Радіоскопъ Лонда.

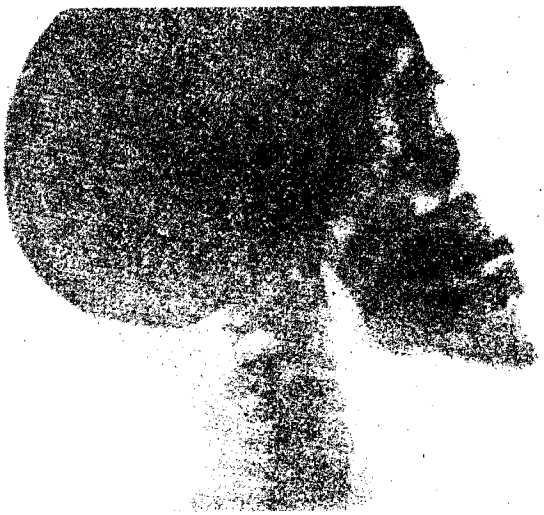




Рис. 443 и 444. Радіографическій снимокъ.

Во время Суданской войны 1899 года англійскіе хирурги были снабжены приборами для радіографіи, и, благодаря имъ, было сдѣлано не мало правильныхъ опредѣленій мѣстоположенія пуль въ ранахъ, и эти опредѣленія позволили съ успѣхомъ извлечь пули. Все устройство было весьма портативное, а источникомъ тока служила, при этихъ опредѣленіяхъ, небольшая динамо-машинка, приводимая въ движеніе двумя солдатами, посредствомъ привода въ видѣ двойного, неподвижно укрѣпленнаго, велосипеда.

Въ Трансваалѣ во время послѣдней войны англичане также пользовались услугами радіографіи, и вообще роль ея во время военныхъ дѣйствій въ полевыхъ лазаретахъ должна быть велика. Надо только найти способъ обходиться безъ такихъ неудобныхъ источниковъ тока, какъ аккумуляторы, динамо-машины и т. п., и есть основанія думать, что рентгеновскіе лучи можно получать, возбуждая Круксовы трубки статическимъ электричествомъ обыкновенной электрической машины.

Въ заключеніе мы приведемъ нѣсколько интересныхъ радіографическихъ снимковъ, исполненныхъ въ радіографической лабораторіи Сальпетріера.

Рис. 443 показываетъ намъ присутствіе въ черепѣ пули, разбившейся на двѣ части. У подвергавшагося радіографированію паціента, кромѣ того, оказалась вставная челюсть. На рис. 444 буквою A отмѣчена монета въ 5 сантимовъ, которую проглотилъ паціентъ, двѣнадцатилѣтній музыкантъ. На рис. 445 ясно видна сломанная кость, на рис. 446— пуля, засѣвшая въ ногѣ.

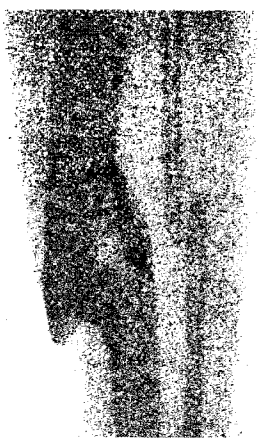


Рис. 445. Радіографическій снимокъ.

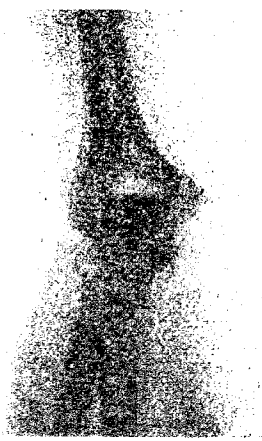


Рис. 446. Радіографическій снимокъ.

Рис. 447 представляетъ снимокъ, полученный съ руки молоденькой швеи, у которой сломавшаяся иголка (*a*) вошла въ руку около мизинца. Интересно, что снимокъ показалъ присутствіе и еще одного осколка иглы (*b*) вверху средняго пальца, о нахожденіи котораго тамъ сама швея и не предполагала.

Наконецъ, рис. 448 представляетъ случай размягченія костей. На этомъ снимкѣ костякъ уже почти не выдѣляется на общемъ фонѣ мышцъ.

Природа Х-лучей.

Мы пользуемся услугами Х-лучей; они приносятъ въ медицинѣ громадную увѣренность въ діагнозѣ при многихъ заболѣваніяхъ, а тѣмъ болѣе во многихъ хирургическихъ случаяхъ; мы умѣемъ получить эти лучи,—но до сихъ поръ ничего не знаемъ объ истинной природѣ ихъ и о томъ, какова ихъ истинная зависимость отъ катодныхъ лучей. Х-лучи не отражаются и не преломляются, какъ обыкновенные свѣтовые лучи, но это еще не значитъ, чтобы природа ихъ была совершенно иная. Вѣроятно, они также являются результатомъ волнообразнаго движенія эфира, но только длина волны ихъ должна быть весьма мала и, во всякомъ случаѣ, меньшетѣхъ невидимыхъ ультрафіолетовыхъ лучей, которые находятся за фіолетовыми лучами солнечнаго спектра и обнаруживаются благодаря своему дѣйствію на фотографическую пластинку. Длина волнъ лучей Рентгена должна быть, во всякомъ случаѣ, меньше двухъ десятыхъ микромиллиметра,—это единственное, что мы можемъ сказать о нихъ.



Рис. 447. Радіографическій снимокъ.


Рис. 448. Радіографическій снимокъ.

XVII.

Электричество въ домашнемъ быту.

Не мало примѣненій электричество имѣетъ въ домашнемъ быту и въ обыкновенной повседневной жизни. Мы остановимся только на наиболѣе типичныхъ примѣненіяхъ, такъ какъ перечислить всѣ услуги электричества нѣтъ никакой возможности.

Электрическіе звонки.

Электрическіе звонки составляютъ наиболѣе обыкновенное примѣненіе электричества въ обыденной жизни. Съ этими звонками намъ не разъ приходилось уже встрѣчаться въ предыдущихъ главахъ, но до сихъ поръ мы не останавливались на ихъ устройствѣ.

Изобрѣтателемъ электрическаго звонка можно считать Вернера Сименса: въ своемъ стрѣлочномъ телеграфѣ онъ примѣнилъ уже то самопрерываніе, на которомъ основано устройство электрическаго звонка. Но первый звонокъ былъ изготовленъ не Сименсомъ, а Миро—французскимъ техникомъ въ Руанѣ, въ 1853 году. Миро первый замѣнилъ обыкновенный дверной звонокъ электрическимъ. Рис. 449 показываетъ устройство простѣйшаго электрическаго звонка. Токъ изъ элемента B при посредствѣ коммутатора P, устройство котораго мы опишемъ далѣе, поступаетъ въ обмотку электромагнита E по проводу *a*. Другой конецъ обмотки этого электромагнита проволочкой b соединенъ съ молоточкомъ H′, который въ нормальномъ, свободномъ своемъ положеніи посредствомъ пружинки k соприкасается со штифтикомъ C, соединеннымъ, въ свою очередь, проводомъ xx съ другимъ полюсомъ элемента B. Когда замыкается коммутаторъ P, токъ изъ гальваническаго элемента идетъ въ электромагнитъ E, электромагнитъ притягиваетъ якорь H и молоточекъ H′ ударяетъ по колокольчику T. Какъ только якорь H притянется къ электромагниту E, пружинка k отходитъ отъ штифта C, и токъ прерывается. Прерывается токъ, якорь H тотчасъ же отстаетъ отъ электромагнита и возвращается въ свое нормальное положеніе, пружинка k снова приходитъ въ соприкосновеніе съ C, снова замыкается цѣпь на электромагнитъ, снова происходитъ притягиваніе якоря, получается новый ударъ молоточка по колокольчику и т. д. Въ результатѣ мы получимъ при замыканіи тока при помощи коммутатора P періодическія пропусканія тока въ электромагнитъ и рядъ возвратныхъ движеній молоточка, ударяющаго каждый разъ по звонку; получается характерный для электрическаго звонка дребезжащій или трещащій звукъ.

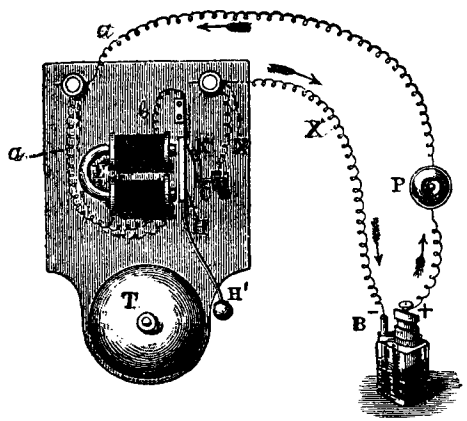


Рис. 449. Звонокъ съ самопрерываніемъ.

Коммутаторъ устанавливается или снаружи квартиры, около входной двери, или вообще въ той комнатѣ, откуда можетъ быть надобность вызвать прислугу, а звонокъ вѣшается въ помѣщеніи для прислуги или въ передней. Звонокъ съ коммутаторомъ соединяется, какъ ясно видно на рисункѣ, проводами, а гдѣ-либо, гдѣ это удобнѣе, въ одинъ изъ проводовъ включается гальваническій элементъ или цѣлая батарея ихъ.

Итакъ, каждая установка электрическаго звонка должна заключать самый звонокъ, характернѣйшую и обыкновеннѣйшую форму котораго мы только-что описали, гальваническій элементъ и коммутаторъ.

Что касается гальваническаго элемента, то, такъ какъ токъ на звонокъ замыкается обыкновенно на недолгое время, и, наоборотъ, долгое время элементу приходится стоять безъ работы, всего практичнѣе для звонковъ оказываются элементы Лекланше. Элементы эти не отличаются, правда, постоянствомъ тока и склонны къ поляризаціи въ достаточно сильной степени, но зато химическій процессъ, раствореніе цинка, въ нихъ происходитъ только во время замыканія тока, — слѣдовательно, они экономны и, сверхъ того, весьма просты и требуютъ весьма малаго присмотра; въ нихъ время отъ времени приходится подливать воды, да разъ въ годъ, а то и рѣже, ихъ надо чистить. Коммутаторы устраиваются для звонковъ всего чаще въ видѣ кнопокъ, разрѣзъ одной изъ которыхъ представленъ на рис. 450. Два конца провода — одинъ отъ батареи, а другой отъ звонка, прикрѣпляются къ мѣднымъ пружинкамъ a и b, заключеннымъ въ деревянную коробочку конической формы. Въ верхней части этой коробочки имѣется круглое отверстіе, въ которое вкладывается костяная цилиндрическая пуговка A. Нажимомъ этой пуговки сближаются пружинки и соединяются оба конца a и b провода отъ батареи къ звонку. Еще лучше видно устройство кнопки для звонка на рис. 451, 452 и 453. Рис. 451

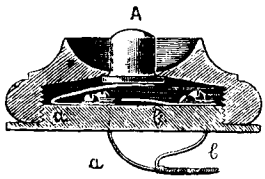


Рис. 450. Устройство кнопки.

представляетъ наружный видъ кнопки, рис. 452—планъ нижняго дна его, а рис. 453—устройство пружинокъ. Провода вводятся въ кнопку въ отверстія c и k и затѣмъ зажимаются подъ пружинки A и B между двумя, показанными на рис. 452, винтиками. Отверстія a и b служатъ для помѣщенія шруповъ, которыми кнопка прикрѣпляется къ стѣнѣ.

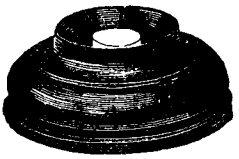


Рис. 451. Кнопка.

Описанный контактъ прикрѣпляется къ стѣнѣ. Въ другихъ случаяхъ оказывается удобнѣе подвѣсить контактъ сверху, напримѣръ, къ лампѣ надъ обѣденнымъ столомъ и т. п. Въ этихъ случаяхъ примѣняется контактъ грушевидной формы, изображенной на рис. 454.

Привычка вызывать звонъ обыкновеннаго колокольчика дерганіемъ за ручку того или другого устройства заставляетъ иногда и при звонкахъ электрическихъ устраивать коммутаторы «для дерганія». Рис. 455 изображаетъ обыкновенной формы мѣдную звонковую ручку, приспособленную для звонка электрическаго. Рукоятка снабжена довольно длиннымъ стержнемъ, около котораго намотана тугая спиральная пружина, на концѣ стержня находится эбонитовая надѣлка, кончающаяся нѣсколько болѣе широкимъ мѣднымъ кольцомъ. Проволоки отъ звонка и батареи соединяются съ двумя плоскими пружинами, расположенными по бокамъ стержня. Когда дергаютъ за рукоятку, металлическое кольцо приходитъ въ соприкосновеніе съ обѣими пружинками, и цѣпь замыкается. Въ такомъ же родѣ контактъ для дерганія устраивается и для дѣйствія отъ сонетнаго шнура.

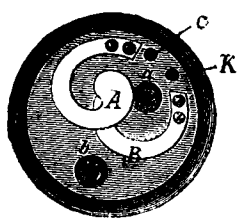


Рис. 452. Кнопка.

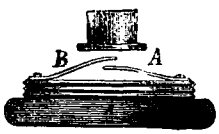


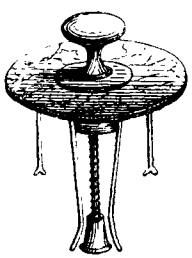
Рис. 453. Кнопка.

Дѣлаютъ иногда ножные контакты, располагая ихъ, напримѣръ, около обѣденнаго стола для незамѣтнаго вызова прислуги. Эти контакты, кромѣ величины, ничѣмъ не отличаются по устройству отъ описанной нами стѣнной кнопки.

На рис. 449 мы представили обыкновенный электрическій звонокъ съ круглой звонковой чашей. Чашѣ этой придаютъ иногда другую форму. Звонки съ такъ называемымъ тирольскимъ колокольчикомъ (рис. 456) издаютъ, напримѣръ, звукъ гораздо глуше обыкновенныхъ звонковъ. Въ особенности часто они употребляются тамъ, гдѣ находится нѣсколько звонковъ и ихъ надо различать по звуку. Дѣлаются звонки иногда и совершенно иной формы, какъ, напримѣръ, представленный на рис. 457 и 458 колоколъ Дженсена, но отличіе все только въ формѣ и мелочныхъ подробностяхъ устройства,—принципъ дѣйствія все тотъ же самый.



Рис. 454. Кнопка въ видѣ груши.



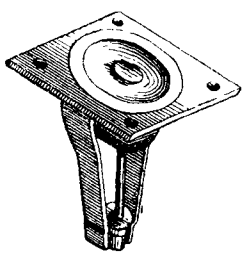


Рис. 455. Замыкатель для дерганія пуговки.

Иногда желательно бываетъ получить отъ звонка при замыканіи не длящійся звонъ, а только одинъ ударъ молоточка по колокольчику; для этого провода отъ кнопки при-

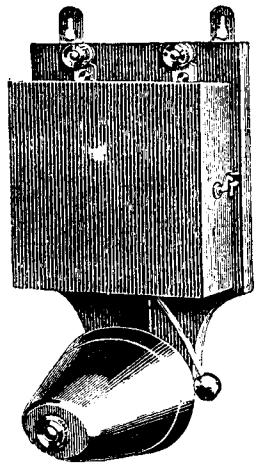


Рис. 456. Звонокъ съ тирольскимъ колокольчикомъ.

крѣпляются оба непосредственно къ двумъ сторонамъ обмотки электромагнита. При нажиманіи кнопки тутъ происходитъ притягиваніе якоря и молоточка, и якорь затѣмъ остается притянутымъ все время, пока нажата кнопка. Перестаетъ токъ итти въ электромагнитъ (перестали нажимать кнопку), якорь дѣйствіемъ особой пружинки отъ электромагнита отводится, и звонокъ можетъ снова, при нажиманіи кнопки, дать ударъ молоточкомъ по колокольчику.

Употребляютъ иногда комбинированный одноударный и дребезжащій звонокъ. Такое устройство особенно удобно тамъ, гдѣ при помощи одного звонка производятъ вызовы изъ двухъ мѣстъ. Подобный звонокъ представленъ на рис. 459. Обмотка электромагнита у него соединена съ зажимами 1 и 2, а молоточекъ съ зажимомъ 3. Съ зажимомъ 1 соединяются обѣ относящіяся къ звонку кнопки; вторые же провода отъ одной изъ кнопокъ, а именно той, которая будетъ вызывать длительный звонъ, соединяются съ зажимомъ 3, а отъ другой, вызывающей одинъ ударъ молоточка по колокольчику, съ зажимомъ 2.

Въ противоположность одноударнымъ звонкамъ, устраиваютъ иногда звонки непрерывнаго дѣйствія. Въ этихъ звонкахъ нажимъ кнопки вызываетъ звонъ, который можетъ прекратить только лицо, находящееся около колокольчика. Звонки непрерывнаго дѣйствія бываютъ двоякаго устройства. У однихъ приспособленіе, поддерживающее соединеніе звонка съ батареей и послѣ прекращенія нажима кнопки, входитъ въ механизмъ самаго звонка, у другихъ оно вводится въ линію звонка отдѣльно. Рис. 460 поясняетъ устройство звонковъ перваго рода. Изъ трехъ находящихся здѣсь наверху звонка зажимовъ, одинъ C соединенъ прямо съ однимъ изъ полюсовъ батареи, другой L соединяется съ проводомъ линіи, а третій Z соединенъ особой вѣткой съ другимъ полюсомъ батареи. Съ другой стороны, зажимъ C соединяется съ обмоткой электромагнита звонка, L съ обыкновеннымъ нажимнымъ для молоточка штифтомъ *a* и далѣе съ неподвижно укрѣпленнымъ контактомъ c, а Z съ вращающимся около своего центра рычажкомъ *b*, находящимся, съ одной стороны, подъ вліяніемъ пружины k, а другимъ своимъ концомъ при помощи шнура h легко зацѣпляемымъ за изогнутый якорь p. Легко понять дѣйствіе звонка подобнаго устройства. При нажатіи кнопки токъ отъ батареи пойдетъ, какъ обыкновенно, черезъ C и L въ электромагнитъ, и якорь съ молоточкомъ будетъ электромагнитомъ притянутъ. Но мы видѣли, что Z соединено въ то же время и съ вращающимся рычажкомъ b, который въ моментъ притягиванія якоря къ электромагниту соскочитъ съ крючка p и подъ дѣйствіемъ пружины k придетъ въ положеніе, изображенное на рисункѣ пунктиромъ, т.-е. упрется въ контактъ c. Не трудно видѣть, что такимъ образомъ черезъ Z c b L a создастся соединеніе съ полюсомъ батареи помимо кнопки. Непосредственное же соединеніе съ другимъ полюсомъ черезъ C существуетъ



Рис. 457. Электрическій колоколъ.

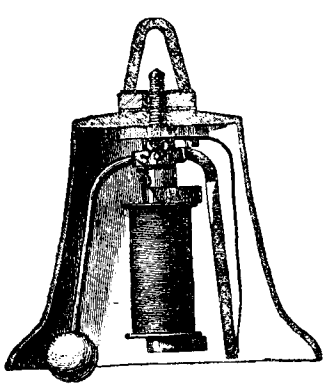


Рис. 458. Механизмъ электрическаго колокола.

постоянно, и потому звонокъ будетъ теперь звонить непрерывно, пока кто-либо за шнурокъ h не подниметъ рычажекъ *b* и не заставитъ его снова зацѣпиться за p.

Въ непрерывныхъ звонкахъ второго рода употребляется такое же спусковое приспособленіе, какое нами только-что описано, но оно приводится въ дѣйствіе отдѣльнымъ электромагнитомъ. Это будетъ звонокъ совершенно обыкновеннаго устройства, но соединенный съ извѣстнымъ уже намъ по описанію телеграфа приборомъ, подъ названіемъ релэ.

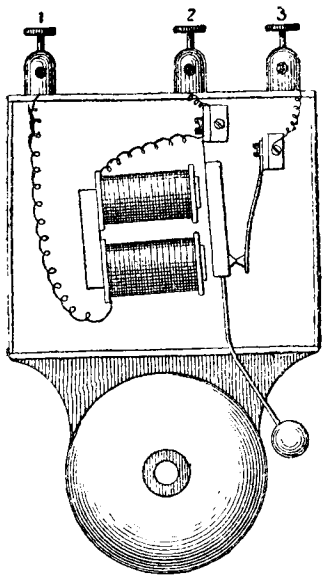


Рис. 459. Звонокъ съ одноударнымъ приспособленіемъ.

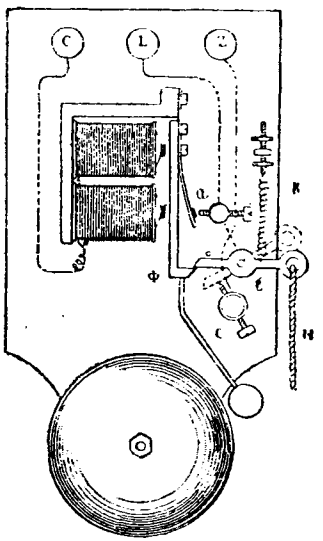


Рис. 460. Звонокъ съ непрерывнымъ звономъ.

Рис. 461 представляетъ полную схему соединенія звонка, релэ, элемента и кнопки. Релэ при этомъ можетъ быть посредствомъ коммутатора выведено изъ цѣпи, и тогда звонокъ изъ непрерывно звонящаго становится обыкновеннымъ. Представленное на рисункѣ релэ имѣетъ только одинъ сердечникъ, но это не уменьшаетъ его чувствительности, такъ какъ якорь A, соединяясь съ магнитомъ посредствомъ стальной пружинки S, образуетъ часть магнита и потому, намагничиваясь вмѣстѣ съ сердечникомъ послѣдняго, притягивается сильнѣе, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы онъ былъ въ магнитномъ отношеніи изолированъ. Токъ батареи входитъ по проволокамъ C и W, циркулируетъ по обмоткѣ электромагнита и возвращается по проволокѣ Z. Электромагнитъ при этомъ становится активнымъ и немедленно притягиваетъ свой якорь A. Движеніе послѣдняго освобождаетъ подвѣшенный на шарнирѣ рычагъ L, къ которому прикрѣплена контактная пластинка R съ платиновой надѣлкой. Послѣдняя, какъ показываетъ рисунокъ, находится въ металлическомъ сообщеніи со стойкой R′ и основаніемъ, а, слѣдовательно, попроводу W и съ батареей. Когда рычагъ L падаетъ, контактная пластинка R замыкаетъ цѣпь къ звонку черезъ изолированную стойку X. Такимъ образомъ одновременно со введеніемъ звонка въ цѣпь релэ изъ нея выключается. Для возвращенія рычага L на мѣсто употребляется шнурокъ, какой мы видѣли выше, или иное приспособленіе.

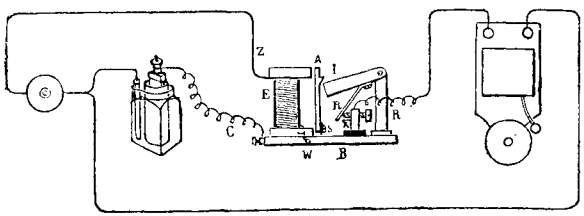


Рис. 461. Схема установки колокольчика съ непрерывнымъ звономъ.

На рис. 462 представлена болѣе сложная установка для непрерывнаго звонка, примѣняемая тамъ, гдѣ съ однимъ пунктомъ соединяютъ нѣсколько звонковъ. Дѣйствіе этого приспособленія таково: когда нажмутъ кнопку P, токъ въ главной цѣпи идетъ отъ положительнаго полюса C батареи D черезъ обмотку *a* релэ и оттуда по проводу *d* черезъ кнопку P обратно въ батарею. Вслѣдствіе этого якорь A притягивается къ релэ R, и замыкается мѣстная цѣпь

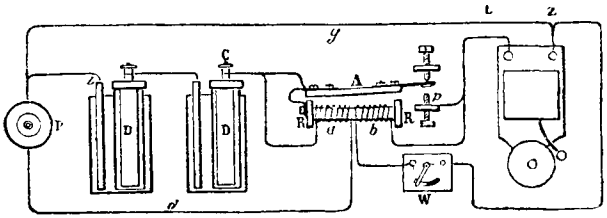


Рис. 462. Другая схема установки колокольчика съ непрерывнымъ звономъ.

звонка, по которой токъ идетъ отъ зажима C батареи къ якорю A релэ, черезъ контактный винтъ p къ зажиму L звонка, черезъ звонокъ къ зажиму Z звонка и оттуда по проводу g къ отрицательному полюсу батареи. Часть тока при этомъ отвѣтвляется по проволокѣ отъ зажима L звонка черезъ обмотку въ релэ, и коммутаторъ W къ зажиму Z звонка, удерживая такимъ образомъ якорь у релэ, хотя главная цѣпь въ кнопкѣ и прервана; звонокъ вслѣдствіе этого продолжаетъ дѣйствовать, пока не прервутъ вѣтви, передвинувъ ручку коммутатора W въ другую сторону. Звонокъ можно такъ же останавливать, вводя передъ релэ, при помощи обыкновенной кнопки, короткую вѣтвь. Легко видѣть, что отъ одного релэ могутъ дѣйствовать нѣсколько звонковъ; кромѣ того, передвигая рычагъ коммутатора W въ ту или другую сторону, можно по желанію сдѣлать звонки изъ непрерывно звонящихъ обыкновенными и обратно. Положеніе рычажка на рисункѣ соотвѣтствуетъ установкѣ съ постояннымъ звономъ, а противоположное переведетъ звонки на дѣйствіе обыкновенное, т.-е. они будутъ звонить, только пока прижата кнопка.

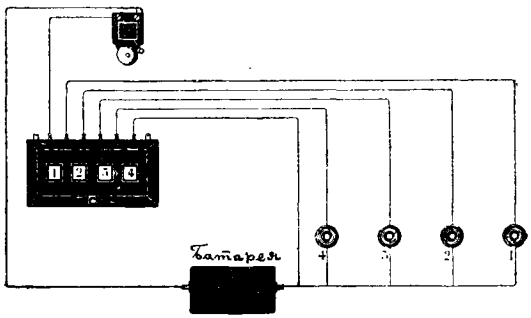


Рис. 463. Схема звонка съ индикаторнымъ аппаратомъ.

Электрическіе звонки съ индикаторами.

Мы видѣли, что комбинаціей колокольчиковъ различнаго тембра, или, обыкновенныхъ и одноударныхъ или наоборотъ, постояннаго дѣйствія, можно различать, откуда именно подается сигналъ или вызовъ. Такія комбинаціи требуютъ большого вниманія отъ вызываемой прислуги и пригодны не болѣе, какъ для двухъ-трехъ вызововъ, соединенныхъ съ однимъ помѣщеніемъ для прислуги. Гораздо удобнѣе при вызовахъ, передаваемыхъ въ одно мѣсто изъ нѣсколькихъ комнатъ, устраивать звонки, съ такъ называемыми, индикаторами или нумераторами. Каждая комната обозначается извѣстнымъ № и снабжается своей кнопкой. Въ помѣщеніи прислуги имѣется одинъ звонокъ для всѣхъ этихъ кнопокъ, но рядомъ съ нимъ въ цѣпь вводится таблица, на которой при звонкѣ показывается №, отвѣчающій № комнаты, гдѣ нажата кнопка. Подобная установка схематически изображена на рис. 463, а детали устройства номерного аппарата изображены на рис. 464.

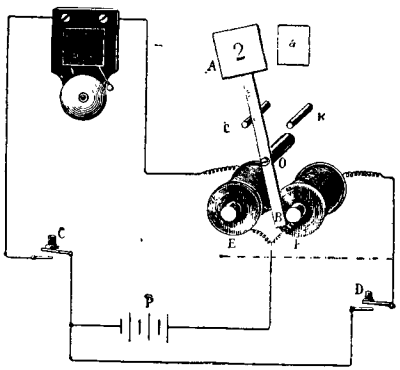


Рис. 464. Устройство индикатора.



Рис. 465. Дверной контактъ.

Номерной аппаратъ содержитъ столько двойныхъ электромагнитовъ, сколько комнатъ онъ обслуживаетъ. Столько же имѣется у него окошечекъ и показывающихся послѣ звон-

ка въ нихъ №№. Около каждой пары соединенныхъ съ одною и той же батареей электромагнитовъ (рис. 464) E F имѣется одинъ якорь B, вращающійся около точки O и несущій на верхнемъ концѣ табличку съ №. Движеніе этого якоря ограничено задерживающими штифтиками c и k. Придавивъ кнопку C, находящуюся въ какой-либо изъ комнатъ, положимъ, въ комнатѣ, обозначаемой № 2, мы, какъ это видно изъ рисунка, пошлемъ токъ въ электромагнитъ E и черезъ него въ звонокъ. Электромагнитъ E тотчасъ же притянетъ якорь B, и этотъ послѣдній, покачнувшись, передвинетъ табличку съ № 2 такъ, что она придется какъ разъ противъ окошечка a. Показавшійся въ окошечкѣ № указываетъ, изъ какой комнаты сдѣланъ вызовъ звонкомъ. Чтобы заставить № опять спрятаться, прислуга должна подойти къ нумератору и придавить имѣющуюся около него одну для всѣхъ №№ кнопку D. Этой кнопкой токъ пускается сразу во всѣ правые электромагниты во всѣхъ парахъ. Якорь № 2 притягивается при этомъ въ положеніе, изображенное на рисункѣ. Весьма часто нумераторы устраиваются такъ, что описанные ихъ электромагниты служатъ въ то же время и релэ для непрерывнаго звона. Звонъ прекращается только послѣ того, какъ прислуга отведетъ выскочившій № отъ окошечка. Такого рода приборы хороши тѣмъ, что при нихъ трудно забыть отвести №, а указатель съ выскочившими и не убранными своевременно №№, понятно, теряетъ всякій смыслъ.

Предохранители отъ воровъ.

Для предохраненія отъ воровъ употребляются звонки, звонящіе при открываніи дверей или оконъ. Съ этой цѣлью въ косякъ двери или окна вдѣлываютъ особый, такъ называемый, дверной контактъ. Контактъ этотъ (рис. 465) состоитъ изъ узкой металлической пластинки a, врѣзаемой въ косякъ вровень съ его наружной поверхностью и соединенной съ проводомъ отъ звонка. Другой проводъ соединяется съ пружинкой c, прикрѣпленной къ пластинкѣ a при помощи изолирующей эбонитовой прокладки k. Другой конецъ пружинки c несетъ кнопку o, устроенную такъ, что она при надавливаніи отводитъ пружинку отъ пластинки a. Эбонитовая пластинка и пружинка помѣщаются въ выдолбленномъ въ косякѣ двери углубленіи, и снаружи, надъ пластинкой, остается только кнопка o. Пока дверь закрыта, она придавливаетъ кнопку въ косякѣ, и цѣпь на звонокъ оказывается разомкнутой, но какъ только дверь открываютъ, пружинка соприкасается съ пластинкой a и звонокъ звонитъ, пока дверь снова не будетъ закрыта.

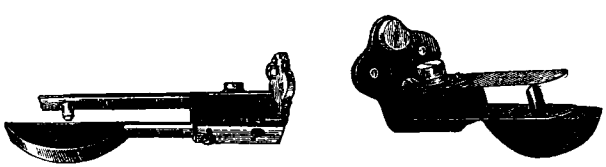


Рис. 466. Дверные контакты.

Когда же дверной контактъ употребляется не противъ воровъ, а просто какъ предупредитель того, что въ дверь кто-либо вошелъ (напримѣръ, въ магазинахъ), то предпочитаютъ получать не непрерывный звонъ, а только кратковременный. Въ такихъ случаяхъ пользуются ударнымъ контактомъ, изображеннымъ на рис. 466. Въ немъ имѣется двѣ пружинки, которыя при надавливаніи приходятъ въ соприкосновеніе; надавливаніе производится дверью, когда она при своемъ открываніи задѣнетъ верхней кромкой за эбонитовую надѣлку, прикрѣпленную къ одной изъ пружинокъ. Приспособленіе это прикрѣпляется къ закладной рамѣ надъ дверью. При этомъ приспособленіи звонокъ раздается только въ моментъ открыванія двери, а при вышеописанномъ звонъ продолжается все время, пока дверь остается открытой.

При всѣхъ системахъ предохранителей, гдѣ токъ въ звонокъ посылается только въ моментъ открыванія двери или окна, не трудно бываетъ сколько-либо сообразительному вору заранѣе себя обезопасить, перерѣзавъ проволоки. Гораздо надежнѣе поэтому такіе предохранители, въ которыхъ звонъ вызывается размыканіемъ постоянно въ нормаль-

номъ положеніи работающей цѣпи. Разрѣзываніе проволоки въ такихъ устройствахъ повлечетъ къ тому же размыканію цѣпи и, слѣдовательно, вызоветъ тревожный звонъ. Проволока отъ подобныхъ приборовъ, звонящихъ при размыканіи цѣпи, можетъ сама по себѣ служить прекраснымъ предохранителемъ, такъ закрывающимъ, напримѣръ, окна, что, не попортивъ ее въ нихъ, нельзя влѣзть, ни открывъ окна, ни вырѣзавъ изъ нихъ стекла.

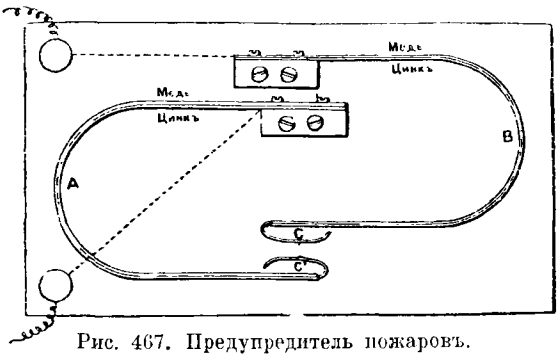


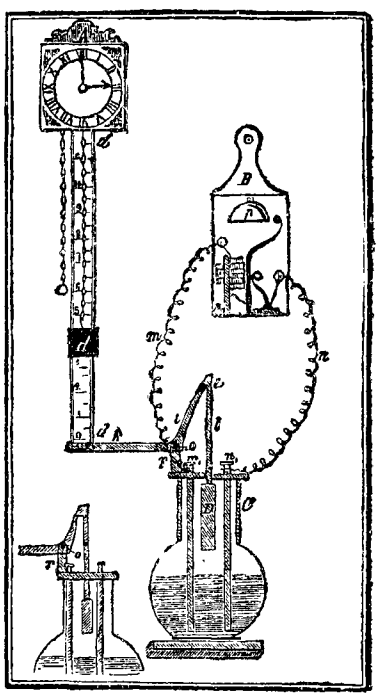
Рис. 467. Предупредитель пожаровъ.

Принципъ устройства подобныхъ приспособленій очень простъ. Около звонка помѣщается релэ, въ замкнутомъ состояніи размыкающее частную цѣпь изъ особой мѣстной батареи на звонокъ, а въ разомкнутомъ состояніи, наоборотъ, замыкающее. Входить въ подробности такого рода устройствъ мы не будемъ: онѣ могутъ сильно мѣняться въ зависимости отъ мѣстныхъ условій.

Предупредители пожаровъ.

Электрическіе звонки и контакты примѣняются еще въ качествѣ предупредителей пожаровъ. Всѣ они основаны на томъ, что при повышеніи температуры въ данномъ помѣщеніи противъ извѣстной нормы два контакта приводятся автоматически въ соединеніе и замыкаютъ токъ на звонокъ. Одинъ изъ контактовъ дѣлается обыкновенно неподвижнымъ, а другимъ служитъ или налитая въ достаточно тонкую трубочку ртуть, при нагрѣваніи расширяющаяся и поднимающаяся по трубкѣ до соприкосновенія съ неподвижнымъ контактомъ, или полая съ тонкими стѣночками коробка, наполненная воздухомъ, герметически закрытая и, подъ вліяніемъ расширенія воздуха отъ нагрѣванія, выпячивающая одну изъ своихъ стѣнъ вплоть до соприкосновенія съ неподвижнымъ контактомъ.

Устраиваютъ предупредительные для пожара контакты и иначе, основывая ихъ на томъ извѣстномъ фактѣ, что двѣ тонкія полоски, склепанныя изъ неодинаковыхъ металловъ, расширяющихся въ различной степени при нагрѣваніи, будутъ при нагрѣваніи сгибаться въ одну сторону, а при охлажденіи въ обратную. Рис. 467 представляетъ контактъ подобнаго рода. Онъ состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ термоскопическихъ паръ. Каждая изъ этихъ паръ, въ свою очередь, состоитъ изъ мѣдной и цинковой пластинокъ, спаянныхъ по длинѣ и загнутыхъ въ видѣ буквы U. Одна пара спаяна изъ очень толстыхъ пластинокъ, а другая, наоборотъ, изъ очень тонкихъ; сверхъ того, тонкая пара значительно шире толстой. Длины обѣ пары совершенно одинаковой. Цинковыя пластинки расположены внутри, а мѣдныя снаружи. Какъ только температура начинаетъ подниматься, пластинки нагрѣваются и расширяются, при чемъ, вслѣдствіе неодинаковаго расширенія,


Рис. 468. Электрическій будильникъ.

вѣтви ихъ дугъ расходятся; но такъ какъ одна изъ вѣтвей укрѣплена неподвижно, то все движеніе происходитъ только въ свободныхъ ихъ концахъ. Пластинка B имѣетъ, какъ мы видѣли, меньшій противъ A объемъ; она первая поэтому приходитъ въ равновѣсіе относительно температуры окружающаго воздуха, такъ что, если это повышеніе достаточно сильно и рѣзко, какъ это бываетъ всегда при началѣ пожара, то она придетъ въ соприкосновеніе съ пластинкой A, и звонковая цѣпь замкнется. Если, напротивъ, воздухъ нагрѣвается вслѣдствіе какихъ-либо естественныхъ причинъ, что происходитъ медленно и постепенно, то и пара A успѣетъ нагрѣться, вѣтви ея разойдутся, и соприкосновенія между C и C′ не произойдетъ. Контакты C и C′ дѣлаются изъ изогнутыхъ серебряныхъ или платиновыхъ полосокъ для того, чтобы соприкосновеніе могло происходить при всякомъ положеніи вѣтвей. Описанный предупредитель работаетъ безукоризненно, но только довольно затруднительно бываетъ вывѣрить нужное положеніе пластинокъ A и B и контактовъ C и C′.

Электрическіе будильники.

При помощи электрическаго звонка не трудно устроить будильникъ при любыхъ стѣнныхъ часахъ. Механизмъ часовъ соединяютъ съ однимъ изъ полюсовъ батареи, а другой полюсъ соединяютъ со штифтикомъ, устанавливаемымъ на циферблатѣ на желаемомъ часѣ, и при томъ такъ, чтобы минутная стрѣлка проходила надъ нимъ свободно, а въ контактъ съ нимъ могла войти только стрѣлка часовая. Какъ только часовая стрѣлка дойдетъ до желаемаго часа, токъ на звонокъ замыкается, и этотъ послѣдній звонитъ. Особенно удобно при этомъ употреблять звонки постояннаго дѣйствія, звонящіе, пока ихъ не остановятъ.

Очень остроумно устройство будильника, предложенное П. К. Альтунджи. Будильникъ этотъ изображенъ на рис. 468. Примѣнимъ онъ только къ часамъ съ гирями. Подъ такими часами устанавливается особый бутылкообразный элементъ, отъ цинковой пластинки D котораго идетъ стержень l съ выступомъ e. Крышка элемента снабжена небольшой стойкой r, на оси которой O находится колѣнчатый рычагъ ki; вертикальное плечо этого рычага упирается въ выступъ e и поддерживаетъ, такимъ образомъ, цинкъ элемента внѣ жидкости; горизонтальное колѣно рычага располагается на пути гири часовъ, которая, опускаясь, увлекаетъ его за собой, поворачиваетъ рычагъ и освобождаетъ цинкъ, падающій при этомъ въ электролитъ. Зажимы m_1 и m_1 элемента соединены непосредственно со звонкомъ B, а потому, какъ только цинкъ опустится въ жидкость, звонокъ начинаетъ дѣйствовать. Подъ часами на стѣнѣ приклеена бумажная лента съ дѣленіями, изъ которыхъ каждое отвѣчаетъ пути, проходимому гирей въ часъ, полчаса и т. д. Гирю будильника, такимъ образомъ, поднимаютъ на столько отъ рычага k дѣленій, черезъ сколько отъ даннаго момента часовъ желаютъ привести будильникъ въ дѣйствіе.

Весьма не трудно устроить при помощи электрическаго звонка и періодическіе, въ извѣстное время, сигналы, извѣщающіе, напримѣръ, о наступленіи времени завтрака, обѣда, окончанія занятій и т. п. Мы приведемъ изъ «Электричества» описаніе двухъ подобнаго рода устройствъ, принятыхъ въ Новозыбковскомъ реальномъ училищѣ и Омской учительской семинаріи для звонковъ, обозначающихъ окончаніе уроковъ.

Рис. 469 представляетъ Новозыбковское устройство. Къ циферблату часовъ прикрѣплена латунная дуга ABC, соединенная съ задней стороны съ зажимомъ p. На этой дугѣ привинчены въ требуемыхъ мѣстахъ латунныя призмы a, b, c, d, или тупые клинышки, обращенные къ стрѣлкамъ болѣе узкими гранями. Эта болѣе узкая часть клинышковъ покрыта платиной. Очевидно, что ширина этой грани должна зависѣть отъ продолжительности контакта, а потому, смотря по величинѣ радіуса циферблата, можетъ быть шириною въ $1^1/_2$ дюйма или около того. Для надлежащей установки, призмы имѣютъ придатки съ широкими вырѣзами, сквозь которые проходятъ закрѣпляющіе ихъ винты. Часовая стрѣлка должна быть насажена на квадратъ для того, чтобы она не могла имѣть движенія независимо отъ механизма, встрѣчая при соприкосновеніи съ призмами сопротивленіе своему движенію. На концѣ часовой стрѣлки находится гибкая пластинка DE,

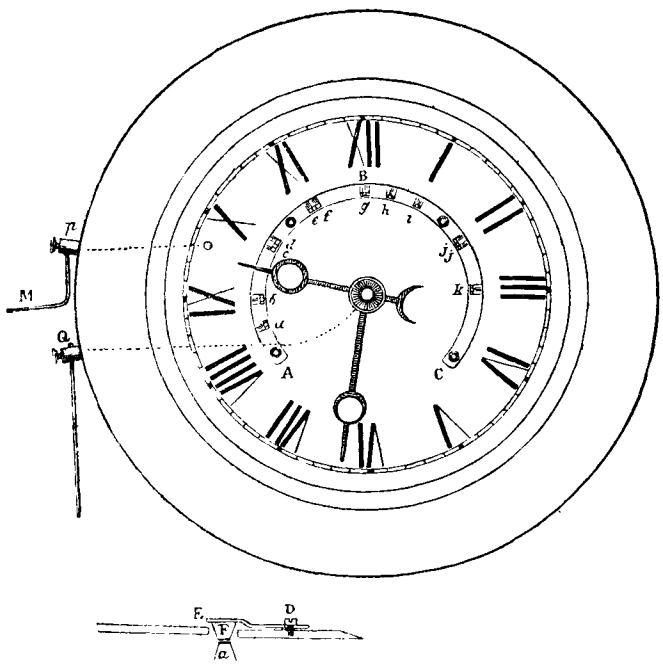


Рис. 469. Часы, подающіе электрическіе сигналы.

концомъ D прикрѣпленная къ стрѣлкѣ, а въ концѣ E снабженная маленькой призмочкой F, обращенной остріемъ къ циферблату. Къ этой призмочкѣ прикрѣплена съ передней, съ правой, если смотрѣть отъ центра циферблата, стороны тоненькая пластинка изъ рогового каучука, а съ узкой стороны — платиновая пластинка. Когда часовая стрѣлка доходитъ до мѣста, гдѣ должна быть замкнута цѣпь, то призма стрѣлки дотрагивается изолированной стороной до призмы, сидящей на дугѣ ABC, при чемъ первая призма, въ устроенномъ для нея прорѣзѣ въ часовой стрѣлкѣ, поднимается по второй призмѣ; но замыканіе цѣпи произойдетъ лишь тогда, когда первая призма дотронется платинированной своей плоскостью до платинированной же грани второй призмы, и будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока часовая стрѣлка со своей призмой не сойдетъ съ призмы циферблата, при чемъ пружинка DE опуститъ прикрѣпленную къ ней призму въ прорѣзъ часовой стрѣлки. Стрѣлки должны имѣть металлическое сообщеніе съ циферблатомъ, если онъ металлическій, и съ дугой ABC только черезъ призмы, но ни въ какомъ случаѣ не черезъ другія свои части. Оси стрѣлокъ, соединенныя металлически съ металлическими же частями часовъ, соединяются также съ зажимомъ Q.

Если соединить зажимъ p съ однимъ полюсомъ батареи, а зажимъ Q съ другимъ и электрическимъ звонкомъ, то при каждомъ соприкосновеніи призмъ F съ призмами a, b, c и т. д. будетъ замыкаться цѣпь, а, слѣдовательно, колокольчикъ будетъ звонить. На то время, когда сигналы не нужны, звонокъ выключается изъ цѣпи при помощи особаго коммутатора.

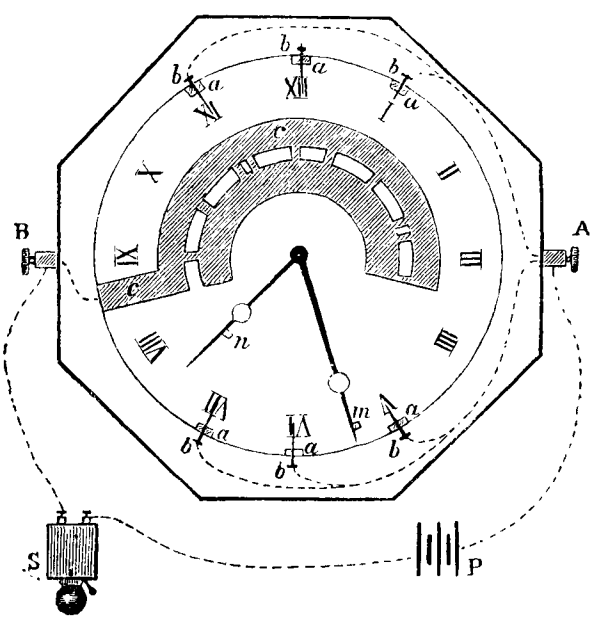


Рис. 470. Часы, подающіе электрическіе сигналы.

Устройство въ Омской семинаріи изображено на рис. 470. Звонокъ здѣсь приспособленъ къ обыкновеннымъ круглымъ стѣннымъ часамъ, со стекляннымъ циферблатомъ и минутной стрѣлкой, насаженной на квадратъ. По окружности циферблата, противъ цифръ XI, XII, I, V, VI и VII наклеены небольшіе кусочки картона a, на нижней сторонѣ которыхъ, обращенной къ стеклу, сдѣланы прорѣзы, а черезъ нихъ пропущены булавки b. Ближе къ центру, на циферблатъ наклеена дугообразная тонкая оловянная пластинка C, идущая отъ цифры IX и почти до цифры IV. Всѣ булавки соединены проволоками съ зажимомъ A, а оловянная пластинка съ зажимомъ B. Оба зажима укрѣплены снаружи часовъ. Съ нижней стороны обѣихъ стрѣлокъ припаяны тонкія платиновыя пластинки m и n, обращенныя къ циферблату и скользящія по немъ; при томъ, пластинка m, припаянная къ минутной стрѣлкѣ, при своемъ движеніи прикасается къ булавкамъ b, а пластинка n часовой стрѣлки скользитъ по оловянной полоскѣ. Въ этой послѣдней на пути движенія по ней платиновой пластинки n сдѣланы прорѣзы; не прорѣзанныя же части оставлены въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ бываетъ пластинка n въ моменты, когда пластинка m минутной стрѣлки прикасается къ одной изъ булавокъ, и когда, при томъ, въ это время долженъ подаваться звонокъ. Замыканіе тока прозводится, такимъ образомъ, движеніемъ минутной стрѣлки при ея прикосновеніи къ одной изъ булавокъ b пластинкою m, если при этомъ пластинка n часовой стрѣлки не находится въ прорѣзѣ оловяннаго листа.

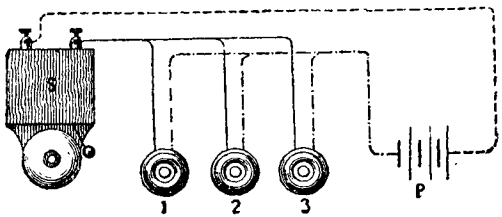
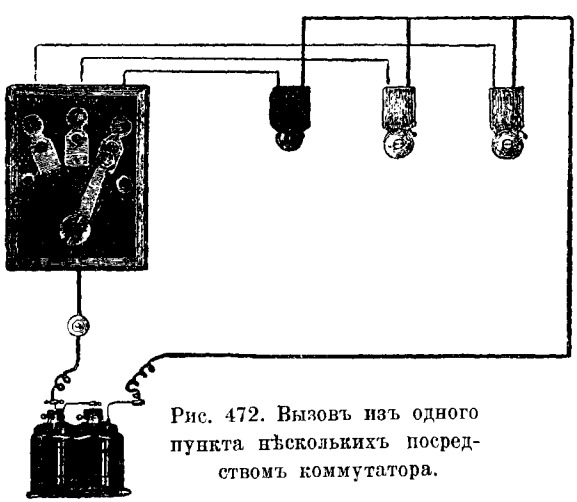


Рис. 471. Схема вызова изъ трехъ комнатъ.

Схемы устройства звонковыхъ цѣпей.

При устройствѣ электрическихъ звонковъ могутъ быть различные случаи: можетъ быть, напр., одно вызывающее и одно вызываемое мѣсто, нѣсколько вызывающихъ и одно вызываемое мѣсто, одно вызывающее и нѣсколько вызываемыхъ мѣстъ и, наконецъ, и нѣсколько вызывающихъ и нѣсколько вызываемыхъ мѣстъ.

Схема проводки проводовъ при одномъ вызывающемъ и одномъ вызываемомъ мѣстѣ не представляетъ ничего особеннаго, она изображена была у насъ на рис. 449. При одномъ вызываемомъ пунктѣ и нѣсколькихъ вызывающихъ дѣло обстоитъ не сложнѣе. Звонокъ соединяется съ батареей однимъ проводомъ, а въ другой проводъ вводятся параллельно кнопки, какъ это ясно видно на рис. 471. Въ подобныхъ установкахъ въ цѣпь кромѣ звонка зачастую вводится еще номерной указатель. Проводка такой цѣпи хорошо видна на рис. 463


Рис. 472. Вызовъ изъ одного пункта нѣсколькихъ посредствомъ коммутатора.

При вызовѣ изъ одного мѣста нѣсколькихъ, т.-е. при одной кнопкѣ и нѣсколькихъ звонкахъ, эти послѣдніе включаются въ цѣпь параллельно. Примѣненіемъ добавочнаго около кнопки коммутатора и расположеніемъ проводовъ, какъ на рис. 472, можно измѣнить это устройство такъ, чтобы заставлять звонить любой изъ нѣсколькихъ звонковъ отдѣльно.

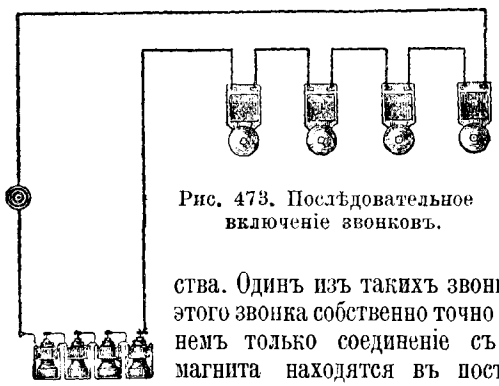


Рис. 473. Послѣдовательное включеніе звонковъ.

Иногда при нѣсколькихъ звонкахъ, дѣйствующихъ отъ одной кнопки, предпочитаютъ, главнымъ образомъ для уменьшенія длины проводовъ, соединять ихъ послѣдовательно, какъ изображено на рис. 473. При этомъ, однако, приходится употреблять не обыкновенные звонки, ибо они мѣшали бы дѣйствію другъ друга при несовпаденіи періодовъ колебанія молоточковъ, а звонки нѣсколько особаго устройства. Одинъ изъ такихъ звонковъ представленъ на рис. 474. Устройство этого звонка собственно точно такое же, какъ и обыкновенно, но измѣнено въ немъ только соединеніе съ проводами. Оба конца обмотки электромагнита находятся въ постоянномъ соединеніи съ обоими зажимами звонка, такъ что электромагнитъ при замыканіи цѣпи остается все время въ непрерывномъ соединеніи съ источникомъ тока. Молоточекъ соединяется съ однимъ изъ зажимовъ и при притяженіи якоря приходитъ въ соприкосновеніе съ контактнымъ винтомъ, который соединенъ съ другимъ зажимомъ. Пока не произойдетъ этого соприкосновенія, токъ проходитъ по электромагниту и притягиваетъ якорь. Вслѣдствіе этого молоточекъ приходитъ въ соединеніе съ контактнымъ винтомъ, и токъ идетъ теперь по этому болѣе короткому пути, а по электромагниту почти перестаетъ итти, такъ что магнитныя свойства его почти пропадаютъ, и онъ отпускаетъ якорь. Молоточекъ отскакиваетъ назадъ и прерываетъ отвѣтвленіе; опять весь токъ начинаетъ итти по электромагниту; послѣдній притягиваетъ якорь, и дѣйствіе повторяется въ томъ же порядкѣ. Въ этомъ звонкѣ токъ все время проходитъ черезъ звонокъ, пока прижата кнопка, и только мѣняетъ свой путь. Понятно, что онъ вполнѣ пригоденъ для послѣдовательнаго соединенія. Послѣдній въ цѣпи звонокъ при томъ можетъ быть обыкновенный съ прерываніемъ тока.

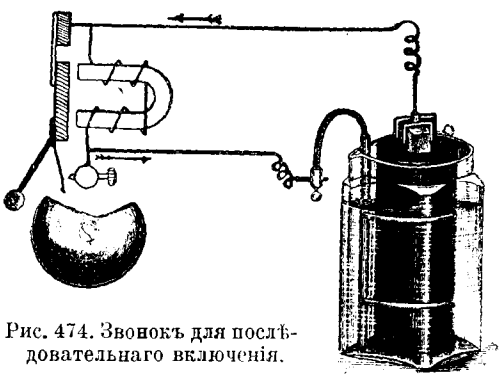


Рис. 474. Звонокъ для послѣдовательнаго включенія.

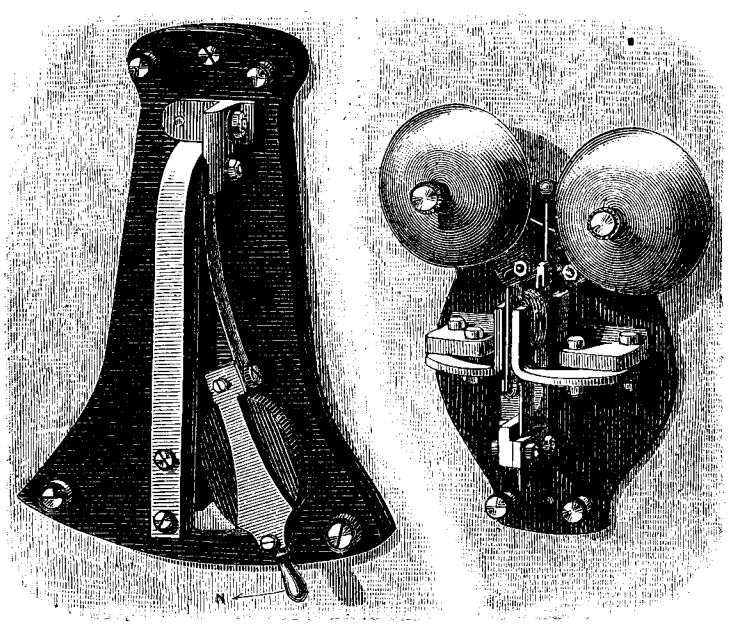


Рис. 475 и 476. Электромагнитный звонокъ.

Разсматривать по-

слѣдній случай нѣсколькихъ вызывающихъ и нѣсколькихъ же вызываемыхъ пунктовъ мы не будемъ. Всего проще этого достигаютъ отдѣльными, самостоятельными линіями. Съ меньшимъ количествомъ проводовъ соединенія для возвратнаго обмѣна звонками и тому подобныя установки устраиваются совершенно аналогично подобнымъ же въ своемъ мѣстѣ нами разсмотрѣннымъ телеграфнымъ установкамъ. Вмѣсто обыкновеннаго кнопочнаго коммутатора здѣсь примѣняютъ тогда ключъ Морзе.

Индуктивный электрическій звонокъ.

Иногда, хотя и не часто, устраиваютъ звонки безъ гальваническихъ элементовъ. Нужную электрическую энергію въ нихъ получаютъ вращеніемъ маленькой динамо-машины. Мы опишемъ только одно видоизмѣненіе этого рода звонковъ, предложенное Абданкъ-Абданковичемъ. Звонокъ этотъ изображенъ на рис. 475 и 476. Якорь здѣсь не вращается, а, будучи подвѣшенъ между полюсами магнита на упругой пластинкѣ (рис. 475), качается или колеблется. Когда желаютъ позвонить, то берутъ за пуговку внизу якоря и, отведя его въ сторону отъ нормальнаго положенія, отпускаютъ. Вслѣдствіе упругости пластинки, на которой онъ подвѣшенъ, якорь совершаетъ быстрыя колебанія между полюсами магнита въ теченіе нѣкотораго времени, достаточнаго для того, чтобы въ обмоткѣ его возбудились индукціонные токи перемѣннаго направленія. Токи эти идутъ къ пріемному аппарату и звонку (рис. 476). Аппаратъ этотъ состоитъ изъ такой же катушки, какъ и якорь генератора, намотанной на Н-образную желѣзную пластинку, которая расположена между двумя стальными магнитами и установлена на упругой пластинкѣ; послѣдняя урегулирована такъ, что ея колебанія синхроничны съ колебаніями якоря генератора: этимъ значительно усиливается дѣйствіе прибора. Сверху къ пластинкѣ прикрѣпленъ молоточекъ, расположенный между двумя колокольчиками. Когда по катушкѣ проходятъ токи перемѣннаго направленія изъ генератора, ея Н-образный сердечникъ намагничивается, попеременно мѣняя свои полюсы, вслѣдствіе чего онъ пріобрѣтаетъ колебательное движеніе между магнитами, и молоточекъ ударяетъ то въ тотъ, то въ другой колокольчикъ.



Рис. 477. Люстра съ лампами Кольма и Бен дера.

Обыкновенно сопротивленіе индуктора Абданка-Абданковича равняется 255 омамъ, точно такъ же, какъ и сопротивленіе звонка. Изъ опытовъ, произведенныхъ Главнымъ управленіемъ почтъ и телеграфовъ въ 1886 году во время электрической выставки въ Петербургѣ, оказалось, что звонокъ этотъ можетъ дѣйствовать на разстояніи до 300 верстъ.

Описанный нами индуктивный звонокъ имѣетъ много, въ сущности, общаго съ телефономъ.

Электрическое освѣщеніе.

На электрическомъ освѣщеніи въ домашнемъ быту намъ не приходится долго останавливаться. Понятно, что всего пригоднѣе для него оказываются лампы накаливанія, а регуляторы почти вовсе не примѣняются. Однимъ изъ требованій, предъявляемыхъ къ электрическимъ лампамъ для домашняго освѣщенія, является ихъ большее или меньшее изящество, и въ этомъ отношеніи за послѣднее время достигнуто многое. Рис. 477 и 480 представляютъ элегантныя стоячія, переносныя и висячія электрическія лампы.



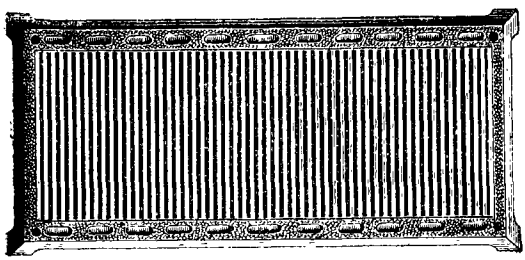
Рис. 478. Лампы въ видѣ вазы съ цвѣтами.

Электрическое отопленіе.

Электричество можетъ давать не только свѣтъ, но и тепло. Электрическими печами или каминами служатъ сопротивленія или реостаты изъ нейзильберовой проволоки.

Теоретическое основаніе устройства согрѣвающихъ приспособленій очень не сложно. Электрическій токъ нагрѣваетъ каждый металлъ, каждый проводникъ, по которому онъ протекаетъ. Выдѣляемое токомъ при этомъ количество тепла тѣмъ больше, чѣмъ дольше токъ протекаетъ и чѣмъ больше сопротивленіе проводника. Нагрѣваніе прямо пропорціонально сопротивленію. Увеличивается нагрѣваніе и съ увеличеніемъ силы тока, и нагрѣваніе при этомъ оказывается пропорціональнымъ квадрату силы тока.

Итакъ нагрѣваніе зависитъ отъ трехъ величинъ: времени, сопротивленія и силы протекающаго тока, и зависимость эта извѣстнымъ физикомъ Джоу-



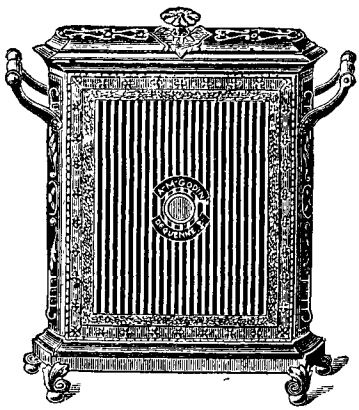


Рис. 479 и 480. Электрическіе радіаторы.

лемъ выражена такъ: въ каждомъ проводникѣ количество теплоты, образующееся въ извѣстный промежутокъ времени, пропорціонально сопротивленію проводника, умноженному на квадратъ силы тока.

Отъ электродвижущей силы тока нагрѣваніе не зависитъ вовсе. Говоря кратко, для величины нагрѣвавія имѣетъ значеніе количество амперовъ, а не вольтъ.

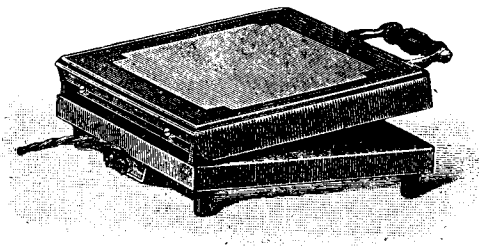


Рис. 481. Сковородка для поджариванія хлѣба.

Итакъ для обогрѣванія комнатъ употребляются реостаты изъ нейзильберовой проволоки, заключенные, обыкновенно, въ плоскіе стоячіе ящики изъ гофрированнаго желѣза. Подобные, какъ ихъ называютъ, электрическіе радіаторы представлены на рис. 479 и 480. Удобство ихъ весьма большое. Достаточно нѣсколькихъ минутъ послѣ замыканія тока, чтобы такой радіаторъ разогрѣлся. Его можно пускать въ дѣйствіе нѣсколько разъ въ день и такимъ образомъ поддерживать равномѣрную температуру комнатъ. Не трудно уставить къ нимъ и автоматическій коммутаторъ, который будетъ пускать въ нихъ токъ при извѣстномъ пониженіи температуры комнаты и снова прекращать его при достиженіи температурой нормы.

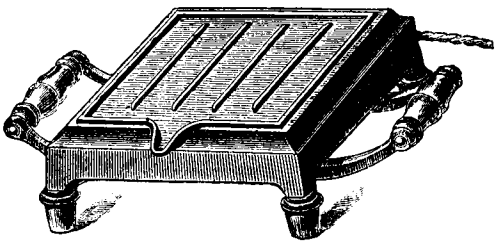


Рис. 482. Противень.

Еще большее примѣненіе имѣетъ электрическое нагрѣваніе въ кухнѣ. Нагрѣвается здѣсь не общая плита, а каждая кухонная принадлежность отдѣльно. Рис. 481 представляетъ, напр., сковородку для поджариванія хлѣба; рис. 482 — противень для жаренія мяса. Въ шкафу, изображенномъ на рис. 483, при силѣ тока въ 15 амперъ быстро нагрѣваются до нужной температуры 8 дюжинъ тарелокъ; шкафъ, представленный на рис. 484, служитъ при силѣ тока въ 3,66 амперъ для нагрѣванія салфетокъ.

Рис. 485 изображаетъ электрическій кипятильникъ для воды, а на рис. 486 представлена водяная баня: наружный сосудъ, въ которомъ кипятится вода, и внутренній, въ которомъ, напр., можно, безъ боязни поджарить, распускать желатинъ, рыбій клей и т. п. Въ электрической грѣлкѣ для воды провода реостата располагаются внизу и по бокамъ чайника, а въ водяной банѣ ихъ можно помѣщать непосредственно въ водѣ, такъ что тутъ происходитъ полная утилизація тепла.

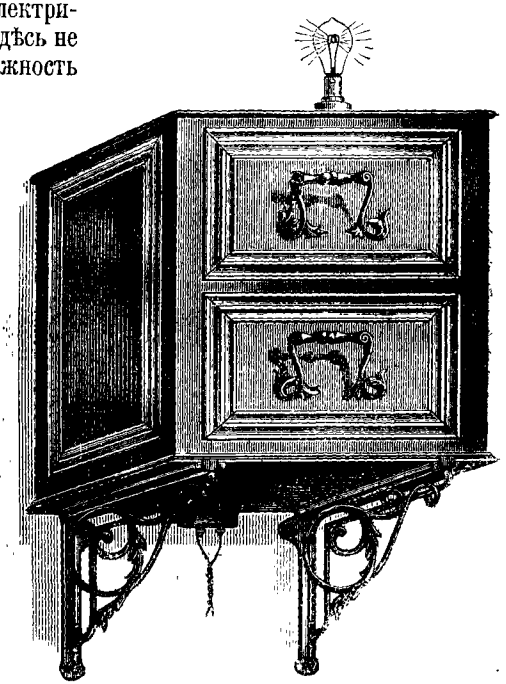


Рис. 483. Нагрѣватель тарелокъ.

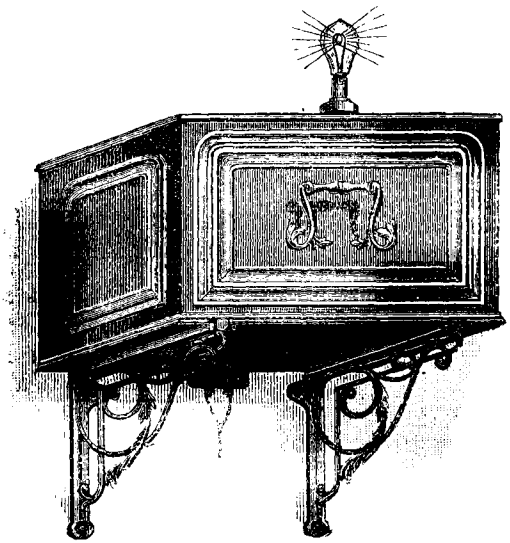


Рис. 484. Нагрѣватель салфетокъ.

Рис. 487 представляетъ подогрѣватель для готовыхъ уже блюдъ и для держанія на «легкомъ жару и вольномъ духѣ»; на рис. 488 изображенъ, на-



Рис. 485. Электрическій чайникъ.

конецъ, духовой электрическій шкапъ. Всѣ описанныя нами кухонныя приспособленія нагрѣваются совершенно такъ же, какъ и ранѣе разсмотрѣнныя комнатныя печи, т.-е. посредствомъ удобно и съ нужныхъ сторонъ располо-

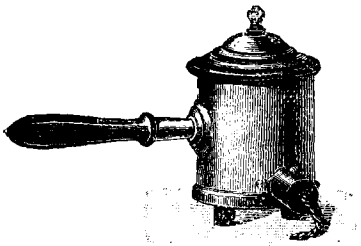


Рис. 486. Электрическая кастрюля.

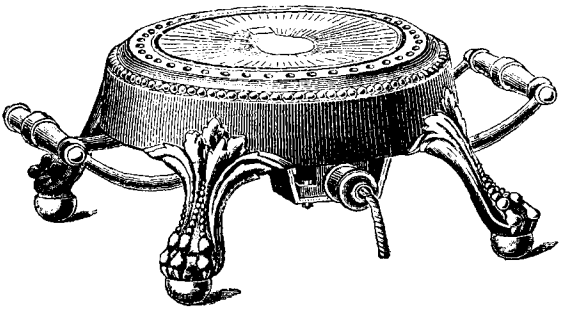


Рис. 487. Электрическій подогрѣватель.

женныхъ проволочныхъ сопротивленій, нагрѣваемыхъ проходящимъ черезъ нихъ токомъ. Въ такомъ же родѣ устраиваются и утюги для глаженія но тутъ различаютъ утюги двухъ родовъ: въ однихъ токъ пускается въ нагрѣватель утюга во все время

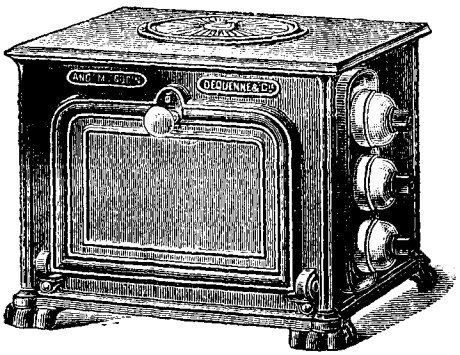


Рис. 488. Электрическій духовой шкапъ.

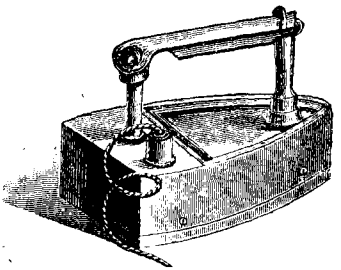


Рис. 489. Электрическій утюгъ.

работы, а въ другихъ во время работы связь утюга съ источникомъ тока прерывается. Въ общемъ оба рода утюговъ устроены одинаково. Рис. 489 представляетъ наружный видъ электрическаго утюга, а рис. 490—его разрѣзы. Желѣзная или мѣдная плита C утюга нагрѣвается катушками проволоки D, вводимыми въ электрическую цѣпь и намотанными на выступы F плиты B; катушки эти прикрыты коробкой, которую дѣлаютъ обыкновенно изъ огнеупорной глины.

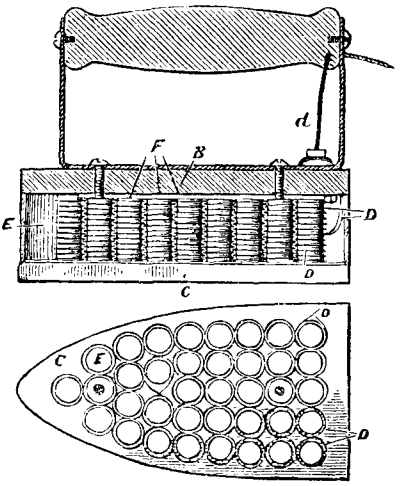


Рис. 490. Электрическій утюгъ.

Рис. 491 и 492 представляютъ уже не кухонное приспособленіе, а принадлежность туалетнаго стола. Это электрическая грѣлка для щипцовъ. Грѣлка эта состоитъ изъ плоскостѣнной или круглой желѣзной коробки, между двойными стѣнками которой помѣщена свитая въ спираль проволока. Щипцы вкладываются въ грѣлку черезъ a. Въ a₂ находятся вентиляціонныя отверстія, не позволяющія грѣлкѣ слишкомъ сильно разогрѣваться, пока щипцы находятся въ пользованіи.

Чтобы покончить съ электрическими нагрѣвателями, упомянемъ еще о близкомъ къ нимъ электрическомъ закуривателѣ, изображенномъ на рис. 493. Состоитъ онъ изъ кусочка асбестоваго картона, проколотаго тонкой платиновой проволокой. Если пропустить черезъ послѣднюю токъ, то она накаливается и приводитъ въ раскаленное состояніе кусочекъ асбеста, отъ котораго уже и можно раскурить сигару или папиросу. Включеніе проволочки въ цѣпь производится надавливаніемъ пальцемъ небольшого коммутатора, помѣщающагося на ручкѣ. Иногда закуриватель устраиваютъ и такъ, что цѣпь замыкается автоматически, какъ только его снимаютъ съ крючка, на которомъ онъ обыкновенно виситъ. По минованіи надобности такой закуриватель надо обязательно вѣшать на мѣсто, такъ какъ иначе онъ будетъ непроизводительно расходовать электрическую энергію.

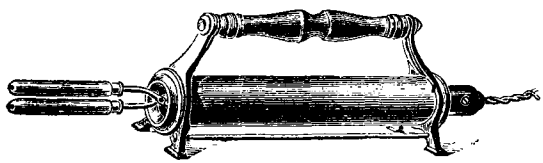
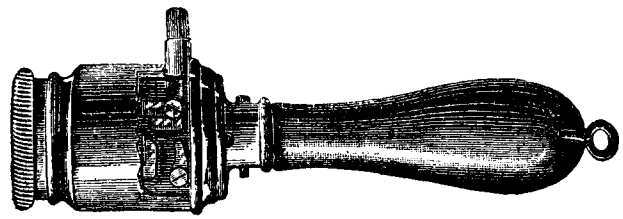

Рис. 491. Электрическая грѣлка для щипцовъ.



Рис. 492. Грѣлка для щипцовъ.

Во сколько обходится электрическое отопленіе комнатъ и въ особенности приготовленіе при помощи электричества кушаній? Мы можемъ привести расходъ электрической энергіи, потребной для изготовленія обѣда на 4 персоны. Цѣну за киллоуаттъ - часъ примемъ 18 сантимовъ, — это цѣна, по которой электрическую энергію въ настоящее время можно получать во Франціи.


Рис. 493. Электрическій закуриватель.

Вотъ каковы будутъ расходы для нашего обѣда:

	Количество амперъ.	Время въ минутахъ.	Стоимость во франкахъ.
Варка 3 фунтовъ мяса	8,7	29	0,06
Сохраненіе супа горячимъ	2,6	154	0,13
Варка цвѣтной капусты	8,8	22	0,07
Запеканіе ея	8,8	20	0,06
Яичный соусъ къ капустѣ	0,6	1	0,002
Сохраненіе капусты и соуса горячими. . . .	3,1	14	0,01
4 бараньихъ котлетки	5,5	10	0,03
Жареный картофель къ нимъ	5	25	0,04
Непроизводительное нагрѣваніе кастрюль . .	5,5	5	0,01

Общая стоимость приготовленія такого обѣда, такимъ образомъ, составляетъ 41 сантимъ. Не трудно пересчитать, что̀ оно будетъ стоить и при всякой другой цѣнѣ на электрическую энергію.

Что̀ касается стоимости электрическаго обогрѣванія комнатъ, то тутъ надо принимать, что на одинъ кубическій метръ комнаты въ среднемъ надо издержать въ день около 100 уаттъ-часовъ.

Электрическія дрова.

Нѣсколько иначе, чѣмъ мы видѣли выше, примѣняетъ электричество для нагрѣванія Ле-Руа въ своихъ, такъ называемыхъ, электрическихъ дровахъ.

Дрова эти (рис. 494) состоятъ изъ палочекъ, изъ прессованной кремнекислоты, длиною въ 10 сантиметр., шириною 1 сант. и толщиною въ 3 сант., на концахъ покрытыхъ

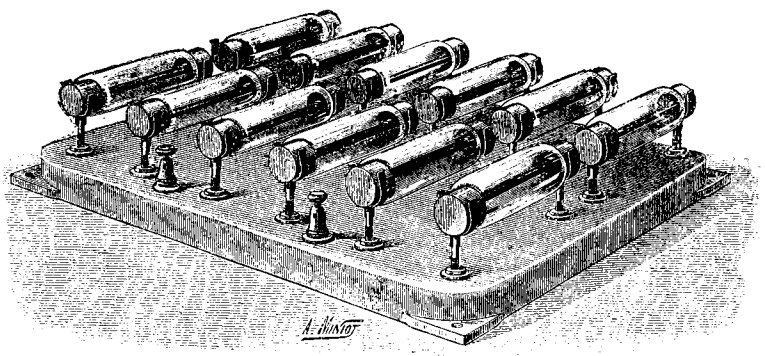


Рис. 494. Электрическія дрова.

мѣдью и укрѣпленныхъ въ мѣдныхъ же крышкахъ стеклянныхъ цилиндровъ съ выкаченнымъ воздухомъ. Цилиндры эти своими крышками укладываются на металлическія подставки, соединенныя съ проводниками тока. Токъ накаливаетъ докрасна кремнекислыя палочки и лучистой теплотой нагрѣваетъ помѣщеніе, въ которомъ дрова эти лежатъ. Преимущество ихъ передъ обыкновенными электрическими радіаторами—полная безопасность въ пожарномъ отношеніи.

Описаннаго размѣра дрова требуютъ токъ напряженія въ 110 вольтъ; лучеиспускательная поверхность каждаго полѣна, поглощающаго въ часъ 150 уаттъ, равна 26 кв. сант.; на каждый сантиметръ своей поверхности полѣно въ часъ отдаетъ въ окружающій воздухъ около 5 большихъ калорій. Количество электрической энергіи, идущей на одинъ кв. сантиметръ нагрѣвательной поверхности, составляетъ 6 уаттъ. Въ реостат-

ныхъ радіаторахъ, такимъ образомъ, количество поглощаемой энергіи оказывается больше въ 4—6 разъ.

Нельзя рекомендовать только примѣненія дровъ Ле-Руа въ кухняхъ, такъ какъ отъ брызгъ воды,—а ихъ избѣжать при приготовленіи кушаній трудно,—стеклянные нагрѣтые цилиндры должны легко лопаться.

Электрическія дрова примѣнены Компаніей Спальныхъ Вагоновъ въ нѣкоторыхъ вагонахъ и Трансатлантической компаніей—на пароходѣ «Лорень».

Электрическіе лифты.

Перейдемъ теперь къ разсмотрѣнію примѣненія электричества въ современныхъ домахъ въ качествѣ двигательной силы. Не говоря о томъ, что въ этомъ смыслѣ оно можетъ быть примѣнено къ движенію всевозможныхъ небольшихъ машинокъ (напр., швейной, рис. 495),



Рис. 495. Швейная машина съ электрическимъ моторомъ.

вентиляторовъ и т. д., его все болѣе и болѣе примѣняютъ къ лифтамъ или подъемнымъ машинамъ, являющимся, по крайней мѣрѣ за границей, необходимою принадлежностью всякаго мало мальски комфортабельно устроеннаго дома.

Всего чаще примѣняются, какъ извѣстно, лифты гидравлическіе. Устройство ихъ просто: давленіемъ воды движется по цилиндру поршень, несущій на своемъ верхнемъ концѣ кабинку лифта, обыкновенно четыреугольную и скользящую между четырьмя направляющими брусьми. Для такого лифта приходится дѣлать колодецъ, глубина котораго должна быть равна, по крайней мѣрѣ, высотѣ подъема лифта.

При небольшой высотѣ поднятія и подходящемъ грунтѣ устройство подобнаго колодца и помѣщеніе подъемнаго гидравлическаго приспособленія на его днѣ не представляетъ особыхъ затрудненій, но при высокихъ зданіяхъ и болотистой почвѣ, какъ, напр., въ Петербургѣ, объ устройствѣ колодца нельзя и думать.

Указаннаго недостатка не имѣютъ лифты электрическіе. Устройство ихъ въ общемъ очень просто: внизу, на поверхности земли устанавливается электродвигатель, приводящій въ дѣйствіе воротъ, наматывающій на себя канатъ, пропущенный черезъ блокъ на чердакѣ и несущій кабинку лифта (рис. 496). Интересъ устройства подобныхъ лифтовъ заключается въ подробностяхъ, въ приспособленіяхъ для автоматической остановки лифта на желаемой высотѣ, въ приспособленіяхъ, которыя держатъ закрытыми какъ дверь въ подъемной кареткѣ, такъ и двери, ведущія съ лѣстницы въ спускной колодецъ, и т. д. Разсмотрѣніе всѣхъ этихъ мелочей завело бы насъ слишкомъ далеко, а потому мы, вовсе на нихъ не останавливаясь, перейдемъ къ разсмотрѣнію особаго типа лифта впервые построеннаго Руселемъ Смитомъ въ Чикаго и съ успѣхомъ примѣненнаго на заводѣ Виндслова тамъ же. Принципъ устройства этой подъемной машины составляетъ втягиваніе желѣзнаго сердечника соленоидами, по проволокѣ которыхъ пропускается токъ. Мы видѣли, что такимъ свойствомъ соленоидовъ пользуются для подъема легенькихъ стержней, напр., въ лампахъ съ вольтовой дугой, но смѣло было, казалось, этимъ органамъ поручить исполненіе такой тяжелой работы, какая требуется отъ лифта. Смиту удалось это, но послѣ цѣлаго ряда пробъ и чисто научныхъ изслѣдованій. Прежде всего Смитъ направилъ свои усилія на изученіе того, какъ распредѣляется магнитное притяженіе, оказываемое токомъ въ соленоидѣ на подвижный сердечникъ. Легко можно понять, что при соленоидѣ извѣстнаго числа оборотовъ и сердечникѣ извѣстнаго діаметра и длины, въ два раза превышающей длину соленоида, опредѣленному числу амперовъ тока, прошедшаго черезъ соленоидъ, будетъ отвѣчать опредѣленная же работа, произведенная сердечникомъ. Ясно также, что максимумъ притяженія соленоидъ оказываетъ на сердечникъ, когда нижній конецъ этого послѣдняго будетъ наравнѣ съ нижнимъ концомъ катушки; выведемъ сердечникъ изъ этого положенія—и величина притяженія быстро измѣнится, при чемъ она болѣе умепьшится при опусканіи сердечника, чѣмъ при его подъемѣ. Въ силу этихъ соображеній, при устройствѣ лифта пришлось для полученія постоянной и одинаковой силы работы извѣстнымъ образомъ скомбинировать длину соленоидовъ и сердечника, число соленоидовъ и устроить такое соединеніе ихъ съ источникомъ тока, чтобъ отдѣльныя катушки работали въ опредѣленномъ порядкѣ и притягивали поочередно въ ту или другую сторону движущійся въ серединѣ ихъ сердечникъ.

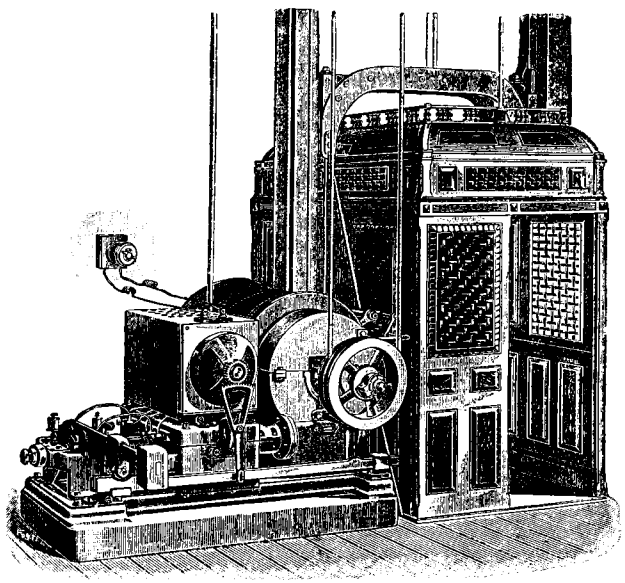


Рис. 496. Электрическій лифтъ.

Первоначальные опыты были произведены съ аппаратомъ, изображеннымъ на рис. 497. W изображаетъ здѣсь кабинку лифта, С сердечникъ, движущійся въ рядѣ катушекъ S, какъ поршень въ цилиндрѣ гидравлической подъемной машины. Всего здѣсь находится 31 катушка соединенныхъ послѣдовательно. Всѣ онѣ надѣты на внутреннюю мѣдную трубу Т, въ которой скользитъ сердечникъ С. Снаружи вся эта система окружена желѣзнымъ кожухомъ J, назначеніе котораго—съ одной стороны, увеличивать индуктивное дѣйствіе катушекъ, а, съ другой, предохранять отъ него предметы, внѣ аппарата находящіеся.

Сердечникъ C посредствомъ каната R, перекинутаго черезъ блоки P, соединенъ съ кабинкой W.

Проводники отъ катушки къ катушкѣ идутъ не прямо, а черезъ особый коммутаторъ, находящійся въ зависимости отъ кабинки W; эта послѣдняя при своемъ движеніи посылаетъ токъ поочередно и по порядку въ нѣсколько катушекъ.

Предположимъ, что вся система лифта Смита находится какъ разъ въ томъ положеніи, которое изображено на рисункѣ, т.-е., что кабинка стоитъ на землѣ, а сердечникъ C занимаетъ поэтому свое наивысше положеніе. Въ такомъ положеніи сердечникъ помѣщается какъ разъ въ серединѣ катушекъ 1—10. Чтобы привести лифтъ въ дѣйствіе, пускаютъ токъ въ катушки 7—11. Катушки эти, составляя какъ бы отдѣльный соленоидъ, притягиваютъ сердечникъ C внизъ; равновѣсіе, существовавшее между нимъ и кабинкой, нарушается, и кабинка поднимается вверхъ, но при своемъ подъемѣ переводитъ коммутаторъ такъ, что токъ идетъ уже не въ 7—11, а въ 8—12 катушки, при дальнѣйшемъ подъемѣ въ 9—13 и т. д. Все время по мѣрѣ спуска сердечника всегда онъ оказывается подъ вліяніемъ соленоида въ половину его меньшей длины и на одну катушку ниже его нижняго конца.

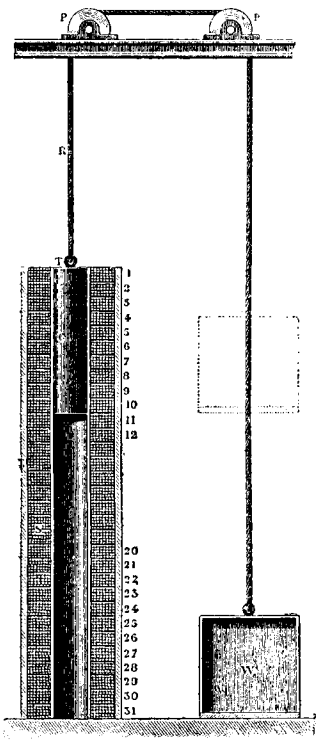


Рис. 497. Принципъ устройства лифта Смита.

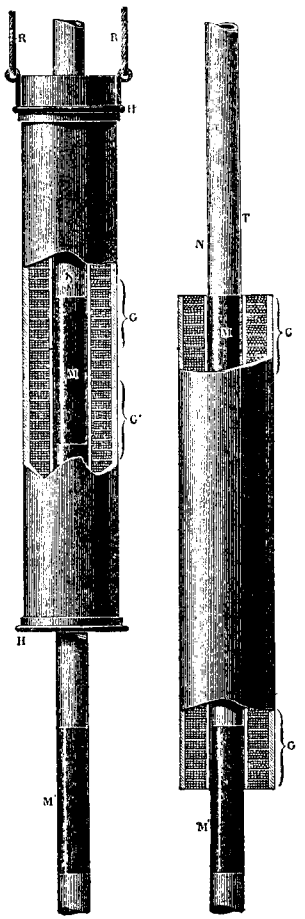


Рис. 498. Устройство подъемнаго механизма лифта Смита.

Для опусканія кабинки лифта производится соединеніе и пусканіе тока въ катушки въ обратномъ порядкѣ. Сначала токъ идетъ въ соленоидъ 25—21, затѣмъ 24—20 и т. д.

Понятно, что лифтъ въ описанномъ видѣ могъ быть только пробнымъ; при сколько-нибудь большомъ подъемѣ устройство громаднаго колодца изъ катушекъ было бы слишкомъ громоздко и дорого, а стержень для уравновѣшиванія кабинки приходилось бы дѣлать слишкомъ большихъ размѣровъ. Въ послѣдующихъ моделяхъ поэтому Смитъ сдѣлалъ уже сердечникъ неподвижнымъ, а подвижной и уравновѣшивающій кабинку—муфту изъ катушекъ. Принципъ такого устройства показанъ на рис. 498. Катушки и здѣсь надѣты на бронзовую внутреннюю трубку, а снаружи и сверху окружены желѣзнымъ кожухомъ H H. Такая составленная изъ катушекъ муфта движется по сердечнику, представляющему неподвижную трубу, составленную изъ частей, подверженныхъ намагничиванію (M) и частей, ему не подверженныхъ (N). Магнитныя части сердечника имѣютъ опредѣленную длину и отстоятъ другъ отъ друга на такомъ разстояніи, что между каждой такой магнитной частью и муфтой изъ катушекъ сохраняется отношеніе, разобранное нами для аппарата Смита въ его первоначальной модели.

Предположимъ, что токъ идетъ въ 8 катушекъ; сердечникъ M будетъ ими втягиваться снизу вверхъ,—онъ укрѣпленъ, однако, неподвижно; отъ этого притяженія опустится сама муфта изъ катушекъ, а такъ какъ она при помощи канатовъ RR соединена съ кабинкой, то эта послѣдняя будетъ соотвѣтственно поднята. По мѣрѣ опусканія муфты, какъ и въ первой модели лифта, будетъ происходить переключеніе катушекъ, все время на одну кверху, и наступитъ, наконецъ, моментъ, когда токъ будетъ итти въ самые верхніе 8 катушекъ муфты. Отношенія длины муфты и разстоянія между магнитными частями сердечника, однако, таковы, что въ этотъ самый моментъ муфта своимъ нижнимъ концомъ окажется надвинутой уже семью катушками на слѣдующую магнитную часть сердечника. Токъ тутъ переводится съ верхнихъ 8 катушекъ въ самыя нижнія 8, и движеніе продолжается уже насчетъ притяженія другой магнитной части сердечника. Обратное движеніе лифта достигается пускомъ тока въ обратномъ порядкѣ, начиная съ верхнихъ 8 катушекъ.

Что̀ касается эквилибрировки всей системы, то она дѣлается такой, что муфта уравновѣшиваетъ кабинку съ половиной максимальной ея нагрузки. Пришлось только принять особыя предосторожности, чтобы обусловить функціонированіе лифта при всякаго рода нагрузкахъ. Напримѣръ, необходимо для спусковъ съ нагрузкой меньше половины максимальной доставлять въ соленоидъ болѣе сильный токъ, чѣмъ при спускѣ съ нагрузкой нормальной. Необходимъ также тормозъ, который бы удерживалъ кабинку на мѣстѣ при входѣ и выходѣ изъ нея пассажировъ. Тормозъ употребляется дѣйствующій электричествомъ и приводимый въ дѣйствіе автоматически въ моментъ прекращенія пуска тока въ соленоидъ.

Пустая или почти пустая кабинка, очевидно, подняться можетъ безъ помощи электричества только вслѣдствіе перетягиванія ея муфтой катушекъ. Обратное движеніе безъ участія электричества можетъ быть, наоборотъ, при слишкомъ нагруженной кабинкѣ. Въ виду этого обстоятельства въ первомъ случаѣ коммутаторъ прежде всего отпускаетъ тормозъ и затѣмъ уже, только въ случаѣ желанія увеличить скорость движенія, пускаетъ токъ въ соленоидъ, а во второмъ случаѣ, наоборотъ, отпускаетъ тормозъ только тогда, когда въ катушки поступитъ токъ достаточно сильный для того, чтобы сдвинуть кабинку съ мѣста.

Лифтъ Смита снабжается, конечно, какъ и всѣ другіе аппараты подобнаго назначенія, еще цѣлымъ рядомъ другихъ второстепенныхъ приспособленій, обезпечивающихъ безопасное пользованіе имъ и упрощающихъ управленіе.

Рядомъ съ лифтомъ въ послѣднее время часто устраиваютъ электрическій распредѣлитель писемъ по квартирамъ. Внизу, у входа въ кабинку лифта, находится рядъ почтовыхъ ящиковъ съ надписями, къ какой квартирѣ какой ящикъ относится. Какъ только письмо будетъ опущено въ подобный ящикъ, въ отвѣчающую ему квартиру подается сейчасъ же звонокъ и въ то же время автоматически приводится въ движеніе помѣщающійся на чердакѣ и приводимый въ движеніе гидравлическимъ приспособленіемъ подъемный воротъ. Воротъ этотъ поднимаетъ ящикъ съ письмами въ требуемый этажъ и здѣсь письма падаютъ въ особый наклонный жолобъ, пропущенный сквозь стѣну или окно квартиры. Звонъ въ этотъ моментъ прекращается, и ящикъ спускается обратно внизъ на свое мѣсто.

XVIII.

Электричество на сценѣ. Электрическая иллюминація.

Освѣщеніе сцены.

Электрическое освѣщеніе, прежде всего, имѣетъ то преимущество передъ всѣми другими, что значительно безопаснѣе въ пожарномъ отношеніи, но, кромѣ того, оно и вообще болѣе отвѣчаетъ условіямъ освѣщенія сцены, которое имѣетъ ту особенность, что сильно мѣняется по силѣ, окраскѣ и направленію, при чемъ надо имѣть возможность про-

изводить эти перемѣны для какой угодно части сцены и въ различной степени. Для достиженія всѣхъ этихъ перемѣнъ при освѣщеніи электричествомъ требуются сравнительно простые приборы. Перемѣны въ силѣ свѣта достигаются введеніемъ добавочныхъ сопротивленій, которыя ослабляютъ токъ и заставляютъ лампы горѣть тусклѣе. При этомъ всѣ лампы разбиваются на группы, и управленіе каждой группой производится отдѣльно; это даетъ возможность усиливать освѣщеніе извѣстной части сцены и ослаблять въ другой.

Перемѣна окраски освѣщенія производится или, какъ и при всякомъ другомъ освѣщеніи, установкой соотвѣтственнаго цвѣта ширмъ или, что примѣняется, главнымъ образомъ, для освѣщенія рампы, вмѣсто каждой одной лампы предыдущей системы устанавливаютъ три лампы накаливанія: одну съ бѣлымъ колпачкомъ, другую съ краснымъ, а третью съ синимъ. Смотря по надобности, пользуются лампами опредѣленнаго цвѣта.

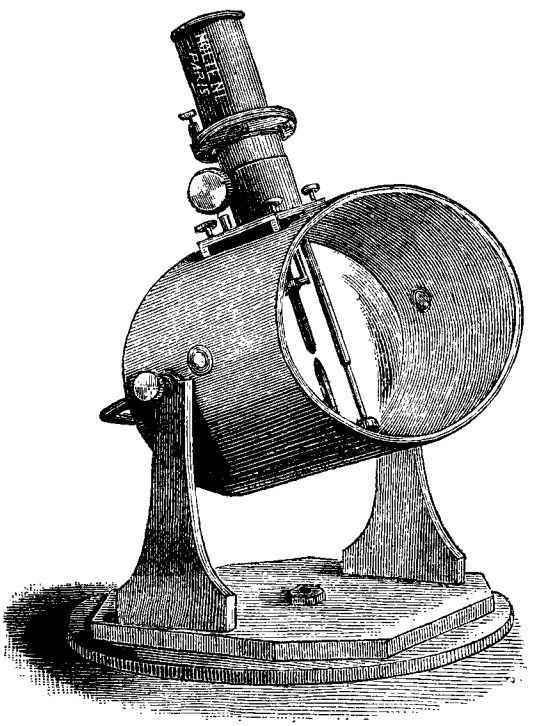


Рис. 499. Прожекторъ Мальтени.

Все управленіе освѣщеніемъ сцены производится изъ одного какого-либо пункта внѣ сцены, но возлѣ нея, гдѣ устанавливается регуляторъ освѣщенія. Онъ состоитъ изъ нѣсколькихъ рычаговъ, посредствомъ которыхъ можно мѣнять силу свѣта и окраску каждой группы лампъ; для каждой группы имѣются два такихъ рычага, которые измѣняютъ силу свѣта при двухъ окраскахъ данной группы; дѣлается это для того, чтобы позволить одновременно гасить однѣ и зажигать другія лампы и, такимъ образомъ, незамѣтно и постепенно переходить отъ одной окраски къ другой.

Кромѣ неподвижно установленныхъ лампъ въ рампѣ и кулисахъ, для сцены требуются также лампы, устанавливаемыя гдѣ угодно, какъ на сценѣ, такъ и за сценой (для зарева пожара, видимаго въ окна и т. п.). И для этой цѣли, понятно, лампы накаливанія оказываются особенно удобными, такъ какъ гибкіе проводашнуры позволяютъ устанавливать ихъ въ какихъ угодно положеніяхъ и переносить стативы съ ними по мѣрѣ надобности во всѣ уголки сцены, соединяя затѣмъ двужильный проводъ съ ближайшимъ штепселемъ.

Не рѣдко, въ особенности на небольшихъ сценахъ, а также при представленіи феерій, гдѣ все дѣло въ красивыхъ шествіяхъ, группахъ и танцахъ, сцену предпочитаютъ освѣщать со стороны зрительнаго зала. Для такого освѣщенія употребляются прожекторы, въ родѣ изображеннаго на рис. 499. При помощи такого прожектора легко можно освѣщать особенно сильно любого изъ персонажей или любую группу на сценѣ. Подобными же прожекторами, но соотвѣтственно меньшей силы, съ колосниковъ освѣщаютъ, напримѣръ, краснымъ свѣтомъ Мефистофеля въ «Фаустѣ», бѣлымъ свѣтомъ ангела въ «Демонѣ» и т. д. При помощи прожектора же получаютъ лунный свѣтъ, освѣщающій часть сцены, гаснущую или разгорающуюся заходящую зарю и т. д.

Прожекторомъ пользуются въ театрѣ для появленія на сценѣ безплотныхъ тѣней, сквозь которыя проходитъ, напримѣръ, совершенно свободно шпага героя и т. д.

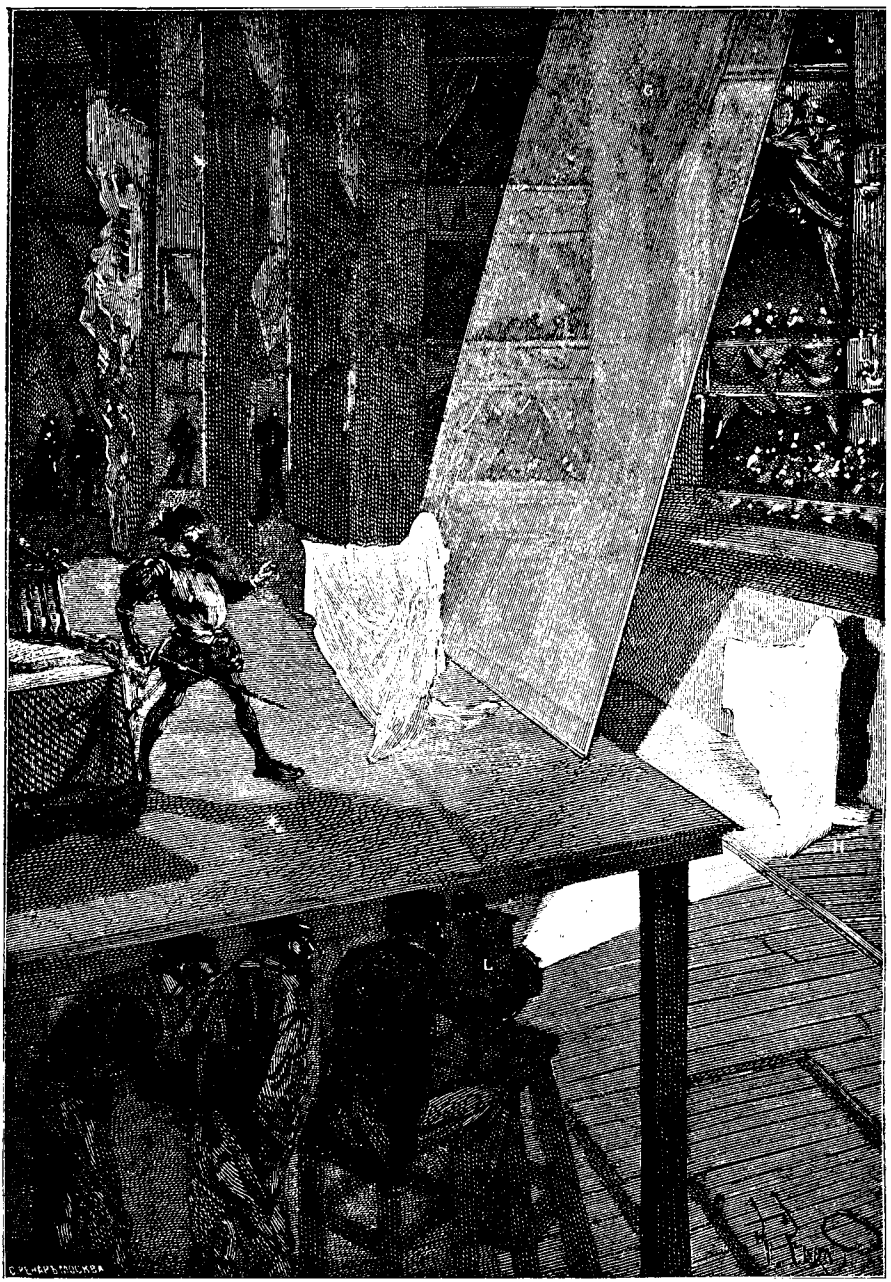


Рис. 500. Театральный призракъ.

Устройство для этой иллюзіи изображено на рис. 500. На краю сцены ставятъ большое полированное зеркальное стекло S, наклонивъ его въ сторону зрителей. Въ H помѣщается актеръ, изображающій тѣнь и ярко освѣщенный прожекторомъ; лучи, выходящіе изъ H, послѣ отраженія стекломъ, идутъ въ глаза зрителей, и послѣдніе видятъ на сценѣ безплотный духъ H′. Интересно отмѣтить при этомъ, что подобная тѣнь видна только изъ зрительнаго зала и вовсе не замѣтна для находящихся на сценѣ актеровъ, которымъ поэтому довольно трудно бываетъ иногда сообразовать свои дѣйствія съ дѣйствіями призрака.

Сценическіе свѣтовые эффекты.

При помощи электрическаго свѣта легко производятся самые разнообразные свѣтовые эффекты. Рис. 501 показываетъ, напримѣръ, устройство театральной луны, представляющей плоскій фонарь съ выпуклымъ матовымъ стекломъ, въ глубинѣ котораго звѣздообразно располагаются лампочки накаливанія. Рис. 502 изображаетъ прожекторъ, употребляющійся для воспроизведенія заходящаго солнца. Устройство его ясно на рисункѣ безъ всякихъ объясненій. Для электрическаго воспроизведенія радуги концентрическій пучокъ лучей отъ электрическаго прожектора заставляютъ проходить черезъ стеклянную призму, разлагающую свѣтъ на спектральные цвѣта. Для молніи свѣтъ заставляютъ проходить черезъ стеклянную пластинку, покрытую непрозрачнымъ лакомъ, въ слоѣ котораго выцарапаны зигзаги молніи, такъ что при посредствѣ прожектора и при замыканіи въ немъ тока на одно мгновеніе на задней декораціи сцены воспроизводится это изображеніе молніи. Мѣняя пластинки съ различными рисунками, получаемъ молнію различной формы. Отблескъ молніи въ комнатѣ, безъ видимыхъ ея контуровъ, получаютъ замыканіемъ за экраномъ на одно мгновеніе сильнаго источника электрическаго свѣта.

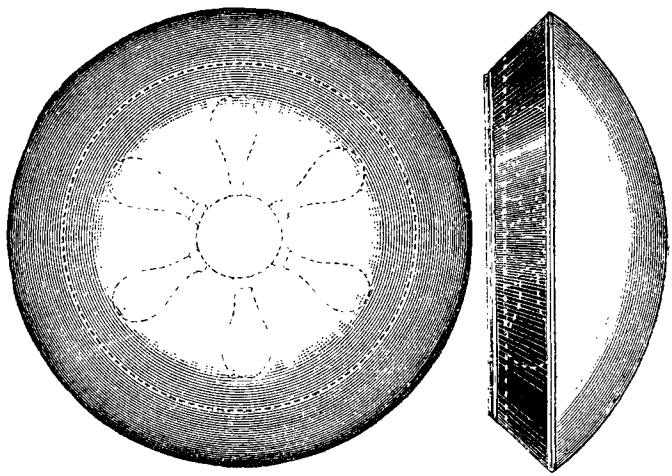


Рис. 501. Театральная электрическая луна.

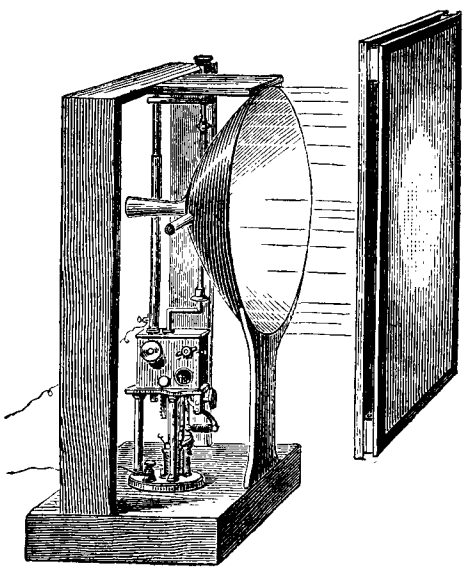


Рис. 502. Аппаратъ для изображенія захода солнца.

Всѣхъ театральныхъ эффектовъ, достижимыхъ при помощи электричества, и не перечесть. Въ Парижской Оперѣ, напримѣръ, въ «Фаустѣ» во время поединка Фауста съ Валентиномъ шпаги обоихъ бойцовъ соединяются съ полюсами генератора тока, такъ что при каждомъ ихъ соприкосновеніи между ними проскакиваютъ искры; это придаетъ поединку какой-то необычайный, адскій оттѣнокъ.

Не рѣдко небольшими лампочками накаливанія украшаютъ прически и костюмы танцовщицъ. Лампочки эти, питаемыя токомъ отъ маленькихъ аккумуляторовъ, находящихся въ карманахъ танцовщицъ, производятъ очень красивое впечатлѣніе въ группахъ.

Электромоторы на сценѣ.

Не мало примѣняютъ на сценѣ электричество и въ качествѣ движущей силы. Всякаго рода подъемы занавѣсей и декорацій, провалы въ люки и другія передвиженія легко

и плавно достигаются помощью электрическихъ приспособленій, а главное—могутъ быть всѣ управляемы изъ одного центральнаго мѣста, откуда помощникъ режиссера или другое лицо смотритъ за дѣйствіемъ на сценѣ. Въ Друриленскомъ театрѣ, напримѣръ, вся середина сцены сдѣлана изъ отдѣльныхъ подъемныхъ частей A, B, C и D, изъ которыхъ каждая въ отдѣльности можетъ быть, когда это условіями представляемой декораціи требуется, весьма легко и быстро, при помощи электрическаго ворота, поднята.

Электричество въ странствующихъ театрахъ и циркахъ.

Если электрическое освѣщеніе, какъ мы старались показать въ предыдущемъ, имѣетъ большія удобства въ театрахъ постоянныхъ, то еще больше значеніе его для театровъ и цирковъ странствующихъ, переѣзжающихъ изъ города въ городъ, съ ярмарки

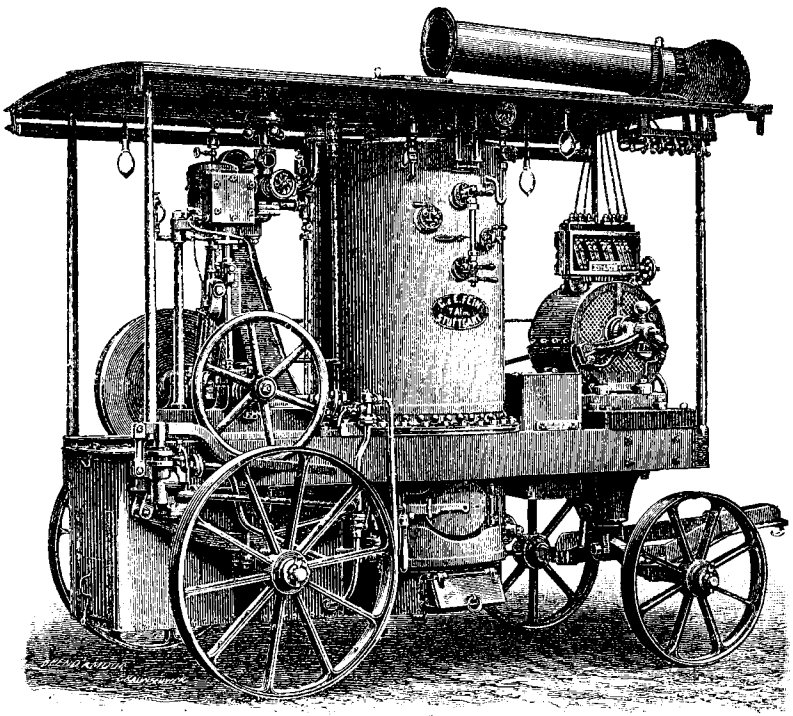


Рис. 503. Локомобиль и динамо для переноснаго освѣщенія.

на ярмарку. Далеко не вездѣ можно найти электрическую энергію, а освѣщеніе керосиномъ и опасно, и не можетъ быть въ достаточной степени сильно. Большинство электрическихъ фабрикъ вырабатываетъ теперь для такого рода странствующихъ театровъ динамомашины вмѣстѣ съ паровыми или керосиновыми двигателями, собранныя на перевозныхъ платформахъ. Всѣ принадлежности электрическаго освѣщенія укладываются въ особый фургонъ, такъ же спеціально для этой цѣли приспособленный. Рис. 503 представляетъ локомобиль и динамо, собранные на одномъ колесномъ ходу. Внизу этой повозки, по бокамъ задней оси, расположены два ящика для запасовъ топлива и воды. Якорь динамо снабженъ двумя обмотками, которыя при помощи особаго коммутатора можно соединять параллельно или послѣдовательно, благодаря чему при одномъ и томъ же числѣ оборотовъ машины можно получать напряженіе въ 65 и 120 вольтъ, смотря потому, какія лампы приводятся въ дѣйствіе.

Рис. 504 и 505 изображаютъ вагонъ для приспособленій электрическаго освѣщенія. Тутъ находятся отдѣльныя мѣста для дуговыхъ фонарей, для лампъ накаливанія, для прожектора, проводовъ, складныхъ столбовъ и т. д. Прожекторъ на нашемъ рисункѣ установленъ такъ, что имъ можно пользоваться прямо изъ фургона, въ которомъ по вынутіи фонарей и другихъ приспособленій остается достаточно мѣста для помѣщенія человѣка.

Описанныя нами перевозныя приспособленія для электрическаго освѣщенія употребляются не только для странствующихъ театровъ и цирковъ, но и при спѣшныхъ ночныхъ работахъ—починкѣ мостовыхъ и дорожныхъ сооруженій и т. п.

Электричество—помощникъ фокусника.

Въ рукахъ фокусника электричество является незамѣнимымъ орудіемъ для воспроизведенія различнаго рода таинственныхъ явленій. Мы опишемъ нѣсколько фокусовъ, пользовавшихся въ свое время большою популярностью. Наиболѣе старинным фокусомъ,

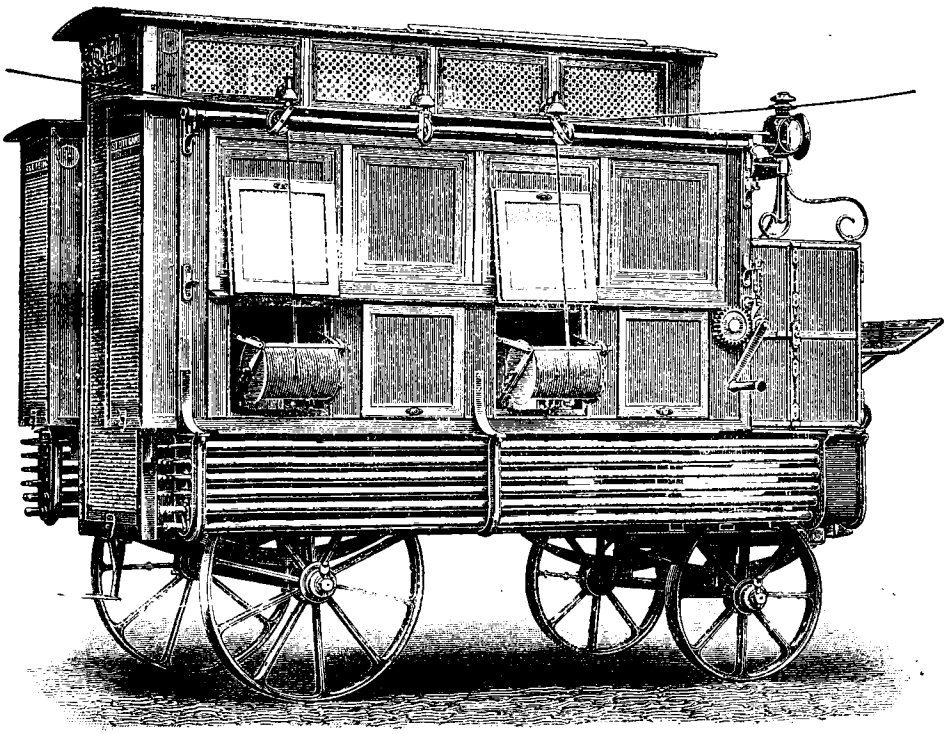


Рис. 504. Повозка для переноснаго освѣщенія.

исполняемымъ при помощи электричества, является, такъ называемый, тяжелый ящикъ, который, по желанію фокусника, то можетъ поднять маленькій ребенокъ, то не можетъ сдвинуть съ мѣста силачъ. Весь фокусъ состоитъ въ томъ, что дно ящика желѣзное, а ставится онъ на подставку, представляющую сильный электромагнитъ. Понятно, что пока токъ въ электромагнитъ не пущенъ, ящикъ безъ труда можетъ быть поднятъ ребенкомъ, а когда его притянетъ электромагнитъ, то мало человѣческой силы, чтобы преодолѣть эту магнитную силу. Съ этимъ фокусомъ по порученію французскаго правительства ѣздилъ въ Алжиръ Робертъ Гудэнъ, и вотъ какъ онъ самъ описываетъ впечатлѣніе, произведенное имъ на арабовъ:

«На сценѣ находится небольшой окованный ящикъ съ ручкой на крышкѣ. Я вызываю изъ зрителей человѣка посильнѣе. Въ отвѣтъ на мой вызовъ выступилъ арабъ

средняго роста, но крѣпкаго сложенія, представляющій собою аравійскаго геркулеса. Выходитъ онъ съ бодрымъ и самонадѣяннымъ видомъ и, немного насмѣшливо улыбаясь, останавливается около меня.

— Очень ли вы сильны?—спросилъ я его, оглядѣвъ съ ногъ до головы.

— Да,—отвѣчалъ онъ небрежно.

— Увѣрены ли, что всегда останетесь сильны?

— Совершенно увѣренъ.

— Вы ошибаетесь, ибо въ одно мгновеніе ока я могу отнять у васъ силу, и вы сдѣлаетесь слабымъ подобно малому ребенку.

Арабъ презрительно улыбнулся въ знакъ недовѣрія къ моимъ словамъ.

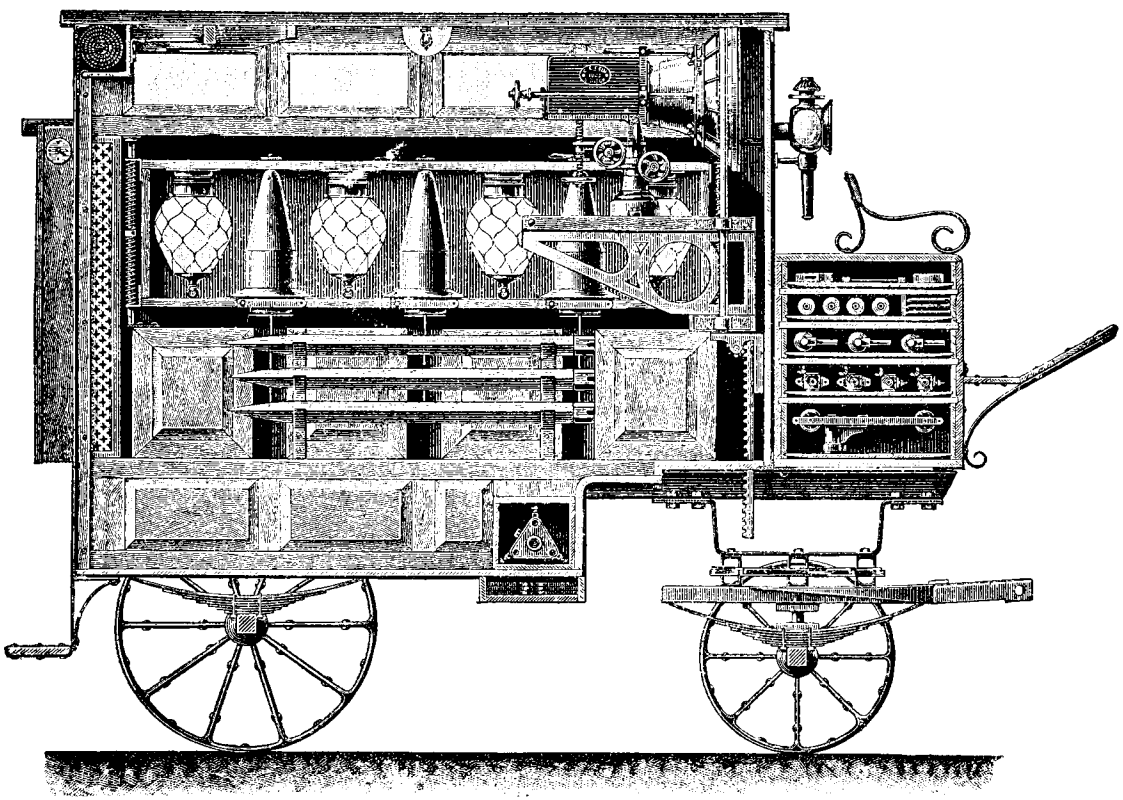


Рис. 505. Внутренность повозки для переноснаго освѣщенія.

— Подойдите сюда,—сказалъ я,—и поднимите ящикъ.

Арабъ нагнулся, поднялъ ящикъ и высокомѣрно спросилъ:—Больше ничего?

— Подождите немножко, —отвѣчалъ я.

Затѣмъ, принявши серіозный видъ, я сдѣлалъ повелительный жестъ и произнесъ торжественнымъ тономъ:

— Вы теперь слабѣе женщины. Попробуйте снова поднять ящикъ.

Силачъ, нисколько ни устрашась моихъ чаръ, опять взялся за ящикъ, но на этотъ разъ ящикъ оказываетъ сопротивленіе и, несмотря на отчаянныя усилія араба, остается неподвижнымъ, точно прикованный къ мѣсту. Арабъ усиливается поднять ящикъ съ такой силой, которой бы хватило для поднятія огромной тяжести, но все напрасно. Утомленный, запыхавшись и сгорая отъ стыда, онъ, наконецъ, останавливается. Теперь онъ начинаетъ вѣрить въ силу чародѣйства и раздумываетъ, не бросить ли ящикъ. Но это

значило бы признать себя побѣжденнымъ, сознаться въ собственной слабости, а онъ всегда славился своей силой. «Отнынѣ его всѣ будутъ считать слабымъ, какъ ребенка»,— эта мысль приводитъ его въ ярость, онъ собираетъ всѣ свои силы и, поощряемый взглядами и словами друзей, рѣшается доказать, что сына пустыни не такъ легко побѣдить. Онъ снова нагибается, чтобы поднять ящикъ. Крѣпкія руки его схватываютъ за ручку ящика, а ноги подобно бронзовымъ колоннамъ служатъ опорой для отчаянной попытки. Казалось, ящикъ не выдержитъ такого напора и разлетится вдребезги, но происходитъ странное явленіе: самоувѣренный силачъ вдругъ поникъ головой, его руки остаются прикованными къ ящику и не могутъ оторваться вслѣдствіе сильныхъ сокращеній мускуловъ, ноги его дрожатъ, и, наконецъ, онъ съ болѣзненнымъ крикомъ падаетъ на колѣни. Дѣло въ томъ, что по моему знаку помощникъ мой въ этотъ моментъ пропустилъ сильный токъ въ ручку ящика; электрическій сильный разрядъ и былъ причиной корчей бѣднаго араба. Продолжать его страданія было бы жестоко; я подалъ вторичный знакъ, и токъ былъ прекращенъ. Несчастный силачъ, освободившись отъ страшнаго положенія, въ которомъ находился, поднялъ руки къ небу: «Аллахъ, Аллахъ!» произнесъ онъ, дрожа отъ страха; затѣмъ, поспѣшно завернулся въ бурнусъ, какъ бы желая скрыть свое смущеніе, и порывисто бросился, проталкивая зрителей, къ дверямъ залы.»

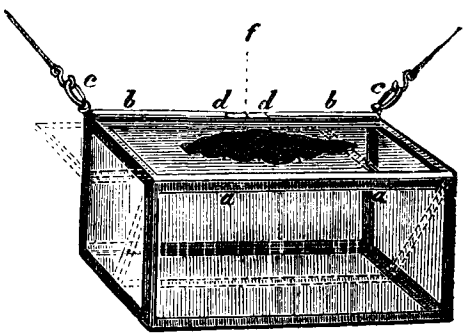
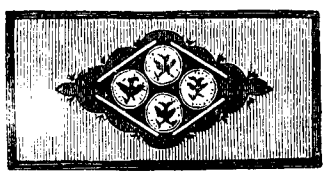


Рис. 506. Хрустальная шкатулка для фокусовъ.

Опишемъ еще одинъ электрическій фокусъ, извѣстный подъ названіемъ хрустальной шкатулки. Фокусникъ выходитъ на сцену со стеклянной, изображенной на рис. 506, шкатулкой; она вся прозрачная за исключеніемъ только металлическихъ ободочковъ да инкрустацій и верхней крышкѣ. Шкатулку эту фокусникъ подвѣшиваетъ за имѣющіяся на ея углахъ кольца къ двумъ спускающимся съ потолка шнуркамъ. Затѣмъ фокусникъ беретъ у зрителей нѣсколько серебряныхъ монетъ и объявляетъ, что на глазахъ у всѣхъ заставитъ монеты эти перелетѣть по воздуху и попасть въ закрытую стеклянную шкатулку. Фокусникъ при этомъ дѣлаетъ жестъ, какъ будто бросаетъ монеты по направленію къ шкатулкѣ, и зрители въ самомъ дѣлѣ видятъ и слышатъ, какъ монеты падаютъ на дно ея.


Рис. 507. Хрустальная шкатулка для фокусовъ.

Чтобы понять, какимъ образомъ производится этотъ фокусъ, надо поближе разсмотрѣть устройство шкатулки. Шкатулка эта имѣетъ около 10 д. длины и по 5 д. въ ширину и глубину, такъ что передняя и задняя стѣнки, верхъ и низъ ея совершенно одинаковы и равны между собою. Крышка выдвижная, и на ней посрединѣ помѣщается рисунокъ въ видѣ украшенія, имѣющій около 4 д. длины и 3 д. ширины. Это мѣсто не прозрачно, а матовое, и подъ нимъ-то и вкладываются заранѣе монеты. Къ нижней поверхности крышки прикрѣпляются цементомъ стеклянныя пластинки (рис. 507), такъ что составляется отгороженное помѣщеніе для извѣстнаго числа серебряныхъ рублей или полтинниковъ. Монеты эти въ вертикальномъ направленіи удерживаются слѣдующимъ образомъ: передняя стѣнка шкатулки, обращенная къ зрителямъ, двойная; одна изъ стѣнокъ, внѣшняя—глухая, а другая—внутренняя—прикрѣплена шарнирами (рис. 506) къ верхнему ободку стѣнки, такъ что можетъ, смотря по надобности, плотно прижиматься къ крышкѣ.

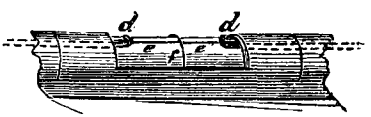


Рис. 508. Хрустальная шкатулка для фокусовъ.

Обыкновенно она лежитъ у передней стѣнки и придерживается въ этомъ положеніи пружиной, пока ее не поднимутъ. Поднятая къ крышкѣ стѣнка эта и удерживаетъ монеты отъ паденія внизъ. Посмотримъ теперь, какъ удерживается эта стѣнка въ поднятомъ положеніи и какъ заставить ее упасть и освободить монеты. Ободокъ bb представляетъ металлическія трубки, съ отверстіемъ около 12 д. въ длину между dd; cc суть металлическіе крючки, за которые подвѣшивается аппаратъ и въ которые пропускается въ нужный моментъ электрическій токъ. Каждый изъ этихъ крючковъ соединяется съ изолированной мѣдной проволокой, идущей отъ c до d. Промежутокъ между dd закрывается круглой пробкой наподобіе деревяннаго карандаша (см. увеличенное изображеніе этого приспособленія на рис. 508). Концы мѣдныхъ проволокъ соединяются между собой тонкой платиновой проволочкой—*ee*. Подвижная крышка или стѣнка ящика удерживается въ приподнятомъ положеніи посредствомъ небольшой темной нитки f, проходящей черезъ миніатюрное отверстіе въ свободномъ краѣ подвижной стѣнки. Далѣе нить обводится вокругъ деревянной пробки и прикасается подъ прямымъ угломъ къ платиновой проволокѣ.

Въ желаемый моментъ, по сигналу фокусника, помощникъ его за кулисами пускаетъ въ провода, на которыхъ виситъ ящикъ, достаточно сильный токъ. Токъ этотъ раскаляетъ платиновую проволочку, зацѣпленная за нее ниточка при этомъ весьма легко и быстро перегораетъ, и стѣнка падаетъ внизъ, освобождая монеты, съ шумомъ и грохотомъ ударяющіяся при паденіи о стеклянное дно ящика.

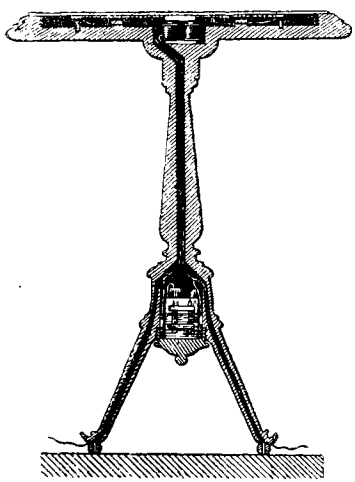


Рис. 509. Стучащій столъ.

Существуетъ масса и другихъ электрическихъ фокусовъ: барабанящій безъ палочекъ барабанъ, подвѣшенный на шнуркахъ, подобный же звонящій колокольчикъ, пишущая или стучащая на стеклянной подставкѣ рука и т. д. Но гдѣ главный просторъ электричеству—такъ это въ, такъ называемыхъ, спиритическихъ явленіяхъ. Разсматривать подобнаго рода примѣненія электричества во всѣхъ ихъ подробностяхъ мы не имѣемъ возможности и ограничимся поэтому только указаніемъ, какъ устраиваются столы, издающіе стукъ. По наружному виду такой стучащій столъ представляетъ собою обыкновеннѣйшій дешевенькій столъ на одной ножкѣ, но въ ножкѣ этой, какъ показываетъ рисунокъ 509, помѣщается аккумуляторъ, а подъ столешницей—съ нимъ соединенный электромагнитъ съ якорнымъ молоточкомъ, ударяющимъ по столешницѣ въ моментъ замыканія тока. Это послѣднее производится или изъ сосѣдняго помѣщенія посредствомъ пропущенныхъ сквозь ножки стола проводовъ или при помощи кнопки, укрѣпленной гдѣ-либо на столѣ же.

Свѣтящіеся фонтаны.

Перейдемъ теперь къ другимъ примѣненіямъ электричества и посмотримъ, какъ примѣняютъ его въ различнаго рода иллюминаціяхъ. Наиболѣе красивые эффекты получаютъ при этомъ при помощи свѣтящихся фонтановъ, съ разсмотрѣнія которыхъ мы и начнемъ.

Начало свѣтящимся фонтанамъ было положено въ 1841 году опытомъ, произведеннымъ извѣстнымъ физикомъ Колладономъ и извѣстнымъ въ настоящее время подъ названіемъ фонтана Колладона.

Этотъ женевскій профессоръ желалъ показать многочисленной аудиторіи тѣ формы, которыя принимаетъ струя воды, вытекая изъ отверстій различныхъ разрѣзовъ.

Достигъ онъ этого, пропуская въ струю воды лучи свѣта. Онъ бралъ сосудъ съ водой (рис. 510), съ одной стороны котораго было сдѣлано отверстіе, на которое надѣ-

вались различной формы мундштуки для истеченія воды, а съ другой стороны, какъ разъ противъ упомянутаго отверстія, вставлялось двояковыпуклое стекло. Помощью этого стекла собирались и направлялись на струю воды лучи какого-либо сильнаго источника свѣта. Такой пропущенный по оси струи пучокъ свѣтовыхъ лучей, оказывается, почти весь улавливается послѣдней и выходитъ изъ нея только тамъ, гдѣ струя распадается на капли. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ струя изъ горизонтальнаго положенія переходитъ въ вертикальное, лучи свѣта доходятъ до наружной поверхности струи, которая, однако, ихъ не пропускаетъ, а отражаетъ, какъ зеркало. Свѣтъ такимъ образомъ снова отбрасывается въ струю воды, доходитъ до ея поверхности въ другомъ мѣстѣ, опять отбрасывается и т. д. Полный выходъ свѣтъ получаетъ только тамъ, гдѣ струя теряетъ свою связность и распадается на капли. Частью, впрочемъ, свѣтъ проходитъ и на каждомъ мѣстѣ отраженія и потому, если источникъ свѣта достаточно силенъ, то, вслѣдствіе такого выхода лучей свѣта изъ многихъ мѣстъ отраженія, струя воды кажется свѣтящейся или, точнѣе сказать, самосвѣтящейся, такъ какъ источникъ свѣта зрителямъ не виденъ. Такое освѣщеніе при помощи подходящаго отраженія можетъ быть устроено для струй воды всевозможныхъ, въ томъ числѣ и вертикальнаго прямо вверхъ, направленій.

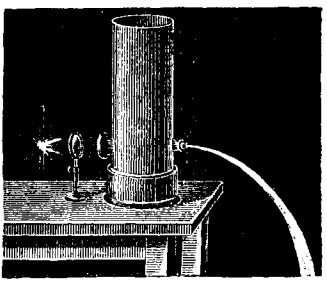


Рис. 510. Фонтанъ Колладона.

Первое примѣненіе принципа фонтана Колладона получилъ въ Парижской Операѣ для освѣщенія краснымъ свѣтомъ того вина, которое Мефистофель заставляетъ течь изъ боченка во второмъ дѣйствіи «Фауста».

Первые свѣтящіеся фонтаны въ большихъ размѣрахъ были устроены англичаниномъ Галловеемъ на Парижской выставкѣ 1889 года. Всего здѣсь было 66 вертикальныхъ фонтановъ и 14 вытекающихъ горизонтально ключей съ 300 трубками. Рис. 511 и 512 по-

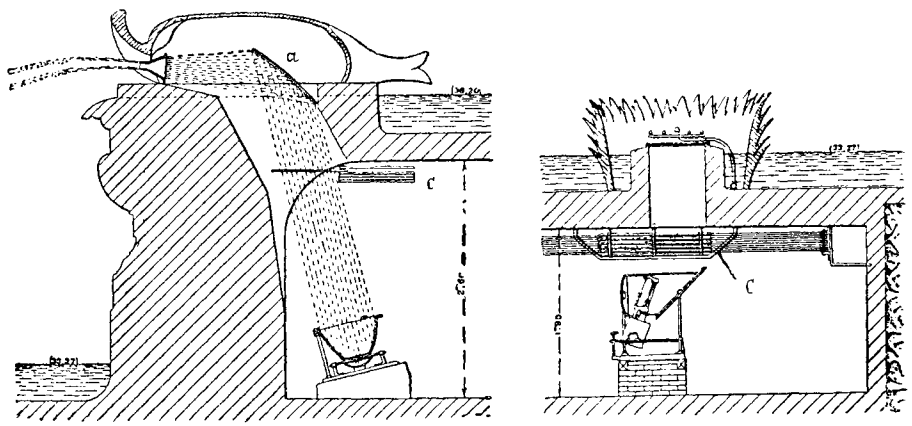


Рис. 511 и 512. Подробности устройства свѣтящихся фонтановъ.

казываютъ схему устройства освѣщенія горизонтальныхъ и вертикальныхъ струй этихъ фонтановъ. Изъ первой схемы видимъ, что извергающій воду дельфинъ сдѣланъ пустотѣлымъ, и его нижняя часть сообщается отверстіемъ съ подваломъ, устроеннымъ подъ бассейномъ. Здѣсь внизу стоитъ дуговая лампа, лучи которой отбрасываются параболическимъ зеркаломъ въ тѣло дельфина, а отсюда вторымъ зеркаломъ *a* отражаются въ рожокъ водяной струи. Между зеркалами на пути свѣтовыхъ лучей расположено приспособленіе C, служащее для вдвиганія на путь свѣта разноцвѣтныхъ стеклянныхъ круговъ, окрашивающихъ воду фонтана въ желаемый цвѣтъ.

Совершенно такое же устройство для освѣщенія вертикальныхъ струй. Здѣсь (рис. 512) имѣется опять-таки дуговая лампа, свѣтъ которой сначала падаетъ на вогнутое зеркало и, отражаясь отъ него на наклонно расположенное плоское зеркало, отбрасывается кверху въ центръ водяныхъ струй. Здѣсь также расположены разноцвѣтные круги C, которые, какъ и въ первомъ случаѣ, можно по желанію вдвигать на путь пучка свѣтовыхъ лучей. Все управленіе фонтанами и ихъ окраской было на выставкѣ сосредоточено въ одномъ мѣстѣ и производилось, конечно, электрически механикомъ, которому были видны всѣ фонтаны и который легко въ ихъ окраскѣ могъ достигать желаемыхъ сочетаній и контрастовъ. Особенно красивы были свѣтящіеся фонтаны послѣдней Парижской выставки 1900 года. Фонтаны эти были дополнены каскадами, изъ которыхъ самый большой, падающій съ высоты 12 метровъ и дающій 1.800 литровъ воды въ секунду, освѣщался помѣщенными за нимъ лампочками накаливанія различныхъ цвѣтовъ. Фонтаны и каскады эти были помѣщены передъ фасадомъ Дворца Электричества и представляли грандіознѣйшее и красивѣйшее зрѣлище. Чтобы дать понятіе о грандіозности установки, упомянемъ, что количество видимыхъ зрителямъ лампочекъ накаливанія на этомъ фасадѣ и въ каскадахъ равнялось 10.000, а кромѣ того были лампы невидимыя для зрителей, при помощи которыхъ освѣщались фонтаны.

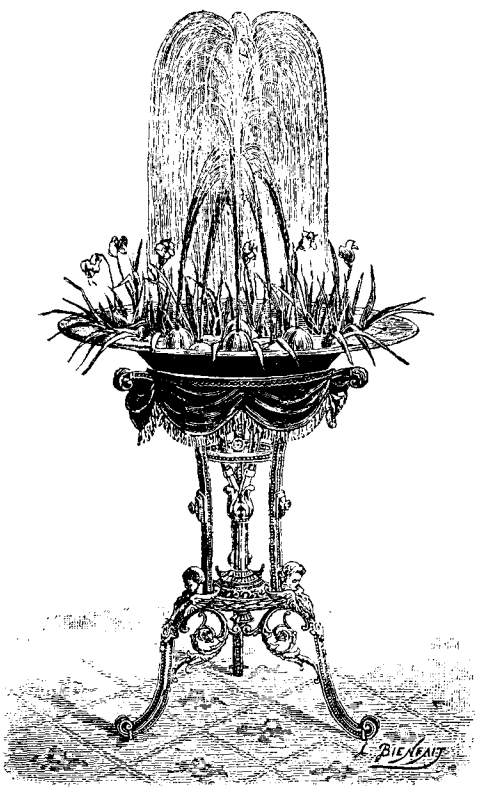


Рис. 513. Свѣтящійся комнатный фонтанъ.

Верхъ фасада Дворца Электричества былъ окруженъ баллюстрадой, сіявшей всѣми цвѣтами радуги, а посрединѣ была поставлена статуя феи электричества, между руками которой проскакивали искусственныя молніи длиною въ одинъ метръ. Все это достигалось при помощи остроумнѣйшихъ электрическихъ приспособленій, и мы чрезвычайно жалѣемъ, что недостатокъ мѣста не позволяетъ намъ останавливаться на такихъ частностяхъ.

Въ настоящее время кромѣ громадныхъ фонтановъ, въ родѣ вышеописанныхъ, устраиваются свѣтящіеся фонтаны и маленькіе, комнатные. Одинъ изъ фонтановъ системы Труве изображенъ на рис. 513. Устройство его такое же, какъ и большихъ фонтановъ, только источниками свѣта служатъ лампочки накаливанія и надъ ними можно вращать одно общее, но раздѣленное на секторы различной окраски, стекло. Источникомъ тока для такихъ фонтановъ могутъ служить аккумуляторы.

Рис. 514 изображаетъ свѣтящійся фонтанъ нѣсколько бо̀льшихъ размѣровъ (около 6 м. въ діаметрѣ), устроенный Труве въ замкѣ Аделины Патти въ Англіи. Освѣщеніе достигается при помощи 4 лампъ накаливанія въ 200 свѣчей каждая, свѣтъ ихъ отражается параболическими зеркалами. Окраска, какъ всегда, получается при помощи вращающихся окрашенныхъ стеколъ, но вращеніе ихъ автоматическое, при помощи небольшой турбинки, приводимой въ дѣйствіе падающей изъ фонтана водою.

Примѣняются электрическія разноцвѣтныя лампочки и для иллюминацій безъ фонтановъ, но подобныя устройства никакихъ особенностей не представляютъ.

Электрическія рекламы.

Весьма близко къ электрической иллюминаціи стоятъ электрическія свѣтящіяся вывѣски и вообще электрическія рекламы. О нихъ мы скажемъ нѣсколько словъ.

Всѣ рекламы и вывѣски электрическія можно раздѣлить на два класса. Въ однѣхъ надписи, а также и разнообразные рисунки проектируются при помощи электрическаго

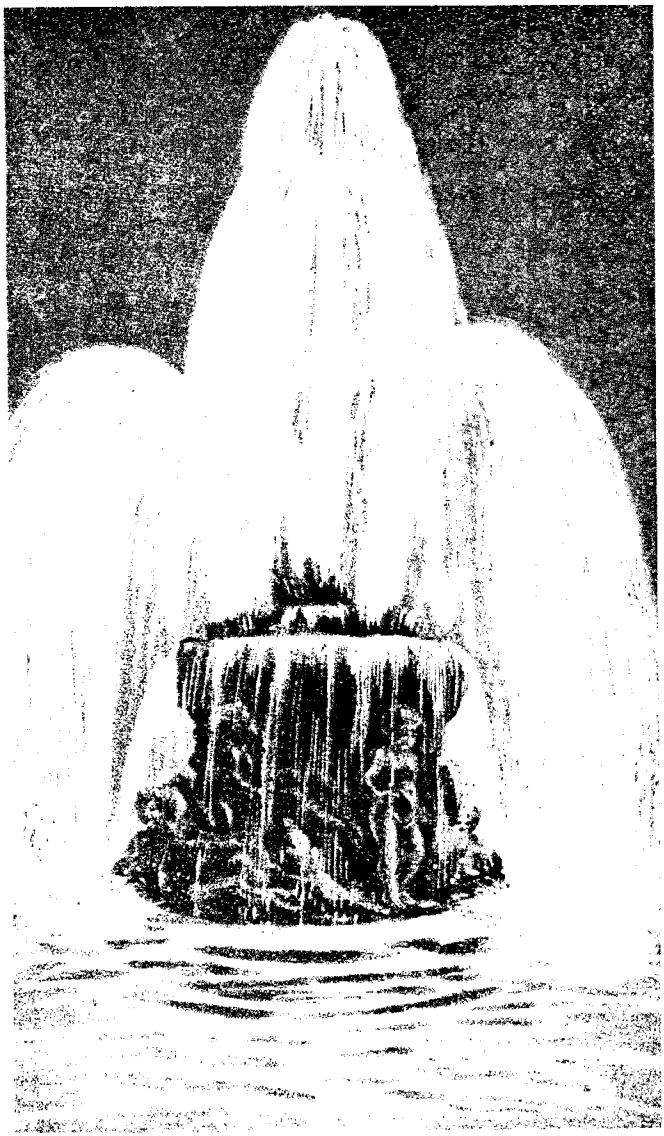


Рис. 514. Свѣтящійся фонтанъ въ замкѣ Аделины Патти.

волшебнаго фонаря на стѣнахъ домовъ, панеляхъ улицъ, наконецъ, даже на облакахъ. Другія надписи составляются изъ надлежащимъ образомъ расположенныхъ лампочекъ накаливанія, образующихъ буквы, слова и фразы. Эти въ собственномъ смыслѣ свѣтящіяся вывѣски либо горятъ постояннымъ свѣтомъ, либо періодически гаснутъ и зажига-

ются и при томъ иногда разными цвѣтами по очереди. Вспыхиваніе такихъ надписей происходитъ также различно: сразу всей надписи или постепенно буквы за буквой. Иногда даже лампочки включаются по одной другъ за другомъ, и тогда получается такое впечатлѣніе, будто бы какая-то невидимая рука пишетъ на стѣнѣ огненныя слова.

Самыми интересными свѣтящимися рекламами являются такія, въ которыхъ на одномъ и томъ же мѣстѣ появляются другъ за другомъ не одни и тѣ же слова, а слова совершенно различныя. Получается нѣчто въ родѣ свѣтового телеграфа, передающаго различныя фразы. Въ Парижѣ такое устройство примѣняется къ рекламѣ, а въ Америкѣ во время войны съ Кубой подобнымъ образомъ газеты передавали цѣлому городу содержаніе полученныхъ ими съ театра военныхъ дѣйствій телеграммъ.

Какимъ бы сложнымъ ни было устройство приспособленій для такой передачи, по идеѣ оно, однако же, весьма просто. Представимъ себѣ рядъ табличекъ или

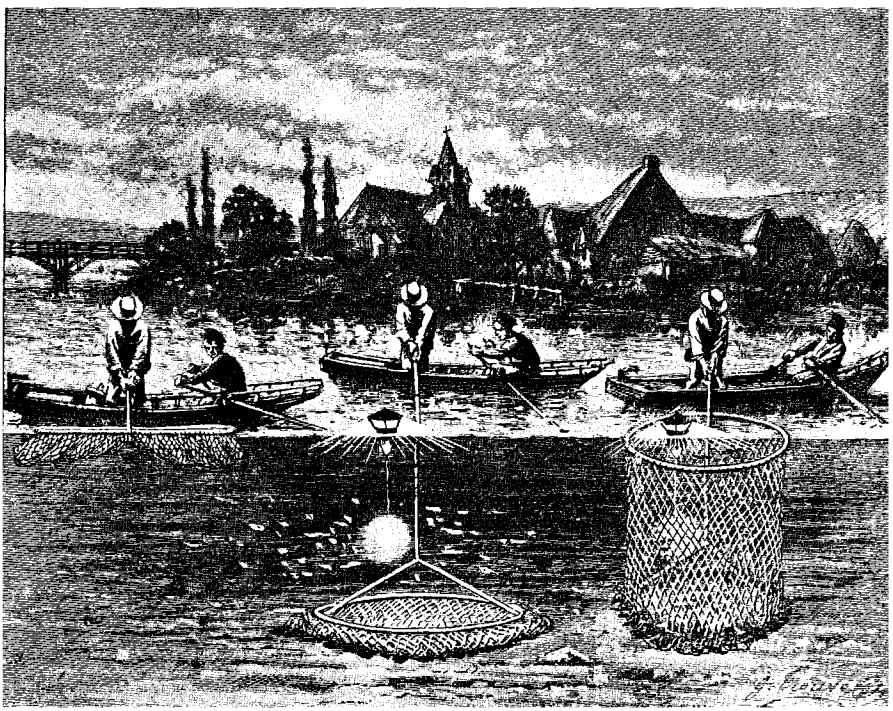


Рис. 515. Электрическая рыбная ловля.

деревянныхъ досокъ, усаженныхъ электрическими лампочками, изъ которыхъ каждая имѣетъ свой отдѣльный проводъ. Зажигая эти лампочки въ заранѣе опредѣленномъ порядкѣ, можно получить на всякой таблицѣ любую букву, а изъ ряда буквъ составить слова и фразы. Для того, чтобы облегчить составленіе словъ и одновременное зажиганіе лампочекъ, къ аппарату приспособленъ коммутаторъ, состоящій изъ клавишъ; при нажатіи на каждую изъ нихъ зажигается одна лампочка, а при одновременномъ нажатіи на нѣсколько опредѣленныхъ клавишъ можно получить букву, слово или цѣлую фразу. Нажатіе совершается не руками, а спеціальнымъ валомъ, на которомъ, какъ на валахъ органа или механическаго тапера, набиты палочки, одновременно нажимающія тѣ клавиши, которыя соотвѣтствуютъ опредѣленной буквѣ или фразѣ. Если на валу находятся только ряды гнѣздъ для пало-

чекъ, то, переставляя послѣднія по произволу, можно мѣнять фразу. Чѣмъ больше табличекъ, тѣмъ болѣе длинную фразу можно составить.

По идеѣ все это очень просто, но на дѣлѣ должно быть достаточно-таки запутано благодаря множеству проводниковъ. Для тридцати буквъ, напримѣръ, ихъ нужно полторы тысячи!

XIX.

Различныя примѣненія электричества.

Чтобы покончить совсѣмъ съ приложеніями электричества, мы въ этой главѣ соберемъ нѣсколько случаевъ его примѣненія, не подошедшихъ подъ предыдущія рубрики.

Ловля рыбы посредствомъ электричества.

Идея употреблять электричество, точнѣе сказать, электрическій свѣтъ въ качествѣ *приманки въ рыбной ловлѣ появилась уже давно, но до сихъ поръ нельзя съ положительностью сказать*,—удачные или неудачные при этомъ получаются результаты. Способъ самъ по себѣ очень простъ; онъ изображенъ на рис. 515, изображеніе это не требуетъ никакихъ поясненій. Первые опыты такой рыбной ловли были сдѣланы въ 1856 году, и съ того времени ихъ повторяли нерѣдко какъ въ морѣ, такъ въ рѣкахъ и прудахъ, но съ очень перемѣнчивыми результатами. Особенно много и, надо сказать, неудачныхъ опытовъ было сдѣлано на Энгіенскомъ озерѣ. Аббатъ Муаньо, авторъ многочисленныхъ замѣтокъ, касающихся этого сюжета, повидимому, не имѣетъ какого-либо опредѣленнаго мнѣнія относительно достоинства и пригодности способа. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ своихъ работъ онъ приводитъ случаи полныхъ неудачъ, а въ другихъ, наоборотъ, разсказываетъ о баснословныхъ уловахъ, полученныхъ при приманкѣ въ видѣ электрическихъ лампъ. «Рыбы,—пишетъ онъ,—стаями со всѣхъ сторонъ стекались въ освѣщенное пространство и старались возможно ближе приблизиться къ источнику свѣта».

Въ Финистерѣ въ 1873 году были предприняты офиціальные опыты съ участіемъ представителей французской администраціи. Одинъ изъ опытовъ увѣнчался полнымъ успѣхомъ, но успѣхъ этотъ остался какъ-то одинокимъ. Способъ ловли при помощи электричества все еще не вошелъ въ практику и требуетъ дальнѣйшихъ опытовъ и наблюденій.

Охота съ помощью электричества.

Электричество охотниками примѣняется въ разнообразныхъ случаяхъ. Въ силкахъ вмѣсто дощечки, намазанной клеемъ, употребляютъ желѣзную пластинку, соединенную съ полюсами какого-либо источника тока. Птица, наступающая на такую дощечку, смотря по силѣ тока, или убивается или оглушается.

Затѣмъ есть свѣтящаяся мушка на ружье для стрѣльбы въ темнотѣ. Въ прикладѣ ружья помѣщается герметически закрытый элементъ, въ родѣ описаннаго нами на стр. 358. При вертикальномъ положеніи ружья электролитъ въ этомъ элементѣ не находится въ сообщеніи съ электродами, но какъ только ружье берется на прицѣлъ, электролитъ переливается къ электродамъ, и элементъ пускаетъ токъ въ небольшую платиновую спиральку, укрѣпленную на мѣстѣ обыкновенной мушки. Свѣтъ этой спиральки чуть замѣтенъ, но и этого довольно для того, чтобы охотникъ могъ взять правильный прицѣлъ. Мушка, только-что нами описанная, изобрѣтена такъ часто нами упоминавшимся уже Труве, и охотники о ней отзываются благосклонно.

Электрическая выѣздка лошадей.

Электрическій токъ производитъ всегда такое сильное впечатлѣніе на животныхъ, что при его помощи можно укрощать самыхъ дикихъ лошадей. При выѣздкѣ горячей или норовистой лошади вмѣсто обыкновенныхъ вожжей употребляютъ вожжи съ вплетенной въ нихъ изолированной проволокой. Проволоку эту съ одной стороны соединяютъ съ удилами, а съ другой съ помѣщающейся на козлахъ рядомъ съ кучеромъ небольшой магнито-электрической машиной (рис. 516). Какъ только лошадь понесетъ или вообще



Рис. 516. Электрическій усмиритель лошадей.

начинаетъ горячиться, кучеръ нѣсколькими поворотами рукоятки магнито-электрической машины посылаетъ токъ въ удила, и не наблюдалось ни разу, чтобы это средство не подѣйствовало на лошадь и не заставило ее остановиться.

Существуетъ еще электрическій хлыстъ, на концѣ раздвоенный и несущій тамъ голые электроды, соединенные съ какимъ-либо источникомъ тока. Прикладывая такой хлыстъ къ боку лошади, въ нее пускаютъ токъ, дѣйствующій, повторяемъ, всегда безъ исключенія.

Казнь посредствомъ электричества.

Какъ ни непріятна можетъ быть такая тема, но мы все же рѣшаемся посвятить ей нѣсколько словъ. И сообразно съ временемъ, и сообразно съ мѣстомъ способы казни мѣняются. Во Франціи принята гильотина, въ Англіи остаются вѣрны веревкѣ, китайцы рубятъ головы мечомъ, упрощеннымъ способомъ, оттягивая ее за косу и т. д.

Америка въ качествѣ новой страны и въ погонѣ за оригинальностью рѣшила замѣнить всѣ перечисленные «варварскіе» способы лишенія жизни способомъ экстра-цивилизованнымъ, невиданнымъ и неслыханнымъ въ исторіи, столь богатой на самыя разнообразныя выдумки по части мученія преступниковъ.

Американцы рѣшили ввести казнь при помощи электрическаго тока; предлогомъ для этого новшества было желаніе уничтожить всякое страданіе для казнимаго... Отнимая самое драгоцѣнное, что есть у человѣка—жизнь, они рѣшили заботиться объ отсутствіи страданій! Это ли не насмѣшка!

Кромѣ того, еще не доказано, такъ ли безболѣзненна и легка смерть отъ тока большого напряженія. Вотъ, напр., какъ описываются результаты перваго примѣненія электрической казни, произведенной надъ нѣкимъ Кеммслеромъ въ Аусбурнской тюрьмѣ, въ Нью-Іоркѣ.

Источникомъ тока служила машина Вестингауза съ перемѣннымъ токомъ напряженія въ 1000—2000 вольтъ. Измѣрительные инструменты и лампы накаливанія, введенные въ цѣпь, позволяли въ каждую данную минуту провѣрять силу тока. Коммутаторомъ токъ по желанію отводился въ контактныя пластины, укрѣпленныя на креслѣ, на которое былъ привязанъ осужденный. Не входя въ непріятныя детали устройства и самаго производства казни, скажемъ, что черезъ 17 секундъ послѣ «моментальнаго» убиванія человѣка токомъ, онъ еще былъ, повидимому, живъ; по крайней мѣрѣ, мускулы на его членахъ сокращались. Пришлось второй разъ пропустить токъ и уже настолько на продолжительное, понятно, говоря относительно, время, что послышался запахъ паленаго мяса... Въ чемъ было дѣло, плохо ли было устройство, недостаточно ли хладнокровно дѣйствовали палачи (мы не хотимъ называть ихъ электротехниками, это слишкомъ большая для нихъ честь), но, во всякомъ случаѣ, результаты были получены печальные.

Казнь Кеммслера вызвала много разговоровъ: одни находили, что не въ благопріятныхъ мѣстахъ казненному были приложены электроды; другіе считали, что казнь сошла вполнѣ удачно, что судорожныя движенія казненнаго были плодомъ воображенія присутствующихъ и что, даже если бы они были въ дѣйствительности, они были у мертваго.

Какъ бы то ни было, офиціально успѣхъ былъ признанъ, и казнь посредствомъ электричества примѣняется въ Америкѣ повсемѣстно и по настоящее время. Не можемъ удержаться, чтобы не привести подлиннаго постановленія въ сокращенномъ, правда, видѣ, которымъ введена эта казнь въ штатѣ Огіо.

Въ январѣ 1896 года судьи этого штата постановили, что начиная съ 1 іюля этого же года всѣ лишенія жизни, по приговору суда, будутъ производиться исключительно при помощи электричества. Это постановленіе, однако, должно примѣняться только къ тѣмъ преступникамъ, которые совершатъ свое преступленіе послѣ обнародованія закона, ибо другіе, совершая преступленіе, не знали о томъ наказаніи, которое имъ за преступленіе надлежало. Такимъ образомъ, электрическая казнь вводится, съ одной стороны, въ гуманитарныхъ цѣляхъ, а, съ другой стороны, оказывается, что не боявшіеся петли преступники, можетъ быть, не совершили бы своего преступленія, если бы знали, что ихъ ожидаетъ безболѣзненная и чуть ли не соединенная съ пріятными ощущеніями казнь электрическимъ токомъ.

Въ послѣдней главѣ настоящей книги намъ еще придется говорить о физіологическомъ дѣйствіи токовъ высокаго напряженія на человѣческій организмъ; теперь же еще разъ повторимъ, что моментальная смерть подъ вліяніемъ электрическаго разряда, хотя бы и громадной силы, болѣе чѣмъ сомнительна. Есть случаи, гдѣ смерть моментальная вызывалась при неосторожномъ прикасаніи къ проводникамъ съ токомъ всего въ 200 вольтъ, а наряду съ ними, несомнѣнно, извѣстно, что иногда токи въ 1500—2000 вольтъ причиняли только обморокъ и большіе или меньшіе ожоги и нервныя потрясенія. Очевидно, что дѣло гораздо сложнѣе того, чѣмъ оно кажется, и таинственная сила электричества еще не настолько изучена, чтобы ея физіологическое дѣйствіе было всегда для насъ понятно. Въ противоположность мнѣнію американцевъ, мы должны сказать, что казнь электричествомъ не гуманна и къ ней прибѣгать рискованно.

Электричество—помощникъ воровъ.

Если значеніе электричества для казни преступниковъ сомнительно, то далеко не сомнительна помощь, которую получаютъ эти послѣдніе отъ электричества при грабежѣ несгораемыхъ кассъ: нѣтъ ничего легче, какъ вскрыть такую кассу при помощи электричества. Весь для того потребный инструментъ состоитъ изъ пары проводниковъ, реостата и угольной палочки, укрѣпленной въ деревянной ручкѣ и снабженной предохранительнымъ щиткомъ изъ какого-либо огнеупорнаго и плохо проводящаго тепло матеріала.

Воръ присоединяетъ свои проводники къ проводамъ электрическаго освѣщенія (способъ опасенъ, такимъ образомъ, только для конторъ и банковъ, освѣщающихся электричествомъ), и одинъ изъ этихъ проводниковъ a (рис. 517) соединяется сначала съ реостатомъ, а затѣмъ съ упоминавшейся нами угольной палочкой. Реостатъ долженъ быть опредѣленной величины, чтобы довести токъ до нужнаго напряженія; не трудно, однако, эту нужную величину найти ощупью, увеличивая и уменьшая сопротивленіе, пока не получится желаемый эффектъ. Другой проводникъ соединяютъ непосредственно съ несгораемымъ шкапомъ. Теперь остается только прикоснуться до шкапа угольнымъ стержнемъ C, защитивъ руку предохранительной шпрмочкой P, чтобы стержень, если реостатъ умѣло подобранъ, вслѣдствіе расплавленія стѣнки шкапа вошелъ въ нее какъ въ воскъ.

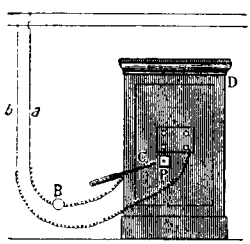


Рис. 517. Взломъ несгораемой кассы.

Въ три минуты удается продѣлать въ двери, толщиною въ 8 сантиметровъ, столько отверстій, что замокъ затѣмъ легко и почти безъ усилій можетъ быть вынутъ. Надо, впрочемъ, и для этой операціи имѣть извѣстнаго рода сноровку; дѣло въ томъ, что по мѣрѣ углубленія угля въ металлъ этотъ послѣдній наверху, въ пройденномъ уже мѣстѣ, начинаетъ застывать и отверстіе, такимъ образомъ, если не вовсе стягивается, то, во всякомъ случаѣ, уменьшается; избѣжать этого неудобства можно,—время отъ времени вынимая стержень и вообще двигая его взадъ и впередъ.

Электричество доставляетъ и способъ обезопасить денежные ящики отъ подобнаго рода электрическаго, да и вообще всякаго вскрыванія. Въ Чикаго имѣется даже особое общество электрическихъ оберегателей банкировъ. Общество это окружаетъ денежные шкапы особымъ чехломъ съ поднимающеюся одной стороной. Изнутри этотъ чехолъ весь выложенъ металлическимъ плетеніемъ, такъ расположеннымъ, что даже булавка, введенная въ щелки чехла, вызоветъ сигнальный звонокъ. Мы не можемъ описывать всей установки, дѣлаемой этимъ обществомъ. Скажемъ только, что она очень сложна, и что не только шкапъ заключается въ чехолъ, но такой же чехолъ примѣняется и надъ звонкомъ или гонгомъ, такъ какъ иначе воры, знакомые съ устройствомъ, постарались бы прежде всего испортить самый сигналъ. Кромѣ всего прочаго имѣется еще въ этомъ устройствѣ релэ, соединенное съ электрическими проводами цѣпи и установленное такъ, что достаточно незначительнаго измѣненія въ силѣ тока, чтобы сигналъ отъ этого релэ началъ дѣйствовать.

Различныя приложенія Х-лучей.

Не трудно представить себѣ, что таинственные, всюду проникающіе Х-лучи могутъ имѣть примѣненія и помимо медицины. Ими можно пользоваться, напримѣръ, на почтѣ, для повѣрки объявленнаго содержанія посылокъ, не вскрывая этихъ послѣднихъ. Рис. 518 и 519 представляютъ снимки почтовой посылки, заключающей въ себѣ часы. Чтобы показать, насколько хороши и отчетливы могутъ быть радіографическіе снимки,

мы приведемъ еще два изъ нихъ. На рис. 520 представленъ радіографическій снимокъ готовальни, обыкновенный фотографическій снимокъ съ которой имѣемъ на рис. 521. Обратите вниманіе, какъ отчетливо можно различить металлическія части циркулей и костяныя ручки и костяной же пеналь для карандашей.



Рис. 519. Радіографическій снимокъ посылки.

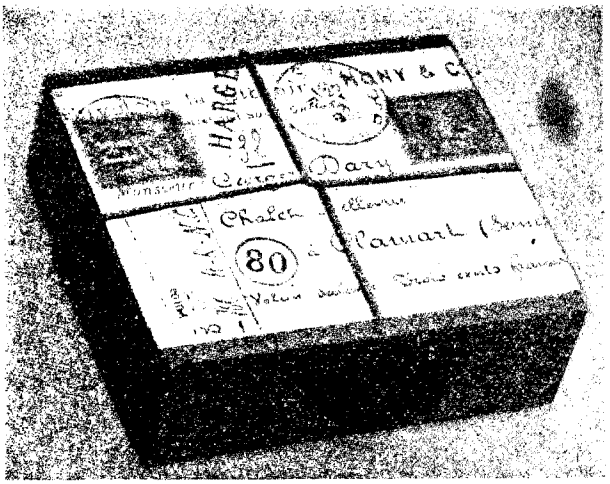


Рис. 518. Обыкновенный снимокъ посылки.

Рис. 522 представляетъ радіографическій снимокъ ключей, положенныхъ на 100 страницу книги, снятой обыкновеннымъ образомъ на рис. 523. На этой радіографіи интересны темныя пятна между ключами: они вышли не случайно, а отвѣчаютъ металлическимъ частицамъ, попавшимъ въ массу, изъ которой сдѣланъ переплетъ книги.

Радіографія позволяетъ отличать фальшивые брилліанты отъ настоящихъ, такъ какъ эти послѣдніе значительно легче проницаются Х-лучами.

Не трудно при помощи радіографіи различать поддѣльныя муміи, такъ часто въ послѣднее время всучиваемыя музеямъ и любителямъ древностей ловкими торгашами.



Рис. 520. Радіографическій снимокъ готовальни.



Рис. 521. Обыкновенный снимокъ готовальни.

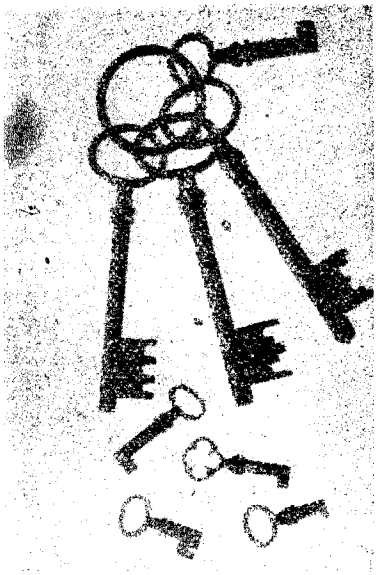


Рис. 522. Радіографическій снимокъ книги.

Благодаря Жоржу Изамбару Х-лучи въ будущемъ въ типографіи сдѣлаютъ цѣлый переворотъ. Изамбаръ предлагаетъ поступать такъ: текстъ пишется пишущей машинкой, особыми слизистыми и сильно маслянистыми чернилами. Листы затѣмъ прокатываютъ валикомъ съ металлическими чернилами, пристающими только къ бумагѣ, гдѣ нѣтъ буквъ. Получается листъ, покрытый сплошь металлическими чернилами, на которомъ только написанное пишущей машинкой этими чернилами не покрыто. Такъ приготовленный листъ кладутъ на пачку чувствительной фотографической бумаги, могущую состоять изъ 10,000 листовъ, и подвергаютъ дѣйствію Х-лучей. Лучи эти проходятъ только въ мѣстахъ, не покрытыхъ металлическими чернилами, и, такимъ образомъ, на всей пачкѣ бумаги получаются послѣ нужной фотографической обработки темные отпечатки буквъ, словъ и фразъ, написанныхъ на пишущей машинѣ.

Способъ Изамбара позволяетъ, между прочимъ, копировать секретныя бумаги, не только помѣщая эти послѣднія въ конвертъ, но получая и копіи прямо въ конвертахъ.

Были предложенія примѣнить Х-лучи къ таможенному досмотру вещей (рис. 524). Чемоданы и другія вещи, не вскрывая, чиновники разсматриваютъ при помощи флуоресцирующаго экрана и по очертаніямъ предметовъ судятъ о содержимомъ. Предложеніе это не выдерживаетъ серіозной критики и врядъ ли можетъ получить серіозное примѣненіе.

Куріозно также предложеніе одного хозяина пользоваться Х-лучами для того, чтобы отличать куръ годныхъ на племя, т.-е. съ развитыми яичниками, отъ куръ, не собирающихся нести яица и потому пригодныхъ только для ѣды. Невозможнаго въ этомъ способѣ ничего нѣтъ, и результаты онъ будетъ давать хорошіе,—въ этомъ нѣтъ сомнѣнія. Но нельзя ли того же достигнуть и болѣе простыми мѣрами?

XX.

Электрическія генераторныя станціи.

Первичными источниками электричества могутъ быть, какъ мы знаемъ, или элементы или динамомашина. Въ первомъ случаѣ электрическая энергія образуется на счетъ химической, всего чаще выдѣляемой на счетъ растворенія (потребленія) цинка; во второмъ—въ нее переводится механическая энергія двигателя, вращающаго динамо, т.-е. въ типичнѣйшихъ случаяхъ съ паровыми машинами, энергія, выдѣляемая при горѣніи углемъ.

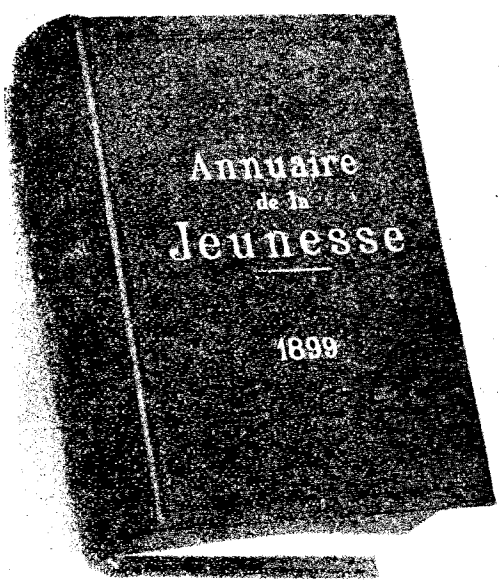


Рис. 523. Обыкновенный снимокъ книги.

Простой разсчетъ позволяетъ сравнить издержки на производство электрическаго тока помощью гальваническаго элемента со стоимостью тока отъ динамомашины, приводимой въ дѣйствіе паровымъ или газовымъ двигателемъ. Легче всего произвести это сравненіе, принявъ, что все электричество, которое производитъ динамомашина, а также все, которое доставляетъ элементъ, обращается въ Джоулево тепло, преодолѣвая сопротивленіе цѣпи, и тогда сравнить соотвѣтственныя количества тепла и опредѣлить ихъ стоимость.

Килограммъ цинка, въ элементѣ, выдѣляетъ 500 калорій (единицъ тепла). Килограммъ же угля выдѣляетъ при сгораніи 8.000 калорій. Изъ этихъ 8.000 калорій едва лишь 6% представляютъ полезное дѣйствіе парового двигателя, т.-е. 480 калорій. Изъ этихъ калорій, или отъ работы, которая имъ соотвѣтствуетъ, около 10% идетъ на преодолѣніе тренія и на безполезное нагрѣваніе, остальныя же 90%, т.-с. около 430 калорій, обращаются полезно въ электрическую энергію. Итакъ килограммъ цинка производитъ электрическую энергію, отвѣчающую 550 калоріямъ, тогда какъ килограммъ угля энергію,

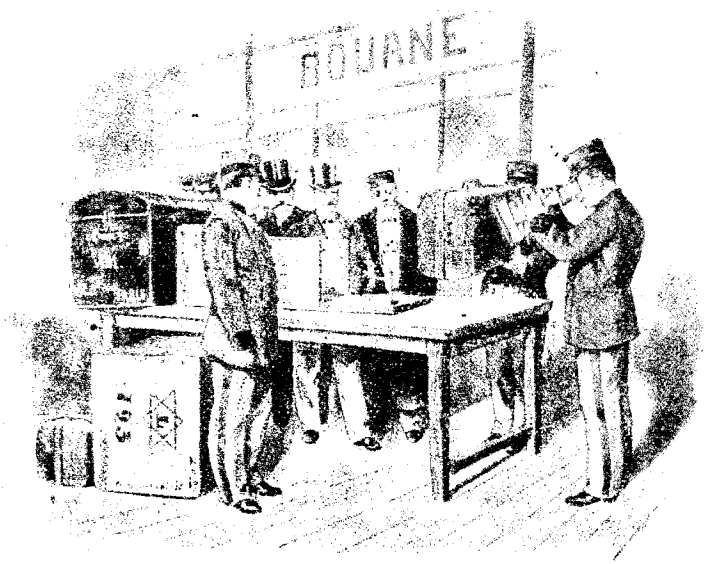


Рис. 524. X-лучи въ таможнѣ.

отвѣчающую 430 кал. Но цѣна угля приблизительно разъ въ 15 ниже цѣны цинка, такъ что одно и то же количество электрической энергіи окажется въ 13 разъ дешевле, если производится на счетъ сгоранія угля, чѣмъ на счетъ растворенія цинка.

Это разсужденіе доказываетъ преимущество динамомашинъ надъ элементами для примѣненій электричества въ большихъ размѣрахъ. Преимущество это станетъ еще болѣе яснымъ, если принять во вниманіе, что для вращенія динамомашинъ можно пользоваться даровыми силами природы, въ особенности паденіемъ воды. Своевременно мы указывали уже на возможность передачи электрической энергіи на разстояніе; эта возможность позволяетъ утилизировать паденіе воды, хотя бы оно лежало и вдали отъ мѣста потребленія электричества.

Пока не найдено дешевыхъ химическихъ источниковъ тока, наивыгоднѣйшимъ способомъ полученія электрической энергіи является превращеніе въ нее энергіи механической; такое превращеніе не можетъ совершаться безъ потерь, и потери эти тѣмъ больше, чѣмъ меньше источники энергіи (коэффиціентъ полезнаго дѣйствія крупныхъ машинъ, это само собой понятно, всегда выше такого же для машинъ мелкихъ). Отсюда выгоднѣе

устраивать общія центральныя генераторныя электрическія станціи, чѣмъ пользоваться отдѣльнымъ источникомъ электрическаго тока для каждой установки.

Въ настоящей главѣ мы постараемся показать вкратцѣ, какъ оборудываются современныя электрическія генераторныя станціи.

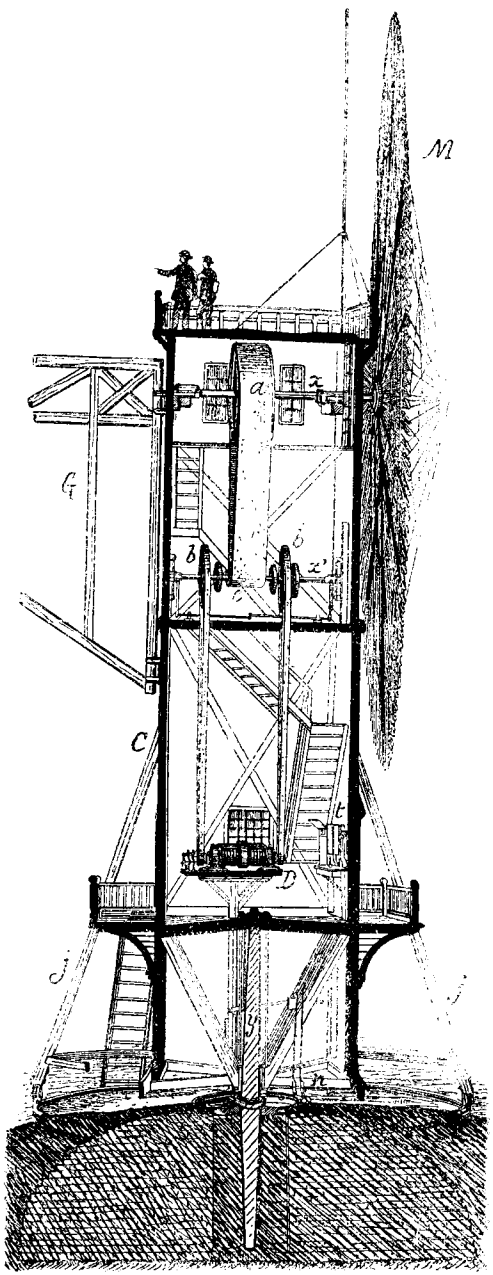


Рис. 525. Электрическая станція съ вѣтряным двигателемъ.

Источники механической энергіи генераторныхъ станцій.

Выгоднѣе всего, гдѣ это возможно, пользоваться для приведенія динамомашинъ во вращеніе естественными силами природы: паденіемъ воды и силою вѣтра. Вѣтеръ, какъ сила непостоянная, можетъ быть примѣненъ далеко не всегда и скорѣе въ видѣ подсобной силы къ какому-либо механическому двигателю: есть вѣтеръ — динамо приводится въ движеніе имъ, нѣтъ вѣтра — ее вращаетъ механическій двигатель. Въ особенности пригодны вѣтряные двигатели для заряженія аккумуляторовъ. Рис. 525 представляетъ электрическую станцію съ вѣтрянымъ двигателемъ, устроенную извѣстнымъ электротехникомъ Брушомъ у себя въ имѣніи въ Кливеландѣ (штатъ Огіо). Вѣтряное колесо M, саморегулирующееся и устанавливаемое по вѣтру автоматически, какъ всѣ американскія вѣтряныя колеса, поворачиваетъ по вѣтру вмѣстѣ съ собою всю постройку около вертикальной оси V. Такимъ образомъ остается неизмѣнной все время ременная передача *a* съ оси колеса на динамо D черезъ посредство промежуточной оси c, увеличивающей до нужной величины число оборотовъ для динамо. Колесо M имѣетъ 16,8 метра въ діаметрѣ, и общая площадь его 162 кв. метра; руль G имѣетъ 18 метровъ длины и 6 метровъ ширины. Скорость вращенія оси x отъ 6,6 до 10 оборотовъ въ минуту, соотвѣтственная скорость вращенія динамо 330—500 оборотовъ, максимумъ доставляемой энергіи 12.000 ваттовъ. Динамо автоматически приводится въ дѣйствіе, какъ только скорость ея можетъ равняться 330 оборотамъ въ минуту, рабочая цѣпь автоматически же замыкается при напряженіи въ 70 вольтъ и размыкается при достиженіи 75 вольтъ. Аккумуляторы помѣщаются въ подвалѣ. Рис. 526 представляетъ наружный видъ мельницы Бруша.

Водяные двигатели, какъ мы говорили уже, несравненно удобнѣе вѣтряныхъ, ибо дѣйствуютъ постоянно. Въ Швейцаріи и Америкѣ имѣется масса генераторныхъ станцій около большихъ паденій воды. Рис. 527 представляетъ одну изъ генераторныхъ станцій, пользующихся паденіемъ воды Ніагарскаго водопада. Динамомашина соединена здѣсь съ водяными турбинами при помощи безконечныхъ ремней. Иногда же динамо насаживаются прямо на одну ось съ турбиной. Такая установка значительно компактнѣе.

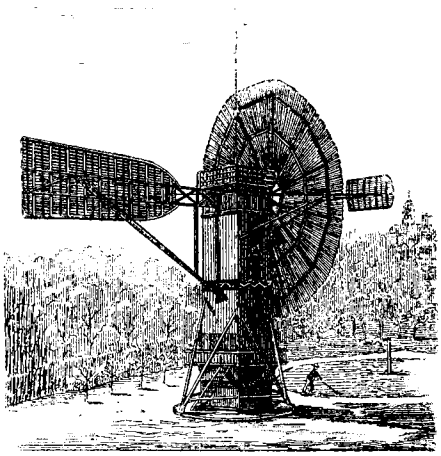


Рис. 526. Наружный видъ электрической станціи съ вѣтрянымъ двигателемъ.

Всего чаще, однако, приходится пользоваться для генераторныхъ станцій двигателями механическими, на большихъ станціяхъ паровыми, на мелкихъ газовыми и керосиновыми. Рис. 528 представляетъ генераторную станцію съ газовыми машинами, а рис. 529 станцію маленькую съ керосиновымъ двигателемъ. Въ обоихъ случаяхъ передача движенія на динамо производится безконечнымъ ремнемъ. Зачастую, однако, и здѣсь динамо насаживаютъ на одну ось съ механическими (паровыми, керосиновыми) двигателями.

Динамо-машины постояннаго тока.

Съ динамо-машинами мы знакомы изъ первой главы, но здѣсь остановимся на устройствѣ ихъ нѣсколько подробнѣе. Мы видѣли уже, что имѣются машины, дающія токъ постоянный, или собственно динамо и машины, дающія токъ перемѣнный или альтернаторы. Въ небольшихъ установкахъ примѣняются машины перваго рода, ибо постоянный токъ пригоденъ для всевозможныхъ цѣлей (освѣщеніе—кромѣ свѣчей Яблочкова,—

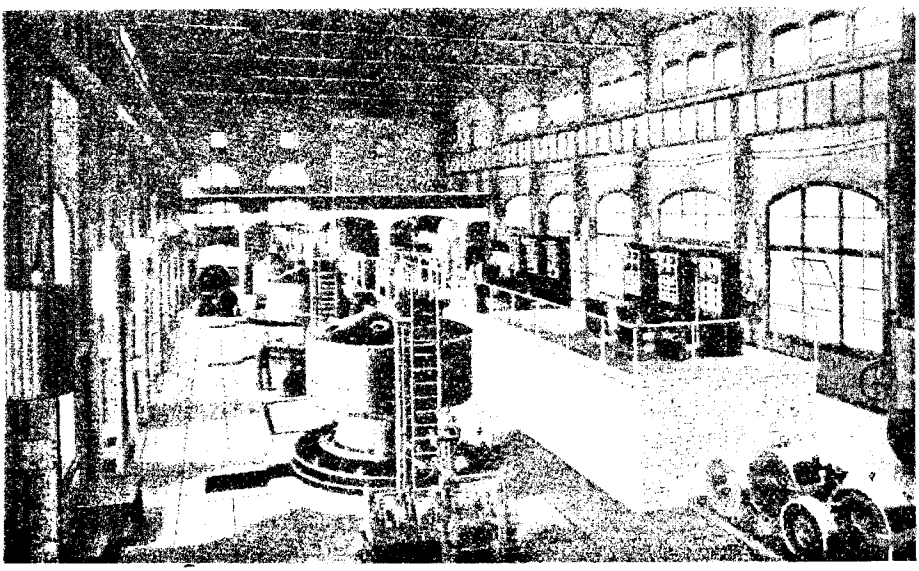


Рис. 527. Электрическая станція у Ніагары.

двигательная сила, электролизъ и т. д.), а въ центральныхъ станціяхъ, обслуживающихъ большой районъ, второго, ибо при помощи альтернаторовъ можно получить токи несравненно высшаго напряженія, а только такіе токи можно съ выгодой пересылать на большія разстоянія.

Мы видѣли, что постоянный токъ даютъ машины или при помощи особыхъ автоматическихъ коммутаторовъ, или при помощи якоря, построеннаго на принципѣ кольца Грамма (болѣе употребительная форма подобнаго якоря представляетъ барабанообразный якорь Сименса или, говоря вѣрнѣе, Гефнеръ-Альтенека, о которомъ мы также своевременно упоминали). Въ настоящее время въ ходу машины преимущественно съ якорями Грамма или Сименса. Изъ машинъ съ выпрямляющими токъ коммутаторами въ употребленіи находятся только или почти только динамо Бреша и Томсона-Гаустона, единственное достоинство которыхъ при достаточно сложной конструкціи состоитъ въ возможности получать токи весьма высокаго, недостижимаго на машинѣ типа Грамма и Сименса, напряженія.

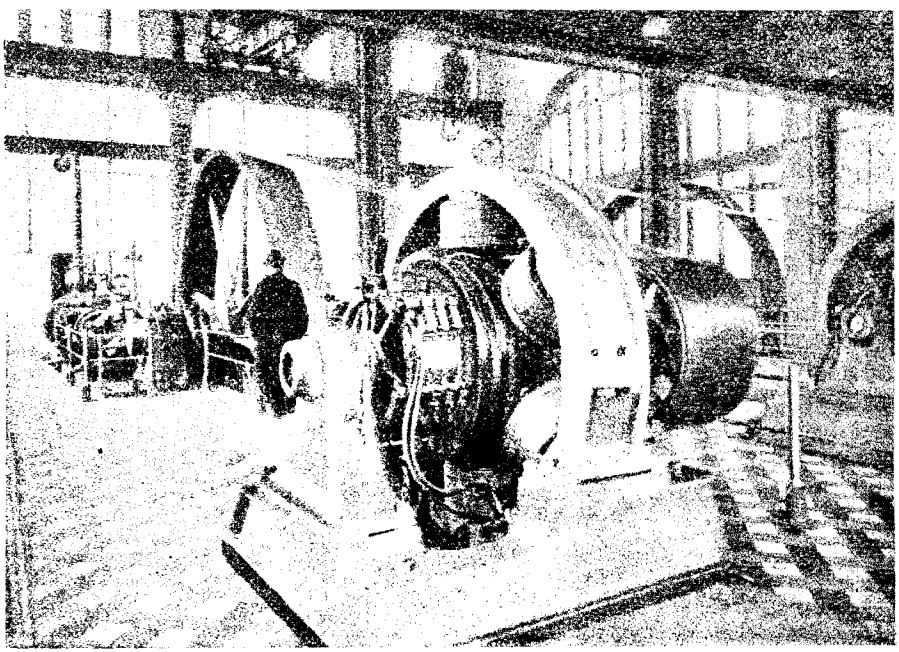


Рис. 528. Электрическая станція съ паровой машиной.

Нечего и говорить, что всѣ употребляемыя на практикѣ машины постояннаго тока устраиваются съ самовозбужденіемъ. Въ чемъ заключается это устройство—въ общихъ чертахъ намъ извѣстно, но теперь мы остановимся на нѣкоторыхъ его подробностяхъ.

Основано оно на, такъ называемомъ, остаточномъ магнетизмѣ и въ принципѣ представляетъ собою Граммово кольцо, вращающееся между полюсами электромагнита, оба конца обмотки котораго соединены съ коллекторами кольца. Въ сердечникѣ электромагнита, если черезъ него хоть разъ былъ пропущенъ токъ, остаются въ извѣстной, весьма, правда, малой степени, магнитныя свойства (остаточный магнетизмъ). Эти магнитныя свойства, какъ бы слабы они ни были, возбуждаютъ въ обмоткѣ кольца при его вращеніи нѣкоторую слабую электродвижущую силу. Сила эта обусловливаетъ токъ, который идетъ въ обмотку электромагнита и увеличиваетъ магнитность сердечника. Увеличеніе этой послѣдней, въ свою очередь, вызываетъ возрастаніе электродвижущей силы въ кольцѣ и увеличеніе силы тока, поступающаго въ обмотку электромагнита; магнитное свойство увеличивается еще сильнѣе и такимъ образомъ изъ незначительной величины остаточнаго ма-

гнетизма въ нѣсколько секундъ получается токъ такой силы, которую можетъ дать данная динамо-машина въ зависимости отъ подробностей ея конструкціи.

При самовозбужденіи въ такомъ видѣ, какъ мы его описали, вся электродвижущая сила, созданная динамо-машиной, тратится на поддержаніе магнетизма въ сердечникѣ, т.-е. на собственное свое образованіе. Очевидно, что надо этой силой воспользоваться и для какой-либо работы внѣ динамо, ибо иначе не зачѣмъ и вращать динамо.

Сименсъ и Витстонъ, изобрѣтатели самоиндукціи, различнымъ образомъ пользуются токомъ динамо одновременно и для работы и для поддержанія на нужной высотѣ электровозбудительной силы.

Сименсъ заставляетъ весь токъ съ якоря итти сначала въ обмотку индуктора (электромагнита), а затѣмъ уже въ рабочую цѣпь. Обмотка индуктора дѣлается корот-

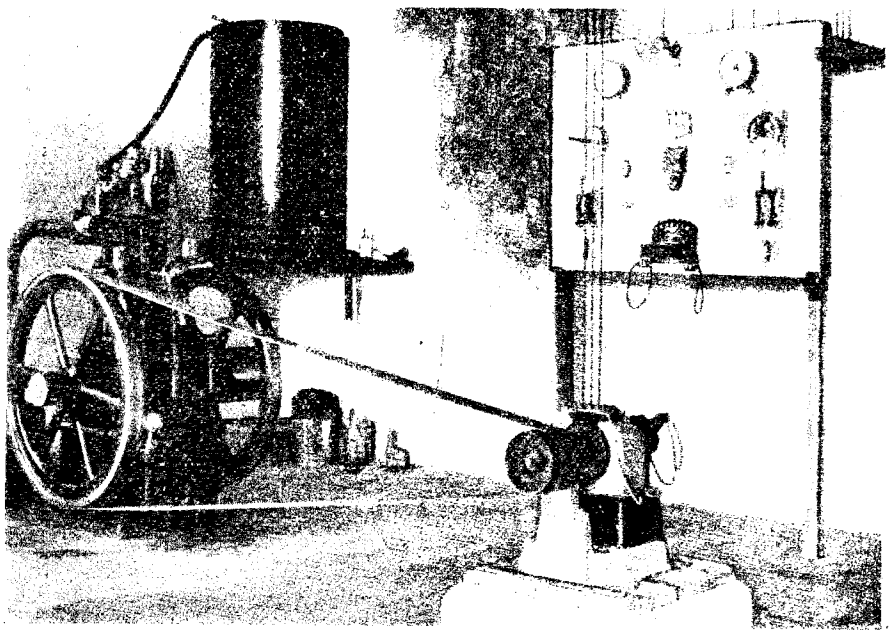


Рис. 529. Маленькая электрическая станція.

кой и изъ толстой проволоки, такъ что она поглощаетъ только небольшую часть электродвижущей силы, а остальная можетъ быть использована во внѣшней цѣпи.

Витстонъ соединяетъ внѣшнюю цѣпь непосредственно съ якоремъ, а индукторъ включаетъ въ отвѣтвленіе. У него такимъ образомъ въ обмотку электромагнита идетъ только часть тока, но зато весь токъ, въ нее поступающій, тратится исключительно на возбужденіе. Обмотка индуктора здѣсь значительно длиннѣе, и проволока для нея употребляется тонкая, такъ что тотъ результатъ, что у Сименса достигается большой силой тока (большимъ числомъ амперъ) при маломъ числѣ оборотовъ, здѣсь получается большимъ числомъ оборотовъ при малой силѣ тока (маломъ числѣ амперъ).

Динамо съ возбужденіемъ по системѣ Сименса носятъ названіе машинъ съ послѣдовательнымъ соединеніемъ, а динамо, возбуждаемыя по способу Витстона, называются машинами съ возбужденіемъ въ отвѣтвленіи или, сокращенно, шунтъ-машинами (shunt по-англійски значитъ отвѣтвленіе).

Каждый изъ этихъ типовъ машинъ представляетъ въ дѣйствіи свои особенности и примѣняется предпочтительно въ опредѣленныхъ случаяхъ и условіяхъ.

Машины съ послѣдовательнымъ соединеніемъ при незамкнутой внѣшней цѣпи не могутъ производить никакого тока, въ то время какъ шунтъ-машины, имѣя всегда замкнутое соединеніе на индукторъ, это дѣлать могутъ. Во время работы величина этой послѣдней различно сказывается на машинахъ обоихъ типовъ. Въ машинахъ съ послѣдовательнымъ соединеніемъ, чѣмъ больше работа въ цѣпи, тѣмъ энергичнѣе становится магнитное свойство индуктора (весь токъ предварительно проходитъ по его обмоткѣ), тѣмъ больше становится электродвижущая сила машины. Чѣмъ меньше внѣшнее сопротивленіе, тѣмъ сильнѣйшій токъ даетъ динамо-машина разсматриваемаго типа и наоборотъ. При этомъ сила тока не просто обратно пропорціональна сопротивленію, какъ это слѣдуетъ по закону Ома, а увеличивается значительно быстрѣе; законъ Ома приложимъ при неизмѣняющейся электродвижущей силѣ, а здѣсь она въ зависимости отъ сопротивленія и силы тока мѣняется. Машину съ послѣдовательнымъ соединеніемъ весьма легко, какъ говорятъ, сжечь, сильно и вдругъ уменьшивъ сопротивленіе внѣшней цѣпи: при этомъ происходитъ такое увеличеніе силы тока, что обмотка якоря отъ слишкомъ большого нагрѣванія перегораетъ.

Съ шунтъ-машиной подобнаго казуса случиться не можетъ: предположимъ, что работа тока во внѣшней цѣпи сильно возрастетъ это поведетъ къ уменьшенію разности потенціаловъ въ якорѣ, отсюда пониженіе силы тока, проходящаго по отвѣтвленію въ индукторъ, и уже этимъ обстоятельствомъ вызванное дальнѣйшее пониженіе электродвижущей силы. Поэтому при замыканіи на короткую цѣпь шунтъ-машина не перегоритъ, какъ машина съ послѣдовательнымъ соединеніемъ, а перестанетъ только давать токъ.

Есть и еще одно различіе въ обоихъ способахъ соединенія. При нѣкоторыхъ случаяхъ примѣненія тока можетъ произойти, что то приспособленіе, черезъ которое пропускается токъ, само стремится образовать токъ противоположнаго направленія. Почему это такъ бываетъ—мы разсматривать не будемъ, но напомнимъ то, что говорили объ экстратокахъ (стр. 120). Пока электродвижущая сила такого противоположнаго тока меньше, чѣмъ у динамо, послѣдняя будетъ давать токъ въ надлежащемъ направленіи. Но если остановить дѣйствіе машины или уменьшить скорость ея вращенія, вслѣдствіе чего ея электродвижущая сила сдѣлается меньшей, то противоположный токъ можетъ токъ машины пересилить, и тогда по машинѣ пойдетъ токъ противоположнаго направленія. Въ машинѣ съ послѣдовательнымъ соединеніемъ такая перемѣна направленія поведетъ къ тому, что и по обмоткѣ электромагнитовъ пойдетъ токъ другого направленія и полюсы ихъ перемѣнятся, и это будетъ поддерживать токъ измѣнившагося направленія, пока снова не будетъ-чѣмъ либо вызванъ перевѣсъ тока противоположнаго. Въ шунтъ-машинахъ, какъ это легко понять, прохожденіе черезъ машину тока противоположнаго направленія не вызоветъ никакихъ измѣненій въ электромагнитахъ; въ отвѣтвленіи токъ направленія не измѣнитъ.

Такимъ образомъ динамо съ послѣдовательнымъ соединеніемъ могутъ, какъ говорятъ, перемагничиваться, а шунтъ-машины этого недостатка не имѣютъ.

Машины съ послѣдовательнымъ соединеніемъ слѣдуетъ употреблять при большихъ внѣшнихъ сопротивленіяхъ, а шунтъ-машины при малыхъ, напр., при освѣщеніи лампами накаливанія.

Существуетъ еще третій родъ динамо-машинъ—со смѣшаннымъ соединеніемъ, или соединеніемъ компаундъ. Въ нихъ, по предложенію Марселя Депре, скомбинированы оба предыдущихъ способа соединенія якоря съ индукторомъ: электромагниты снабжаются двумя обмотками, изъ которыхъ одна включается въ главную рабочую цѣпь непосредственно, а другая ставится въ отвѣтвленіи. При правильномъ разсчетѣ обмотокъ, при большомъ внѣшнемъ сопротивленіи электромагниты будутъ возбуждаться главнымъ образомъ только отвѣтвленіемъ; если внѣшнее сопротивленіе уменьшится, то вторая обмотка начнетъ возбуждать электромагниты и при томъ въ такой мѣрѣ, что электровозбудительная сила повысится и снова получитъ прежнюю постоянную величину. Въ машинѣ компаундъ такимъ образомъ всегда прежде всего отвѣтвленіе вызываетъ нѣкоторое индуктирующее дѣйствіе. Такъ какъ напряженіе на зажимахъ въ ней остается постояннымъ, то въ отвѣтвленіе проходитъ токъ постоянной силы, и его намагничивающее

дѣйствіе остается, конечно, постояннымъ. Но такъ какъ при возрастаніи силы тока и постоянномъ напряженіи на зажимахъ должна возрастать электровозбудительная сила машины, то должно увеличиваться и индуктирующее дѣйствіе магнитовъ; это производитъ послѣдовательная обмотка, которая при усиленіи тока сильнѣе возбуждаетъ электромагниты. Машины компаундъ особенно хороши тамъ, гдѣ работа тока во внѣшней цѣпи подвержена большимъ колебаніямъ, какъ это, напр., всегда бываетъ при электрической тягѣ.

Итакъ въ машинахъ компаундъ электродвижущая сила машины остается болѣе или менѣе постоянной какъ при паденіи, такъ и при возрастаніи сопротивленія во внѣшней цѣпи. Въ машинахъ съ послѣдовательнымъ соединеніемъ съ уменьшеніемъ внѣшняго сопротивленія сила эта будетъ увеличиваться, а въ шунтъ-машинахъ уменьшаться. Для правильной работы этихъ машинъ необходимо поэтому присоединять къ нимъ какое-либо регулирующее приспособленіе. Проще всего этого можно достичь введеніемъ въ главный проводъ добавочнаго сопротивленія, величину котораго можно было бы мѣнять. На такое сопротивленіе, однако, непроизводительно тратилась бы часть энергіи, а потому оно не выгодно съ экономической стороны. Регулировку слѣдуетъ поэтому направить не на сопротивленіе, а на другую величину, входящую въ выраженіе закона Ома, на электродвижущую силу якоря динамо-машины. Для этого въ шунтъ-машинахъ къ отвѣтвленію присоединяютъ перемѣнное сопротивленіе, которое отъ руки или при помощи какого-либо автоматическаго приспособленія можно измѣнять и мѣняя его усилять или ослаблять токъ въ обмоткѣ индуктора и этимъ поддерживать электродвижущую силу якоря въ соотвѣтствіи съ внѣшнимъ сопротивленіемъ или работою тока во внѣшней цѣпи. При послѣдовательномъ соединеніи регулировку также всего удобнѣе производить при помощи перемѣннаго сопротивленія, включеннаго въ спеціальное отвѣтвленіе, устанавливаемое отъ якоря динамо помимо обмотки электромагнитовъ.

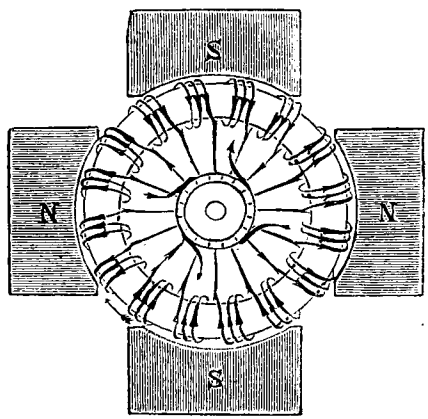


Рис. 530. Принципъ устройства многополюсной динамо.

Мы упоминали выше, что каждая машина можетъ дать токъ только опредѣленной силы. Посмотримъ, отъ чего сила эта главнымъ образомъ зависитъ. Не входя въ подробности, мы можемъ сказать, что при прочихъ равныхъ условіяхъ сила тока, развиваемаго динамо-машиной, зависитъ отъ величины магнитнаго напряженія, а это достигается возможно большей массой желѣзнаго сердечника индуктора и возможнымъ уменьшеніемъ промежутка между якоремъ и сердечникомъ. Отсюда афоризмъ, что для сильной динамо надо «побольше желѣза и поменьше мѣди». Побольше желѣза, чтобы масса сердечника была больше, и поменьше мѣди, т.-е. потоньше слой мѣдной обмотки якоря, чтобы якорь (его желѣзная сердцевина) могъ вращаться поближе къ электромагниту.

Для увеличенія магнитнаго дѣйствія («магнитнаго поля», какъ обыкновенно говорятъ) употребляютъ машины не двуполюсныя (каковы машина Грамма и другія, нами разсмотрѣнныя въ первой главѣ), а многополюсныя. Рис. 530 показываетъ схематически расположеніе частей у четырехполюсной машины Грамма. Въ каждой катушкѣ токъ мѣняетъ направленіе четыре раза за одинъ полный оборотъ якоря. Въ такой машинѣ приходится употреблять уже четыре щетки, принимающія токъ, и ихъ соединяютъ между собою либо послѣдовательно, либо параллельно. Вообще число щетокъ всегда равно числу полюсовъ индуктора. Увеличеніе числа полюсовъ увеличиваетъ при электромагнитахъ равной силы силу тока пропорціонально этому числу. Можно воспользоваться этимъ увеличеніемъ числа полюсовъ и съ другою цѣлью,—можно пропорціонально этому увеличенію уменьшить число оборотовъ якоря; это особенно важно для машинъ большого размѣра,

якорямъ которыхъ, въ виду развитія слишкомъ большой центробѣжной силы, нѣтъ возможности давать большихъ скоростей вращенія. Рис. 531 представляетъ динамо-машину Шуккерта съ четырьмя полюсами; подобныя же строятся этимъ заводомъ и о восьми полюсахъ.

Далѣе электродвижущая сила машины зависитъ отъ скорости вращенія якоря, ибо чѣмъ скорѣе онъ вращается, тѣмъ въ болѣе короткій промежутокъ времени возникаютъ индукціонные токи и тѣмъ больше ихъ электродвижущая сила. При всѣхъ прочихъ равныхъ условіяхъ электродвижущая сила пропорціональна скорости вращенія якоря. Наконецъ, сила эта еще прямо пропорціональна числу оборотовъ проволоки на якорномъ сердечникѣ. Теоретически говоря, съ каждой машины можно получить любую электродвижущую силу, мѣняя число оборотовъ проволоки и скорость вращенія.

Къ сожалѣнію, мы не можемъ входить въ большія подробности относительно наивыгоднѣйшаго устройства динамо-машинъ постояннаго тока.

Въ динамо-электрическихъ машинахъ сила возбуждающихъ токъ магнитовъ зависитъ отъ силы тока, протекающаго въ цѣпи, а, слѣдовательно, и отъ внѣшняго сопротивле-

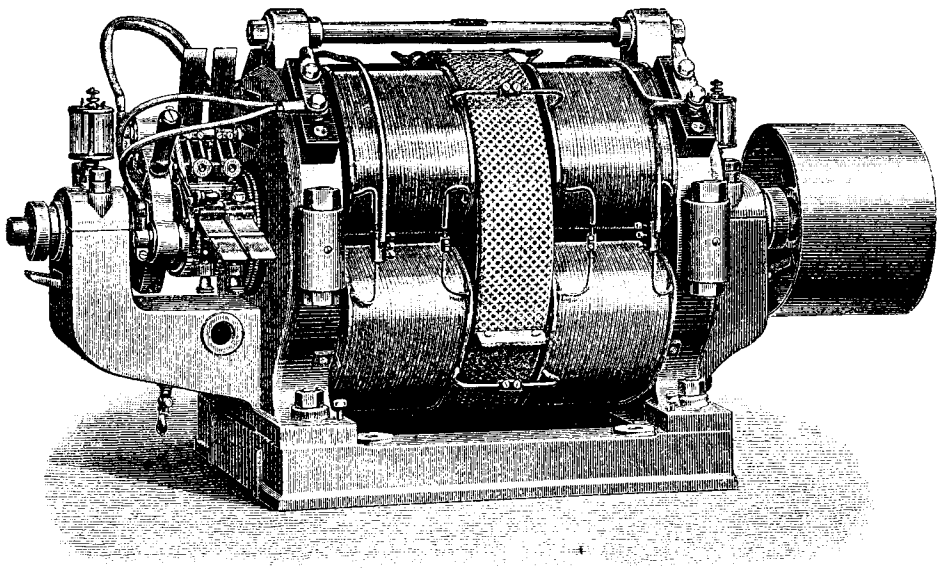


Рис. 531. Четырехполюсная динамо.

нія (этой зависимости, напомнимъ, нѣтъ въ магнито-электрическихъ машинахъ); поэтому электродвижущая сила динамо мѣняется при всякомъ измѣненіи внѣшняго сопротивленія, увеличеніе котораго уменьшаетъ электродвижущую силу, а уменьшеніе, наоборотъ, увеличиваетъ. Сила тока вслѣдствіе этого не просто обратно пропорціональна сопротивленію, какъ говоритъ законъ Ома, а измѣняется значительно быстрѣе, ибо она вызываетъ паденіе электродвижущей силы, отъ которой, въ свою очередь, зависитъ.

Величиною напряженія у зажимовъ[1] и силою тока опредѣляется въ каждомъ данномъ случаѣ электрическій эффектъ, происходящій во внѣшней цѣпи. Полезную работу составляетъ только то, что происходитъ именно въ этой цѣпи.

[1] Напоминаемъ, что напряженіе у зажимовъ не равно полной электродвижущей силѣ машины, ибо часть этой послѣдней тратится на внутреннее сопротивленіе. Напряженіе у зажимовъ равно электродвижущей силѣ минусъ то ея количество, которое тратится на внутреннее сопротивленіе. Напряженіе у зажимовъ преодолѣваетъ только внѣшнее сопротивленіе.

Для каждой динамо-машины существуетъ особая нормальная скорость вращенія и наивысшія допустимыя сила тока и напряженіе у зажимовъ. Произведеніе этого напряженія на силу тока даетъ электрическое дѣйствіе (работа тока, мощность его) во внѣшней цѣпи, и выражается оно, какъ мы знаемъ, въ амперъ-вольтахъ или уаттахъ. Это электрическое дѣйствіе легко выразить и въ лошадиныхъ силахъ, ибо мы знаемъ, что лошадиная сила=736 уаттамъ. Электрическое дѣйствіе во внѣшней цѣпи, понятно, будетъ значительно меньше той силы электрическаго двигателя, которую надо затрачивать на вращеніе динамо-машины, ибо часть этой силы должна итти на преодолѣніе тренія, токи внутри машины и т. д. Лучшее сужденіе о конструкціи машины можетъ дать сравненіе дѣйствія во внѣшней цѣпи съ полной работой въ одинъ и тотъ же промежутокъ времени, напр., секунду. Отношеніе этихъ двухъ величинъ называютъ абсолютнымъ полезнымъ дѣйствіемъ машины; чѣмъ оно выше, тѣмъ конструкція машины лучше.

Еще чаще разсматриваютъ другую, близкую къ этой величину, а именно электрическое полезное дѣйствіе машины, которое получается частнымъ отъ раздѣленія выше упоминавшагося нами электрическаго дѣйствія во внѣшней цѣпи (сила тока × напряженіе у зажимовъ) на полное электрическое дѣйствіе всей цѣпи—внѣшней и внутренней (сила тока × полную электродвижущую силу).

Въ новѣйшихъ машинамъ постояннаго тока большихъ размѣровъ около 85—90% затраченной механической работы обращается въ полезную электрическую энергію во внѣшней цѣпи.

Альтернаторы.

Кромѣ динамо-машинъ постояннаго тока имѣются еще, какъ мы знаемъ, и динамо-машины тока перемѣннаго, или, такъ называемые, альтернаторы. Вначалѣ токомъ подобныхъ машинъ не пользовались непосредственно, а всегда его при помощи коммутаторовъ выпрямляли, затѣмъ подъ вліяніемъ Яблочковыхъ свѣчей появился спросъ на машины съ невыпрямленнымъ перемѣннымъ токомъ. Свѣчи Яблочкова теперь канули въ вѣчность, спросъ на альтернаторы не только не упалъ, но еще возросъ въ силу уже совершенно другого побужденія, а именно ради передачи электрической энергіи на разстояніе. Дѣло въ томъ, что подобная передача обходится тѣмъ дороже, чѣмъ больше сила тока (при слабомъ напряженіи), и тѣмъ дешевле, чѣмъ выше напряженіе (при малой силѣ тока). Наиболѣе такимъ образомъ выгодные для передачи токи высокаго напряженія или большой электродвижущей силы нельзя прямо получить отъ динамо-машинъ: теоретически всякая машина можетъ дать такой токъ, лишь бы была достаточная длина обмотки якоря и онъ вращался съ достаточной быстротой, но это только именно теоретически. На практикѣ же отъ машины съ подвижными частями получать токи всякаго напряженія затруднительно, ибо весьма легко на коммутаторахъ можетъ происходить соединеніе электричествъ. Съ другой стороны, мы знаемъ, что токи и именно перемѣнные, а не постоянные, можно трансформировать со слабаго напряженія на высокое и обратно. Отсюда и наивыгоднѣйшій способъ передачи электрической энергіи на разстояніе: альтернаторъ производитъ перемѣнный токъ умѣренно высокаго напряженія; затѣмъ его трансформируютъ до высокой разности потенціаловъ и посылаютъ на далекое разстояніе; въ мѣстахъ пользованія этотъ высокаго напряженія токъ снова трансформируютъ до любого низкаго напряженія. Такія трансформаціи легко получаются на практикѣ только для токовъ перемѣнныхъ.

Всякій альтернаторъ состоитъ изъ подвергающагося индукціи якоря (проволочной катушки) и индуктора (одного или нѣсколькихъ электромагнитовъ). Питаніе электромагнитовъ производится иногда отъ отдѣльныхъ динамо постояннаго тока (можно насаживать такую динамо на одну ось съ альтернаторомъ или помѣщать совершенно отдѣльно) или отъ самого же альтернатора посредствомъ отвѣтвляемаго и выпрямляемаго тока. Машины послѣдняго рода называются самовозбуждающимися альтернаторами.

Катушки якоря дѣлаются иногда съ желѣзными сердечниками, а иногда безъ нихъ; сердечники выбрасываютъ потому, что при частыхъ перемѣнахъ полюсовъ (какъ это про-

исходитъ при перемѣнахъ тока) они сильно нагрѣваются и поглощаютъ такимъ образомъ непроизводительно много электрической энергіи.

Дѣлаются въ альтернаторахъ какъ вращающіеся якоря и неподвижные электромагниты, такъ и наоборотъ. Во второмъ случаѣ концы обмотки якоря прямо соединяются съ цѣпью, а въ первомъ приходится прибѣгать къ помощи скользящихъ контактовъ. При высокихъ напряженіяхъ болѣе предпочтительными въ виду этого являются машины съ неподвижнымъ якоремъ.

Якоря въ альтернаторахъ устраиваются обыкновенно одной изъ двухъ системъ: дисковой или кольцевой. Дисковый якорь состоитъ изъ ряда катушекъ, вращающихся между полюсами двухъ системъ электромагнитовъ. Якорь кольцевой представляетъ собою кольцо, обмотанное проволокой безъ перерыва, но съ перемѣной направленія и помѣщенное противъ системы полюсовъ, чередующихся по названію.

Къ машинамъ съ дисковымъ якоремъ принадлежитъ старѣйшій альтернаторъ Сименса (рис. 532). Мы описываемъ машину одного изъ первоначальныхъ типовъ. Якорь

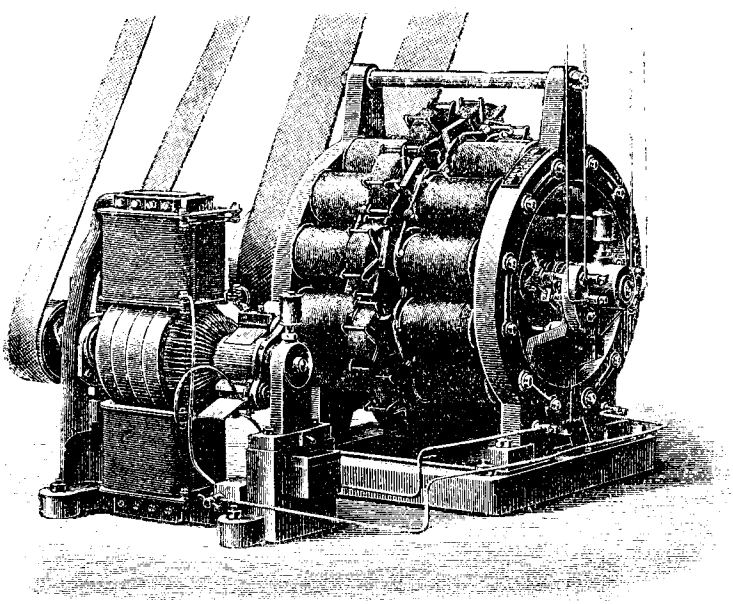


Рис. 532. Машина Сименса и Гальске.

этой машины вовсе не имѣетъ желѣзнаго сердечника. По обѣимъ сторонамъ машины имѣется по 8—16 (смотря по величинѣ машинъ) электромагнитовъ, расположенныхъ такъ, что въ каждомъ ряду направленные въ одну сторону полюсы совершенно правильно чередуются: N, S, N, S и т. д., а каждому обращенному внутрь полюсу лѣваго ряда отвѣчаетъ въ ту же сторону повернутый полюсъ праваго ряда и обратно. Возбужденіе электромагниты получаютъ отъ изображенной на рис. 532 спереди, слѣва отдѣльной небольшой динамо постояннаго тока.

Вращающійся между электромагнитами якорь состоитъ изъ плоскихъ катушекъ безъ сердечниковъ въ числѣ равномъ числу полюсовъ въ каждой половинѣ альтернатора. Направленіе обмотки въ каждыхъ двухъ сосѣднихъ катушкахъ обратное, а соединены они между собою послѣдовательно. Одинаковое число катушекъ и полюсовъ приводитъ къ тому, что всегда, когда по сторонамъ какой-либо катушки находится справа сѣверный полюсъ, а слѣва южный, то объ сосѣднія катушки имѣютъ справа южные, а слѣва сѣверные полюсы. Такимъ образомъ выходитъ, что въ каждый моментъ во всѣхъ катушкахъ

токъ имѣетъ одно и то же направленіе, такъ какъ въ соотвѣтствіи съ полюсами одного наименованія всегда находятся катушки, въ одну сторону намотанныя, а другого—намотанныя въ другую сторону. При переходѣ отъ полюса къ полюсу токъ мѣняетъ свое направленіе во всѣхъ катушкахъ.

Всѣ катушки могутъ быть соединены непосредственно между собою, и только концы обмотокъ двухъ изъ нихъ соединяютъ съ двумя металлическими кольцами, укрѣпленными на оси изолированно другъ отъ друга. Эти кольца образуютъ полюсные концы обмотки и посредствомъ скользящихъ контактовъ соединяются съ внѣшнею цѣпью. Возможно отъ машины вести и нѣсколько отдѣльныхъ цѣпей, соединяя катушки въ нѣсколько группъ. Чаще всего однимъ альтернаторомъ питаютъ двѣ отдѣльныя цѣпи.

Примѣромъ кольцевого альтернатора можетъ служить машина Грамма, построенная имъ спеціально для освѣщенія свѣчами Яблочкова и изображенная на рис. 533. Въ этой машинѣ якорь неподвиженъ, а вращаются помѣщенные въ серединѣ его электромагниты—e, e. Электромагниты эти, въ числѣ восьми, снабжены закругленными снаружи полюсными наконечниками и размѣщены радіально, при чемъ полюсы ихъ, обращенные наружу, чередуются по наименованію. Они намагничиваются особой динамо постояннаго тока. Якорь представляетъ собою большое желѣзное кольцо круглаго сѣченія, все обвитое проволокою: обмотка дѣлится на 32 части, при чемъ части эти черезъ три въ четвертую соединены между собою и образуютъ такимъ образомъ четыре группы или системы обмотокъ. Свободныя концы каждой системы катушекъ подводятся къ зажимамъ, и такимъ образомъ производится одновременное питаніе четырехъ цѣпей. Въ якорѣ возбуждается перемѣнный токъ потому, что къ каждой катушкѣ приближаются попеременно то сѣверный, то южный полюсъ. Полюсные наконечники электромагнитовъ охватываютъ въ точности по четыре катушки якоря, такъ что въ четырехъ соотвѣтственно расположенныхъ катушкахъ четырехъ системъ индуктируются всегда одинаковые токи.

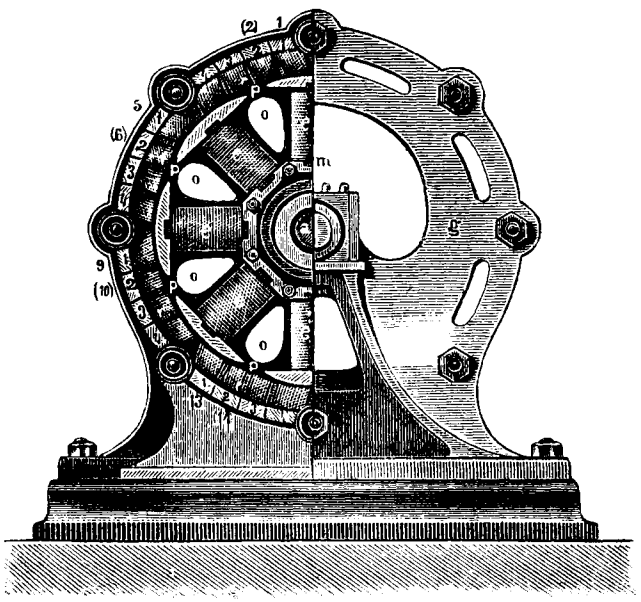


Рис. 533. Альтернаторъ Грамма.

Въ послѣднее время альтернаторы строятся по большей части громадныхъ размѣровъ, требующихъ для своего вращенія 400—500 лошадиныхъ силъ. Число оборотовъ подобныхъ машинъ измѣняется въ зависимости отъ числа полюсовъ и можетъ быть отъ 900 до 100. Число перемѣнъ тока въ минуту до 5.000; напряженіе у зажимовъ доходитъ иногда до 5.000 вольтъ.

Рис. 534 представляетъ альтернаторъ Сименса, непосредственно, какъ это часто дѣлается, соединенный съ паровой машиной въ 450 лошадиныхъ силъ. Собственно альтернаторъ обозначенъ на рис. буквою A. Прямо на ось парового двигателя насажено колесо съ 60 электромагнитами, обращенными по очереди то сѣвернымъ, то южнымъ полюсами. Этотъ вращающійся индукторъ окруженъ якоремъ—неподвижнымъ кольцомъ съ катушками съ

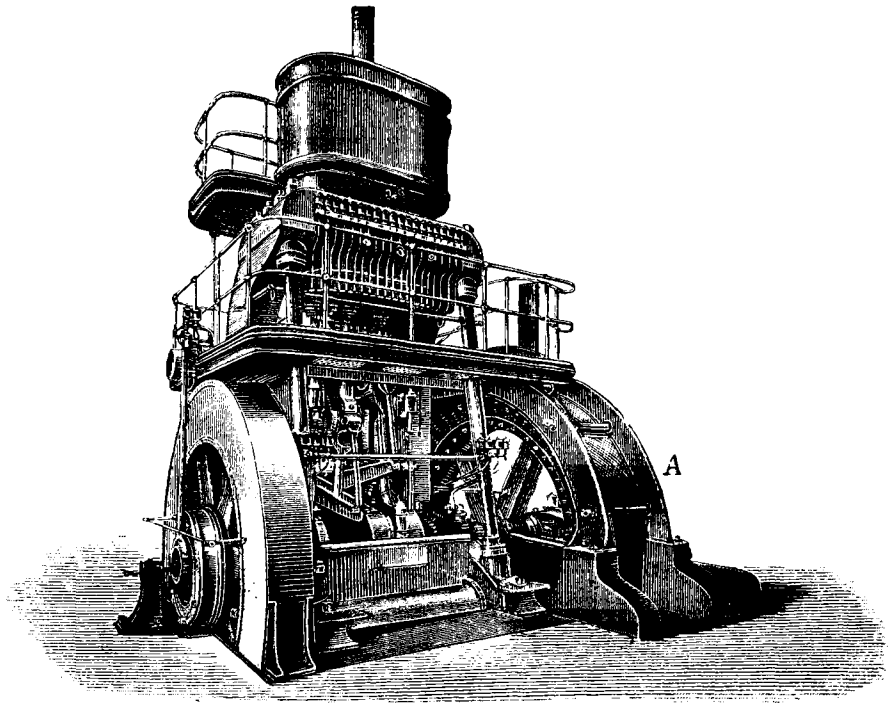


Рис. 534. Альтернаторъ Сименса.

противоположными, чередующимися обмотками. Описываемый альтернаторъ дѣлаетъ 100 оборотовъ, и максимальная сила доставляемаго имъ тока составляетъ 115 амперъ при 2.000 вольтахъ.

Въ заключеніе считаемъ не безъинтереснымъ указать, что такъ какъ во всякой динамо постояннаго тока въ якорѣ, обязательно, въ зависимости отъ того, около какого полюса данная его часть находится, образуется токъ перемѣннаго направленія, то всякую такую динамо умѣлымъ расположеніемъ коллекторовъ можно превратить въ альтернаторъ.

Альтернаторы, дающіе многофазные токи.

Обыкновенный перемѣнный токъ, оказывая неоцѣнимыя услуги при передачѣ электрической энергіи на разстояніе, можетъ съ удобствомъ непосредственно примѣняться только къ электрическому освѣщенію; правда, имѣются и двигатели для перемѣннаго тока, но они значительно менѣе удобны, чѣмъ двигатели тока постояннаго. Оказалось, однако, что для цѣлей превращенія электрической энергіи въ механическую пригодны, пожалуй, еще больше, чѣмъ постоянные, токи многофазные, представляющіе собою комбинацію нѣсколькихъ перемѣнныхъ токовъ.

Постараемся вкратцѣ выяснить, что такое—многофазные токи и какъ они примѣняются въ электродвигателяхъ.

Пусть по одному и тому же проводу идутъ два перемѣнныхъ тока одинаковой силы и одинаковаго числа колебаній, но пусть фазы этихъ колебаній не совпадаютъ, т.-е. пусть токи не одновременно достигаютъ своихъ максимума и минимума и не одновременно мѣняютъ свое направленіе. Ясно, что въ извѣстные моменты подобные токи будутъ суммироваться, въ извѣстные отчасти другъ другомъ поглощаться, и въ результатѣ будетъ получаться токъ такого же числа колебаній, но совершенно другихъ фазъ, чѣмъ токи, его составляющіе. Такой токъ—результатъ нѣсколькихъ перемѣнъ не совпадающихъ фазами то-

ковъ, протекающихъ по проводу, и носитъ названіе многофазнаго (двухъ, трехъ, четырехъ-фазнаго, смотря по количеству составляющихъ его токовъ съ различными фазами).

Получить многофазный токъ не трудно; слѣдуетъ лишь соединить отдѣльныя катушки якоря альтернатора такимъ образомъ, чтобы образовалось нѣсколько отдѣльныхъ цѣпей съ перемѣнными токами не согласными по фазамъ: это и будетъ генераторъ многофазнаго тока. Въ альтернаторѣ Сименса, напр., дѣлаютъ число катушекъ якоря въ три раза больше, чѣмъ число полюсовъ. Понятно, что хотя всѣ катушки будутъ давать токъ одинаковой силы и одинаковой частоты колебаній, но въ положеніе максимальной индукціи они будутъ приходить не одновременно, ибо мимо полюсовъ будутъ проходить въ три серіи, сначала катушки 1, 4, 7 и т. д., затѣмъ катушки 2, 5, 8 и т. д. и, наконецъ, 3, 6, 9 и т. д. Каждая изъ этихъ трехъ группъ катушекъ (въ каждой группѣ катушки слѣдуетъ соединить между собою) будетъ давать токъ, въ каждый данный моментъ находящійся въ фазахъ, не совмѣстимыхъ съ фазами другихъ токовъ. Машина будетъ давать токъ трехфазный.

Многофазный токъ можно получить и иначе, прямо съ кольца Грамма, располагая коллекторы такъ, чтобы они принимали токъ съ частей кольца, находящихся въ различной фазѣ.

Чтобы выяснить значеніе многофазнаго тока, мы покажемъ здѣсь же, какъ при помощи его электрическую энергію снова превращаютъ въ механическую.

Предположимъ, что мы имѣемъ двѣ пары катушекъ (рис. 535), размѣщенныхъ другъ относительно друга подъ угломъ въ 90°; онѣ вращаются около полюсовъ подковообразнаго магнита и даютъ такимъ образомъ перемѣнные токи, фазы которыхъ разнятся на 90°. Проведемъ проволоки отъ концовъ одной пары катушекъ A къ неподвижно уставленному кольцу изъ мягкаго желѣза такъ, чтобы проволока обматывала въ двухъ противолежащихъ по діаметру мѣстахъ, обозначенныхъ на чертежѣ буквами a и a'. Проведемъ также проволоки и отъ концовъ BB' другой пары катушекъ къ кольцу и обмотаемъ ими кольцо въ мѣстахъ bb', лежащихъ на 90° отъ первыхъ обмотокъ. Если пропустить по обоимъ проводникамъ токи, благодаря разности фазъ ихъ, въ тотъ моментъ, когда одинъ проводникъ будетъ имѣть наибольшую силу тока, въ другомъ сила тока будетъ равна нулю. Различная сила тока въ обмоткахъ обозначена на чертежѣ линіями различной толщины. Итакъ сильный токъ протекаетъ у bb', а въ обмоткахъ aa' сила тока равна нулю. Желѣзное кольцо намагничивается токомъ въ точкахъ bb' такъ, что сѣверный и южный полюсы его должны находиться въ точкахъ N и S. Если помѣстить внутри кольца, на остріѣ

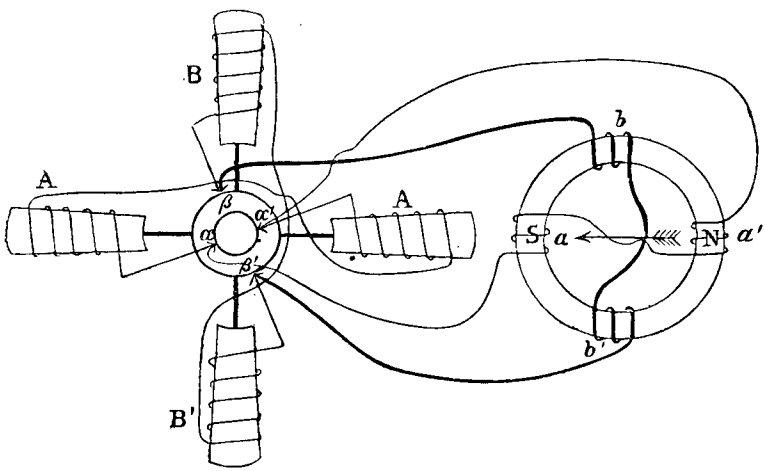


Рис. 535. Многофазные токи.

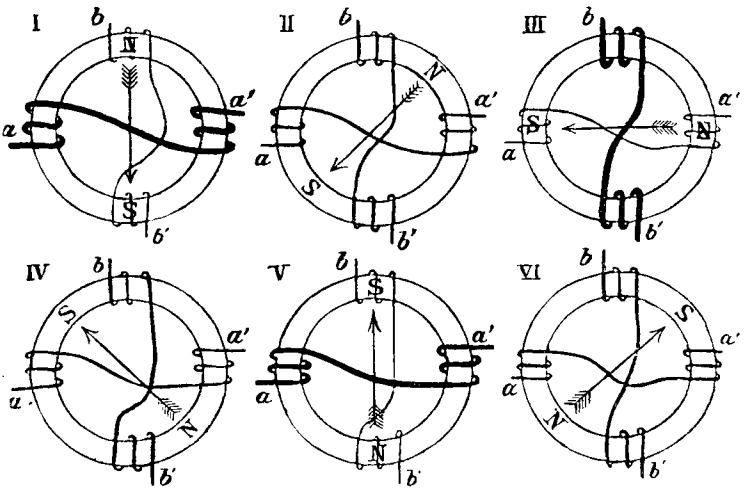


Рис. 536. Принципъ устройства многофазнаго двигателя.

магнитную иглу, такъ чтобы она могла свободно вращаться, то она приметъ направленіе, обозначенное большой стрѣлкой.

Если катушки, дающія токи, вращаются, токи достигаютъ наибольшей величины и уменьшаются до нуля попеременно, но не одновременно, то въ обмоткѣ aa', то въ обмоткѣ bb'; вслѣдствіе этого полюсы кольца должны смѣщаться. Въ этомъ легко убѣдиться по рис. 536. Въ I вокругъ aa' проходитъ сильный токъ, и вокругъ bb' слабый токъ и магнитная игла имѣетъ обозначенное стрѣлкой на чертежѣ положеніе. Когда же катушки повернутся на 45°, то, какъ показано на фиг. II, токи имѣютъ одинаковую силу въ aa' и bb'; полюсы желѣзнаго кольца расположатся въ N и S и магнитная игла приметъ наклонное положеніе. На слѣдующемъ чертежѣ токъ bb' имѣетъ наибольшую величину, токъ aa' равенъ нулю, полюсы въ кольцѣ повернулись далѣе до NS, и магнитная игла послѣдовала за ними. Это продолжается такимъ образомъ далѣе; разсмотрѣніе этого приводитъ насъ къ заключенію, что если два перемѣнныхъ тока различныхъ фазъ проходятъ по неподвижнымъ обмоткамъ неподвижнаго кольца, то магнитъ, расположенный внутри кольца, будетъ непрерывно вращаться все время, пока токи будутъ проходить вокругъ кольца. Вмѣсто магнитной иглы можно помѣстить внутри также кусокъ ненамагниченнаго желѣза. Послѣдній намагнитится посредствомъ магнитной индукціи и придетъ также во вращательное движеніе.

Если мы имѣемъ нѣсколько паръ катушекъ, дающихъ перемѣнные токи различныхъ фазъ (вообще говоря, ихъ смѣщаютъ другъ относительно друга обыкновенно по простымъ законамъ, на 90°, 60° и 45° или т. п.), то такія катушки можно соединять другъ съ другомъ различными способами; тогда получаются сложные вращательные токи.

Пусть, напримѣръ, $a\ b\ c$ (рис. 537) будутъ три катушки, дающія многофазные токи. Пусть разность фазъ каждой изъ катушекъ относительно другой равна 30°; тогда въ то

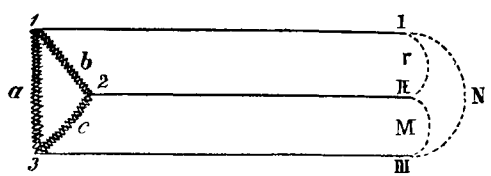


Рис. 537.

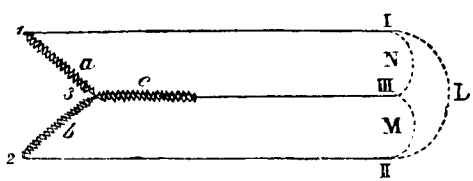


Рис. 538.

время, какъ въ *a* фаза будетъ равна нулю, въ b фаза будетъ равна 30°, а въ c она будетъ равна 60°. Соединимъ теперь три катушки такъ, какъ показано на чертежѣ, и проведемъ отъ мѣстъ сообщенія 1, 2, 3 проводы I, II, III и соединимъ ихъ между собой, I со II у r, II и III у M, I съ III у N. По каждому изъ трехъ проводовъ будетъ протекать тогда перемѣнный токъ у M или N, такъ что у r, M и N снова проявятся, слѣдовательно, уже извѣстныя намъ свойства вращательнаго тока, несмотря на то, что катушки соединены между собой. У r пусть фаза будетъ равна 15°, у M она будетъ тогда равна 45°, у N она будетъ равна 75°, слѣдовательно, разность фазъ между ними будетъ снова 30°. То же самое произойдетъ, если мы соединимъ катушки *a*, *b*, *c* такъ какъ показано на рис. 538. Тогда перемѣнный токъ у r составляется въ сущности изъ двухъ смѣщенныхъ другъ относительно друга токовъ *a* и b, въ M изъ b и c, въ N изъ *a* и c; поэтому и въ Z, M и N снова возникнутъ такія же разности фазъ.

Трансформаторы.

Мы уже нѣсколько разъ упоминали о томъ, какіе токи выгодно и удобно передавать на разстояніе, но вопросъ этотъ настолько важенъ, что мы еще разъ на немъ остановимся. Мы знаемъ, что для уменьшенія потери тока въ проводникѣ мы должны либо уменьшить его сопротивленіе, либо увеличить напряженіе тока. Уменьшеніе сопротивленія, однако, возможно только дорого стоющимъ увеличеніемъ площади сѣченія проводника и уже при не особенно большихъ разстояніяхъ оказывается, что выгодой отъ меньшей потери тока не окупается удорожаніе линіи. Остается измѣнить электродвижущую силу; посмотримъ, что будетъ, если мы ее удвоимъ. Назовемъ силу эту, какъ это дѣлали раньше, черезъ E, а ту энергію, которую желаемъ передать, черезъ P. Мы знаемъ (стр. 20), что P=EI; P остается неизмѣнной, а E увеличиваемъ вдвое, очевидно вдвое же уменьшится I (сила тока). Но потеря тока въ проводникѣ равняется RI^2, теперь она будетъ уже только $R\left(\frac{I}{2}\right)^2 = \frac{R.\ I^2}{4.}$. Утроимъ E, потеря будетъ $R\left(\frac{I}{3}\right)^2 = \frac{R.\ I^2}{9}$ и т. д.

Такимъ образомъ количество тока, теряемаго на проводникъ, уменьшается значительно быстрѣе, чѣмъ увеличивается напряженіе тока; при удвоеніи напряженія—мы получаемъ только $^1/_4$ прежней потери, при утроеніи $^1/_9$. При 5E будемъ имѣть $^1/_{25}$ потери при 10—$^1/_{100}$, при 20—$^1/_{400}$. Эту зависимость можемъ, слѣд., выразить въ общемъ видѣ такъ: $X.\ E:\ E = \frac{A}{X^2}:\ A$, гдѣ A величина потери тока въ проводахъ.

При напряженіяхъ тока въ 20 или 30 тысячъ вольтъ его можно передавать на сотни километровъ по двумъ-тремъ проволокамъ діаметромъ въ нѣсколько миллиметровъ.

Мы, однако, указывали, что даже альтернаторы, не говоря уже о машинахъ постояннаго тока, такого напряженія давать не могутъ; обыкновенно величину его берутъ не больше 1000 вольтъ, а затѣмъ напряженіе увеличиваютъ уже при посредствѣ трансформаторовъ, принципъ устройства которыхъ былъ нами разсмотрѣнъ на стр. 42—45.

Главное требованіе, предъявляемое къ каждому трансформатору, состоитъ въ томъ, чтобы онъ производилъ преобразованіе энергіи безъ большихъ потерь. Полное равенство количества поступающей энергіи въ трансформаторъ съ количествомъ энергіи, имъ отдаваемой, требуемое теоріей на практикѣ, вслѣдствіе разнообразныхъ потерь, разбирать которыя не будемъ, не достижимо. Вслѣдствіе этихъ потерь энергія, идущая отъ зажимовъ вторичной обмотки въ потребляющіе приборы, по необходимости меньше энергіи, направляющейся въ первичную обмотку. Отношеніе обоихъ этихъ количествъ энергіи называется коэффиціентомъ полезнаго дѣйствія трансформатора и выражается въ процентахъ. Полезное дѣйствіе первоначальныхъ типовъ трансформаторовъ было равно 85%, т.-е. отъ зажимовъ ихъ вторичной обмотки можно было получить и обратить на пользу 85% того количества энергіи, какое входитъ въ первичную обмотку. Въ новѣйшихъ трансформаторахъ (Ганцъ и К°, Сименса и др.) полезное дѣйствіе доходитъ до 96%, такъ что при трансформаціи электрической энергіи теряется 4% ея.

Въ настоящее время различаютъ два главнѣйшихъ типа трансформаторовъ: трансформаторы съ сердечникомъ и трансформаторы съ оболочкой.

Желѣзныя массы трансформаторовъ перваго типа имѣютъ форму кольца. Это кольцо вполнѣ прикрывается обѣими обмотками. Оно не имѣетъ свободныхъ полюсовъ, если его намагнитить, но когда его магнетизмъ мѣняется, оно дѣйствуетъ совершенно такъ же, какъ магнитъ, имѣющій полюсы.

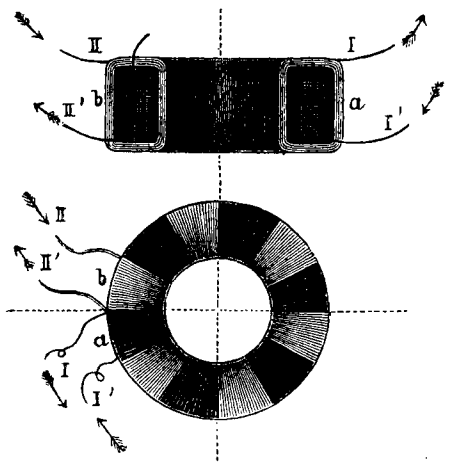


Рис. 539. Трансформаторъ съ кольцеобразнымъ сердечникомъ.

Эти кольца, однако, не приготовляются изъ цѣльныхъ кусковъ желѣза, но составляются изъ проволокъ, лентъ или листовъ. Иногда наматываются по кольцу сначала первичная, а затѣмъ поверхъ нея вторичная обмотка, но лучше, если обѣ обмотки наматываются на сердечникъ отдѣльными секторами. Послѣдній способъ изображенъ схематически на рис. 539. На немъ представленъ проволочный сердечникъ и вокругъ него обмотки, занимающія отдѣльные секторы, при чемъ первичная a заштрихована черно, а вторичная b — слабо. Общій видъ такого трансформатора представленъ на рис. 540. Онъ устанавливается на деревянной подставкѣ, и на покрышкѣ его находятся два зажима отъ первичной обмотки и три отъ вторичной.

При двухъ этихъ послѣднихъ оканчивается вторичная обмотка, третій соединяется съ серединою ея. При такомъ устройствѣ можно пользоваться или всѣми оборотами вторичной обмотки, или только половиннымъ числомъ ихъ; во второмъ случаѣ мы получимъ половинное напряженіе у зажимовъ трансформатора сравнительно съ первымъ случаемъ.

Трансформаторы съ оболочкой также не имѣютъ полюсовъ, а обѣ обмотки ихъ окружены, какъ показываетъ рис. 541, желѣзной оболочкой. Изъ изолированныхъ мѣдныхъ проволокъ, которыя, соотвѣтственнымъ образомъ соединенныя, составляютъ первичную и вторичную цѣпи, образуется кольцо; поверхъ него наматывается желѣзная проволока. Рис. 542 изображаетъ общій видъ трансформатора съ оболочкой. Въ общемъ, однако, трансформаторы съ оболочкой не получили такого распространенія, какъ съ сердечникомъ.

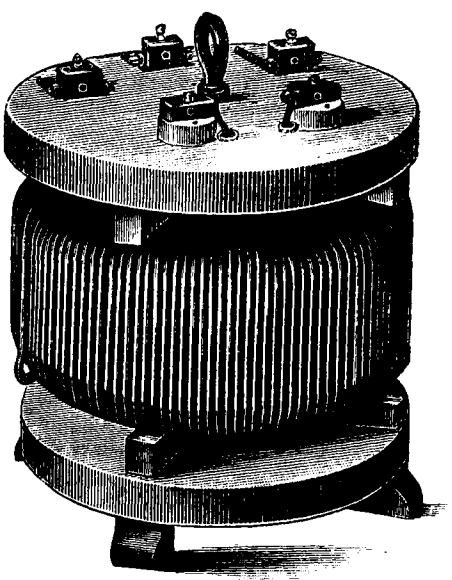


Рис. 540. Наружный видъ трансформатора съ кольцеобразнымъ сердечникомъ.

Особый видъ трансформаторовъ представляютъ трансформаторы для многофазныхъ токовъ. Можно было бы трансформировать отдѣльно всѣ три перемѣнныхъ тока, пропуская каждый черезъ особый трансформаторъ. Преобразованные токи сохранятъ между собой ту же разность фазъ, какая была до трансформаціи. Но можно соединить три трансформатора въ одинъ приборъ, какъ это дѣлаютъ Сименсъ и Гальске въ своихъ трансформаторахъ трехфазнаго тока, изображеніе которыхъ дано на рис. 543. Здѣсь находятся три желѣзныхъ подраздѣленныхъ сердечника, и вокругъ каждаго изъ нихъ произведены обѣ обмотки.

Сверху и снизу сердечники соединены между собою желѣзными массами, такъ что каждый оказывается замкнутымъ черезъ два остальные и представляетъ собою безполюсный магнитъ.

Для всякаго трансформатора существенно необходимо, чтобы между первичною и вторичною обмотками и сердечникомъ была особенно надежная изоляція; въ противномъ случаѣ при тѣхъ высокихъ напряженіяхъ, которыя въ немъ существуютъ, между этими частями начнутъ проскакивать искры, что̀ ведетъ и къ опасности и къ потерѣ электричества. Поэтому изолировка производится весьма тщательно. Обыкновенно трансформаторы устраиваются такъ, чтобы у зажимовъ вторичной цѣпи можно было получить 105 вольтъ. Напряженіе первичной обмотки, сдѣланной изъ тонкой проволоки, будетъ какое-нибудь другое, болѣе высокое, выбранное для передачи на большое разстояніе. Обыкновенно напряженіе у зажимовъ первичной обмотки равно 900, 1.000, 2.700, или 3.600 вольтамъ.

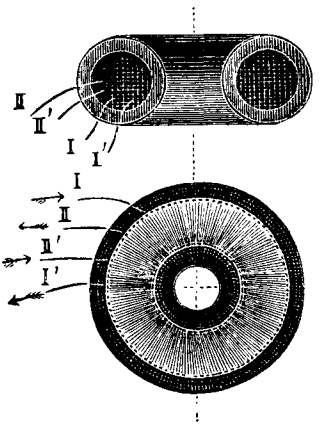


Рис. 541. Трансформаторъ съ оболочкой.



Рис. 542. Трансформаторъ Ганца и К°.

Въ послѣднее время строятся трансформаторы, назначенные для напряженій до 30.000 и даже 40.000 вольтъ въ первичной и вторичной обмоткахъ. Методъ изолировки, выдерживающей такія высокія напряженія, состоитъ въ томъ, что весь трансформаторъ погружается въ ящикъ съ масломъ; такую изоляцію впервые примѣнили машино-строительный заводъ Эрликонъ и Общество Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft.

Масло проникаетъ во всѣ поры и превосходно изолируетъ. Такіе приборы носятъ названіе масляныхъ трансформаторовъ. Въ настоящее время уже во многихъ случаяхъ практики примѣнены трансформаторы на 10.000 вольтъ.

Размѣры трансформаторовъ весьма различны, и всегда бываетъ дано число вольтовъ, для какого трансформаторъ построенъ. Число перемѣнъ тока въ секунду нельзя дѣлать очень большимъ, обыкновенно оно колеблется между 60 и 80. Потеря напряженія во вторичной обмоткѣ очень незначительна. А потому напряженіе у зажимовъ этой обмотки почти равно электродвижущей силѣ вторичной цѣпи. Слѣдовательно, эта послѣдняя будетъ всегда, при всякой нагрузкѣ, постоянна, если напряженіе у зажимовъ вторичной обмотки остается постояннымъ. Но для того, чтобы поддержать постояннымъ напряженіе у зажимовъ вторичной обмотки, слѣдуетъ лишь, чтобы не измѣнялись напряженіе и число перемѣнъ тока въ первичной цѣпи. Такимъ образомъ у хорошо построеннаго трансформатора напряженіе у вторичныхъ зажимовъ всегда постоянно, если только поддерживается постояннымъ напряженіе у зажимовъ въ первичной цѣпи. Это обстоятельство имѣетъ огромное значеніе, такъ какъ раціональное распредѣленіе энергіи можетъ быть достигнуто лишь при томъ условіи, чтобы производитель тока (въ данномъ случаѣ трансформаторъ) давалъ постоянно одно и то же напряженіе у своихъ зажимовъ независимо отъ того, мало или велико сопротивленіе внѣшней цѣпи. По этой-то причинѣ трансформаторы столь пригодны для распредѣленія энергіи.

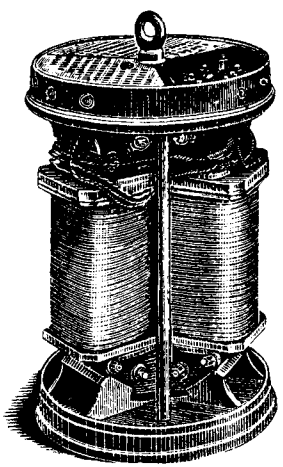


Рис. 543. Трансформаторъ для многофазнаго тока.

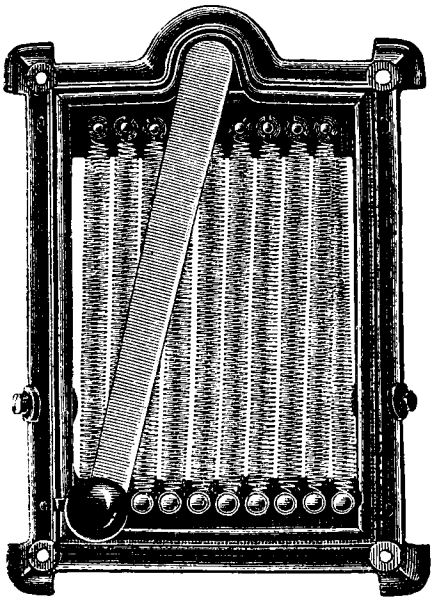


Рис. 544. Регуляторъ напряженія.

Регуляторы.

Механическіе двигатели, динамо-машины и трансформаторы представляютъ крупныя машины генераторной станціи. Перейдемъ теперь къ разсмотрѣнію аппаратовъ и приборовъ болѣе мелкихъ, но входящихъ въ обязательное оборудованіе станцій. Мы видѣли уже, что динамо съ послѣдовательными соединеніями нуждаются въ регулировкѣ введеніемъ сопротивленія. Такая же регулировка нужна и для шунтъ-машинъ и «компаундъ», хотя и въ меньшей степени.

Для этого по большей части пользуются приборомъ, изображеннымъ на рис. 544. Въ немъ токъ проходитъ черезъ ручку и контактъ, на которомъ послѣдняя поставлена, а затѣмъ по спиралямъ проволокъ, находящихся налѣво отъ упомянутаго контакта; токъ протекаетъ послѣдовательно по всѣмъ этимъ спиралямъ и выходитъ изъ конца послѣдней. Если переставить ручку на одинъ контактъ вправо, то введемъ въ цѣпь еще одну спираль, по которой долженъ проходить токъ, то-есть увеличимъ сопротивленіе. Такимъ образомъ можно вводить въ цѣпь сколько угодно изъ имѣющихся спиралей и тѣмъ измѣнять сопротивленіе отвѣтвленія, а, слѣдовательно, и силу проходящаго по нему тока.

Пытались дѣлать это регулированіе самодѣйствующимъ; мы приведемъ здѣсь изображеніе построеннаго Гансомъ и К° самодѣйствующаго регулятора (рис. 545), который, впрочемъ, по устройству походитъ на приборы другихъ конструкторовъ. Въ этомъ регуляторѣ токъ протекаетъ сначала по всѣмъ спиралямъ, которыя соединены послѣдовательно. Отъ каждаго нужнаго соединительнаго пункта двухъ смежныхъ спиралей идетъ внизъ проволока и кончается прямымъ контактнымъ стержнемъ. Остріи послѣднихъ лежатъ по наклонной линіи (B, рис. 545), такъ что ртутный сосудъ, двигающійся подъ остріями, при своемъ подниманіи приходитъ въ соприкасаніе сначала съ остріемъ, лежащимъ дальше всѣхъ вправо, а придальнѣйшемъ повышеніи, — все съ большимъ и большимъ числомъ остріевъ,

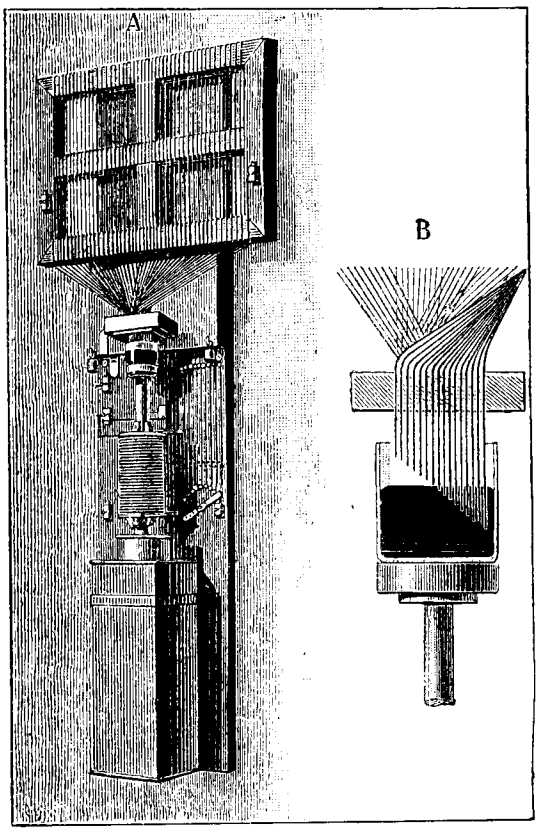


Рис. 545. Автоматическій регуляторъ напряженія.

которыя слѣдуютъ одинъ за другимъ влѣво. Если, напримѣръ, ртутный сосудъ поднимается настолько, что онъ соприкоснется съ тремя остріями, то токъ, мѣсто входа котораго соединено съ остріемъ, лежащимъ дальше всѣхъ вправо, не идетъ по первымъ спиралямъ, потому что онъ можетъ итти по болѣе короткому пути отъ мѣста входа черезъ ртуть въ ближайшее остріе, которое соединяется съ концомъ первой и началомъ второй спирали; вслѣдствіе меньшаго сопротивленія значительная часть тока (или даже весь, говоря съ нѣкоторымъ приближеніемъ) отдаетъ предпочтеніе болѣе короткому пути. Но онъ не идетъ также и по второй спирали, потому что отъ одного ея конца до другого онъ находитъ лучшій путь черезъ ртуть, и только у третьей спирали долженъ итти по проволокѣ, потому что контактныя острія остальныхъ спиралей не опущены въ ртуть. Итакъ видимъ, что соотвѣтствующимъ подниманіемъ ртутнаго сосуда можно вывести изъ цѣпи любое число спиралей сопротивленія. Ртутный сосудъ соединяютъ съ желѣзнымъ стержнемъ, который оттягивается книзу проволочной катушкой. Послѣдняя соединяется съ зажимами динамо-машины, а такъ какъ сила тока въ ея вѣткахъ зависитъ отъ напряженія на зажимахъ, а отъ силы тока зависитъ притяженіе желѣзнаго сердечника, то послѣдній втягивается тѣмъ глубже, чѣмъ выше бываетъ напряженіе, при чемъ такому дѣйствію катушки противодѣйствуетъ соотвѣтствующій противовѣсъ. Но чѣмъ ниже опускаются сердечникъ и ртутный сосудъ, тѣмъ больше вводится въ отвѣтвленіе проволочныхъ спиралей, то-есть сопротивленій, слѣдовательно, тѣмъ меньше становится сила тока въ обмоткѣ отвѣтвленія динамо-машины и тѣмъ меньше ея напряженіе.

Выключатели и коммутаторы.

Для замыканія и размыканія цѣпи служатъ выключатели, для переключенія тока изъ одной цѣпи въ другую—коммутаторы. Разница между ними, слѣдовательно, только въ томъ, что при помощи выключателя вводится соединеніе (мостикъ) между двумя контактами или проводами и, выводясь, остается ни съ чѣмъ не соединеннымъ. Въ коммутаторѣ мостикъ, выходя изъ одного соединенія, вступаетъ или можетъ вступать въ другое (говоримъ, можетъ, такъ какъ возможно всегда ему придать среднее положеніе, когда мостикъ не соприкасается ни съ какимъ контактомъ); коммутаторъ такимъ образомъ является выключателемъ, работающимъ (но не одновременно, понятно) для нѣсколькихъ цѣпей. Важное значеніе имѣетъ достаточный размѣръ соприкасающихся поверхностей (онъ долженъ отвѣчать силѣ тока) и надежное соприкасаніе между приводимыми въ контактъ поверхностями. Выключатели и коммутаторы всегда устраиваются съ трущимися поверхностями, поддерживаемыми этимъ треніемъ въ достаточной чистотѣ. Для сильныхъ токовъ пользуются обыкновенно выключателями-рубильниками (рис. 546). Въ нихъ толстая латунная пластинка съ деревянной ручкой, плотно, съ большимъ треніемъ, входитъ между двумя латунными щитками, неподвижно укрѣпленными на основной доскѣ. Подвижная пластинка соединяется съ одной частью цѣпи (напр. машинной), а неподвижная—съ другой (напр. рабочей цѣпью). Къ рубильникамъ присоединяютъ иногда довольно сложные предохранители отъ вреднаго дѣйствія всегда, какъ мы знаемъ, образующихся въ моментъ размыканія цѣпи экстра-токовъ.

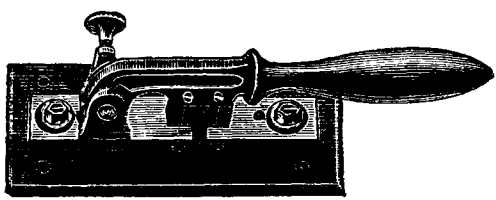


Рис. 546. Выключатель-рубильникъ.

Важно, чтобы мостикъ выключателя или коммутатора при отдѣленіи отъ контактовъ уходилъ отъ нихъ на такое разстояніе, на которомъ не могла бы образоваться вольтова дуга, а при замыканіи примыкалъ къ нимъ всей своей поверхностью и плотно, чтобы въ виду увеличенія сопротивленія не могло произойти въ этихъ мѣстахъ сильнаго разогрѣванія. Рычаги выключателей и коммутаторовъ поэтому снабжаютъ пружинами, устроенными такъ, что съ опредѣленнаго мѣста пути они тащатъ мостикъ либо въ совер-

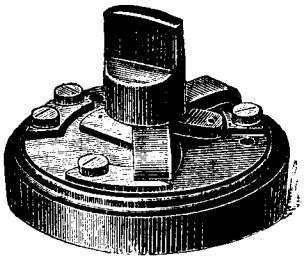


Рис. 547. Выключитель съ двойнымъ контактомъ.

шенно плотное соприкасаніе съ контактами, либо въ наиболѣе отъ нихъ удаленное положеніе. Не довести до мѣста такого выключателя, такимъ образомъ, нельзя.

Рис. 547 представляетъ выключатель для токовъ небольшой силы; здѣсь имѣется колѣнчатый рычагъ, оба конца котораго поворачиваніемъ плоской, находящейся сверху рукоятки приводятся въ соприкосновеніе съ двумя прикрѣпленными къ деревянной основной нижней планкѣ контактами, соединенными съ проводами.

Рис. 548 изображаетъ, наконецъ, коммутаторъ для двухъ направленій; устройство его понятно безъ объясненій.

Предохранители и громоотводы.

Необходимою принадлежностью всякой электрической установки является защита извѣстныхъ механизмовъ и приборовъ отъ тока бо́льшей силы, чѣмъ тотъ, на который они разсчитаны.

Въ подходящихъ мѣстахъ цѣпи для этого включаютъ полоски свинца, такъ разсчитанныя, что онѣ плавятся при повышеніи силы тока выше нормы. Эти полоски свинца обыкновенно заливаются на гипсѣ во втулку въ родѣ насадки лампъ накаливанія (рис. 550). Пластинка a соединена съ винтовой мѣдной обложкой b. Такая втулка ввинчивается въ патронъ, соединенный съ цѣпью, какъ патронъ лампы накаливанія. Сверху патронъ этотъ иногда прикрывается изображеннымъ на рис. 549 деревяннымъ чехольчикомъ. Описанное устройство позволяетъ быструю замѣну перегорѣвшаго предохранителя новымъ.

Громоотводы являются также насущною потребностью для электрическихъ станцій и установокъ. Описывать ихъ мы не будемъ, устраиваются они разнообразнымъ образомъ, между прочимъ и аналогично громоотводу, примѣняемому на телеграфѣ и описанному нами на стр. 90.

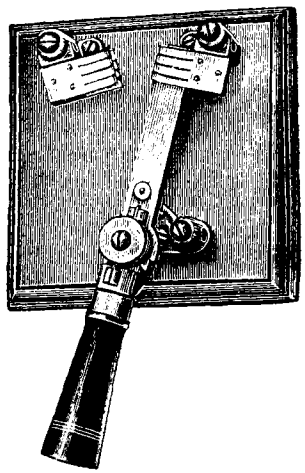
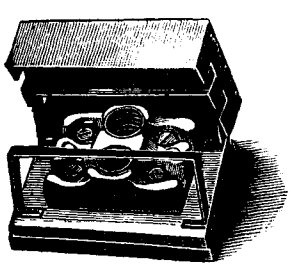


Рис. 548. Коммутаторъ.

Измѣрительные приборы.

Наиболѣе важными электрическими величинами, которыя приходится измѣрять, являются сила тока и его напряженіе. Измѣренія эти производятся при помощи амперметра и вольтметра, которые представляютъ собою приспособленные къ данной цѣли гальванометры, нами въ достаточной мѣрѣ разобранные на стр. 29 и 30.

Токъ извѣстной силы, проходя черезъ обмотку гальванометра, вызываетъ отклоненіе магнитной стрѣлки всегда на одну и ту же опредѣленную величину; токъ въ 1 амп. напр. отклоняетъ стрѣлку даннаго гальванометра на 10°, въ 2 ампера на 19° и т. д. Слѣдуетъ слѣд. опредѣлить для даннаго гальванометра (возможно малаго сопротивленія, чтобы не мѣнять условія измѣряемаго тока) величины отклоненія стрѣлки при прохожденіи токовъ въ 1, 2 и т. д. ампера и затѣмъ этимъ гальванометромъ можно пользоваться,



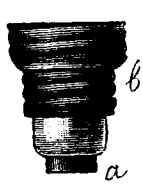


Рис. 549 и 550. Предохранитель.

какъ амперметромъ, или, какъ этотъ инструментъ часто сокращенно называютъ, амметромъ.

Вольтметръ представляютъ тотъ же гальванометръ, но съ весьма большимъ сопротивленіемъ. Если соединить обмотку такого гальванометра съ двумя проводами, обладающими разными напряженіями, то по ней будетъ проходить токъ, пропорціональный, по закону Ома, напряженію между двумя проводами. Такъ какъ стрѣлка отклоняется соотвѣтственно силѣ тока въ обмоткѣ, то каждому ея положенію соотвѣтствуетъ опредѣленное напряженіе на концахъ обмотки; надлежащимъ измѣреніемъ опредѣляютъ напряженія, соотвѣтствующія различнымъ положеніямъ стрѣлки, и отмѣчаютъ это на шкалѣ. Вольтметръ готовъ.

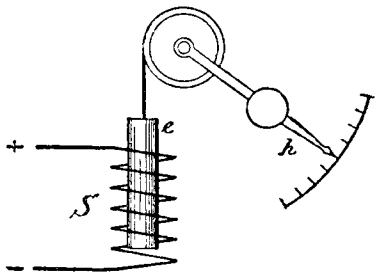


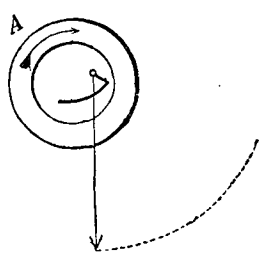
Рис. 551. Принципъ амперметра.

По внѣшнему виду оба измѣрительныхъ прибора отличаются другъ отъ друга обыкновенно только надписями; по устройству, какъ мы видѣли,—сопротивленіемъ обмотки.

При измѣреніяхъ амперметръ всегда вводится въ цѣпь, силу тока которой измѣряютъ, послѣдовательно; вольтметръ же или непосредственно соединяется съ зажимами источника тока (опредѣляютъ либо во время работы разность потенціаловъ на зажимахъ, либо безъ работы электродвижущую силу этого источника), или вводится въ отвѣтвленіе цѣпи (опредѣляютъ электродвижущую силу въ цѣпи).

Хотя амперметръ и вольтметръ и представляютъ собою гальванометры, но на практикѣ ихъ строятъ нѣсколько иначе.

Самый простой приборъ этого рода получится, если прикрѣпить желѣзный сердечникъ къ коромыслу и опустить его въ катушку, по которой проходитъ токъ. Представимъ себѣ рычагъ h (рис. 551) съ маленькимъ грузомъ, закрѣпленный на валикѣ вмѣстѣ съ маленькимъ колесикомъ, черезъ который перекинутъ шнуръ; на послѣднемъ подвѣшенъ желѣзный сердечникъ e, который опускается въ катушку S, введенную въ цѣпь. При пропусканіи тока этотъ сердечникъ втягивается въ катушку, при чемъ рычагъ h поднимается. Но противодѣйствіе послѣдняго, которое обусловливается грузомъ и положеніемъ рычага, возрастаетъ по мѣрѣ поднманія рычага, и, наконецъ, наступаетъ такое положеніе, когда сравниваются дѣйствіе катушки и противодѣйствіе. Такъ какъ дѣйствіе катушки зависитъ отъ силы тока, то рычагъ принимаетъ различныя положенія соотвѣтственно различнымъ силамъ тока; опредѣливъ предварительными измѣреніями положеніе рычага для каждой силы тока, можно пользоваться этимъ приборомъ для измѣренія силы тока. Для этой цѣли къ рычагу прикрѣпляется маленькая стрѣлка, которая движется по дугѣ съ дѣленіями и указываетъ на ней соотвѣтствующія силы тока.


Рис. 552. Принципъ амперметра Гуммеля.

Этотъ простой приборъ не вполнѣ точенъ, — его градуированіе измѣняется съ теченіемъ времени. Гуммель, главный техникъ фирмы Шуккерта и К°, изобрѣлъ болѣе точный измѣрительный приборъ. Въ немъ внутри катушки, введенной въ цѣпь, вращается изогнутая желѣзная пластинка (рис. 552), ось которой эксцентрична относительно оси катушки. При прохожденіи тока катушка стремится притянуть пластинку къ своей внутренней стѣнкѣ, но при этомъ поднимается маленькій рычагъ съ надѣтымъ на него грузомъ и происходитъ описанное выше дѣйствіе, а именно при извѣстномъ положеніи притяженіе катушки приходитъ въ равновѣсіе съ дѣйствіемъ противовѣса. Съ пластинкой соединена стрѣлка, двигающаяся по шкалѣ. На послѣдней отмѣчены силы тока, соотвѣтствующія различнымъ положеніямъ стрѣлки, и градуированнымъ такимъ образомъ приборомъ можно пользоваться для измѣренія тока. Перспективный видъ прибора показанъ на рис. 553;

вольтметръ (рис. 554), какъ мы говорили, отличается отъ амперметра только толщиной проволоки на катушкѣ и числомъ оборотовъ въ ней.

При помощи вольтметра и амперметра можно опредѣлять не только напряженіе и силу тока, но и сопротивленіе; напримѣръ, сопротивленіе какого-либо проводника R можно опредѣлить, измѣривъ разность потенціаловъ на его зажимахъ E и силу проходящаго черезъ него тока I, такъ какъ мы знаемъ, что $R = \frac{E}{I}$. Можемъ отсюда же, на основаніи тѣхъ же показаній амперметра и вольтметра, опредѣлить и работу тока P, ибо $P = EI$ и т. д.

Остается сказать еще два слова о томъ, какъ производится градуировка шкалы амперметра, или, точнѣе говоря, какъ опредѣляютъ силу тока, по которому эта градуировка производится. Для этого прибѣгаютъ къ помощи вольтметровъ водяныхъ, мѣдныхъ или серебряныхъ.

Зная, что токъ въ одинъ амперъ, разлагая воду, выдѣляетъ 5,5968 мгр. гремучаго газа (10,44 куб. с. при нормальныхъ давленіи и температурѣ); разлагая мѣдный купоросъ,

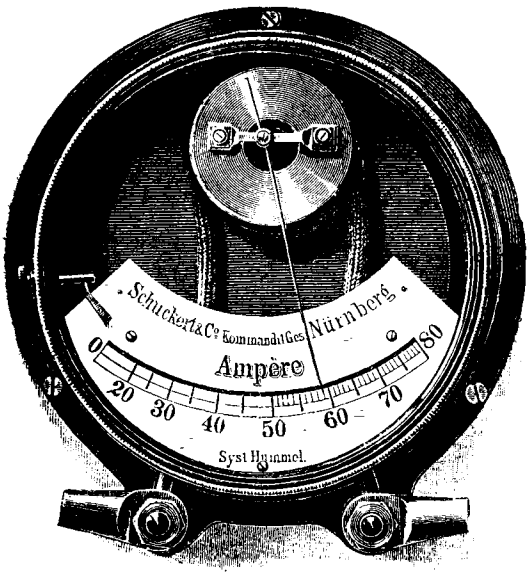


Рис. 553. Амперметръ Гуммеля.

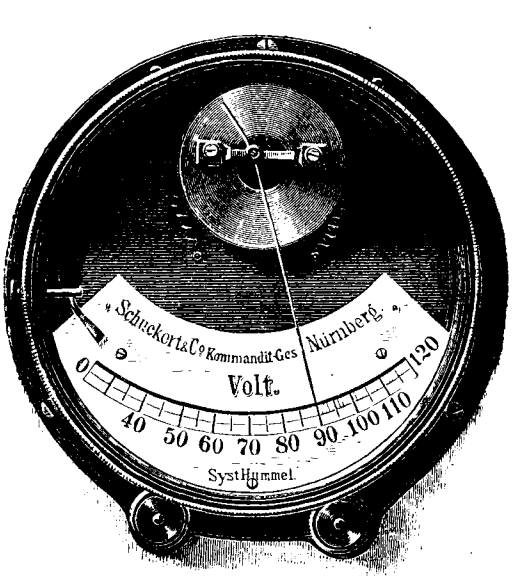


Рис. 554. Вольтметръ Гуммеля.

выдѣляетъ 19,69 мгр. мѣди; и разлагая ляписъ—67,10 мгр. серебра въ минуту, не трудно вѣсовымъ опредѣленіемъ установить во всякомъ данномъ случаѣ силу тока и, подобравши нѣсколько токовъ различной силы, проградуировать шкалу амперметра. Впрочемъ, не приходится и дѣлать нѣсколькихъ опредѣленій, достаточно ввести въ цѣпь амперметръ и серебряный вольтметръ и опредѣлить уголъ отклоненія перваго при силѣ тока, отвѣчающей количеству выдѣленнаго серебра. Тангенсъ опредѣленнаго угла отклоненія, раздѣленный на силу тока въ амперахъ, даетъ такъ называемый переводный множитель, на который надо множить тангенсъ угла любого отклоненія даннаго гальванометра, чтобы получить показаніе его въ амперахъ.

Градуировка вольтметра производится также просто; нужно только, чтобы точно извѣстно было его сопротивленіе, а затѣмъ измѣряютъ отклоненія его стрѣлки при токахъ въ 1, 2, 3 и т. д. ампера. Извѣстно, что $E = RI$; R у вольтметра постоянно, I опредѣляютъ и, высчитывая для различныхъ величинъ E, наносятъ ихъ на шкалу.

Все, что мы говорили объ измѣрительныхъ прибораxъ, до сихъ поръ касалось токовъ постоянныхъ, но какъ измѣрить силу тока перемѣннаго (условились за силу пере-

мѣннаго тока принимать среднюю силу одного его періода). Ни вольтметры, ни гальванометры здѣсь понятно не пригодны, а приходится пользоваться особыми приборами, носящими названіе электродинамометровъ.

Устройство ихъ основано на свойствѣ взаимодѣйствія токовъ, которое можно формулировать такъ: два скрещенныхъ проводника притягиваются, если токъ течетъ въ обоихъ одновременно къ мѣсту скрещенія ихъ, или, наоборотъ, если онъ течетъ въ обоихъ отъ мѣста скрещенія. Проводники отталкиваются, если по одному токъ течетъ по направленію къ мѣсту скрещенія, а по другому въ обратномъ направленіи.

Въ электродинамометрахъ мы имѣемъ поставленныя на крестъ неподвижную и подвижную катушки, по которымъ проходитъ токъ; первая катушка отклоняетъ вторую съ силой, зависящей отъ силы тока въ обѣихъ катушкахъ. Если по обѣимъ катушкамъ проходитъ одинъ и тотъ же токъ, то отклоненіе будетъ зависѣть отъ квадрата силы тока; оно не измѣнитъ своего направленія въ томъ случаѣ, если токъ измѣнитъ свое направленіе одновременно въ обѣихъ катушкахъ, а, слѣдовательно, и тогда, когда по катушкамъ будутъ проходить перемѣнные токи. Отклоненіе служитъ, такимъ образомъ, непосредственно мѣрой квадрата силы перемѣнныхъ токовъ. Для электродинамометра опредѣляютъ переводный множитель и затѣмъ его градуируютъ въ амперахъ. Въ техникѣ употребляется электродинамометръ Сименса, изображенный на рис. 555. Въ немъ подвижная катушка состоитъ изъ одной толстой мѣдной полоски, подвѣшенной на пружинѣ и опущенной въ чашечку со ртутью. Неподвижная катушка, концы которой приведены къ зажимнымъ винтамъ 1 и 2, состоитъ изъ нѣсколькихъ оборотовъ довольно толстой проволоки; токъ выходитъ черезъ зажимный винтъ 1 сначала въ неподвижную катушку и возвращается къ зажимному винту 2. Для того, чтобы приборъ можно было примѣнять и для измѣренія очень сильныхъ токовъ, неподвижная катушка дополнена второю обмоткою, состоящею всего изъ четырехъ оборотовъ толстой проволоки. Концы ея соединены съ зажимными винтами 1 и 3. Сила, отклоняющая подвижную часть, пропорціональна, какъ мы видѣли, квадрату силы тока. Этой силѣ пропорціонально и вращеніе стремени. Но приборъ устроенъ такъ, что отклонившееся стремя можно снова привести въ его первоначальное положеніе закручиваніемъ пружины. Уголъ, на который нужно повернуть пружину, служитъ мѣрою квадрата силы тока, проходящаго по проволокамъ прибора. Слѣдовательно, квадратный корень изъ этого угла можетъ служить непосредственной мѣрою силы тока. Квадратные корни изъ угловъ обозначены на круговой шкалѣ, надъ которой ходитъ стрѣлка, вращающаяся вмѣстѣ съ пружиной. Для того, чтобы выразить показанія прибора въ обыкновенныхъ единицахъ, въ амперахъ, достаточно градуировать приборъ и опредѣлить переводный его множитель. Для этого достаточно пропустить постоянный токъ одновременно, напр., черезъ мѣдный вольтметръ и черезъ электродинамометръ. Тогда по выдѣлившемуся количеству мѣди можно тотчасъ опредѣлить въ амперахъ силу тока. Наблюденный на электродинамометрѣ отсчетъ тоже пропорціоналенъ силѣ тока. Отношеніе этихъ двухъ величинъ и есть переводный множитель, съ помощью котораго и переводятъ данныя электродинамометра въ амперы.

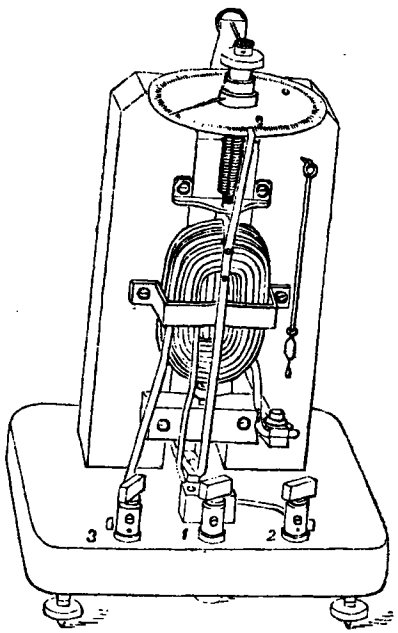


Рис. 555. Электродинамометръ.

Если вмѣсто подвижной катушки подвѣсить внутрь неподвижной катушки иглу изъ ненамагниченнаго мягкаго желѣза, то, очевидно, мы получимъ такой же электродинамометръ, дѣйствующій и отъ перемѣнныхъ токовъ. Токъ, циркулирующій по неподвижной катушкѣ, возбуждаетъ въ иглѣ мягкаго желѣза магнетизмъ и дѣлаетъ ее, слѣдовательно, временно магнитной иглой: это послѣдняя отклоняется подъ вліяніемъ тока. Если измѣнится направленіе тока въ неподвижной катушкѣ, то измѣнится также и положеніе полюсовъ иглы, и, слѣдовательно, отклоненіе иглы сохранитъ свое прежнее направленіе. Въ подобномъ электродинамометрѣ съ мягкимъ желѣзомъ отклоненія иглы могутъ служить тоже мѣрою силы тока, но не квадрата ея и могутъ быть переведены въ амперы посредствомъ опредѣленія переводнаго множителя. Для того, чтобы этотъ приборъ, въ принципѣ очень удобный, былъ дѣйствительно точенъ, необходимо, чтобы мягкое желѣзо намагничивалось и перемагничивалось мгновенно, одновременно съ измѣненіями силы тока и не сохраняло бы нисколько остаточнаго намагничиванія. Но этого трудно и, пожалуй, даже невозможно достигнуть совсѣмъ, или на продолжительное время, поэтому электродинамометры, построенные на этомъ принципѣ, и примѣняются только для техническихъ измѣреній, гдѣ не требуется большой точности. Электродинамометры, подобно гальванометрамъ, примѣняются также и для измѣренія разностей напряженій; они измѣряютъ, слѣдовательно, среднюю разность напряженія между двумя точками цѣпи перемѣннаго тока. Электродинамометръ при этомъ дѣлается съ большимъ сопротивленіемъ и вводится въ отвѣтвленіе цѣпи. Для удобнаго производства этого измѣренія Сименсъ построилъ электродинамометръ для измѣренія напряженій (рис. 556).

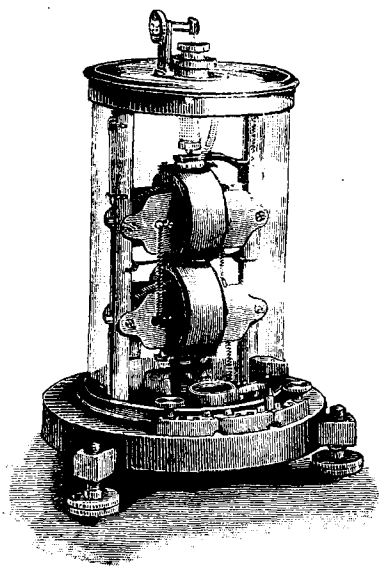


Рис. 556. Электродинамометръ.

Въ немъ—двѣ неподвижныя катушки изъ никкелевой проволоки и вокругъ каждой изъ нихъ по подвижной катушкѣ изъ мѣдной проволоки. Двѣ послѣднія катушки соединены между собой такъ, что въ общемъ они вмѣстѣ астатичны и, слѣдовательно, не подвержены дѣйствію земного магнетизма.

Измѣряемый въ отвѣтвленіи токъ проходитъ по неподвижнымъ катушкамъ, затѣмъ черезъ спиральныя пружины входитъ въ подвижныя катушки. Послѣднія поворачиваются и закручиваютъ въ то же время спиральную пружину, въ которой онѣ подвѣшены. Какъ и въ выше описанномъ электродинамометрѣ, пружину закручиваютъ въ обратномъ направленіи до тѣхъ поръ, пока катушки не придутъ въ первоначальное положеніе другъ относительно друга; тогда стрѣлка, соединенная со спиралью, покажетъ на круговой шкалѣ уголъ, на который спираль должна быть закручена обратно.

Кругъ раздѣленъ непосредственно на вольты, такъ что можно непосредственно отсчитывать напряженіе въ вольтахъ. Но для болѣе высокихъ напряженій приборъ слишкомъ чувствителенъ, и потому не хватило бы круговой шкалы. Поэтому въ днѣ прибора расположены еще сопротивленія, которыя вводятъ въ цѣпь посредствомъ штепселя: они могутъ уменьшить чувствительность до половины прежней, трети и т. д., тогда и показанія прибора отвѣчаютъ не прямо вольтамъ, а вольтамъ, взятымъ 2, 3, 4 раза. При помощи электродинамометра можно производить еще третье весьма важное измѣреніе, а именно непосредственно измѣрить работу, совершающуюся въ какомъ-либо отрѣзкѣ цѣпи. Эта работа равна произведенію силы тока въ этомъ отрѣзкѣ цѣпи (въ амперахъ) на разность напряженія его конечныхъ точекъ (въ вольтахъ). Если пропустить токъ по неподвижной катушкѣ динамометра и въ то же время сдѣлать отвѣтвленіе отъ концовъ отрѣзка цѣпи въ подвижной

катушкѣ динамометра, то, согласно вышесказанному, отклоненіе подвижной катушки будетъ служить мѣрою произведенія силы тока (въ неподвижной катушкѣ), т.-е. непосредственно мѣрою работы. И для этихъ измѣреній Сименсъ построилъ особаго устройства электродинамометръ для измѣренія работы. Въ немъ неподвижная катушка состоитъ изъ толстой проволоки. Дѣленія нанесены непосредственно въ уаттахъ. Приборомъ этимъ, однако, пользоваться можно главнымъ образомъ для постоянныхъ токовъ, ибо для перемѣнныхъ токовъ выраженіе $P = EI$, какъ мы имѣли случай говорить, не вполнѣ вѣрно.

Электрическіе счетчики.

Измѣреніе электрической энергіи, потраченной на извѣстную группу приборовъ или машинъ, бываетъ важно для разсчетовъ при продажѣ этой энергіи, а также для различнаго рода сужденій о машинахъ, установкахъ и т. д. Существуетъ очень много счетчиковъ, но мы, конечно, всѣхъ ихъ описывать не будемъ. Наиболѣе старымъ является счетчикъ Эдисона, основанный на электролитическомъ дѣйствіи тока; измѣряемый токъ направлялся въ вольтметръ, наполненный растворомъ сѣрнокислаго цинка и съ опущенными въ него цинковыми пластинками. По количеству отложившагося цинка (были устроены приспособленія, чтобы опредѣлять его безъ взвѣшиванія) судили о количествѣ прошедшихъ кулоновъ электричества.

Въ настоящее время въ ходу счетчики Арона и О'Кенана. Въ счетчикѣ Арона имѣется два совершенно одинаковыхъ маятника и два часовыхъ механизма, соединенныхъ съ указателемъ. Въ обыкновенныхъ условіяхъ оба маятника и оба часовыхъ механизма движутся совершенно одинаково, и тогда указатель остается въ покоѣ. Подъ однимъ изъ маятниковъ, наконечникъ котораго составляетъ стальной магнитъ, расположена проволочная катушка, и черезъ нее проходитъ измѣряемый токъ. При проходѣ тока, качанія маятника измѣняются, часовые механизмы начинаютъ итти не съ одинаковой скоростью, и указатель приходитъ въ дѣйствіе. Путь, пройденный указателемъ, равняется произведенію силы тока на продолжительность его пропусканія, т.-е. какъ разъ равенъ числу кулоновъ, прошедшихъ черезъ катушку. Счетчикъ Арона требуетъ завода и значительнаго присмотра; иначе онъ даетъ иногда грубыя ошибки.

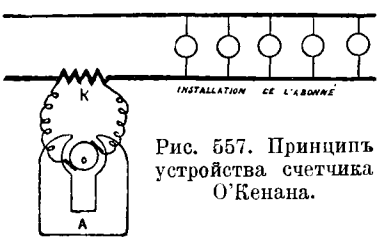


Рис. 557. Принципъ устройства счетчика О'Кенана.

Счетчикъ О'Кенана (рис. 557) представляетъ собою маленькій моторъ, включенный въ отвѣтвленіе реостата R, введеннаго въ главную цѣпь, сцѣпляющійся, при посредствѣ ряда зубчатыхъ колесъ, съ нѣсколькими стрѣлками-указателями. Двигатель магнитный, и потому его «магнитное поле», производимое магнитомъ A, постоянно. Якорь двигателя имѣетъ въ каждую данную минуту разность потенціаловъ RI, ту, которая существуетъ на зажимахъ сопротивленія R подъ дѣйствіемъ проходящаго (потребляемаго) тока I (R дѣлаютъ возможно меньшимъ и соотвѣтственное RI при полной нагрузкѣ обыкновенно не бываетъ больше 0,5 вольта; этой величины болѣе, чѣмъ достаточно для двигателя, трогающагося съ мѣста уже при 0,01 вольта), и двигатель приходитъ въ дѣйствіе, какъ только по цѣпи начинаетъ итти токъ. Двигателю при этомъ не приходится исполнять никакой или почти никакой работы (она такъ мала, что ее можно принять равной нулю), поэтому онъ вращается съ такой скоростью, что развиваетъ электродвигательную силу E' почти совершенно равную, но противоположную разности потенціаловъ RI на зажимахъ сопротивленія. «Магнитное поле» двигателя постоянно; слѣдовательно, эта противоположная электродвижущая сила будетъ измѣняться пропорціонально измѣненію скорости вращенія. Увеличится, такимъ образомъ, въ два раза RI — въ два раза увеличится и скорость вращенія мотора и т. д. Говоря иными словами, скорость движенія счетчика зависитъ отъ силы потребляемаго тока, какъ скорость вращенія газоваго счетчика зависитъ отъ быстроты прохода газа. Число оборотовъ счетчика въ извѣстное время зависитъ отъ количества электричества, прошедшаго по цѣпи. Стрѣлки счетчика О'Кенана

показываютъ число амперъ-часовъ. Зная то постоянное напряженіе тока, которое существуетъ на генераторѣ, показанія счетчика, понятно, не трудно перевести въ уаттъ-часы. Внѣшній видъ и разрѣзъ счетчика О'Кенана представленъ на рис. 558.



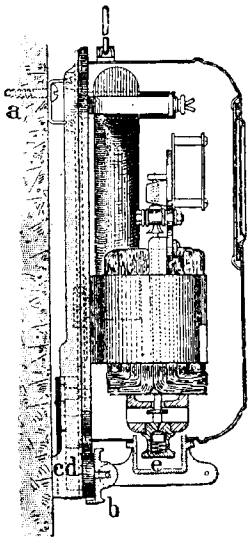


Рис. 558. Счетчикъ О'Кенана.

Рис. 559 изображаетъ счетчикъ компаніи Томсона-Гаустона. Тутъ токъ также проходитъ черезъ маленькій электромоторъ; на оси его укрѣпленъ мѣдный дискъ, вращающійся между полюсами трехъ стальныхъ магнитовъ. Приэтихъ условіяхъ, въ немъ должны развиваться токи, которые сейчасъ же переходятъ въ теплоту. Такимъ образомъ, двигатель исполняетъ работу, которая будетъ тѣмъ больше, чѣмъ быстрѣе вращается дискъ. Работа эта находится въ зависимости отъ силы тока, ибо скорость вращенія мотора ей пропорціональна. Число оборотовъ въ извѣстный промежутокъ времени служитъ мѣрой амперъ-часовъ, прошедшихъ черезъ счетчикъ.

Для перемѣнныхъ токовъ весьма распространенъ простой счетчикъ Шелленбергера (рис. 560). Онъ заключаетъ въ себѣ подвижной желѣзный дискъ, который, подвергаясь одновременно дѣйствію потребляемаго тока и тока, индуктируемаго послѣднимъ въ окружающей дискъ и замкнутой на себя катушкѣ, расположенной подъ угломъ въ 45° относительно главной катушки, включенной въ рабочую цѣпь, приходитъ во вращательное движеніе, регулируемое мельничкой; вращеніе этого диска передается механизму счетчика оборотовъ; вращается дискъ со скоростью пропорціональной силѣ тока, а потому показанія его легко сдѣлать равными амперъ-часамъ.

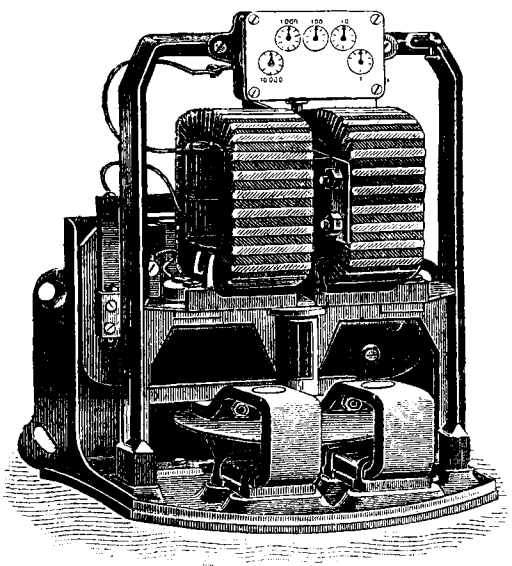


Рис. 559. Счетчикъ Томсона.

Кромѣ описанныхъ счетчиковъ иногда употребляются просто счетчики времени (рис. 561), пускаемые въ дѣйствіе одновременно съ пусканіемъ тока въ какой-либо потребляющій его приборъ. Такіе счетчики годятся, конечно, только тамъ, гдѣ производится равномѣрная работа, равномѣрное потребленіе электрической энергіи. Зная, напримѣръ, что лампа поглощаетъ 50 уаттовъ, и время, показанное счетчикомъ, въ продолженіе котораго она горѣла, легко высчитать количество использованнаго электричества.

Всѣ измѣрительные приборы, выключатели, реостаты и т. д. собираются, обыкновенно, на одной, такъ называемой, распредѣлительной доскѣ, образецъ устройства которой представленъ на рис. 562.

Канализація электрической энергіи.

Центральная станція съ мѣстами потребленія соединена проводами, прокладываемыми по различнымъ системамъ. Наиболѣе простой является двупроводная система: отъ машины идутъ двѣ магистрали, отъ нихъ отвѣтвляется по два провода въ каждую группу потребителей, отъ этихъ проводовъ берутся еще отвѣтвленія и т. д. Такая система, однако, выгодна только при обслуживаніи станціей мѣстъ отъ нея отстоящихъ не далѣе 700—800 метровъ, ибо необходимая толщина главныхъ проводовъ иначе становится слишкомъ большою. Болѣе выгодной для далекихъ передачъ является трехпроводная система. Здѣсь на станціи должно быть обязательно два генератора тока, соединенныхъ послѣдовательно. Отъ каждаго изъ наиболѣе отдаленныхъ зажимовъ, а также и отъ средняго идутъ провода. Средній проводъ носитъ названіе компенсаціоннаго; приборы, потребляющіе токъ, вводятся параллельно между этимъ среднимъ проводомъ и обоими боковыми. Схема трехпроводной системы представлена на рис. 563. Средній проводъ, какъ не несущій почти никакого тока, дѣлается болѣе тонкимъ, а боковые, при послѣдовательномъ соединеніи машинъ, могутъ быть сдѣланы въ два раза тоньше, чѣмъ при двухпроводной системѣ. Трехпроводная система примѣнима для передачъ не болѣе $1^1/_2$ верстъ.

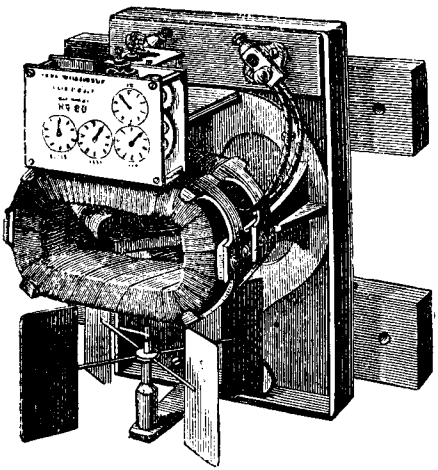


Рис. 560. Счетчикъ Шеллепбергера.

При болѣе далекихъ передачахъ тока прибѣгаютъ уже къ трансформаторамъ, о которыхъ мы достаточно говорили [1]. Трансформаторы включаются въ цѣпь всѣ параллельно, и потребители тока къ нимъ присоединяются также.

Трансформація перемѣннаго тока въ постоянный.

Могутъ быть случаи, гдѣ необходимъ обязательно постоянный токъ (напримѣръ, для электролиза), а станція даетъ перемѣнный. Въ такихъ случаяхъ токомъ перемѣннымъ вращаютъ электромоторъ, а на одну съ нимъ ось насаживаютъ динамо постояннаго тока. На практикѣ приходится всего чаще превращать въ постоянный токъ токъ перемѣнный, трехфазный. Для этой цѣли выработаны особые трансформаторы или, какъ ихъ называютъ иногда, превратители. Такой превратитель состоитъ изъ индукторовъ, въ которыхъ помѣщается арматура съ обыкновенной обмоткой машинъ постояннаго тока и обычнымъ Граммовскимъ коллекторомъ, помѣщеннымъ съ одной ея стороны. Съ другой стороны помѣщаются три контактныхъ кольца, какъ въ знакомыхъ уже намъ трехфазныхъ двигателяхъ, присоединенныхъ къ соотвѣтствующимъ точкамъ обмотки якоря. При посредствѣ этихъ трехъ колецъ черезъ якорь пропускается превращаемый трехфазный

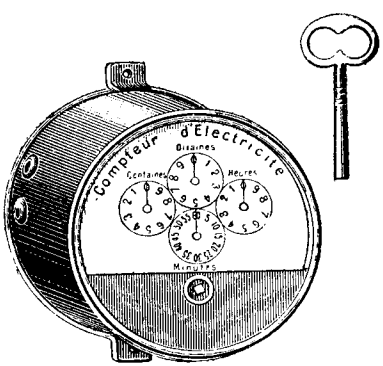


Рис. 561. Часовой счетчикъ.

[1] Трансформаторы для пониженія напряженія отличаются отъ трансформаторовъ, помѣщаемыхъ на станціи для поднятія напряженія, какъ мы знаемъ, только величиною коэффиціента трансформаціи (стр. 45).

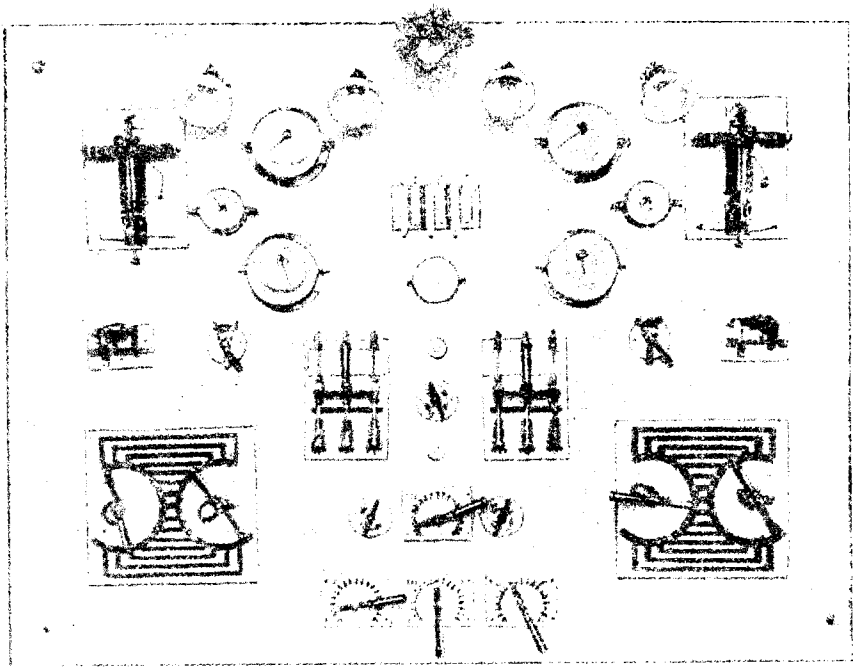


Рис. 562. Распредѣлительная доска на электрической станціи.

токъ, приводящій машину во вращеніе. Отъ вращающейся же арматуры, совершенно такъ, какъ въ динамо постояннаго тока, черезъ посредство Граммовскаго коллектора получается постоянный токъ.

Электродвигатели постояннаго тока.

Въ предыдущихъ главахъ мы занимались приложеніемъ электродвигателей, но на устройствѣ ихъ не останавливались отдѣльно, ибо не были близко знакомы съ динамо-машинами, которыя, какъ мы знаемъ, кромѣ мелкихъ подробностей, ничѣмъ въ общемъ отъ электродвигателей не отличаются. Мы надѣемся, что читатели не посѣтуютъ на насъ, если мы здѣсь послѣ подробнаго знакомства съ динамо-машинами нѣсколько пополнимъ этотъ пробѣлъ.

Принципъ устройства и дѣйствія электродвигателей—притягиваніе магнитомъ или электромагнитомъ желѣзнаго якоря. Возвратное линейное движеніе мы имѣемъ, напримѣръ, въ якорѣ электрическаго звонка. Можно, однако, безъ труда съ тѣми же элементами, что въ звонкѣ, т.-е. съ электромагнитомъ, якоремъ и прерывателемъ и даже безъ пружины, которая въ звонкѣ вызываетъ обратное движеніе якоря, устроить электродвигатель и вращающійся. Представимъ себѣ барабанъ, составленный изъ двухъ мѣдныхъ дисковъ съ укрѣпленными между ними по образующимъ цилиндра желѣзными полосами. Барабанъ этотъмо-

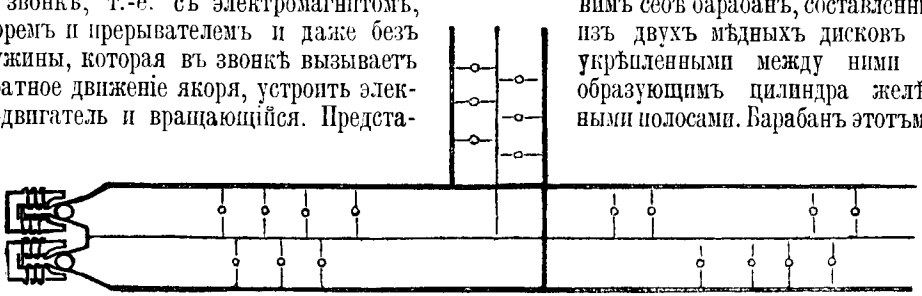


Рис. 563. Схема трехпроводной системы.

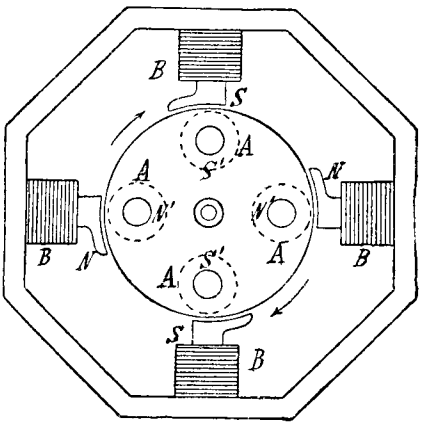


Рис. 564. Двигатель съ непрерывнымъ вращеніемъ.

жетъ вращаться около горизонтальной оси подъ электромагнитомъ, установленнымъ такъ, что желѣзныя полосы проходятъ вплотную у ея полюсовъ. Весь приборъ дополняется автоматическимъ прерывателемъ тока, прерывающимъ его въ электромагнитѣ каждый разъ, какъ которая-нибудь полоса барабана подойдетъ подъ полюсы электромагнита. Снова токъ замыкается, когда полоса эта по инерціи барабана пройдетъ дальше полюсовъ электромагнита на $^1/_6$, $^1/_8$ и т. д. оборота (смотря потому, сколько, 6, 8... и т. д., полосъ на барабанѣ). Вмѣсто одного электромагнита можно, конечно, взять нѣсколько.

Легко понять, что такой барабанъ получитъ непрерывное вращеніе. Несовершенство такого двигателя также бросается въ глаза: въ немъ слишкомъ много работы приходится на долю инерціи.

Недостатокъ этотъ можно устранить, замѣнивъ желѣзныя планки барабана электромагнитами. Рис. 564 показываетъ разрѣзъ подобнаго прибора. На валъ его насаженъ коммутаторъ, мѣняющій направленіе тока въ движущихся электромагнитахъ въ теченіе каждой четверти оборота вала, какъ разъ тогда, когда четыре подвижныхъ электромагнита A придутся противъ неподвижныхъ B. Полярности какъ въ тѣхъ, такъ и въ другихъ электромагнитахъ расположены поперемѣнно, какъ это указано буквами N и S на рисункѣ. У неподвижныхъ электромагнитовъ всѣ полюсы повернуты въ сторону противоположную вращенію барабана. Представимъ себѣ машину въ положеніи рисунка, т.-е. съ полюсами подвижныхъ и неподвижныхъ электромагнитовъ, совпадающими по наименованію; каждый неподвижный магнитъ при этомъ будетъ отталкивать каждый подвижный и притягивать, и при томъ съ большей силой тока, сосѣдній разъединенный, по направленію къ которому у него оттянутъ полюсъ. Черезъ четверть оборота должны были бы сойтись разными своими полюсами неподвижные и подвижные электромагниты, но тутъ какъ разъ коммутаторъ мѣняетъ направленіе тока, и снова противъ сѣверныхъ полюсовъ находятся сѣверные, противъ южныхъ—южные, и снова происходитъ отталкиваніе.

Такую двойную систему электромагнитовъ съ перемѣной полюсовъ у подвижныхъ электромагнитовъ впервые для устройства двигателя примѣнилъ Якоби для своей самодвижущейся плюпки, уже нами описанной. Двигатель Якоби изображенъ на рис. 565.

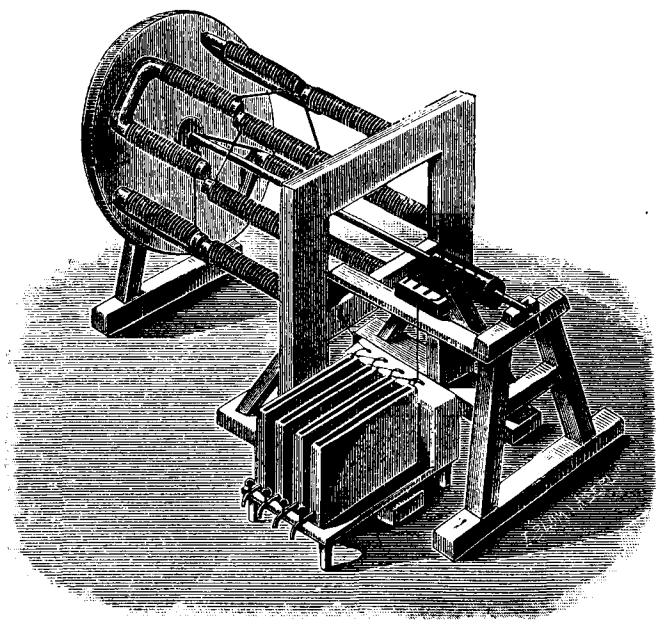


Рис. 565. Электродвигатель Якоби.

Нынѣшніе электродвигатели, какъ мы уже говорили, представляютъ почти безъ измѣненій динамо-машины и могутъ быть, какъ и эти послѣднія, съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ, шунтъ и компаундъ.

Направленіе электродвижущей силы въ двигателѣ всегда противоположно, а величина меньше, чѣмъ въ питающей его динамо, что́, впрочемъ, и вполнѣ понятно.

Описывать нынѣшніе двигатели постояннаго тока мы не будемъ, внѣшній видъ нѣкоторыхъ изъ нихъ у насъ былъ показанъ въ главѣ VII.

Двигатели перемѣннаго тока.

Двигатели эти, какъ мы уже говорили, примѣняются рѣдко. Собственно говоря, можно всякій двигатель заставить работать отъ перемѣннаго тока, ибо перемѣна направленія тока, совершающаяся одновременно и въ якорѣ и въ индукторѣ, направленіе движенія двигателя не мѣняетъ. Зато мѣняется и весьма значительно его мощность, значительная часть тока теряется на побочные индуктивные токи, токъ тратится на возбужденіе электромагнитовъ не только въ началѣ работы, какъ въ двигателяхъ постояннаго тока, но и при всякой перемѣнѣ его направленія. Работа, затрачиваемая на намагничиваніе, затѣмъ превращается въ теплоту и весьма сильно нагрѣваетъ сердечникъ.

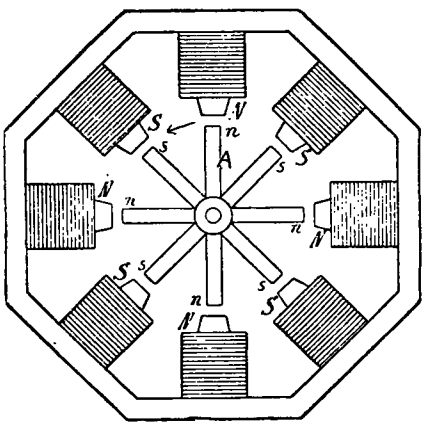


Рис. 566. Принципъ устройства синхроничнаго двигателя перемѣннаго тока.

Въ силу только-что выясненныхъ обстоятельствъ, перемѣнными токами если и пользуются, то только въ особыхъ, такъ называемыхъ, синхроничныхъ двигателяхъ. Синхроничный двигатель только тогда совершаетъ работу, если имъ достигнута опредѣленная скорость вращенія, зависящая отъ числа перемѣнъ тока въ секунду. Въ подробностяхъ описывать этого рода двигателей мы не будемъ и ограничимся указаніемъ принципа устройства. Въ машинѣ перемѣннаго тока сосѣдніе магниты имѣютъ не одинаковыя полярности. Если по оборотамъ подвижного якоря пропустить также перемѣнный токъ, то катушки его хотя при извѣстномъ направленіи тока и будутъ перемѣщаться, то при слѣдующей перемѣнѣ возвратятся въ прежнее положеніе. Чтобы заставить якорь вращаться все время въ одномъ направленіи, надо скорость вращенія сдѣлать такой, чтобы пока токъ не успѣлъ перемѣнить направленія, каждая катушка якоря успѣла встать въ такое положеніе относительно слѣдующаго магнитнаго полюса, въ какомъ она была ранѣе относительно предыдущаго. Пусть на рис. 566 въ серединѣ подвижной якорь, а вокругъ полюсы электромагнитовъ. Разсмотримъ движеніе одной катушки якоря, а именно катушки A. Подвинемъ якорь по направленію стрѣлки такъ, чтобы A немного прошла N индуктора, и пусть въ этотъ моментъ по ней будетъ пущенъ токъ въ положительномъ направленіи; несомнѣнно, что тогда она оттолкнется отъ N и еще подвинется по направленію стрѣлки. Вопросъ только въ томъ, насколько она успѣетъ подвинуться до перемѣны направленія въ ней тока; предположимъ, она будетъ въ это время еще на полпути между полюсами N и S; очевидно, что при перемѣнѣ тока, она будетъ отталкиваться S и притягиваться N, т.-е., слѣдовательно, начнетъ двигаться обратно. Не то будетъ, если она успѣетъ въ это время нѣсколько перескочить S: ее будетъ отталкивать S и притягивать слѣдующій N, и она, слѣд., будетъ продолжать свое движеніе по стрѣлкѣ.

Разъ синхроничность достигнута, то она уже поддерживается сама собою, и двигатель имѣетъ постоянную скорость вращенія. Синхроническіе двигатели строятся фирмою Ганцъ и К° по проекту техниковъ Ципернovскаго, Дери и Блаза. Такой двигатель изо-

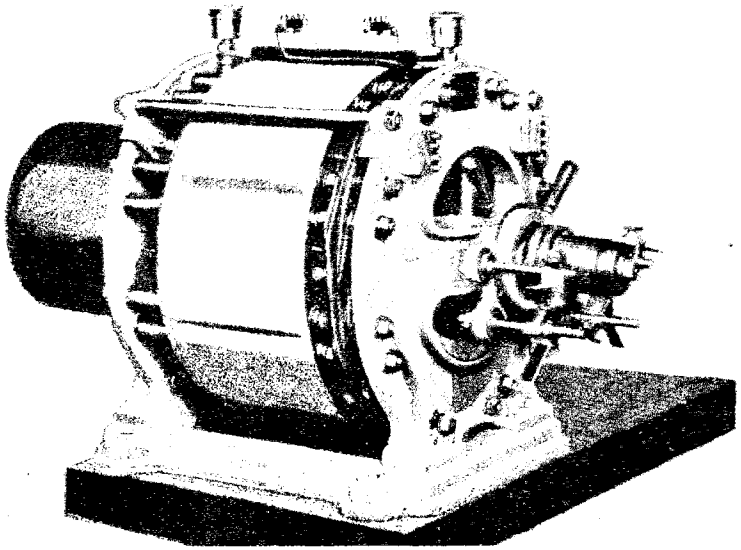


Рис. 567. Двигатель перемѣннаго тока Ганца и К°.

браженъ на рис. 567. Въ немъ имѣется неподвижный якорь и подвижный индукторъ, питаемый постояннымъ, выпрямленнымъ особымъ коммутаторомъ, токомъ. Схема соединеній здѣсь такова, какъ представлена на рис. 568, гдѣ A неподвижная катушка якоря, M—одинъ изъ электромагнитовъ и C—коммутаторъ. Заштрихованныя части коммутатора соединены съ однимъ концомъ обмотки M, а свѣтлыя—съ другимъ. Токъ идетъ съ провода L въ щетку B_2, электромагнитъ, въ обмотку M, снова коммутаторъ и черезъ щетку B_1 обратно въ линію L. Обмотка якоря A включена параллельно. Пока синхронизмъ не достигнутъ, токъ мѣняетъ свое направленіе одновременно въ A и въ M и магниты движутся ускоренно. Когда синхронизмъ достигнутъ, токъ въ M становится постояннымъ, и вращеніе будетъ происходить вполнѣ правильно.

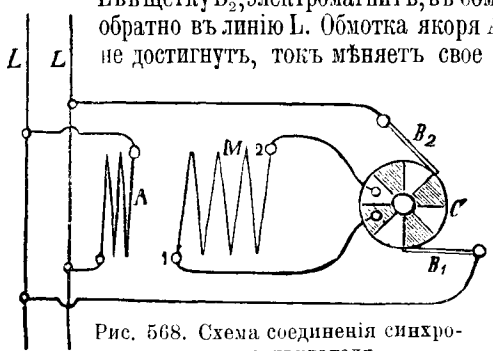


Рис. 568. Схема соединенія синхроничнаго двигателя.

Такъ какъ при синхроническомъ ходѣ скорость вращенія двигателя зависитъ только отъ частоты перемѣнъ, то скорость эта остается постоянной при перемѣнахъ въ нагрузкахъ двигателя; расходъ тока пропорціоналенъ работѣ.

Двигатели многофазнаго тока.

Принципъ устройства ихъ былъ выясненъ нами выше (стр. 420). Рис. 569 представляетъ большой двигатель этой системы Allgemeine Elektricitätsgesellschaft въ Берлинѣ.

Регулированіе электродвигателей.

Мощность или работа электродвигателя зависитъ отъ силы питающаго его тока и отъ развиваемой имъ обратной электродвижущей силы. Поэтому при увеличеніи нагрузки

на двигатель приходится повышать эти величины одну или обѣ вмѣстѣ, а при уменьшеніи нагрузки поступать обратно. Достигается это, какъ въ ручную, измѣненіемъ числа витковъ въ обмоткѣ электромагнита, измѣненіемъ сопротивленія ея и т. д., такъ и автоматически. Описывать, однако, подобныхъ регуляторовъ мы не будемъ.

Значеніе электродвигателей.

Значеніе электродвигателей состоитъ, во-первыхъ, въ томъ, что при посредствѣ ихъ можно использовать механическую энергію, производимую на далекомъ отъ нихъ разстояніи, вовторыхъ, въ легкомъ и удобномъ распредѣленіи механической энергіи между рядомъ механизмовъ и, въ-третьихъ, въ возможности примѣнять малосильные двигатели въ $^1/_2$ лош. силы и менѣе, важные въ мелкой промышленности и не выгодные въ видѣ калорическихъ и имъ подобныхъ машинъ.

XXI.

Опасность электрическаго тока.

Мы разсмотрѣли въ предыдущихъ главахъ всѣ главнѣйшія приложенія электричества и, надѣемся, показали, что вездѣ и повсюду оно оказываетъ человѣчеству незамѣнимыя услуги. Но всякая медаль имѣетъ обратную сторону, и нѣтъ розы безъ шиповъ, говорятъ пословицы, и ихъ можно примѣнить и къ электричеству. Электричество при всей приносимой имъ пользѣ представляетъ силу опасную и служитъ зачастую причиной несчастій.

Всего виднѣе и давно уже извѣстны опасности атмосфернаго электричества. Всѣ человѣческія усилія направлены даже какъ будто только на то, чтобы обезопасить себя отъ этой силы, и мы какъ-то игнорируемъ и не занимаемся изученіемъ тѣхъ благъ, которыя намъ атмосферное электричество приноситъ, а блага эти не маленькія. Напомнимъ хотя бы о значеніи электричества при образованіи дождевыхъ тучъ и объ обогащеніи атмосферы озономъ, этимъ живительнымъ и для растеній и для животныхъ веществомъ. Но объ опасностяхъ атмосфернаго электричества, равно какъ и о способахъ отъ нихъ уберечься мы говорили уже въ своемъ мѣстѣ, теперь намъ предстоитъ побесѣдовать объ опасностяхъ, которыми грозятъ наши искусственные источники полученія электрической энергіи и пользованіе ими.

Всего чаще несчастія бываютъ съ людьми при соприкосновеніи съ проводниками, по которымъ идетъ токъ большой силы. Замыканіе сильнаго тока на человѣческое тѣло вызываетъ снаружи ожоги, иногда очень глубокіе, а внутри, во внутреннихъ органахъ, присоединяются еще электролитическое дѣйствіе тока, пораженіе и разрушеніе тканей. Кромѣ всего этого сильный разрядъ дѣйствуетъ страшно возбуждающимъ образомъ на всю нервную систему и, поражая нервные центры, вызываетъ моментальную остановку дыханія, сердечный обморокъ и часто смерть, которая можетъ наступить при этомъ и безъ всякихъ видимыхъ наружныхъ и внутреннихъ поврежденій органовъ или тканей тѣла.

Надо имѣть въ виду только, что если при несомнѣнномъ и, такъ сказать, органическомъ поврежденіи органовъ отъ электричества смерть наступаетъ быстро и неизбѣжно, то совсѣмъ не такъ обстоитъ дѣло при остановкѣ дыханія и синкопахъ. При пораженіи электричествомъ одной нервной системы,—а такіе случаи встрѣчаются всего чаще,—смерть можетъ быть только мнимая, какъ это констатировано не разъ и при пораженіяхъ молніями. Д'Арсонвалю удалось, напр., способами, примѣняемыми къ утопленникамъ и повѣшеннымъ, возвратить къ жизни рабочаго-электротехника, пораженнаго токомъ напряженія 4.500 вольтъ.

Д'Арсонваль при несчастныхъ случаяхъ отъ электрическаго тока открываетъ паціенту ротъ, освобождаетъ и вытягиваетъ языкъ и производитъ искусственное ды-

ханіе подъемомъ рукъ и соотвѣтственнымъ надавливаніемъ на грудную клѣтку. Успѣхи, достигнутые имъ при такомъ оживленіи людей, пораженныхъ электрическимъ токомъ, ставятъ этого ученаго въ ряды положительныхъ противниковъ казни посредствомъ электричества. Его методъ оживленія примѣняется въ настоящее время и за границей, а въ Америкѣ такъ даже сдѣланъ обязательнымъ. Служащій Электрической Компаніи въ Рочестрѣ — городѣ въ штатѣ Нью-Іоркъ, — по имени Франкъ Кроверъ былъ случайно пораженъ 26-го іюня 1895 года токомъ силою отъ двухъ до трехъ тысячъ вольтъ, въ то время какъ смертельнымъ считается уже напряженіе въ три раза меньшее и таковое примѣняется въ Америкѣ при казняхъ посредствомъ электричества. Въ довершеніе всего, нога и рука Кровера были сильнѣйшимъ образомъ обожжены. Цѣлый часъ онъ не подавалъ и признаковъ жизни и имѣлъ видъ трупа, но все же усилія доктора и троихъ рабочихъ не прошли даромъ. Черезъ полтора часа искусственнаго дыханія Кроверъ пришелъ въ себя, былъ доставленъ домой и затѣмъ выздоровѣлъ.

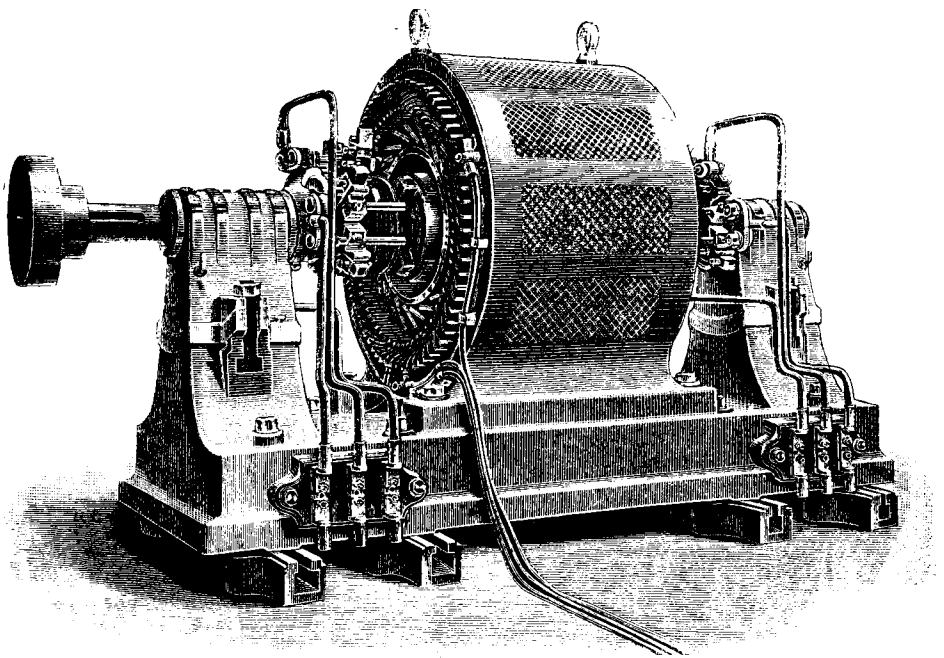


Рис. 569. Многофазный двигатель.

Считаемъ интереснымъ и полезнымъ привести краткое наставленіе, какъ надо приводить въ чувства пострадавшихъ отъ электрическаго разряда.

1) Пошлите за докторомъ и удалите всѣхъ постороннихъ лицъ.

2) Удалите жертву отъ источника электричества, причинившаго несчастіе Эта операція, однако, если пострадавшій продолжаетъ находиться въ соприкосновеніи съ источникомъ электричества, напр., съ оборванными или спутавшимися проволоками, представляетъ извѣстныя опасности и, чтобы гарантировать себя отъ несчастія, слѣдуетъ при этомъ: a) проводники электричества удалить не голыми руками, а посредствомъ какихъ-либо не проводящихъ токъ предметовъ, сухого дерева, глины, фарфора, стекла и т. п., или b) произвести эту операцію или даже прямо вытаскиваніе и освобожденіе отъ проводовъ пострадавшаго руками въ каучуковыхъ перчаткахъ или, по крайней мѣрѣ, обернутыми толстымъ слоемъ (не менѣе 1 сант.) сухихъ тряпокъ, одежды и т. п., или c) отвести токъ при помощи металлической проволоки въ землю, желательно сырую, или при помощи осторожно и сразу наброшенной цѣпочки или иного металлическаго

предмета соединить проводы, послужившіе источникомъ несчастія, между собою на нѣкоторомъ разстояніи отъ пострадавшаго, или d) обрѣзать проводы, каждый отдѣльно и обязательно инструментами съ изолированной ручкой; при неимѣніи спеціальныхъ инструментовъ можно пользоваться топоромъ съ деревянной ручкой, садовыми съ деревянными же ручками ножницами и т. п., или e) остановить, если возможно, посылающія токъ машины.



Рис. 570. Искусственное дыханіе (1-е движеніе).

3) Если пострадавшій запутался и повисъ, какъ это часто бываетъ, въ воздушныхъ проводахъ, позаботьтесь, чтобы когда онъ выпутанный изъ проводовъ будетъ падать, было кому поддержать его и предупредить неловкое паденіе и сильные ушибы.

4) Къ мѣсту несчастія, пока не будутъ убраны провода или остановленъ токъ, поставьте сторожа для предупрежденія новаго несчастія.

5) Освободивъ жертву отъ проводовъ, сейчасъ же начинайте приводить его въ чувство. Всего лучше, гдѣ это можно, перенести пострадавшаго въ просторную, свѣтлую комнату и удалить всѣхъ изъ нея за исключеніемъ двухъ-трехъ помощниковъ. Прежде чѣмъ прибѣгнуть къ искусственному дыханію:

a) положите пострадавшаго на спину и подъ плечи положите подушку, сложенное платье или что-либо другое въ такомъ родѣ.

b) разстегните все платье и снимите воротничокъ и вообще все, что можетъ стѣснять дыханіе.

c) откройте паціенту ротъ, введя между зубами по возможности осторожно деревянную палочку, ручку ножа и т. п.

d) схватите языкъ приблизительно за его середину и энергично, но постепенно вытяните его изо рта и привяжите въ такомъ положеніи платкомъ, или чѣмъ-либо другимъ.

e) попробуйте прежде всего вызвать дыханіе щекотаніемъ въ носу и глоткѣ перышкомъ, соломинкой и т. п., давая нюхать нашатырный спиртъ и поливая лицо и все тѣло холодной водой и растирая его смоченными полотенцами.

f) приступайте въ случаѣ неудачи къ искусственному дыханію, которое слѣдуетъ производить слѣдующимъ образомъ:

Станьте на колѣни за головой паціента и, обратясь къ нему лицомъ, захватите его руки пониже локтей (рис. 570), прижмите ихъ къ его груди, а затѣмъ приподнимите, медленно ихъ раздвигая и описывая надъ головой ими кругъ; продержавъ ихъ (рис. 571) въ откинутомъ назадъ положеніи въ продолженіе 2—3 секундъ, приведите ихъ въ первоначальное положеніе и затѣмъ снова повторяйте движеніе, считая въ слухъ возможно ровнѣе, чтобы достигнуть по возможности правильныхъ, ритмическихъ движеній. Движенія надо производить съ такой скоростью, чтобы ихъ успѣвать сдѣлать отъ 16 до 20 разъ въ минуту. Какъ только замѣтите хотя бы короткое самостоятельное дыханіе или окрашиваніе лица въ розовый цвѣтъ, прекратите искусственное дыханіе и не возобновляйте его кромѣ какъ въ томъ случаѣ, если дыханіе естественное, хотя бы и неправильное, снова прекратится вовсе. Естественному дыханію помогайте, давая нюхать нашатырный спиртъ, растирая тѣло, похлопывая въ области сердца и т. п.

Когда пострадавшій придетъ въ себя, перенесите его на кровать и, какъ только онъ будетъ въ состояніи глотать, дайте ему нѣсколько ложечекъ чаю, кофе или горячаго грога, или нѣсколько капель эѳира, или Гофманскихъ.

Не прекращайте производить искусственное дыханіе, хотя бы не было никакихъ признаковъ удачи ранѣе полутора часовъ послѣ начала, а еще лучше прекращайте ихъ не иначе, какъ дождавшись доктора и по его предписанію.

Кромѣ искусственнаго дыханія и даже вмѣсто него нѣкоторые доктора предписываютъ примѣнять души изъ воды возможно болѣе холодной; это средство въ Америкѣ съ успѣхомъ примѣняется къ пораженнымъ молніей, а также даетъ иногда хорошіе результаты и при пораженіяхъ искусственнымъ электрическимъ токомъ. Души рекомендуется дѣлать въ продолженіе одного-двухъ часовъ.

Часто никакими средствами не удается помочь пострадавшимъ отъ сильнаго разряда. Электротехникъ Робертъ Коллеманъ 25-го февраля 1895 года вытиралъ правой рукой въ резиновой перчаткѣ коммутаторы одной изъ электрическихъ подстанцій въ Бристолѣ: заговорившись съ кѣмъ-то, онъ повернулся къ этому послѣднему и въ это время лѣвой рукой задѣлъ за другой проводъ. Коллеманъ получилъ такимъ образомъ разрядъ въ 2.000 приблизительно вольтъ. Тотчасъ же ему начали дѣлать искусственное дыханіе, но все было напрасно и къ жизни возвратить его не удалось. Точно также неудачны были всѣ попытки оживить рабочаго, пораженнаго токомъ въ 4.000 вольтъ при поправкѣ воздушныхъ проводовъ на одной изъ французскихъ линій въ ноябрѣ 1899 года (рис. 572).

Очень интересенъ случай съ инженеромъ Людвигомъ Гутманомъ, пораженнымъ токомъ высокаго напряженія, но оставшимся въ живыхъ и на страницамъ «Elector Power» разсказавшимъ о своихъ при этомъ чувствахъ и впечатлѣніяхъ. Инженеръ этотъ занимался изслѣдованіемъ трансформаторовъ различныхъ системъ. Трансформаторы были установлены рядомъ съ его кабинетомъ, а этажемъ ниже была помѣщена динамо-машина въ 1.150 вольтъ, токъ отъ которой шелъ сначала къ коммутатору, помѣщенному въ самомъ кабинетѣ Гутмана, а отъ него уже къ трансформаторамъ. Окончивъ какія-то вычисленія, касавшіяся новаго трансформатора, Гутманъ повернулъ коммутаторъ, разобщивши его такимъ образомъ отъ динамо-машины, и затѣмъ на минутку зачѣмъ-то вышелъ изъ кабинета. Возвратясь обратно и не подозрѣвая, что кто-то въ его отсутствіе снова замкнулъ

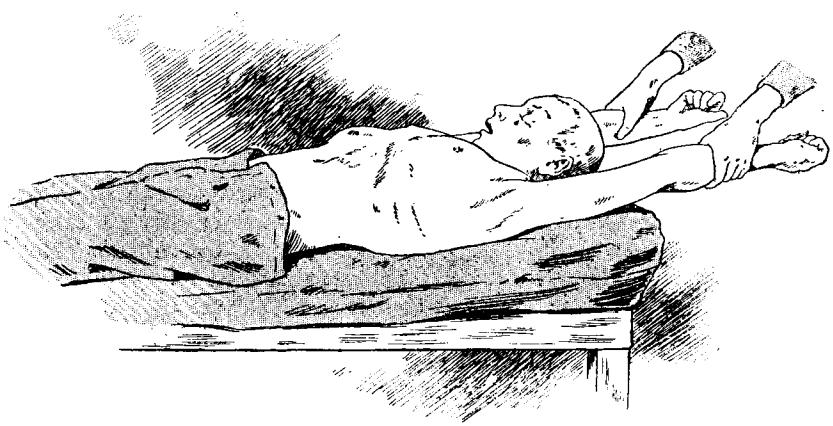


Рис. 571. Искусственное дыханіе (2-е движеніе).

токъ, онъ, желая снять съ зажимовъ коммутатора проволоки отъ трансформатора, смѣло взялся обѣими руками за два провода сразу и получилъ такимъ образомъ въ себя полный разрядъ. Токомъ ему свело пальцы, и онъ былъ поставленъ въ невозможность выпустить изъ нихъ провода. Мгновенно онъ почувствовалъ себя оглушеннымъ, дыханіе у него захватило, онъ не былъ въ состояніи ни пошевельнуться, чтобы измѣнить свое сведенное

положеніе, ни позвать на помощь. Слухъ былъ настолько притупленъ, что удары молотковъ изъ сосѣдней монтировочной мастерской казались какъ бы долетающими очень издалека и доносились все слабѣе и слабѣе. Руки, казалось Гутману, были сжаты кѣмъ-то весьма сильно, онъ ощущалъ всѣ толчки тока, и они какъ будто все усиливались и приближались... Вдругъ Гутманъ почувствовалъ на рукахъ ожоги, наступилъ, вѣроятно, моментъ неполнаго контакта рукъ съ проводами, и ему удалось бросить проводники и отскочить назадъ. Его бросило въ жаръ, ноги у него подкосились, но, быть можетъ, это было и слѣдствіе большого испуга; Гутманъ хорошо сознавалъ, какой смертельной опасности онъ только-что подвергался.

По мнѣнію Гутмана, внезапное и быстрое пропусканіе черезъ тѣло весьма сильнаго тока должно вызывать моментальную смерть; смерть эта можетъ быть безболѣзненной и при токахъ меньшаго напряженія, но извѣстнымъ образомъ пропущенныхъ, смерть можетъ и не быть вызвана непосредственно, а токъ можетъ произвести сжатіе и растяженіе нѣкоторыхъ частей мозга какъ подъ прямымъ дѣйствіемъ тока, такъ и вслѣдствіе переполненія кровью сосудовъ—результатомъ будетъ потеря сознанія. Смерть въ этихъ случаяхъ можетъ наступать или вслѣдствіе разложенія подъ вліяніемъ электролитическаго дѣйствія тока крови или вслѣдствіе разрыва мозговыхъ кровеносныхъ сосудовъ.

Потеря чувствительности и сознанія, о которыхъ говоритъ Гутманъ, наблюдалась и у другихъ пораженныхъ токомъ: «Medical News» разсказываетъ, напримѣръ, объ одномъ рабочемъ, дотронувшемся до проволоки, упавшей на проводники, по которымъ шелъ токъ напряженія въ 1.000 вольтъ; рабочій этотъ моментально потерялъ сознаніе, былъ затѣмъ приведенъ въ себя, снова впалъ въ забытье, бредилъ и, наконецъ, уснулъ и проспалъ до слѣдующаго дня. По его словамъ, онъ съ того момента, какъ прикоснулся до проволоки, ровно ничего не помнилъ и не чувствовалъ.

Цюрихскій докторъ Веберъ, интересуясь физіологическимъ дѣйствіемъ сильныхъ токовъ, сдѣлалъ надъ самимъ собой цѣлый рядъ интересныхъ и опасныхъ опытовъ, которые можно раздѣлить на двѣ серіи.

Въ первой серіи опытовъ Веберъ брался руками, какъ сухими, такъ и влажными, за два бруска, соединенныхъ съ проводами отъ полюсовъ динамо-машины. Токъ употреблялся перемѣнный, и число перемѣнъ въ секунду составляло 50.

При электродвижущей силѣ въ 30 вольтъ и влажныхъ рукахъ, руки вплоть до плеча оказывались парализованными, оставалась возможность только слегка шевелить пальцами. Вытянутую руку не было силы согнуть, а согнутую, наоборотъ, выпрямить. Боли были при этомъ настолько сильныя во всемъ тѣлѣ, что докторъ Веберъ не могъ ихъ вытерпѣть долѣе 10 секундъ, и затѣмъ страшнымъ напряженіемъ воли ему удалось выпустить изъ рукъ проводники. Сила тока, проходившая при этомъ опытѣ черезъ тѣло, равнялась всего 15 миллиамперамъ.

При напряженіи тока въ 50 вольтъ руки у Вебера оказались совершенно парализованы, и уже не было никакой возможности выпустить изъ нихъ проводники. Боли были настолько сильны, что Веберъ выдержалъ ихъ всего въ теченіе двухъ секундъ.

При напряженіи тока въ 90 вольтъ, но сухихъ рукахъ, наблюдался тотъ же параличъ рукъ, но боли были еще сильнѣе. Надо прибавить, впрочемъ, что боли эти очень субъективны, и, напримѣръ, ассистентъ д-ра Вебера К. Броунъ выдерживалъ токи равной силы вдвое дольше, чѣмъ самъ Веберъ.

Во второй серіи опытовъ Веберъ ставилъ задачей опредѣлить, какой опасности подвергается человѣкъ, стоя на землѣ и касаясь электрическаго провода. При напряженіи тока въ 1.000 вольтъ наблюдатель, стоявшій на деревянной влажной мостовой, испыталъ, схватившись за проводъ, только довольно сильный ожогъ. При 1.300 вольтахъ и глинистой почвѣ, покрытой сырой угольной пылью, одно прикосновеніе къ проводу вызывало сильный ожогъ, а при обхватываніи проводника пальцами наступалъ полный параличъ всей руки. Во всѣхъ этихъ опытахъ сапоги наблюдателя были сухи, и это, вѣроятно, и было причиной сравнительно не сильнаго дѣйствія тока.

Изъ опытовъ Вебера такимъ образомъ слѣдуетъ, что токи напряженія не бо̀льшаго, чѣмъ въ 1.000 вольтъ, не опасны для людей въ сухихъ сапогахъ, прикасающихся къ одному изъ проводниковъ.

Нѣкоторые электротехники полагаютъ, что опасны для человѣка только токи перемѣнные; другіе, наоборотъ, считаютъ наиболѣе опасными токи постоянные; одни изъ нихъ при этомъ считаютъ наиболѣе опасными провода воздушные, другіе только почти исключительно провода подземные... Попробуемъ разобраться, кто изъ нихъ правъ и кто не правъ.

Прежде всего напомнимъ, что при передачѣ электрической энергіи на большое разстояніе приходится отдавать предпочтеніе токамъ перемѣннымъ, такъ какъ при помощи



Рис. 572. Несчастіе съ рабочимъ.

ихъ значительно легче получить нужное высокое напряженіе, не всегда достижимое съ токами постоянными. Поэтому въ городахъ всего чаще приходится имѣть дѣло съ перемѣнными токами 4—5 тысячъ вольтъ, а напряженіе тока въ длинныхъ линіяхъ, какъ, напр., линія отъ Ніагарскихъ заводовъ, доходитъ до 23—30 тысячъ вольтъ. Имѣя въ виду такое высокое напряженіе, а также, можетъ быть, и потому, что онъ изобрѣлъ систему распредѣленія электрической энергіи при помощи постояннаго тока, Эдисонъ особенно возстаетъ противъ употребленія альтернаторовъ и подземныхъ проводовъ и находитъ, что меньшей

опасности подвергались бы города, закопавъ въ самомъ своемъ центрѣ громадныя количества нитроглицерина, чѣмъ помѣщая подъ землей проводы токовъ большого напряженія.

«Не существуетъ,» говоритъ Эдисонъ, «никакой изоляціи, при помощи которой можно было бы долгое время удерживать на проводахъ токи высокаго напряженія. При воздушныхъ проводахъ это ведетъ только къ потерѣ электрической энергіи, а при проводахъ подземныхъ мы должны бояться соединенія съ другими проводами, несущими токи другого напряженія, съ металлическими трубами и другими предметами. Водопроводныя и газовыя трубы, телефонные и имъ подобные провода такимъ образомъ могутъ во всякую минуту и совершенно неожиданно стать источниками большой для людей опасности.»

Нельзя, однако, вполнѣ согласиться съ доводами Эдисона. Правда, токи высокаго напряженія представляютъ большую опасность, но изолировка проводовъ подобныхъ перемѣнныхъ токовъ всегда болѣе надежна, чѣмъ проводовъ съ токомъ постояннымъ, ибо въ въ послѣднемъ случаѣ больше шансовъ накопленія электрической энергіи гдѣ-либо въ изолировкѣ и затѣмъ разряда въ близлежащій другой проводникъ или трубу. Кромѣ того надо имѣть въ виду, что постоянный токъ всегда оказываетъ болѣе сильное физіологическое дѣйствіе, чѣмъ токъ перемѣнный.

Опыты Тесла, о которыхъ мы говорили въ своемъ мѣстѣ, открываютъ намъ при томъ уже новые горизонты, и можно думать, что въ будущемъ для передачъ электрической энергіи на разстояніе будутъ примѣняться исключительно токи большого напряженія, но и весьма большого числа перемѣнъ направленія въ секунду, а такіе токи, какъ мы видѣли, никакой опасности для человѣка не представляютъ.

Точно также ошибочно и заключеніе Эдисона объ особой опасности именно подземныхъ проводовъ, но по другимъ соображеніямъ. Не трудно сообразить, гдѣ легче могутъ, оборвавшись, запутавшись и т. д., прійти въ соприкосновеніе электрическіе провода. При подземныхъ проводахъ страшно, понятно, не то самое мѣсто, гдѣ, напр., проводъ тока высокаго напряженія войдетъ въ соприкосновеніе съ проводомъ, скажемъ, хоть телефоннымъ, но страшно то, что съ этимъ телефоннымъ проводомъ затѣмъ въ домѣ или вообще при выходѣ его изъ-подъ земли будутъ обращаться какъ съ проводомъ безопаснымъ. Эту опасность, однако, не трудно устранить, вводя въ провода низкаго напряженія легкоплавкіе предохранители. Какъ только на проводѣ оказывается опасное повышеніе напряженія тока, такой предохранитель плавится и надземная часть провода оказывается изъ цѣпи выключенной. При проводахъ воздушныхъ часто опаснымъ является самое мѣсто соприкосновенія проводовъ низкаго и высокаго напряженія, и здѣсь легкоплавкіе предохранители уже пользы никакой принести не могутъ. Приходится принимать мѣры къ тому, чтобы даже при разрывахъ провода не могли упасть одни на другіе, а, надо сказать по правдѣ, нѣтъ никакой возможности предупредить всѣ могущія быть при этомъ комбинаціи запутыванія.

Въ пользу подземныхъ проводовъ говоритъ и статистика несчастныхъ случаевъ. Въ Америкѣ число убитыхъ электрическимъ токомъ отъ воздушныхъ линій въ годъ составляетъ нѣсколько сотенъ, а объ ожогахъ и случаяхъ съ благополучнымъ исходомъ и говорить нечего.

Въ газетахъ, то и дѣло, приходится читать о сорвавшемся проводѣ, убившемъ лошадь извозчика и прохожаго и т. д., въ то время, какъ изъ несчастныхъ случаевъ съ подземными проводами мы можемъ за все послѣднее время припомнить лишь одинъ, надѣлавшій въ свое время много шума. 23-го ноября 1890 года была на мѣстѣ убита лошадь, наступившая въ Нанси на крышку колодца подземной канализаціи. Разслѣдованіе показало, что здѣсь имѣла мѣсто непростительная небрежность при прокладкѣ проводовъ. Съ крышкой колодца былъ въ соединеніи совершенно голый проводъ съ токомъ въ 2.400 вольтъ. Небрежность и ошибки могутъ быть всегда и страшны не онѣ, а невозможность иногда избѣжать и предупредить несчастіе, а ихъ, повторяемъ, съ воздушными проводами значительно больше, чѣмъ съ подземными.

Подземные провода зато, будучи болѣе безопасными для жизни человѣческой, имѣютъ свои и очень крупные недостатки. Индуктируя токи, а иногда вызывая и явленія электролиза, подземные провода вызываютъ быстрое изнашиваніе водо-и газо-про-

водовъ, и въ этомъ отношеніи необходимо принимать какія-либо мѣры, хотя пока ничего положительнаго и существеннаго для этого еще не выработано.

Каждое государство въ послѣднее время вырабатываетъ, постоянно дополняетъ и измѣняетъ обязательныя постановленія относительно проведенія электрическаго тока, которыми въ большей и меньшей степени гарантируется общественная безопасность. Гораздо труднѣе выработать правила для рабочихъ электротехниковъ, такъ какъ положительно нельзя предусмотрѣть всѣхъ возможныхъ при обращеніи съ динамо-машинами и проводами тока случайностей.

Вотъ, напр., какой комическій случай, могшій, однако, имѣть и весьма печальныя послѣдствія, произошелъ на одной электрической станціи. Рабочій увидалъ, что сильно разгорѣлась и готова вспыхнуть работавшая динамо-машина; не имѣя возможности остановить ее, онъ схватываетъ ведро воды и начинаетъ поливать ее водой. Къ его недоумѣнію, каждый разъ, какъ струя воды изъ ведра попадаетъ на динамо, какая-то невѣдомая сила толкаетъ его настолько сильно, что онъ вмѣстѣ съ ведромъ летитъ на землю. Поднявшись на ноги, снова начинаетъ онъ заливать машину, новый толчокъ, новое паденіе. . Дѣло объясняется здѣсь, конечно, очень просто: струя воды создавала проводникъ, по которому рабочій и получалъ отъ машины разрядъ.

КОНЕЦЪ.

ПОПРАВКИ.

Стр.	*Строка.*	*Напечатано:*	*Слѣдуетъ:*
17	4 снизу	И такъ омъ есть сопротивленіе проводника... току силою въ одинъ амперъ и напряженіемъ въ одинъ вольтъ	И такъ омъ есть сопротивленіе такого проводника току въ одинъ вольтъ напряженія, чтобы сила этого тока стала равной одному амперу.
19	11 »	воды литрами	воды въ секунду литрами
20	6 сверху	Работа или производительность	Производительность
20	10 »	работы тока	производительности тока
20	20 »	сила	работа
21	16 снизу	элемента	цѣпи
33	19 сверху	на кондукторѣ	на проводникѣ
42	18, 19 и 20 снизу	количества	числа
96	Подпись подъ рисунк.	Станція Сименса	Реле Сименса
123	23 снизу	которое какъ бы	которое
170	16 сверху	регуляторъ механическій	регуляторъ ручной
179		Рисунокъ 224-ый напечатанъ перевернутымъ.	
189		» 244-ый » »	
234	8 сверху	катодомъ	анодомъ
—	9 »	катодомъ	анодомъ
244	13 »	при чемъ нагрѣваніе доводятъ только до температуры плавленія свинца	въ отражательныхъ печахъ въ сильно окисляющемъ пламени
—	15 »	GbO	PbO
362	14 »	анода	катода
412	3 и 4 сверху	величина этой послѣдней	величина работы въ цѣпи
428	10 и предыд. ей снизу	Тангенсъ опредѣленнаго угла отклоненія, раздѣленный на силу тока въ амперахъ	Сила тока въ амперахъ, раздѣленная на тангенсъ опредѣленнаго угла отклоненія

ОГЛАВЛЕНІЕ.

	стран.
I. Что такое электричество? Источники его полученія	3
Электрическія машины	6
Электрическая искра	8
Гальваническій элементъ.—Исторія	8
Теорія гальваническаго элемента	11
Разность потенціаловъ	13
Направленіе тока	13
Единица измѣренія разности потенціаловъ, количества электричества и силы тока	14
Сопротивленіе	17
Законъ Ома	18
Работа тока	19
Токъ въ элементѣ и токъ въ проводникѣ	20
Внутреннее сопротивленіе элемента	21
Поляризація	23
Элементъ Грене	24
Элементъ Лекланше	24
Элементъ Бунзена	25
Элементъ Даніэля	25
Элементъ Мейдингера	26
Элементъ Калло	27
Батареи элементовъ	27
Термоэлектрическіе элементы	28
Электромагнетизмъ. Индукція	28
Законъ Ампера	29
Гальванометръ	29
Намагничиваніе желѣза токомъ	30
Возбужденіе электрическаго тока посредствомъ магнита	31
Индукція тока токомъ	32
Электромагнитъ	32
Машины магнито-электрическія. Машина Пиксіи	32
Машина Кларка	33
Машина «Аллiансъ»	35
Магнито-электрическ. машина Грамма	35
Машины динамо-электрическія. Машина Вильда	37
Машины съ самовозбужденіемъ	39
Альтернаторы	40
Обратимость электрическихъ машинъ.—Передача энергіи на разстояніе	41
Вторичные источники тока	42
Трансформаторы	42
Катушка Румкорфа	43
Аккумуляторы	46
Аккумуляторъ Планте	46
Аккумуляторы Фора	47
Недостатки теперешнихъ аккумуляторовъ	48
Гастонъ Планте	49
II. Атмосферное электричество	51
Происхожденіе атмосфернаго электричества	54
Распредѣленіе электричества въ атмосферѣ	54
Образованіе грозовыхъ тучъ	55
Картина грозы	55
Распредѣленіе грозъ	56
Молнія	56
Различныя формы молніи	56
Молнія разлитая	58
Горизонтальная молнія	58
Молнія извилистая	58
Развѣтвленіе молніи	58
Шаровидная молнія	60
Молнія четками	61
Огни св. Эльма	62
Смерчи	63
Торнады и циклоны	65
Сѣверное сіяніе	65
Землетрясенія	66
Послѣдствія грозовыхъ ударовъ	68
Громъ	71
Громоотводы	72
III. Телеграфъ	77
Первыя попытки	77
Воздушный телеграфъ Клода Шаппа	79
Исторія изобрѣтенія электрическаго телеграфа	81
Принципъ устройства электрическаго телеграфа	84
Телеграфъ Витстона и Кука	85
Замѣна обратнаго провода соединеніемъ съ землей	87
Телеграфъ Штейнгеля	88
Изобрѣтеніе Морзе	89
Телеграфъ Брегета	89
Телеграфъ Морзе	91
Релэ	94
Печатающій телеграфъ Юза	97
Пантелеграфъ Казелли	99
Телавтографъ Грея	100
Мультиплексная телеграфія	101
Телеграфы Мейера и Бодо	102
Автоматическое телеграфированіе по системѣ Витстона и Поллака и Вирага	103
Воздушныя телеграфныя линіи	104
Подземныя телеграфныя линіи	105
Подводныя телеграфныя линіи. Кабель	105
Исторія подводнаго телеграфа	105
Французская линія трансатлантическаго телеграфа	107
Аппаратъ для передачи телеграммъ по подводному кабелю	112
Въ телеграфной конторѣ	114
IV. Электрическій телеграфъ безъ проводовъ	115
Діэлектрики	115
Лейденская банка	116

	стран.
Пластинчатый конденсаторъ	117
Электроемкость	117
Электромагнитная теорія свѣта Максвелля	118
Самоиндукція	120
Колебательный разрядъ	122
Резонансъ	123
Интерференція волнъ и стоячія волны.	124
Опыты Герца	124
Трубка Бранли	126
Безпроволочный телеграфъ Ириса	127
Опыты А. С. Попова	128
Телеграфъ Маркони	129
Телеграфъ Попова	134
Безпроволочные телеграфы другихъ системъ	134
Успѣхи, достигнутые безпроволочнымъ телеграфомъ, и его значеніе	134
Безпроволочный земной телеграфъ	138
V. Телефонъ	139
Исторія	139
Телефонъ съ веревкой	141
Электрическій телефонъ	142
Теорія телефона	145
Телефонъ Г. Бэлля въ первоначальной формѣ	146
Телефонъ Бэлля въ окончательномъ видѣ	147
Телефонная трубка съ подковообразными магнитами	148
Микрофонъ	150
Схема устройства телефоннаго соединенія	151
Телефонный аппаратъ Адера	152
Громко говорящіе телефоны	153
Телефонныя станціи	156
Телефоны съ автоматически дѣйствующей центральной станціей.	159
Телефонные провода	162
Одновременное телеграфированіе и телефонированіе	163
Примѣненія телефона къ пожарному дѣлу	164
Безпроволочный телефонъ	165
Телеграфонъ	166
VI. Электрическое освѣщеніе	167
Угли для вольтовой дуги	169
Регуляторы	170
Регуляторъ Фуко	171
Регуляторъ Серрена	171
Регуляторъ Жаспара	172
Лампы съ регуляторомъ въ отвѣтвленіи	173
Дифференціальныя дуговыя лампы	174
Лампа Чиколева	175
Регуляторъ Сименса	175
Лампа Шуккерта (Крижика)	176
Лампа Сименса съ лентой	177
Лампа Гильхера	178
Лампа Жандуса	179
Лампа Анріона	179
Свѣчи Яблочкова	179
Наружный видъ дуговыхъ лампъ	181
Сила свѣта дуговыхъ лампъ	182
Лампы накаливанія	183
Лампы Варлея-Рейнье	184
Томасъ Эдисонъ	184
Лампа накаливанія Эдисона	187
Лампы накаливанія друг. системъ	188
Наружный видъ и арматура лампъ накаливанія	189
Количество тока, потребляемое лампами накаливанія	189
О соединеніи лампъ накаливанія въ общей цѣпи	190
Лампа Нернста	191
О генераторахъ тока для цѣлей электрическаго освѣщенія	192
О примѣненіи электрическаго освѣщенія	193
VII. Электрическая тяга	193
Желѣзныя дороги	193
Трамваи	196
Электрическіе автомобили	218
Электрическія лодки	226
VIII. Электролизъ	230
Законы электролиза	232
Электролизъ съ растворимымъ катодомъ	234
Теорія электрической диссоціаціи	234
Практическое примѣненіе электролиза	236
Гальванопластика. Исторія и общія основанія	236
Источники электричества для гальванопластики	238
Гальваностегія	239
Гальванопластика въ собственномъ смыслѣ этого слова	241
Электротипія. Гальваническія клише.	242
Гравировка и инкрустація	243
Электрометаллургія. Полученіе и очищеніе мѣди	243
Полученіе золота	244
Полученіе серебра	244
Полученіе олова	246
Полученіе алюминія	246
Полученіе алюминіевой бронзы	247
Полученіе магнія	247
Полученіе натрія	248
Электрическія производства	248
IX. Электричество въ военно-морскомъ дѣлѣ	249
Мины	250
Мины неподвижныя	250
Мины подвижныя	253
Минныя суда	253
Шестовыя мины	254
Самодвижущіяся мины	255
Самодвижущіяся управляемыя мины.	257
Подводное плаваніе	258
Историческій очеркъ развитія подводнаго плаванія	258
«Губэ»	260
«Жимнотъ»	263
«Густавъ Зеде	264
«Голландъ»	265
«Аргонавтъ»	267
Электричество на броненосцахъ	269
X. Электричество на маякахъ	271
Исторія маяковъ и основанія ихъ устройства	271

	стран.
Устройство постоянныхъ электрическихъ маяковъ настоящаго времени	273
Плавучіе маяки	275
Свѣтящіеся баканы	276
Буи съ электрическими колоколами	280
XI. Электричество въ арміи	281
Военный телеграфъ	281
Полевой телефонъ	285
Прожекторы	285
Запалы для минъ	287
Взрыватели	290
XII. Электричество на желѣзной дорогѣ	290
Желѣзнодорожный телеграфъ	291
Электрическіе колокола вдоль линіи	292
Блокировочная система	293
Автоматическая блокировка пути	295
Блокировка крупныхъ станцій	298
Электрическій контроль стрѣлокъ	299
Элекрическія стрѣлки	300
Электромагнитный свистокъ	301
Подача сигналовъ съ поѣзда	303
Освѣщеніе поѣздовъ	303
Индикаторъ станцій	305
XIII. Электрическіе часы	305
Электрическіе часы, независимые отъ другихъ и безъ завода	305
Часы съ электрическимъ заводомъ	306
Электрическая передача показаній времени	308
Часы съ электрической провѣркой	310
Оптическіе и звуковые сигналы для провѣрки времени	311
Хронографы	312
Электрическіе контрольные сторожевые аппараты	312
XIV. Электричество въ сельскомъ хозяйствѣ	315
Электродвигатели въ сельскомъ хозяйствѣ	315
Электрическій отдѣлитель отрубей	317
Электрическая стрижка овецъ	317
Электрокультура	318
XV. Электричество въ промышленности и техникѣ	326
A. Химическія производства и металлургія	326
B. Горное дѣло	342
C. Механическія производства	348
XVI. Электричество въ медицинѣ	350
Франклинизація	351
Гальванизація	351
Фарадезація	351
Приборъ Тесла	352
Приборъ д'Арсонваля	353
Свойства токовъ большого числа перемѣнъ	353
Свѣтовыя ванны	356
Освѣщеніе полостей	357
Гальванокаутеръ	357
Извлеченіе пуль	358
Микрофонъ. Индукціонные вѣсы	359
Сфигмографъ	360
Термостатъ Таверные	360
Гейслеровы трубки	360
Катодные лучи и Круксовы трубки	362
Рентгеновскіе лучи, или Х-лучи	364
Радіографія	365
Природа Х-лучей	367
XVII. Электричество въ домашнемъ быту	367
Электрическіе звонки	367
Электрическіе звонки съ индикаторами	372
Предохранители отъ воровъ	373
Предупредители пожаровъ	374
Электрическіе будильники	375
Схемы устройства звонковыхъ цѣпей	377
Индуктивный электрическій звонокъ	379
Электрическое освѣщеніе	379
Электрическое отопленіе	380
Электрическія дрова	381
Электрическіе лифты	385
XVIII. Электричество на сценѣ. Электрическая иллюминація	388
Освѣщеніе сцены	388
Сценическіе свѣтовые эффекты	391
Электромоторы на сценѣ	391
Электричество въ странствующихъ театрахъ и циркахъ	392
Электричество — помощникъ фокусника	393
Свѣтящіеся фонтаны	396
Электрическія рекламы	399
XIX. Различныя примѣненія электричества	401
Ловля рыбы посредствомъ электричества	401
Охота съ помощью электричества	401
Электрическая выѣздка лошадей	402
Казнь посредствомъ электричества	402
Электричество—помощникъ воровъ	404
Различныя примѣненія Х-лучей	104
XX. Электрическія генераторныя станціи	406
Источники механической энергіи генераторныхъ станцій	408
Динамо-машины постояннаго тока	409
Альтернаторы	415
Альтернаторы, дающіе многофазные токи	418
Трансформаторы	421
Регуляторы	124
Выключатели и коммутаторы	425
Предохранители и громоотводы	426
Измѣрительные приборы	426
Электрическіе счетчики	431
Канализація электрической энергіи	433
Трансформація перемѣннаго тока въ постоянный	433
Электродвигатели постояннаго тока	434
Двигатели перемѣннаго тока	436
Двигатели многофазнаго тока	437
Регулированіе электродвигателей	437
Значеніе электродвигателей	438
XXI. Опасность электрическаго тока	438