

Б. Г. Кузнецов

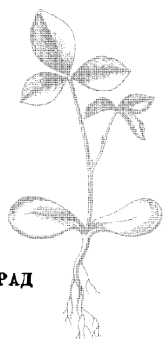
ОЧЕРКИ ПО ИСТОРИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

ОНТИ 1936

Б. КУЗНЕЦОВ

ОЧЕРКИ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

**ОНТИ
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЙ И ЮНОШЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**
МОСКВА 1936 ЛЕНИНГРАД



Редактор *В. Т. Дитякин*. Техн. редактор *О. Залышкина*.
Обложка худ. *М. Кантор*.

Изд. № 2. Индекс НН-6-4. Тираж 25 000. Слано в набор 16/1 1936 г.
Подп. в печ. 14/III 1936 г. Формат бумаги 82×110 . Уч.-авт. л. 6,25. Бум.
лист. $1\frac{9}{16}$. Печ. зп. в бум. листе 146.000. Зак. № 94. Уполном.
Главл. № В 37638. Выход в свет май 1936 г.

З я тип. ОНТИ им. Бухарина. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

Глава I

ПЕРВЫЕ ОТКРЫТИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

*Электричество и превращения энергии. Гильберт. Грей.
Дю-Фэ. Электрические машины и лейденские банки.
Франклин. Атмосферное электричество и громоотвод.*

В своем известном письме Бернштейну Энгельс писал об электричестве:

«Паровая машина научила нас превращать тепло в механическое движение, но использование электричества открывает нам путь к тому, чтобы превращать все виды энергии — теплоту, механическое движение, электричество, магнетизм, свет — одну в другую и обратно и применять их в промышленности».

Однако в ту эпоху, когда были сделаны первые открытия в области электричества, не было еще и паровой машины. Техника XVII в. еще не могла получать механическое движение из теплоты. Для механической работы пользовались механическими силами природы — силой воды и силой ветра. Двигателями мануфактур — первых капиталистических промышленных предприятий — были водяные и ветряные мельницы. Поэтому техника XVII в. стремилась лучше использовать механические силы природы, улучшить работу водяных колес, уменьшить трение и т. д. Но превращений энергии — переходов одной ее формы в другую — техника эпохи мануфактуры не знала.

Это наложило свой отпечаток на первые открытия в области электричества. Они начинаются с XVII в. В это

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч. т. XXVII. Партиздат 1935, стр. 289.

время в результате великих географических открытий, морской торговли и развития мануфактур Европа узнала о множестве новых явлений. Новые факты явились материалом для новой науки. Против средневековой науки, повторявшей писания отцов церкви, выступила наука нового времени, опиравшаяся на наблюдение и опыт.

Одним из первых ученых нового типа был Вильям Гильберт. Он родился в 1544 г. в Англии, был врачом королевы Елизаветы и умер в 1603 г. Гильберт натирал множество различных тел (драгоценные камни, горный хрусталь, стекло) и наблюдал, как эти тела притягивают мелкие соломинки и другие легкие предметы.

Открытие Гильберта и является началом учения об электричестве. Правда, еще в древности греческий философ Фалес писал, что натертый янтарь притягивает легкие тела. Но древние греки считали это исключительным свойством янтара, а сам Фалес даже принимал янтарь за одушевленное существо. Напротив, в своих опытах Гильберт установил, что притяжение вызывается особым состоянием, свойственным многим телам. Причину этого состояния он назвал «электричеством» от греческого слова «электрон» (янтарь).

Опыты Гильберта были описаны им в книге, вышедшей в 1600 г. Таким образом начало учения об электричестве точно совпадает с началом XVII в. В XVII же веке наиболее важные работы в области электричества были проделаны Отто фон-Герике, который вращал на подставках смоляной шар, натирая его рукой. Это и была первая электрическая машина.

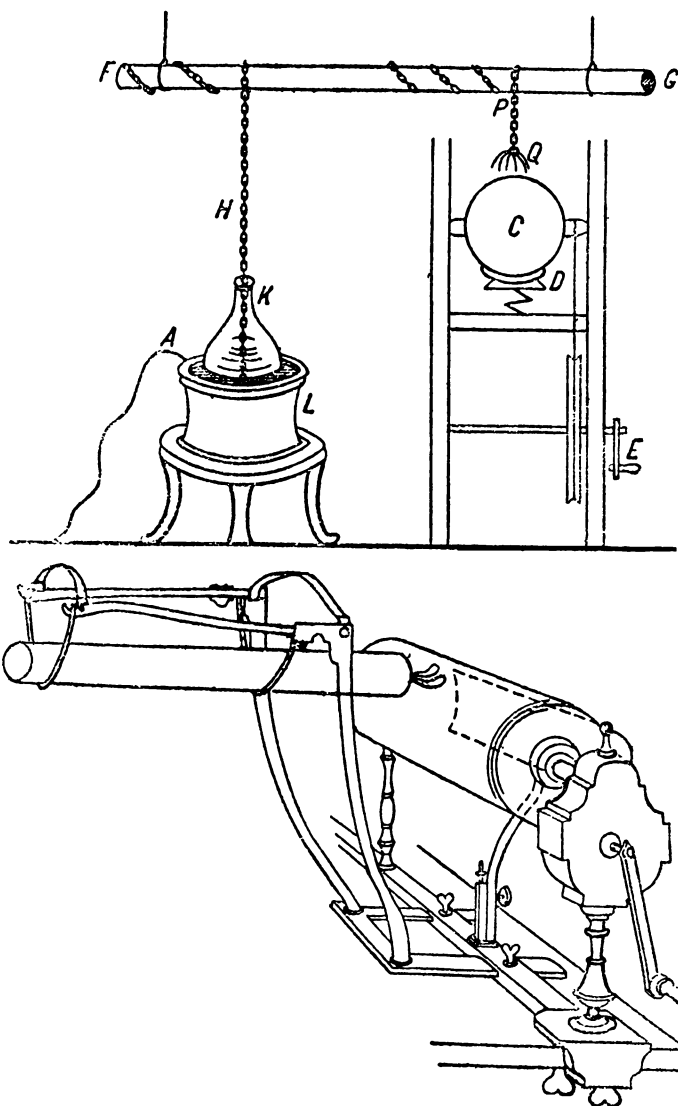
В начале XVIII в. был сделан следующий шаг вперед. Английский физик Стефан Грей попытался увеличить число электризуемых тел. Однако металлы и ряд других тел не обнаруживали никаких электрических свойств, сколько он их ни натирал. Но когда Грей подвесил их на шелковых шнурках, то металлические и т. п. тела удалось наэлектризовать. Поэтому он пришел к заключению, что эти тела в противоположность стеклу, шелку, смоле, янтарю и т. д. проводят электричество, и оно уходит через них в землю.

После того как было открыто движение электрического заряда, обнаружили различие между зарядами и уничто-

жение одного заряда другим. Если наэлектризовать трением стеклянную и смоляную пластинки, то каждая из них будет притягивать легкие тела и таким образом обнаружит электрические свойства, если же прикоснуться одной пластинкой к другой, то заряд исчезает. Эти опыты производил д-р Фэ и он же объяснил взаимное уничтожение зарядов наличием двух противоположных электричеств «смоляного» и «стеклянного». Д-р Фэ установил также, что тела, заряженные разноименным электричеством, притягивают друг друга, а заряженные одноименным — отталкивают. Через пятьдесят лет после него Кулон, пользуясь точными измерительными инструментами, определил силу притяжения и отталкивания наэлектризованных тел: она пропорциональна произведению зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между телами.

В середине же XVIII в. появились приборы, позволившие получать очень сильные электрические заряды. Сначала смоляной шар, которым пользовался Герике, заменили стеклянным. Потом руку, натирающую стеклянный шар, заменили кожаными подушками. Затем стеклянный шар был заменен диском. Диск вращался, терся о подушки, и заряды собирались с диска металлическими проволоками. Почти одновременно была создана «лейденская банка», она употреблялась для накопления зарядов. Противоположные заряды, помещенные на плоских пластинках на небольшом расстоянии, удерживают друг друга и в то же время не уничтожаются, так как между ними находится слой непроводящего вещества. Ватсон в 1845 г. обклеил стеклянную банку снаружи и внутри металлической бумагой и получил две разделенные стеклом обкладки, на которых собирались заряды. До того обкладок у банок не было, а вместо них в нее наливалась вода, а снаружи ее обхватывали рукой.

Фиг. 1. изображает одну из первых электрических машин с лейденской банкой. Это изображение помещено в книге знаменитого математика и физика XVIII в. Эйлера со следующим объяснением: «*C* есть стеклянный шар, приводимый в движение колесом *E* и трущийся о подушку *D*, *Q* изображает пучок металлических нитей, проводящих электричество через металлическую цепочку *P* в железный прут *FG*». Из чертежа видно, что железный прут соединен



Фиг. 1. Электрическая машина и лейденская банка

цепочкой *Н* с лейденской банкой *К*. Заряды собираются внутри банки, а противоположные отводятся в землю из воды, окружающей банку и играющей здесь роль внешней обкладки. Ниже помещено изображение более поздней машины со стеклянным цилиндром.

Подобные машины применялись для того, чтобы изучать и демонстрировать электрические разряды, а некоторые ученые пытались применить их даже для лечения больных.

Иным путем развивалась электрическая техника в Америке. В середине XVIII в. нынешние Соединенные Штаты были колонией Англии. Английское правительство задерживало развитие американской промышленности. Например в 1750 г. оно запретило разработку железной руды в Америке. Американская буржуазия стремилась к независимости и в конце концов добилась ее. Одним из борцов за независимость Америки был *Венъямин Франклин*, который одновременно явился крупнейшим натуралистом и положил начало изучению новых электрических явлений. Ученый и политик, Франклин является любимым героем американской буржуазии, потому что он во всей своей деятельности как политической, так и научной руководствовался ее нуждами и интересами.

Какие же требования могла предъявить к науке молодая американская буржуазия? Стремясь превратить леса, степи, озера и реки нового материка в арену капиталистической наживы, буржуазия звала науку из тесных университетских кабинетов на простор природы.

В учении об электричестве этот переход и был совершен Франклином. Он обратил внимание на сходство молнии с электрической искрой и пришел к выводу, что в основе обоих явлений лежит одна и та же сила. В 1753 г. Франклин во время грозы пустил под облака сделанный им змея. Когда шнурок, на котором держался змей, намок от дождя и начал проводить электричество, Франклин получил от него искры и зарядил лейденскую банку. Еще до этого по указаниям Франклина в Европе пытались получить атмосферное электричество через высокие металлические стержни. 6 августа 1753 г. во время одного из таких опытов погиб в России *Рихман*

Франклин применил на практике добытые им сведения об атмосферном электричестве и изобрел громоотвод, т. е. заостренный стержень, который ставился на крышах домов и защищал их от ударов молнии, отводя ее по проволоке в землю.

Изучение атмосферного электричества привело Франклина к новой теории. Дю-Фэ говорил о двух различных электрических жидкостях. В противоположность этому Франклин утверждал, что существует единая электрическая жидкость. В нормальном количестве она незаметна, но избыток или недостаток ее образует противоположные заряды.

Таким образом на заре капиталистической промышленности появились первые звенья электротехники. Механический характер мануфактурных двигателей, отсутствие энергетических превращений ограничили первоначальную электротехнику и первоначальные представления об электричестве только одной областью явлений. Основные приборы, созданные в XVII—XVIII вв., сводились к электрической машине и лейденской банке. Наряду с ними громоотвод позволил, если не овладеть, то по крайней мере отгородиться от атмосферного электричества. Все это основано на явлениях статического, т. е. неподвижного электричества. Здесь все дело заключается в том, что противоположные электрические заряды отделяются друг от друга трением, обнаруживаются притяжением и отталкиванием, скопляются и, наконец, снова соединяются, образуя искру.

Новая эпоха в истории электричества началась, когда получили возобновляемое и продолжительное движение электричества — электрический ток.

Глава II

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПЕРЕВОРОТ, ЭЛЕКТРО- ХИМИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Промышленный переворот. Химия. Открытие Гальвани. Вольтов столб. Электролиз. Работы Гемфри Дэви. Технический переворот во Франции. Наполеоновские войны и их влияние на развитие науки и техники. Эрстед. Араго. Ампер.

С середины XVIII в. в Англии начинается технический переворот. Возросший рынок требует создания крупного машинного производства. Механические прядильные и ткацкие станки вызывают коренную революцию, результатом которой явилась капиталистическая фабрика.

Какова же была энергетическая техника во время промышленного переворота?

Машины, появившиеся в XVIII в., приводились в движение водяными колесами, поэтому первые фабрики строились у рек. Энергетическая техника оставалась первое время старой, но технический переворот привел в конце концов к новой революции, которая была вызвана паровой машиной. Об этом мы будем говорить дальше, а пока посмотрим, как повлиял промышленный переворот на электрическую технику.

Как было сказано, промышленный переворот заключался в применении механизмов. Основной областью, где они были применены, была английская текстильная промышленность. Опираясь на машины, текстильная промышленность начала быстро развиваться. Ввоз хлопка в Англию в первой половине XVIII в. удвоился, а во второй утроился.

Произведенную ткань нужно было белить и красить.

Для этого требовались серная кислота, сода и хлорная известь в очень больших количествах. В результате этого в Англии возникла химическая технология, а с ней вместе и научная химия.

Какие же явления стояли в центре внимания английских химиков в конце XVIII и начале XIX веков? Это были явления, при которых вещество исчезает, превращается в другое вещество, теряет свои качества и приобретает новые. Это и есть химические явления. Они сопровождаются побочными явлениями — нагреванием, давлением, испарением — физическими процессами; но в это время английских химиков интересовали собственно химические процессы, которые доставляли необходимые вещества химической технологии.

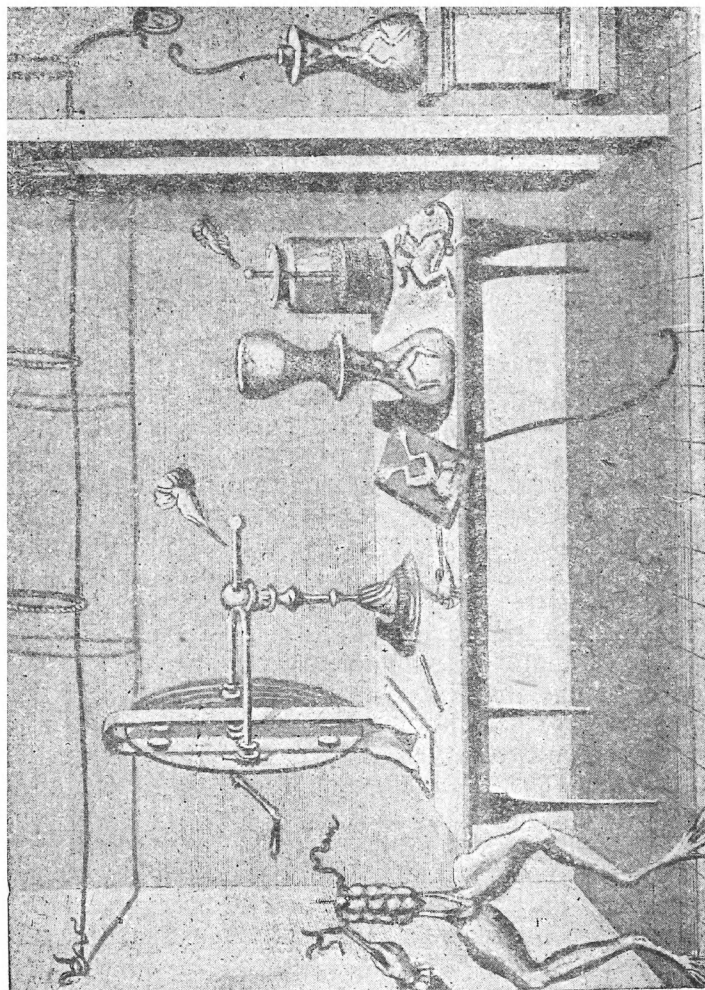
Раньше из химических процессов было широко известно только одно — горение. Это такой процесс, в котором изменяется уже не место определенного тела, как при перемещении, и не состояние какого-нибудь вещества, как при нагревании, а изменяется само вещество, т. е. происходит химическое превращение вещества, исчезновение одного вещества и возникновение другого.

В технике горение применялось главным образом для получения физического действия — тепла, а химическими процессами до промышленного переворота мало интересовались. После переворота положение изменилось. Стали изучать и измерять вещества, возникающие и участвующие в химических процессах. При этом английский химик Дальтон сделал очень серьезное открытие. Наблюдая соединения различных веществ, Дальтон заметил и установил в качестве закона, что вещества соединяются друг с другом в определенных кратных друг другу отношениях. Например, 2 грамма водорода всегда соединяются с 16 граммами кислорода и получается вода. А иногда 2 грамма водорода соединяются с 32 граммами кислорода и тогда получается не вода, а перекись водорода. Как объяснить, что химические вещества всегда соединяются в определенных кратных весовых отношениях? Дальтон предположил (и это предположение впоследствии подтвердилось), что всякое вещество состоит не только из мельчайших молекул, но что каждая молекула в свою очередь состоит из более мелких частиц — атомов. Атомы бывают различ-

ными. Различных атомов столько, сколько простых элементарных веществ, из которых состоят более сложные составные вещества. Эти основные понятия химии потребуются нам для того, чтобы разобраться в новой области электрических явлений — электрохимии, корнями которой явились: во-первых, английская химическая технология конца XVIII и начала XIX вв. и, во-вторых, новый источник электричества, появившийся в самом конце XVIII в. К этому новому источнику мы и перейдем.

В 1786 г. профессор анатомии Болонского университета Луиджи Гальвани, препарируя лягушку, разрезал ее на части и положил на стол. На том же столе стояла электрическая машина, возле которой лежал нож. Этим ножом Гальвани прикоснулся к препарированной лягушке и внезапно мышцы ее сократились и лапки сдвинулись. Опыт был повторен в другой форме — лапки лягушки были привешены просто к железным перилам балкона на медном крючке. Каждый раз, как мышцы лягушки касались балкона, происходило их сокращение. Объясняя это явление, Гальвани утверждал, что причина его лежит в особом электричестве, которое находится в мышцах и нервах животных. Однако эта теория вскоре была опровергнута итальянским физиком Алессандро Вольта. Вольта обратил внимание на то, что в опытах Гальвани проводы состояли из двух металлов. Отсюда он заключил, что электричество возникает при соприкосновении двух металлов. Вольта помещал пластинки из разных металлов в кислоту и таким образом получил источник длительного электрического тока, в котором химическая энергия превращалась в электричество. Такой источник, состоящий из двух металлических пластинок, помещенных в кислоту, был назван гальваническим элементом.

Вольта устроил прибор для получения электрического тока. Прибор этот состоял из медных и цинковых кружков, между которыми были помещены кружки из сукна, смоченного кислотой. Каждая пара (медь, цинк и кислота между ними) представляла собой гальванический элемент и все эти элементы были соединены в батарею, которая имела вид, изображенный на рисунке, и называлась «вольтовым столбом» (фиг. 3). Каждый элемент вызывал движение электричества, и причина этого движения



Фиг. 2. Опыт Гальвани

объяснялась разностью в степени наэлектризованности концов того провода, по которому идет ток, подобно тому, как ток жидкости объясняется разностью уровней. Эти уровни применительно к электричеству были названы потенциалами, а разность их, вызывавшая ток, была названа электродвижущей силой. Каждая пара в вольтовом столбе создавала приблизительно такую электродвижущую силу, которая потом была принята за единицу и названа вольтom.

В чем главное отличие между неподвижным, статическим электричеством электрической машины и подвижным электричеством, электрическим током вольтова столба? В первом случае существующее в телах электричество разделяется на положительные и отрицательные заряды. Во втором случае электричество все время возникает из другой формы движения — из химической энергии — и в цепь поступают все новые и новые количества электричества с тем, чтобы превратиться в тепло или же обратно в химическую энергию.

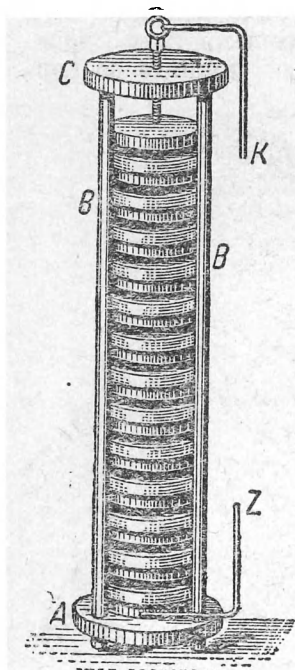


ВОЛЬТА

Это обратное превращение было открыто сразу же после изобретения вольтова столба. В Англии заинтересовались работами Вольта больше, чем на родине. Сообщение об этих работах было опубликовано в Англии в 1800 г. В том же году англичане Никольсон и Карлейль опустили концы проволоки вольтова столба в соленую воду и заметили поднимавшиеся с этих концов пузырьки. Это были водород и кислород. Вода разделялась на свои составные части. Так был открыт электролиз воды.

Работы Никольсона были продолжены основателем электрохимии, великим английским химиком и физиком Гемфри Дэви. Дэви еще в ранней молодости, когда

он был учеником аптекаря и хирурга в маленьком провинциальном городе Пензенс, изучал работы Вольты и Никольсона. Он усиленно интересовался промышленной техникой и решил применить новый источник электричества — вольтов столб — к тем химическим вопросам, кото-



Фиг. 3. Вольтов столб.

рыми в это время особенно интересовалась английская промышленная буржуазия. Он работал над щелочами и путем электролиза разложил их. Затем при помощи электролиза он получил хлор и другие вещества в чистом виде.

Учеником Дэви был Михаил Фарадей, который поднял учение об электричестве на новую ступень и внес в него больше, чем кто бы то ни было.

Итак, в Англии промышленный переворот вызвал к жизни электрохимию. Как же он повлиял на электрическую технику в других странах?

Когда в Англии промышленный переворот уже шел полным ходом, Франция только подходила к нему. В конце XVIII в. в промышленных центрах Франции производство находилось в руках крупных капиталистов — владельцев мануфактур.

Некоторые из них ввозили из Англии машины и мастеров. Но промышленная буржуазия была окружена враждебными феодальными силами. Страна была опутана феодальными поборами. Эта феодальная эксплуатация мешала капиталистической эксплуатации.

Второй враг французской промышленной буржуазии находился за морем — это была мощная английская промышленность, с которой Франция не могла соперничать.

Французская буржуазия в эпоху революции расчистила себе дорогу от феодальных пережитков, а долгие наполео-

новские войны должны были вырвать европейский рынок у англичан.

Таким образом исторический фон промышленного переворота во Франции был другим, чем в Англии. влияние его на электрическую технику также было различно. В Англии решающую роль сыграли большие масштабы машинной текстильной индустрии и химическая технология. Во Франции же колоссальное значение приобрели войны, которые сопровождали промышленный переворот и наложили свой отпечаток на развитие науки и техники.

Для военной техники, особенно для артиллерии, инженерного дела геодезии, особое значение имели количественные измерения. Поэтому во Франции в начале XIX в. особенно сильно развились математика и измерительная техника. Это повлияло на развитие электротехники и учения об электричестве. Франция в начале XIX в. дала



дэви

блестящую группу крупных ученых, которые применили математические приемы и точные измерения к новым явлениям. Новые явления заключались в связи электричества с магнетизмом. В 1820 г. датский физик Эрстед заметил, что небольшая магнитная стрелка, посаженная на острие, поворачивается в сторону, когда вблизи проходит гальванический ток. Это открытие было разработано рядом французских физиков. Био и Сафар вы-

числили, с какой силой действует ток на магнитную стрелку. Вслед за этим французский ученый Араго сделал ряд новых открытий.

На примере Араго ясно видна связь военных задач, изобретательной техники и учения об электричестве в начале XIX в. Очень интересна его биография. Араго был историком науки и техники, математиком, астрономом, географом, химиком и физи-



АМПЕР.

ком и выдающимся буржуазным политическим деятелем. Девятнадцати лет от роду он участвовал в измерении меридиана и совместно с Био работал на одном из островов Средиземного моря. В это время вспыхнуло восстание испанцев против Наполеона. Восставшие захватили Араго и посадили его в крепость. Он бежал, но потерпел кораблекрушение и попал в рабство в Алжир. Освободившись, он отправился на родину, едва спасшись у берегов Франции от погони английского фрегата.

Наполеон назначил Араго профессором Политехнической школы.

Араго своими опытами обнаружил, что железо намагничивается вблизи тока. Таким образом он открыл электромагнит.

Еще дальше пошел Ампер. Он заметил, что металлический гибкий проводник отклоняется в сторону, если его поместить возле магнита. Ампер наблюдал также, что два проводника действуют друг на друга, когда по ним течет ток. Он вычислил влияние тока на движение проводников

И создал электродинамику — точную математическую теорию электрических и магнитных явлений.

Таково было влияние первой промышленной революции на учение об электричестве. В Англии Дэви показал связь электричества с химией. Во Франции Ампер всесторонне изучил связь электричества с перемещением масс. Оставалось показать, что и химическое движение, и перемещение масс, и теплота, и свет переходят друг в друга, причем электричество является самым гибким звеном таких переходов. Это сделал Фарадей. Но раньше сама техника показала переходы энергии из одного вида в другой. Это было достигнуто в паровой машине.

Глава III

РЕВОЛЮЦИЯ, ПРОИЗВЕДЕННАЯ ПАРОМ, И УЧЕНИЕ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ

Теплота. Тепловые машины XVIII в. Парен. Северн. Ньюкомб. Конденсатор Уатта. Ветряная машина Уатта. Паровая машина и капиталистическая эксплуатация. Паровая машина и наука. Термодинамика. Принцип единства энергии и Михаил Фарадей. Законы электролиза. Магнитное поле. Открытие электромагнитной индукции.

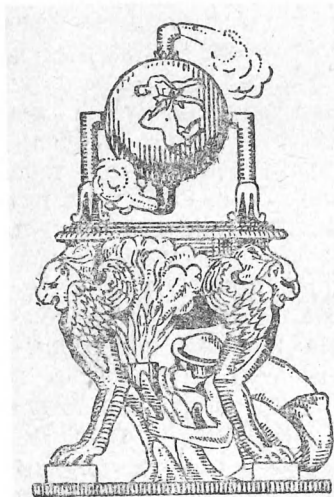
Промышленный переворот XVIII в. был завершен паровой машиной. Вслед за механическим движением техника овладела молекулярным движением — теплотой. С некоторой натяжкой и меткостью можно назвать «тепловыми машинами». В самом деле, ведь причиной ветра является разница в температуре — «температурный перепад» между двумя пунктами. Благодаря различному нагреванию воздуха создается разное давление и передвигается его из одного места в другое. По пути ветер давит на лопасти ветряного двигателя. Но с таким же основанием можно назвать и водяные двигатели тепловыми машинами. Ведь теплота солнечных лучей, именно она, поднимает испаряющуюся воду, переносит ее вверх, к истокам рек и создает разность уровней, а следовательно, энергию потока, движущего водяные колеса. Но — это натяжка. В действительных тепловых машинах техника имеет дело непосредственно с самой теплотой, а не с теплотой, уже самой природой превращенной в механическую энергию воды или воздуха. Общим источником энергии является солнце. Его лучи вызывают ветер, создают напор воды, они же в свое

время отдали свою энергию растениям, накопившим и сохранившим ее в виде запасов леса, торфа и угля. Но в то время как водяные и ветряные колеса просто накладывают узду на механические процессы природы, тепловая техника поступает иначе. Она выходит за рамки механического движения, она использует запасы топлива, превращая их накопленную энергию в теплоту.

Что же такое теплота? Это другая форма движения, более сложная, чем перемещение. В ряде случаев мы наблюдаем кажущееся прекращение механического движения. Это бывает, например, при соприкосновении движущихся тел, трении их друг о друга или ударе. На самом деле здесь механическое движение переходит в теплоту. Трение и удар вызывают нагревание соприкасающихся тел. Физическая природа теплоты состоит в том, что в нагретом теле частички, из которых состоит вещество, т. е. молекулы, находятся в беспорядочном и быстром движении, причем чем выше температура данного тела, тем с большей быстротой происходит это движение. Когда тело нагревается, то молекулы, из которых состоит его вещество, начинают все быстрее и быстрее двигаться. Постепенно их движение разрывает те связи, которые соединяют молекулы вещества в тело, обладающее определенным объемом и формой. Тело теряет определенную форму. Оно перестает быть твердым, превращается в жидкое, т. е. плавится. Если мы будем дальше нагревать тело, то частички вещества будут приходить в еще более быстрое движение и в конце концов это движение разорвет те связи, которые удерживают частички в сравнительно близком расстоянии одна от другой. Тело потеряет не только форму, но и объем, жидкость превратится в газ. Частички того вещества, из которого состоит тело, будут стремиться оторваться одна от другой. В своем беспорядочном движении они будут стремиться занять все больший объем. Газ будет давить на стенки того сосуда, в который он заключен. Это давление может поднять крышку сосуда, поршень в цилиндре и таким образом теплота перейдет в механическую работу.

Преобразование тепловой энергии в механическую, т. е. превращение беспорядочного движения частиц, из которых состоит вещество, в перемещение тяжелых масс, и лежит в

основе паровой машины и паровой техники. В паровой машине источником теплоты является топливо, сжигаемое в топке. Теплота, полученная в топке, нагревает воду, вода превращается в пар, пар нагревается все больше и больше, и движение частичек, из которых он состоит, проявляется в давлении, которое пар оказывает на стенки котла. Пар отводится по трубопроводам в цилиндр паровой машины и поочередно давит то на одну, то на другую сторону



Фиг. 4. Вращающийся шар
Герона

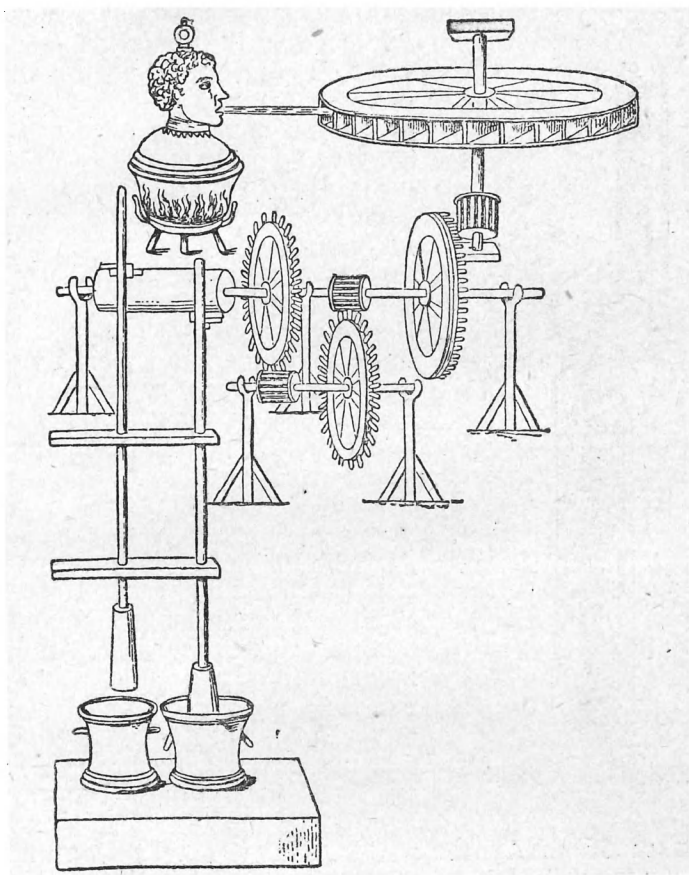
движущегося в цилиндре поршня. Поступательно-возвратное движение поршня передается валу, и в результате мы видим, как тепловая энергия превратилась в механическое движение и выполняет механическую работу. История сохранила описания и рисунки нескольких игрушек, относящихся к докапиталистической эпохе.

Живший в Александрии во втором веке до нашей эры грек Герон описал следующую машину. Полый шар помещен над огнем. В нем находится горячий пар, который выходит через две изогнутые трубочки. Выходя, он своим давлением отталкивает трубочки назад, и шар вращается (фиг. 4).

В эпоху мануфактур, в XVII в., итальянец Бранка изобразил на рисунке (фиг. 5) паровой двигатель, где пар уже не находится во вращающейся части машины, а выходит тонкой струей из специального котла. Бранка снабдил этот котел металлической головой человека, как бы дующего на колесо. Пар выходит изо рта человека и ударяет в небольшие лопасти вертящегося благодаря этому колеса. Эта форма очень ярко свидетельствует о тех мельничных образах, которые вдохновляли конструкторов XVII в.

В машине Бранка пар непосредственно давит на вращающуюся часть двигателя. Этот принцип сейчас осуществлен

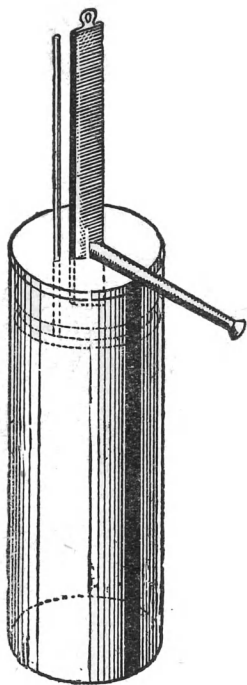
в паровых турбинах. Другая группа современных двигателей — двигатели внутреннего сгорания — также имеет предков в XVII в.



Фиг. 5. Изображение парового двигателя в книге Бранка

И в XVII в. и раньше широко применялись приборы, которые можно назвать двигателями внутреннего сгорания. Это — огнестрельное оружие. В пушке сгорающий порох

образует газы, которые давят на снаряд и с силой выталкивают его. Но это не производственная, а военная техника, здесь поршень — снаряд — вылетает из жерла навсегда. В 1673 г. Христиан Гюйгенс предложил устроить двигатель по этому принципу. Он изобрел пороховую



Фиг. 6. Машина Папена

машину. В цилиндре сгорал порох, он поднимал вверх поршень, а после взрыва атмосферное давление возвращало поршень назад. Эти опыты продолжил Денис Папен. По совету немецкого философа Лейбница, Папен применил цилиндр и поршень для того, чтобы использовать силу пара, и изобрел таким образом паровую машину. Папен разделил топку, где сгорало топливо, и котел, где водяной пар увеличивал свое давление при нагревании и уменьшал при охлаждении. При этом машина приобрела следующий вид.

В железный цилиндр, в котором двигался поршень, наливалась вода. Затем цилиндр нагревался, и пар подымал поршень. После этого огонь убирали из-под цилиндра и поливали цилиндр водой. Пар охлаждался, его давление в цилиндре падало, и атмосферное давление опускало поршень вниз. Можно себе представить «быстроходность» этой машины. Когда Папен раздувал огонь мехами и машина рабо-

тала особенно быстро, она делала одно движение в минуту. Кроме того, она пожирала массу топлива. При каждом движении нужно было снова разогревать цилиндр. Причиной всего этого было объединение котла и цилиндра. Папен разделил топку и котел, котел больше не служил топкой, как это было в пороховой машине. Но котел служил цилиндром, и этих двух функций Папен не разделил между обособленными частями машины. Между тем, если

посмотреть на современную паровую машину, то станет ясным, что работа в котле, т. е. превращение воды в пар, должно быть непрерывной, а работа в цилиндре, т. е. движение поршня, по необходимости должна менять свое направление. Папен производил эти перемены, чередуя нагревание цилиндра и охлаждение его. Это вызывало излишние потери тепла и приводило к черепашьему темпу работы. Цилиндр с поршнем, в котором работал пар, отличался от паровой машины необходимостью чередующегося разогревания и охлаждения. Поэтому отказ от пороха, обособление топки, словом, переход к пару, требовал второго шага — обособления котла, работа которого не прекращалась бы после каждого движения машины. Такой котел существовал в паровом насосе Севери.

Капитан английского флота Томас Севери был одним из многочисленных практиков-изобретателей XVII—XVIII вв. Первоначально он пытался ввести некоторые усовершенствования в английский флот и обратился к королю. Но время просвещенного абсолютизма миновало. Бюрократическая государственная машина захватила Севери своими зубцами и долго трепала его по адмиралтейским присутствиям, канцеляриям лордов, по всем извилинам английской государственности, пережившей правнуков Севери и описанной в XIX в. Диккенсом. В конце концов Севери предпочел отдать свои силы потребностям молодой промышленной буржуазии. Здесь не пришлось долго выбирать. Промышленность требовала большого и мощного насоса для откачки воды из шахт. Таким насосом и была паровая машина, изобретенная Севери.

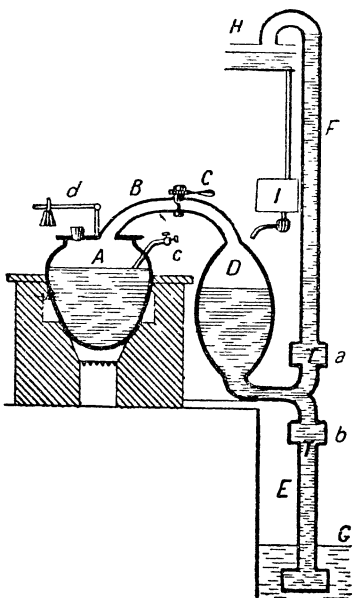
Машина была сравнительно простой. В медном котле *A* (фиг. 7) получался пар, который по трубе, через кран *C*, попадал в сосуд *D*. Когда сосуд наполнен паром, его стенки охлаждаются холодной водой. Происходит конденсация пара. Это значит, что пар охлаждается и давление его резко падает. Оно становится меньше, чем давление атмосферы, и последнее гонит воду вверх по трубе *E*, через кран *b* в сосуд *D*. Затем кран *b* закрывается и открываются краны *C* и *и*. Пар выталкивает воду из сосуда *D* по трубе вверх. Такова схема насоса Севери. Сравнивая ее с законченной паровой машиной, мы увидим отсутствие

поршня и вообще движущихся частей. Здесь вода движется непосредственно давлением пара и атмосферы.

Машина Севери работала плохо. Пар, соприкасаясь с водой в трубах, охлаждался без пользы, сосуд, в котором он конденсировался, приходилось каждую минуту разогревать. В общем энергия растрачивалась через массу прорех.

Там, где этот насос применялся для фонтанов — в замках королей и помещиков, — т. е. там, где машина не играла хозяйственной роли, с этим не считались. Но владельцы копей учитывали каждый кусок бесполезно сожженного угля. Кроме того, машина Севери не могла поднимать воду из глубоких шахт. Шахтовладельцы требовали лучшей машины. Такой оказалась машина Ньюкомена.

Ньюкомен создал машину, которая получила широкое применение и в Англии и на континенте. На фиг. 8 изображена схема этой машины. В центре находится большое деревянное коромысло — баланси́р. С одной стороны к нему привешен поршень *B*, с другой — противовес *K*. Из котла *A* пар проникал в цилиндр и наполнял его, пока

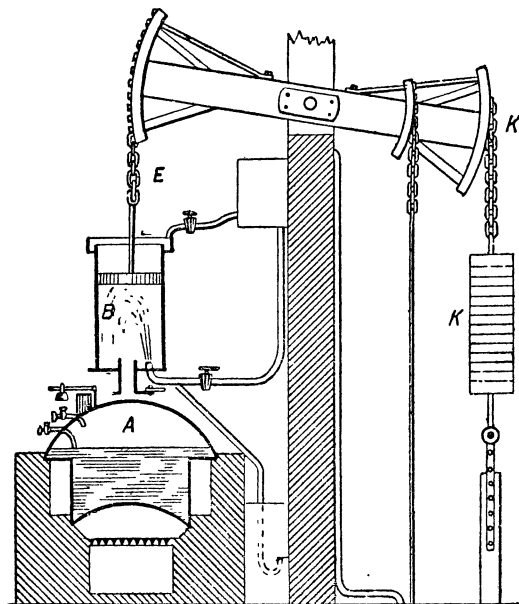


Фиг. 7. Машина Севери

поршень поднимался. (Этот момент и показан на рисунке). Когда поршень наверху, пар перестает поступать в цилиндр, одновременно открывается кран *E*, и в цилиндр врывается струя холодной воды. Эта струя конденсирует пар, давление падает и тяжесть атмосферы немедленно опускает поршень вниз.

Ньюкомен обособил цилиндр и котел друг от друга. Цилиндр перестали нагревать. Но вторая часть процесса — охлаждение, конденсация пара — попрежнему производи-

лась в цилиндре. Наконец Уатт отделил конденсатор от цилиндра, т. е. устроил особый холодильник, куда пар падал из цилиндра и где он охлаждался и конденсировался. Этим Уатт завершил ту линию в развитии паровой техники, которая пробивала себе дорогу в работах Севери, Папена и Ньюкомена.



Фиг. 8. Машина Ньюкомена

Конденсатор состоял из трубок, помещенных в холодную воду. По трубкам шел пар, который охлаждался, отдавая свою теплоту холодной воде. Воду все время меняли насосом. Это было величайшим изобретением. Отныне не нужно было охлаждать цилиндр. Уатт завершил работу конструкторов XVII и начала XVIII вв. Паровая машина получила три обособленные части: котел, цилиндр и конденсатор.

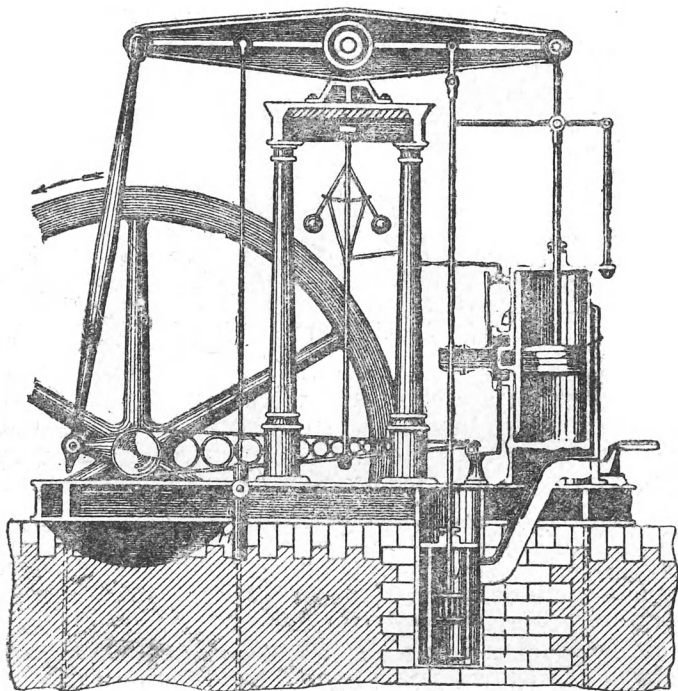
Конденсатор был заключительной главой в истории машины для горной промышленности. Уатт назвал свою машину усовершенствованной машиной Ньюкомена.

Действительно, это была машина, в которой полностью были завершены принципы, обеспечивающие применение машины Ньюкомена на рудниках. Но последующие изобретения Уатта создали паровую машину для всех отраслей капиталистической промышленности. Если для насоса достаточны периодические взмахи балансира, то для универсальной машины нужна непрерывная работа. Прежде всего нужно было устранить те перерывы в работе пара, в продолжение которых он переставал давить на поршень, уступая свою роль атмосферному давлению. Уатт устроил систему клапанов, которые выпускали пар попеременно то в один конец цилиндра, то в другой. Таким образом пар работал с двух сторон поршня и толкал его попеременно в одну и в другую сторону. Такая машина называется машиной двойного действия (фиг. 9). Она была универсальным двигателем и распространилась во всех отраслях капиталистического производства.

Опираясь на пар, машины захватили все области производства. Они принесли с собой новые формы тяжелой эксплуатации, новые источники нищеты и физического изнурения рабочих. В «Капитале» Маркса и в «Положении рабочего класса в Англии» Энгельса нарисована яркая картина тех бедствий, которые вызвало капиталистическое применение машин. Машина все больше подчиняла рабочего капиталистическому режиму. Щупальцы эксплуатации охватывали рабочие семьи. Не только взрослые, но и дети работали на заводах. Если в древности детей бросали в раскаленное чрево металлической статуи бога Молоха, то капитализм сделал такие жертвы повсеместными и повседневными. Тысячи детей гибли от изнурительного труда у раскаленных топок на заводах, в глубоких шахтах, в душных корпусах текстильных фабрик. В Манчестере, самом промышленном городе Англии, из ста родившихся двадцать шесть умирало, не достигши года, благодаря тому, что матери, работая на заводах по 18 часов, не кормили детей и отравляли их препаратами опиума. А выжившие с семилетнего возраста попадали на фабрики, и никто не считал, сколько их было убито непосредственно капиталистической эксплуатацией.

Машина не только подчинила капиталу рабочую семью, она отняла у рабочего самый незначительный досуг.

Каждая минута, в продолжение которой рабочий не производил прибавочной стоимости, приводила капиталиста в ярость. Маркс приводит слова английского фабриканта Ашворта: «Когда земледелец бросает заступ, он делает бесполезным на это время капитал в 18 пенни. Когда один из наших людей (т. е. из фабричных рабочих) оставляет фаб-



Фиг. 9 Машина двойного действия Уатта

рику, он делает бесполезным капитал, который стоил 100 000 ф. ст.». Поэтому машина, которая, казалось бы, должна сократить и облегчить человеческий труд, примененная в буржуазном обществе, довела его до 18 часов в сутки.

Паровая техника была орудием закабаления рабочих. Она помогала подчинить их режиму бесчеловечной экспло-

атации. Рабочий превращается в придаток машины, машина становится символом и орудием капиталистической эксплуатации, а центральный двигатель становится механическим повелителем сотен рабов. Этот двигатель диктует рабочим темп труда, он не допускает ни малейшего своеволия, ни малейшего отклонения от ритма исполнительных механизмов, соединенных с ним трансмиссиями. Защитник капитализма и капиталистической фабрики, певец эксплуататорского строя Юр пишет: «В этих огромных мастерских благодетельная сила пара собирает вокруг себя мириады своих подданных». Но «благодетельной» эта сила была для капиталиста. Для рабочего она была источником закабаления. Маркс говорит о тяжелом бессодержательном, однообразном и мучительном труде у машин, подчинивших себе рабочих, и цитирует при этом Энгельса:

«В мануфактуре и ремесле рабочий заставляет орудие служить себе, на фабрике он служит машине. Там движение орудия труда исходит от него, здесь он должен следовать за его движением. В мануфактуре рабочие образуют члены одного живого механизма. На фабрике мертвый механизм существует независимо от них, и они присоединены к нему как живые придатки. Унылое однообразие бесконечной муки труда, постоянно все снова и снова выполняющего один и тот же механический процесс, похоже на работу Сизифа: тяжесть труда, подобно скале, все снова и снова падает на истомленных рабочих». «Машинный труд, — продолжает Маркс, — до крайности захватывая нервную систему, подавляет многостороннюю игру мускулов и отнимает у человека всякую возможность свободной физической и духовной деятельности. Даже облегчение труда становится источником пытки, потому что машина не рабочего освобождает от труда, а его труд от всякого содержания. Всякому капиталистическому производству, поскольку оно есть не только процесс труда, но в то же время и процесс увеличения стоимости капитала, общее то обстоятельство, что не рабочий применяет условия труда, а, наоборот, условия труда применяют рабочего, но только с развитием машины это превратное отношение получает технически осязательную реальность. Благодаря своему превращению в автомат средство труда во время самого процесса труда противостоит рабочему, как капитал, как

мертвый труд, который подчиняет себе живую рабочую силу и высасывает ее»¹.

Рабочие боролись против наступавшей волны эксплуатации, изнурения и нищеты. Сначала они разрушали машины, но, убедившись, что врагами являются не машины, а хозяева, перешли к стачкам. Капиталисты обратились к науке и технике. Техника предоставляла капиталистам новые средства для порабощения труда. Таким образом классовая борьба толкала вперед распространение паровой техники.

Как повлияла паровая техника на естествознание и в частности на учение об электричестве? Революция, произведенная паром, внесла в науку представление об энергетических переходах. В 20 годах XIX в. Сади Карно дал теорию паровой машины. Его книга называлась «Рассуждение о движущей силе огня» и рассматривала теплоту как причину механического движения. Создалась наука о превращении теплоты в механическую работу — термодинамика. Первый закон этой науки, установленный Робертом Майером, говорит, что теплота переходит в механическую работу. Второй закон указывает, что теплота переходит от более нагретого тела к менее нагретому, а обратно переходить не может.

С переходом к использованию молекулярного движения наука пришла к закону сохранения энергии, т. е. представлению о единстве сил природы и переходе одной в другую и сохранении количества энергии при этих переходах.

Михаил Фарадей ввел принцип единства сил природы или вернее — единства форм движения в учение об электричестве. Остановимся на его биографии.

Фарадей родился 22 сентября 1791 года в семье лондонского кузнеца. Это была рабочая семья, где один сын по примеру отца стал кузнецом, а другой — Михаил, слабого здоровья, стал переплетчиком. Фарадей долго работал переплетчиком и усердно читал переплетаемые книги. Но рабочему подростку были чужды не только метафизические измышления XVIII в., но и математические выкладки современников. Зато он жадно вчитывался в описание опытов, и практическая сметка молодого рабочего помогла ему воспроизвести некоторые опыты. Потом Фарадей начал

¹ Капитал, т. I, изд. VIII, 1931 г., стр. 323—324.

посещать публичные лекции, и, наконец, прослушал курс лекций Гемфри Дэви. Впоследствии он обратился к президенту Королевского общества Бэнксу с просьбой дать ему место в лаборатории. Но эта просьба осталась без ответа. Наконец, Дэви понадобился помощник, и он взял на эту работу Фарадея. Начался долгий период работы Фарадея в Королевском институте. Сначала под руководством Дэви,



ФАРАДЕЙ

потом самостоятельно Фарадей произвел громадное количество опытов. Он аккуратно записывал их и потом переплетал тетрадки с записями. Таким образом получились громадные «Экспериментальные исследования по электричеству». Они содержат колоссальное количество открытий и новых теорий. Мы остановимся только на двух.

Ряд основных открытий Фарадея связан с электролизом. Фарадей повторил опыты Никольсона и Дэви и ввел названия, которые употребляются поныне. Он на-

звал раствор, через который проходит ток электролитом, провод с положительным зарядом — анодом и провод с отрицательным зарядом — катодом. Первый закон электролиза, установленный Фарадеем, говорит о том, что количество вещества, выделившегося из электролита при прохождении известного количества электричества, всегда постоянно. Второй закон связывает это количество с химическим эквивалентом каждого вещества. Эти законы являются основой всего дальнейшего развития электрохимии.

Фарадей своими законами электролиза связал химические процессы с электричеством и этим предвосхитил новейшее естествознание, вскрывшее электрическую природу атомных процессов, рассматривающее атомное движение как результат движения электронов. Фарадей же был про-

возвѣстникомъ новейшихъ достижений науки, вскрывшихъ электрическую природу механическаго движенія и связавшихъ съ электричествомъ взаимодействие перемещающихся массъ. Это взаимодействие заключается во взаимномъ притягиваніи или отталкиваніи. Связь притяженія и отталкиванія массъ съ электричествомъ была выяснена при изученіи магнетизма.

Металлическій предметъ, помещенный въ пространство, окружающее магнитъ, такъ называемое магнитное поле, движется въ определенномъ направленіи, по определенной линіи къ магниту или, наоборотъ, отталкивается отъ него. Въ магнитномъ поле сосредоточены силы, имѣющіе определенное направленіе, по которому продвигаются тела, попавшіе въ магнитное поле. Те линіи, по которымъ направлены магнитныя силы, называются магнитными силовыми линіями.

Фарадей былъ убежденъ въ физической реальности этихъ магнитныхъ линій. Онъ утверждалъ, что эти магнитныя линіи реально существуютъ, что магнитная сила передается черезъ реальную физическую среду, окружающую магнитъ. Изъ воззрѣній Фарадея вытекало, что это не пустое пространство, въ которомъ происходятъ магнитныя явленія, а реальная физическая среда, состояніе которой вызываетъ эти магнитныя явленія. Эти воззрѣнія кореннымъ образомъ противоречили установленному въ то время въ науку принципу дальнѣйшаго действия, который приписываетъ теламъ способность дѣйствовать другъ на друга при отсутствіи всякой реальной среды между ними. Фарадей боролся съ принципомъ дальнѣйшаго действия и разработалъ теорію поля. Согласно этой теоріи силовыя линіи являются упругими. Они похожи на натянутыя резиновыя трубки, въ то же время они давятъ одна на другую и отталкиваются одна отъ другой. Эта теорія объяснила расположеніе силовыхъ линій въ магнитномъ поле. Совершенно ясно, что такая теорія могла появиться въ ту эпоху, когда техника широко пользовалась упругими силами и въ особенности — упругостью пара. Сейчасъ нельзя объяснить все электрическія и магнитныя явленія упругими натяженіями. Но мысль о действительномъ существованіи реальной среды, въ которой проходятъ электромагнитныя явленія, цѣликомъ сохранила свое значеніе.

Фарадею принадлежитъ величайшее открытіе въ области

электричества и магнетизма. 23 сентября 1831 года он открыл электромагнитную индукцию. Фарадей помещал на небольшом расстоянии друг от друга два проводника, навитые на общий сердечник. Один из проводников был соединен с источником электрической энергии и по нему пробегал ток. Другой проводник был соединен с измерительным прибором. Фарадей пропускал ток через первый проводник, замыкая и размыкая электрическую цепь. При этом оказалось, что пока ток пробегал по первому проводнику, во втором проводнике никаких явлений не возникало. Но каждый раз, когда цепь первого проводника замыкалась или размыкалась, через второй проводник пробегал ток. Таким образом ток во втором проводнике вызывался не наличием тока в первом проводнике, а возникновением или исчезновением этого тока. Вторичный ток, появляющийся благодаря появлению или прекращению тока в первом проводнике, был назван индуктированным током, а само это явление получило название электромагнитной индукции. Фарадей объяснял возникновение индуктированного тока в проводнике изменением магнитного поля вокруг проводника. Действительно, индуктированный ток возникает, когда вокруг неподвижного проводника изменяется магнитное поле другого проводника и тогда, когда проводник движется в магнитном поле, перерезая при этом силовые линии.

На основе открытия Фарадея устроен генератор электрического тока. Генератор вращением проводника в поле электромагнита возбуждает электрический ток, который может передавать на расстояние затраченную в генераторе энергию. В свою очередь, если пропускать электрический ток через проводник, помещенный в магнитное поле, этот проводник начнет двигаться: на основе этого устроен электрический двигатель. Каждый генератор может служить электрическим двигателем. Затрачивая здесь механическую энергию, мы получаем в результате электрический ток. Наоборот, если мы будем доставлять сюда ток из другого источника, то мы получим механическую работу. Сам Фарадей построил множество разнообразных моделей генераторов и двигателей. Однако промышленность воспользовалась ими гораздо позже.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА В ЭПОХУ ПАРА

Электрический телеграф. Гальванические элементы. Аккумуляторы. Изоляция. Освещение. Первые генераторы. Уайльд. Принцип самовозбуждения. Кольцо Пачинотти-Гримма. Электротехническая промышленность. Электрические двигатели. Обратимость. Передача Марселя Депре. Передача Фонтена. Маркс и Энгельс о первой электропередаче. Теория электричества.

В продолжение первых трех четвертей XIX в. паровая машина господствовала в производстве. Где же в это время применялось электричество? В промышленности электротехнике еще не было места, и электричество сначала было применено в области связи, для телеграфа.

На какие открытия опирался электромагнитный телеграф? На открытия предшественников Фарадея. Первые аппараты были основаны на открытиях Эрстеда, Араго и Ампера. До этих открытий господствовал оптический телеграф, т. е. такая передача известий, когда на каждом пункте видят сигналы предыдущего (например разные комбинации подвижных досок на высокой мачте) и передают эти сигналы следующему пункту. Особенное значение такой телеграф имел для капиталистической биржи, которая быстро узнавала об изменениях цен, урожаях, банкротствах, займах и т. д., а также для капиталистических войн. Большое впечатление произвел следующий случай: в 1809 году австрийцы напали на Баварию, где хозяйничали ставленники Наполеона, и выгнали их. Известие пришло в Париж по оптическому телеграфу. Наполеон бросился на помощь своим союзникам, и через две недели Бавария была очищена

от австрийцев. Наполеоновские войны, интерес широких кругов буржуазии, финансирование опытов — все это толкало к изобретениям в области телеграфа. Многие предлагали воспользоваться электричеством для передачи известий, но они не знали об электромагнитных явлениях и хотели обнаруживать электрические сигналы химическим действием тока, искрами и т. п.

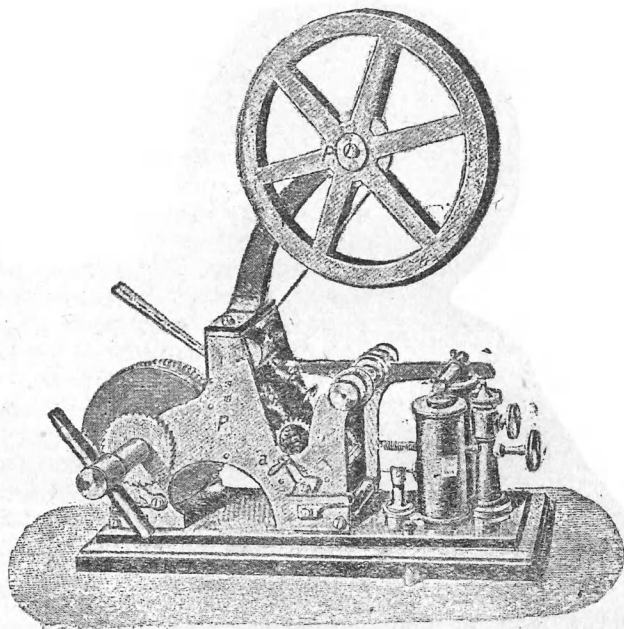
После того как Эрстед открыл действие тока на магнитную стрелку, был сконструирован м у л ь т и п л и к а т о р. Этот прибор состоял из магнитной стрелки и окружающих ее витков проволоки. Отклонения стрелки показывали силу тока. По образцу мультипликатора были устроены телеграфные аппараты со стрелкой. Такой телеграф провели в 1833 г. Гаус и Вебер в Геттингене между своими лабораториями. В то же время Кук и Витсон изобрели также телеграф со стрелкой, в котором токи разного направления вызывали отклонения стрелки мультипликатора, означавшие различные буквы.

Первым телеграфом, получившим широкое распространение был телеграф Морзе. В 1843 году в Америке была устроена первая телеграфная линия Морзе между Вашингтоном и Балтимором. Устроена эта линия была так: часовой механизм (фиг. 10) наматывает бумажную ленту. Возле ленты находится штифтик, который насажен на рычаг, проходящий над электромагнитом. Каждый раз, когда по обмотке электромагнита проходит ток, рычаг притягивается к нему и прижимает штифтик к движущейся бумажной ленте. На ленте остается черта — длинная, если штифтик был прижат долго, короткая — если ток был непродолжительным. Это — приемник телеграфа Морзе. Передатчик устроен еще проще. В цепи находится так называемый ключ, нажимаемая на который телеграфист включает ток. Ток идет из батареи через ключ по линии от Вашингтона в Балтимору или обратно, причем продолжительные или кратковременные включения тока закрепляются на ленте приемного аппарата в виде длинных и коротких черточек. Комбинации этих черточек означают буквы: короткая и длинная — а, длинная и три коротких — б и т. д.

Впоследствии были изобретены аппараты, которые сразу печатают буквами. Из них самый известный — аппарат Ю а а. Но мы не будем останавливаться на их устройстве и

упомянем о другом очень важном достижении электрического телеграфа.

6 августа 1857 года флотилия судов вышла из Америки. На судах находилось громадное количество хорошо изолированного и защищенного провода — кабеля. Навстречу из Европы шли другие суда. Они сошлись в море, срастили



Фиг. 10. Аппарат Морзе

концы кабеля и начали опускать его в море, причем одна флотилия подвигалась к Европе, а другая — к Америке. Так был проложен первый телеграфный кабель по дну Атлантического океана.

Электрический телеграф потребовал усовершенствованных источников тока. Вольтов столб и батареи, которыми пользовался Дэви, не годились для систематического применения в продолжение большого срока. Кислота быстро растворяла цинк. Поэтому первое усовершенствование состояло в том, что пока ток не включался, кислота не соеди-

нялась с цинком. В 1828 году Кемп показал, что таким свойством обладает раствор цинка в ртути — цинковая амальгама. Амальгама действует в элементе так же, как и цинк, когда цепь замкнута и по ней идет ток. Но как только ток прекращается, исчезает химический процесс в элементе, и цинк больше не расходуется в кислоте. С 1830 г. цинковые пластинки в батареях стали покрывать амальгамой. Однако потребовалось еще восемь лет, чтобы создать практически применяемый элемент.



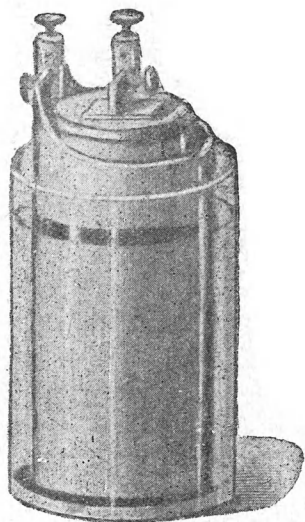
Фиг. 11. Элемент Даниэля

Гальванические элементы быстро ослабевали благодаря явлению, названному поляризацией. Оно заключается в следующем: когда ток проходит через кислоту, последняя разлагается; водород стремится к меди и покрывает медную пластинку слоем пузырьков; выделившийся из кислоты водород замещается цинком, иначе говоря, кислотный остаток соединяется с цинковой пластинкой элемента. Это быстро уменьшает действие элемента. Практическое применение гальванических батарей требовало устранения поляризации. Это удалось Даниэлю в 1838 году.

Элемент Даниэля (фиг. 11) состоял из медной пластинки, свернутой в цилиндр и опущенной в банку с медным купоросом. Медная пластинка окружала цилиндр из пористой глины. В этот цилиндр была налита разбавленная серная кислота. Жидкости не смешивались между собой, но заряженные частицы их проходили через поры глиняного сосуда, который таким образом не препятствовал электрическому току. В глиняный сосуд с серной кислотой был опущен массивный цинковый цилиндр. Как действовал этот элемент, где различные металлы были погружены в различные жидкости? В глиняном сосуде, в кислоте, цинк замещал собой и освобождал водород, который стремился наружу к медной пластинке. Здесь, близ меди, ток разла-

гал медный купорос, выделяя из него медь. Медь осаждалась на медной пластинке и замещалась в купоросе проникшим в него водородом. Но купорос, лишившись меди и соединившись с водородом, превращается в ту же серную кислоту. Таким образом Даниэль устранил вредное влияние осаждающегося водорода, поглощая его медным купоросом. Но этот добавочный химический процесс требовал затраты энергии и уменьшал действие элемента. Эту потерю уменьшил Гр о в е, который предложил свой элемент в том же 1838 году.

Элемент Грове (фиг. 12) заключал в себе такой же пористый цилиндр, как и в элементе Даниэля, но в этот цилиндр была налита азотная кислота и в нее погружена пластинка из нерастворимой в азотной кислоте платины, прикрепленная к фарфоровой крышке цилиндра. Наружная цинковая пластинка находилась в кислоте. Водород устранился, соединяясь с кислородом азотной кислоты. Получалась вода, постепенно уменьшавшая крепость азотной кислоты. Этот элемент в полтора раза превосходил элемент Даниэля по электродвижущей силе, которая доходила здесь до 1,55 вольт.



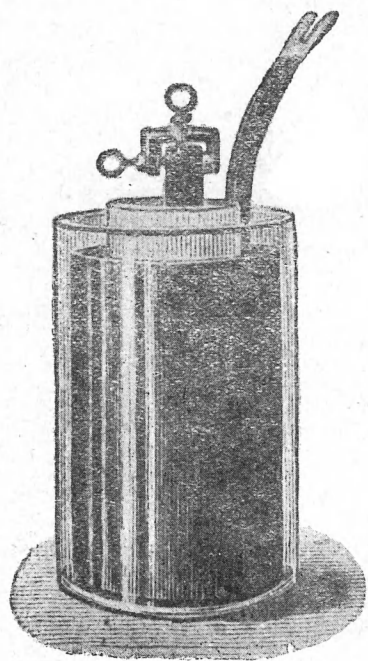
Фиг. 12. Элемент Грове

Между тем электрический телеграф, а с ним и гальванические элементы распространялись все больше и больше. Такие дорогие металлы, как платина, не могли быть материалом для массовых широко распространенных приборов. Требовался деш е в ы й материал. Таким оказался у г о л ь. Уголь может быть помещен в азотную кислоту вместо платины. Это и было сделано Б у н з е н о м в начале 40-х годов. Элемент Бунзена изображен на фиг. 13, где ясно виден конец угольного стержня, выступающий из внутреннего сосуда с азотной кислотой. Все затруднение заключалось в изготовлении этих угольных стержней. Древесный

уголь — пористый и рыхлый, не годится для этого. Бунзену удалось получить плотную массу из угля. Впоследствии ее стали брать со стенок газовых реторт. Осаждающийся здесь уголь настолько плотен, что может быть превращен в от-

шлифованные твердые пластинки и стержни.

Кроме гальванических элементов, в 30-х годах прошлого века появились и другие применения электрохимии. В 1837 году Якоби воспользовался электролизом для того, чтобы покрывать металлические предметы медью. При электролизе медного купороса медь выделяется на отрицательном электроде. Поэтому, если привесить к этому электроду металлический предмет, медь, выделяясь на нем, покроеет его и, отделив образовавшийся слой, мы получим медный отпечаток предмета. Это называется гальванопластикой. Обычно изготовляют восковой слепок с какого-либо предмета, например монеты, затем делают его электропроводным и получают медную копию этой монеты.



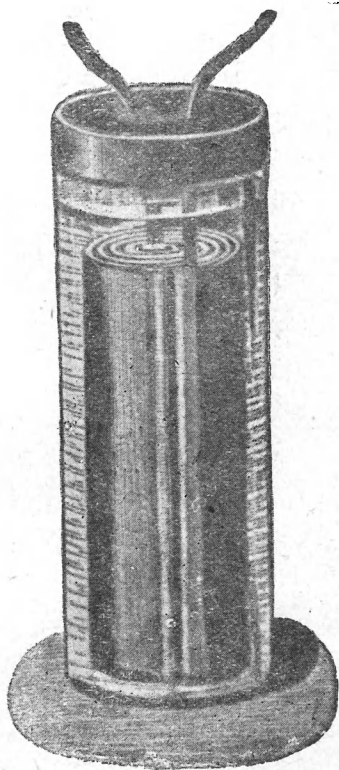
Фиг. 13. Элемент Бунзена

Сочетание гальванического элемента с электролитической ванной позволило накапливать электрическую энергию. Дело в том, что при электролизе могут выделяться такие вещества, которые потом сами создают гальваническую пару. Например, если опустить свинцовые электроды в серную кислоту и пропустить по цепи ток, то серная кислота разложится, и выделившийся из нее кислород соединится со свинцом, образуя перекись свинца. Если потом убрать источник тока и соединить электроды между собой, перекись

начнет распадаться, и химическая энергия превратится обратно в электричество. Такой прибор, изобретенный П л а н т е и названный а к к у м у л я т о р о м, возвращает энергию, затраченную на окисление свинца, т. е. на зарядку, и поэтому пригоден для сбережения электрической энергии.

Телеграф вызвал к жизни не только разнообразные источники тока, но толкнул вперед развитие электрических проводов. Когда Гаус и Вебер устроили свой телеграф, то проволоку, по которой шел ток, они укрепили на деревянных шестах на крышах домов. Дождь смачивал шесты, делал их проводниками, и ток уходил через них. Поэтому телеграфные линии начали обматывать в местах прикрепления войлоком, тканью и т. д. Витстон и Кук, прокладывая первую телеграфную линию в Англии, пропускали проволоку сквозь глиняные трубки. Эти изоляторы все же смачивались водой во время дождя, и по мокрой поверхности ток уходил из линии. Тогда перешли к изоляции в виде колокола. Такой колоколообразный изолятор, был впервые предложен Вернером Сименсом в 1848 году и впоследствии превратился в тот фарфоровый стаканчик, который известен сейчас каждому.

Дальнейшее развитие электрической техники связано с электрическим освещением. Централизация энергии в производстве еще не требовала электричества, но централизация населения в городах уже потребовала мощных источников света. На помощь пришло электричество.



Фиг. 14. Аккумулятор П л а н т е

Ослепительное пламя между угольными электродами, так называемая вольтова дуга, было первым источником электрического света. Первые электрические лампы состояли из угольных стержней, между которыми при прохожде-



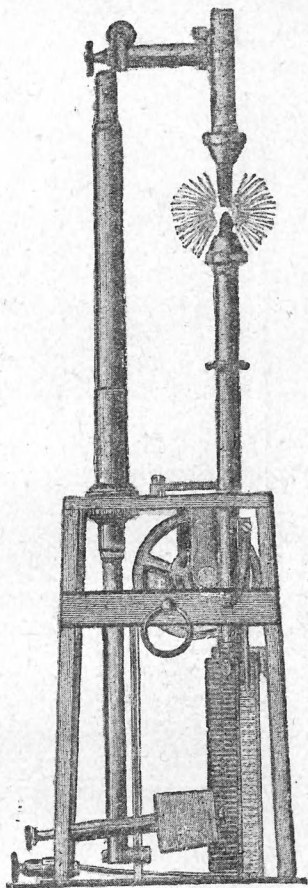
ВЕРНЕР СИМЕНС

нии тока появлялась вольтова дуга. Они назывались дуговыми. Основным недостатком этих ламп было сгорание угольных электродов. Угли сгорали, и расстояние между ними увеличивалось, пока ток не прекращался. Поэтому дуговые лампы необходимо было регулировать, т. е. сдвигать угли, как только расстояние между ними начинает возрастать. Для этого воспользовались свойством спирального проводника втягивать в себя железный стержень. Спиральная проволока, навитая на полую катушку, создает магнитное поле, линии которого проходят внутри катушки в одном направлении. В этом направлении металлический стержень втягивается в катушку.

В лампе Жаспара угли прикреплены к двум железным стержням (фиг. 15). Нижний стержень частью входит в катушку, на которую спирально намотана проволока. По проволоке идет ток, питающий лампу. Когда сила его возрастает, катушка сильнее втягивает в себя стержень, отдаляет угольный электрод от другого и увеличившееся рас-

стояние между углями уменьшает силу тока до нормальной. Если же, наоборот, угли оказываются дальше друг от друга, чем нужно, сила тока уменьшается, катушка слабее втягивает стержень, и он выдвигается, сближая концы углей и снова увеличивая силу тока. Таким образом расстояние между углями не может измениться ни в одну, ни в другую сторону без того, чтобы это не вызвало обратного действия. Такой механизм регулировал лампу Жаспара и ряд других дуговых ламп. Недостатком этого механизма была его непригодность для большого числа ламп. Если включить несколько ламп последовательно, то регулирование той лампы, где нормальное расстояние между углями нарушено, изменит силу тока и, следовательно, расстояние между углями и в тех лампах, где оно было нормальным. Поэтому лампы Жаспара не годились для многолампового освещения. Между тем города требовали именно снабжения многих ламп из одного источника энергии. В 70-х годах освещение городов стало основной задачей электрической техники. Всем было ясно, что преимущество электричества для освещения заключается в гибкости и дробимости энергии. Но это преимущество могло быть использовано лишь после изобретения, позволившего дробить электрическую энергию и питать этой энергией множество последовательно включенных электрических ламп.

Это изобретение было сделано русским электротехником



Фиг. 15. Лампа Жаспара

Яблочковым. В 1877 году на одной из центральных площадей Парижа зажглись электрические «свечи» Яблочкова. Устройство их необычайно просто и остроумно. Яблочков легко справился с расхождением сгорающих углей, поместив угольные стержни параллельно друг другу. Сгорающие концы поэтому оставались все время на одном и том же расстоянии. На фиг. 16 справа видны два длинных угольных стержня. Между ними тонкая гипсовая пластинка, которая плавится и исчезает вместе с сгорающими концами углей. Так как положительный электрод сгорает быстрее, то для равномерного сгорания пришлось воспользоваться переменным током, при котором знаки электродов все время меняются местами.



Свечи Яблочкова распространились по Европе в конце 70-х и в начале 80-х годов. В эти же годы появилась и совершила полный переворот в электрическом освещении лампа накаливания.

Мысль о таких лампах была не нова. Еще в 1840 г. Грове пропускал ток через тонкую платиновую проволоку, которая раскалялась и светила. Такие лампы устраивали и впоследствии, причем в них накалялись тонкие проволоки из платины и других редких металлов. В 70-х годах научились изготовлять тонкие угольные ленты и нити; для этого вырезали тонкие бумажные полоски, а затем обугливали их. Угольные и металлические нити помещались в стеклянный пузырек, откуда выкачивался воздух. Таким образом лампа накаливания в конце 70-х годов была уже известна.

Однако эти лампы были необычайно дорогими, непрочными и ненадежными. Для широкого прак-

Фиг. 16.
Свеча
Яблоч-
кова

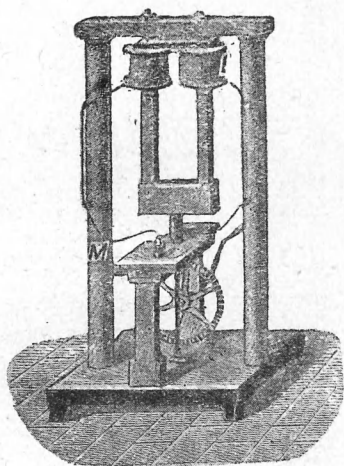
тического применения они не годились. Нужно было проделать громадное количество научных наблюдений, испытать десятки различных конструкций и различных материалов. Этого не могли сделать ученые-одиночки в своих небольших лабораториях и мастерских. Задачу решил Томас Альва Эдиссон, который организовал это дело по образцу крупного предприятия и создал большую «фабрику изобретений». Здесь и появилась современная электрическая

лампочка, сначала с угольной нитью, а потом с металлической.

Сначала гальванопластика, а потом электрическое освещение заставили вспомнить об открытии электромагнитной индукции.

Посмотрим, как развивались за это время основанные на этом открытии генераторы.

Спустя год после открытия Фарадея, Пикси построил свою магнитоэлектрическую машину. На фиг. 18 показано ее устройство. Под двумя катушками вращается постоянный стальной магнит. Силовые линии этого магнита пересекаются проволоками, навитыми на катушки. Каждый виток режет силовые линии то с одной стороны, то с другой. Поэтому в обмотках катушек возникает электрический ток переменного направления — переменный ток. Он отличается от постоянного тока гальванических батарей. Если провод, по которому проходит переменный ток, опустить в воду, последняя не будет разлагаться на водород и кислород, так как эти вещества, устремившись

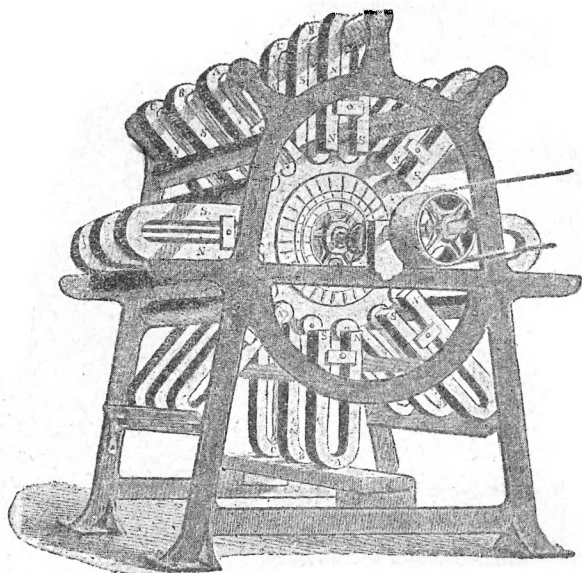


Фиг. 17. Машина Пикси

к электродам, в следующий момент, с переменою тока, устремятся обратно. Пикси хотел получить ток, который бы не отличался от гальванического. Поэтому он превращал переменный ток в постоянный особым приспособлением — коммутатором (не виден на рисунке). Концы проволок были соединены с вращающимся валом машины, таким образом, что пружины, прижатые к валу, попеременно касались то одного, то другого полюса и каждая из них получала ток то из одного, то из другого конца провода. При этом переход совпадал с изменением направления тока, т. е. пружина переходила от положительного полюса к отрицательному как раз в тот момент,

когда последний становился положительным, и поэтому получала ток все того же неизменного направления. Другая соответственно все время передавала электрический ток с противоположным знаком. Это приспособление и было названо коммутатором.

Другие конструктора 30—40-х годов также стремились получить в своих машинах постоянный ток.



Фиг. 18. Машина „Аллианс“

Это было необходимым условием для того, чтобы машины могли быть применены для гальванопластики. Развитие электрического освещения позволило применить генераторы без коммутаторов и переменный ток.

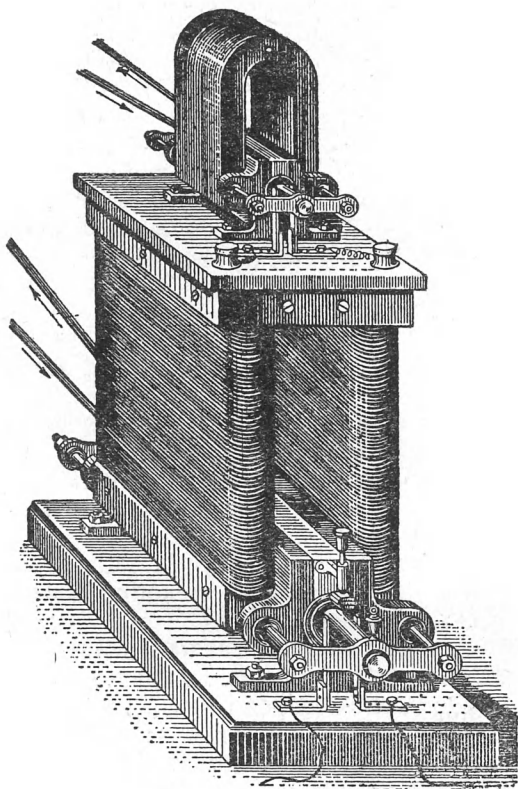
В 50-х годах магнитоэлектрические машины получили сравнительно широкое распространение в гальванопластических мастерских и для дуговых фонарей на маяках. Было организовано специальное общество «Компания Аллианс». Фабрика этого общества строила большие машины с множеством постоянных стальных магнитов (фиг. 18), главным образом для дуговых фонарей.

После первого этапа развития генераторов, закончившегося созданием машины «Аллианс», начинается второй этап. В 60-х годах вместо постоянных стальных магнитов применяют электромагниты. Такие предложения высказывались и раньше. Но до тех пор пока генераторы не получили производственного применения, преимущества электромагнитов не бросались в глаза. Описывались изобретения, выдавались патенты, строились модели генераторов с электромагнитами, но они оставались незамеченными. Поэтому применение электромагнитов обычно связывают с именем Уайльда. Созданная им машина гораздо лучше машин «Аллианс» и других генераторов с постоянными магнитами. Электромагниты при меньшей величине и весе были гораздо сильнее, они не ослабевали со временем, как постоянные магниты, машина обладала большим коэффициентом полезного действия. В машине Уайльда якорь с обмоткой вращался между двумя электромагнитами, которые возбуждались небольшой машиной с постоянным магнитом (фиг. 19).

Вернер Сименс изменил форму якоря, в обмотке которого возникал электрический ток. Якорь Сименса называется «Т-образным». Действительно, он похож на двойную букву Т. Железный цилиндр имеет с двух сторон вырезы, в которых помещается обмотка, обвивающая якорь вдоль его оси. Якорь Сименса получил таким образом правильную цилиндрическую форму и концы магнитов тесно и равномерно окружали его.

В машине Уайльда электромагниты возбуждались из стороннего источника. Небольшой генератор с постоянными магнитами возбуждал электромагниты основной машины; поэтому переход к электромагнитам не был полным. Приходилось в некоторой степени пользоваться постоянными магнитами, и это делало электрические генераторы неэкономичными, неудобными, связывало их развитие и распространение. Ряд конструкторов предложил, чтобы машина сама возбуждала свои электромагниты, чтобы их намагничивал произведенный в этой машине ток. «Зачем, — говорили они, — нужен особый источник тока для возбуждения электромагнитов, когда к нашим услугам ток из главной машины, когда стоит только взять часть этого тока и обвести ее вокруг электромагнитов, чтобы сама машина их

возбуждала». При этом самое слабое намагничивание дает при вращении машины ток, этот ток увеличивает магнетизм, тот, в свою очередь, еще больше усиливает ток, и это продолжается, пока ток и магнетизм не дойдут до нормаль-



Фиг. 19. Машина Уайльда

ного уровня. Но при этом нужно, чтобы хоть и в небольших размерах магнетизм существовал с самого начала. Для этого достаточно того остаточного магнетизма, который всегда сохраняется в мягком железе, он дает небольшой ток, который затем усиливается.

Подобное предложение еще в 1848 году высказал Брет.

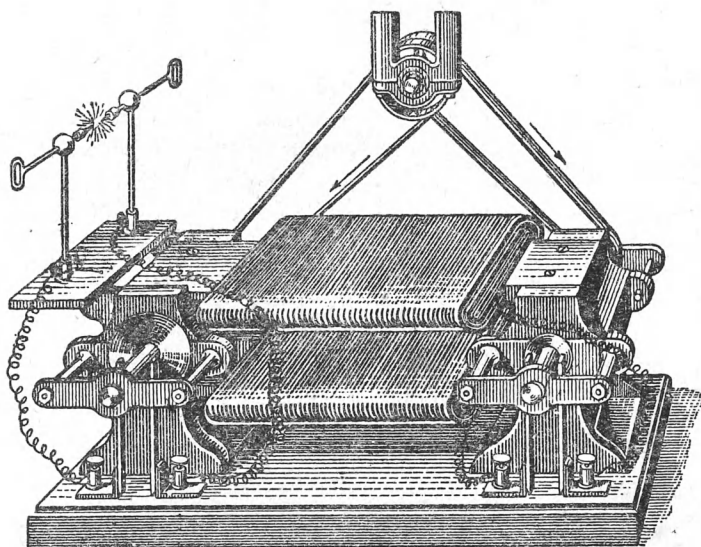
Он говорил, что индуцированный в машине ток нужно пропускать через обмотку электромагнитов этой машины. В 1855 году Х и о р т даже построил такую машину. Но эти изобретения, как и вообще применение электромагнитов в генераторах, остались мало известными. После появления машины Уайльда положение изменилось. В 1866 году один из конструкторов того времени — М ю р р е й — пишет, что идея самовозбуждения так подготовлена предшествующими изобретениями и так очевидна, что на нее очень скоро на толкнется множество изобретателей. Действительно, в том же году В е р н е р С и м е н с — изобретатель Т-образного якоря — торопится взять патент на машину с самовозбуждением и пишет об этом своему брату в Лондон. Он чувствует, что идея самовозбуждения настолько созрела, что к ней со дня на день придут его соперники. И действительно, в тот самый день (14 февраля 1867 года), когда доклад Сименса о сконструированной им машине зачитывается в Лондоне, У и т с о н делает доклад о такой же машине.

С конца 60-х годов машины с самовозбуждением входят в производственную практику. Отныне электрические генераторы полностью освободились от постоянных магнитов. Уже не особые свойства какого-либо вещества, а изменения поля целиком объяснили работу электрических машин. Эти машины стали называться д и н а м о м а ш и н а м и.

Одна из первых динамомашин была построена Л е д д о м через год после открытия Сименсом, т. е. в 1867 г. Ледд не решился целиком отказаться от специального источника тока для возбуждения электромагнитов. Его машина, как это видно на фиг. 20, обладает двумя якорями. Из них один пускается первым. Его обмотка целиком отдает ток электромагнитам. Только тогда, когда электромагниты дойдут до своей полной силы, начинают вращать второй якорь, который отдает ток во внешнюю цепь. На рисунке показано, как этот ток заставляет светиться вольтову дугу, помещенную с левой стороны машины.

В истории техники нередки случаи, когда открытия и изобретения остаются под спудом, не реализуются, даже забываются, а впоследствии, когда производство настойчиво потребует решения данной задачи, они воскресают,

откапываются и осуществляются. При этом, если конструктора, инженеры и ученые плохо знают историю своей области, им приходится заново, часто с большим трудом, самостоятельно находить техническое решение. Подобная история произошла в 60-х годах с якорем электрического генератора. В 1860 году Пачинотти изобрел якорь для электрического двигателя, в котором положительный и от-

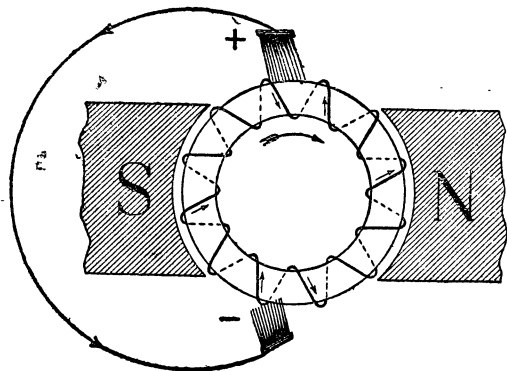


Фиг. 20. Машина Ледда

рицательный полюсы не менялись местами, а находились все время на одном и том же месте. Десять лет спустя подобный якорь стал настоятельно необходим электротехнике. Принцип самовозбуждения оказался несовместимым с предшествующим изобретением Сименса — Т-образным якорем. В машине Ледда и в других первых динамомашинах быстрая смена направления тока сильно нагревала железо. К этому присоединялся ряд других неудобств, которых был лишен новый якорь. Этот новый якорь был изобретен Зиновием Граммом. Грамм был столяром на фабрике компании «Аллианс» и практически ознако-

мился с электрической техникой. Он совершенно самостоятельно изобрел якорь, который почти не отличался от изобретенного за десять лет до этого якоря Пачинотти.

Якорь Пачинотти-Грамма имеет форму кольца с навитой на него обмоткой. Каждый виток проволоки проходит круг между полюсами магнита так, как это показано на фиг. 21. Верхняя и нижняя точки кольца являются неизменными полюсами якоря и, соединив их, получим ток неизменного

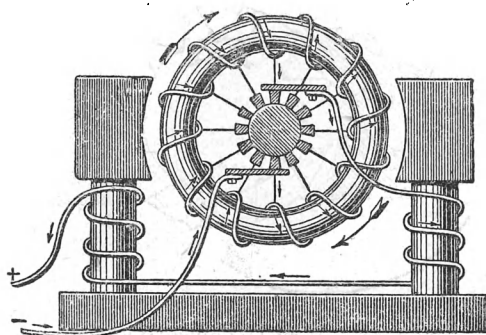


Фиг. 21. Схема кольцевого якоря

направления от верхней точки к нижней. В этом и заключается принцип Пачинотти-Грамма. Но от принципа до практически применимой машины нужно было пройти достаточно серьезный путь. Основным на этом пути было конструирование коллектора. Снимать ток прямо с обмотки якоря невозможно, поэтому в якоре Грамма каждый виток соединен с металлической пластинкой, насаженной на вал машины так, как это показано на рисунке (фиг. 22). В действительности, впрочем, с пластинкой соединяются группы витков катушки, навитые на кольцо. Пластинки, тщательно изолированные друг от друга и от вала, образуют коллектор машины. Ток снимается с коллектора щетками из тонких медных проволок.

Машина Грамма была первой динамомашиной, получившей широкое распространение. Применение ее дало толчок опытам передачи энергии на расстояние, использованию

водных сил и возникновению крупных электромашиностроительных предприятий. В этих предприятиях велись систематические поиски новых конструкций. Эти поиски привели к созданию новых типов динамомашин. Вернер Сименс в это время стал владельцем и руководителем крупной электротехнической фирмы «Сименс и Гальске». Главный инженер этой фирмы Гефнер-Альтенек сконструировал новый якорь, имевший вид барабана, на который обмотка была навита вдоль его оси. Фиг. 23 показывает машину Сименса и Гальске с барабанным якорем, помещенным между двумя электромагнитами.

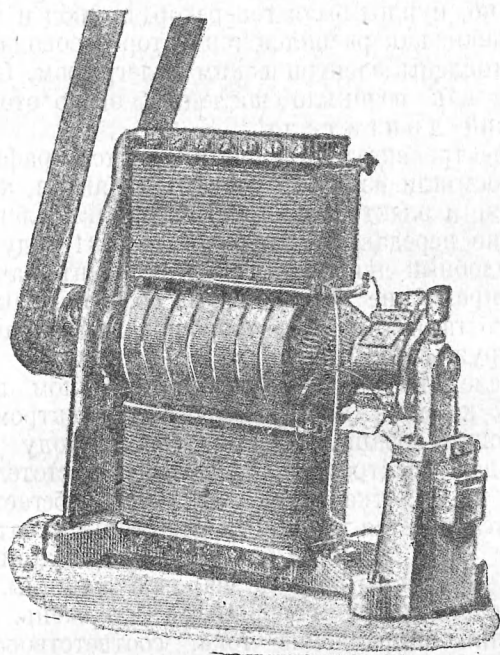


Фиг. 22. Схема машины Грамма

Эдиссон внес некоторые улучшения в динамомашину, ввел более массивные электромагниты и расположил якорь снизу. В дальнейшем начали увеличивать количество магнитных полюсов и изготовлять многополюсные машины. Последние напоминают современные генераторы.

Обратимся к истории электродвигателей. До самого последнего времени в производственной технике преобладали механические процессы, т. е. такие процессы, при которых тела изменяют свое положение в пространстве и форму. В современной промышленности механическая энергия играет основную роль. Напор воды, давление пара, энергия ветра — все силы природы превращаются в движение поршней, вращение тяжелых маховиков и передаются рабочим машинам. Здесь механическая энергия куёт, пи-

лит и сверлит железо, прокатывает проволоку, поднимает и перевозит грузы, дробит камень, разделяет и переплетает волокна хлопка, мелет муку и т. д. На первых порах электричество оставляет механическому движению его позиции в области двигателей и рабочих машин. Попржнему энергия в начале своего пути — в первичном двига-



Фиг. 23. Машина „Сименс и Гальске“ с барабанным якорем

теле и в конце его — в рабочей машине выступает как механическая энергия. Но между первичным двигателем и рабочей машиной уже вклинилось электричество. Водяное колесо и паровая машина отдают свою энергию электрическому генератору, и отсюда энергия идет в форме электричества по проводам к мотору, где снова превращается в механическую энергию. Это вызывает коренную революцию

в энергетическом хозяйстве и во всей производственной технике. Электрическая передача механической работы изменила лицо капиталистической промышленности в 90-х годах прошлого века. Еще в 80-годах были сделаны необходимые для передачи энергии открытия и прежде всего открытие Марселя Депре. Депре соединил генератор и электрический двигатель электрической передачей. Для этого, конечно, нужны были генератор, привод и двигатель. Мы уже видели, как развился генератор; провода для тока были подготовлены электрическим телеграфом. Сейчас мы рассмотрим, как возникло последнее звено этой цепи — электрический двигатель.

Первые электродвигатели напоминали телеграфные аппараты. Они состояли из электромагнита и якоря, который то притягивался к электромагниту, то отталкивался от него. Это движение передавалось колесу. В 1831 году Генри построил подобный двигатель. Электромагнит, качаясь, сам изменял направление тока в своей обмотке, так как два питавшие его гальванические элемента при качании попеременно погружались в кислоту.

В двигателе Даль-Негро, изготовленном в том же году, якорь качался между полюсами электромагнита и через кривошип вращал колесо. В 1838 году Чарльз Пэдж придал электромагнитам форму пустотелых катушек. Когда по обмотке такой катушки пробегает ток, вовнутрь ее втягивается железный стержень, а затем, когда направление тока меняется, стержень выталкивается из катушки. Получилось подобие паровой машины. Цилиндром служила катушка, а поршнем — стержень. Коммутатор, менявший направление тока, соответствовал золотнику, меняющему направление давления пара.

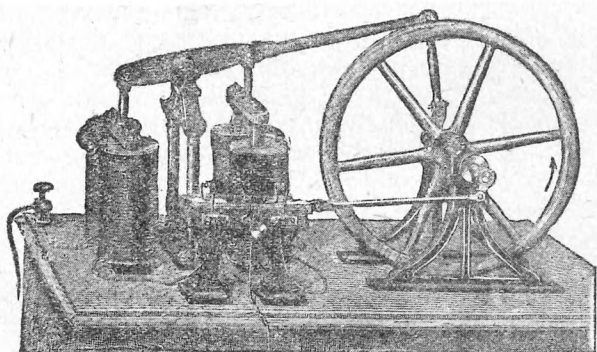
Машина Бурбуза (фиг. 24) даже своим внешним видом напоминает паровую машину. Здесь четыре пустотелые катушки, втягивая и затем выталкивая железные сердечники, приводят в движение коромысло, похожее на балансир старинных паровых машин.

Другая группа изобретений отличается отсутствием поступательно-возвратного движения. В 30-х годах электродвигатели этого типа приобретают такую мощность, что позволяет применить их для практических целей.

Из них интересно вспомнить двигатель Якоби. изобре-

татель гальванопластики устроил в 1834 году двигатель, который состоял из двух систем электромагнитов; одна из этих систем вращалась. Ток получался из гальванической батареи. В 1838 году Якоби установил такой двигатель на шлюпке, соединил с колесом, пустил в него ток 320 помещенных в шлюпке элементов Грове и ездил по Неве.

Электродвигатели 30—60-х годов приводились в движение током гальванических батарей. Впоследствии их начали питать током динамомашин. Этот переход имел историческое значение. Когда электричество стали получать из механического движения, а затем снова превращать в механическое движение, тогда стали обращать внимание на



Фиг. 24. Двигатель Бурбуза

то, какая часть энергии теряется при этих переходах, и увидели, что электричество, подобно всем другим формам движения, не возникает из ничего, а лишь легче всего переходит в другие формы движения и возникает из них.

Для того чтобы электричество стало промежуточным звеном, переносящим, дробящим, объединяющим и распределяющим энергию, нужно было открыть обратимость работы генератора и двигателя. Уже в 40-х годах многие, начиная с русского ученого Ленца, знали, что одна и та же машина может служить и генератором и двигателем. Но только в 1878 году Фонтен выставил в Вене две одинаковые машины Грамма, из которых одна давала ток, а другая приводилась в движение этим током. С этого

времени начинается практическое применение электродвигателей.

Первой крупной победой электрического двигателя была электрификация городского транспорта. В 70-х годах широкие круги знали об электричестве лишь как об источнике освещения. В 80-х годах появился электрический трамвай. В 1879 году он был устроен фирмой «Сименс и Гальске» на берлинской промышленной выставке. Пятьдесят лет тому назад электрический трамвай был естественно такой же диковинной новинкой, как сорок лет назад автомобиль и тридцать лет — аэроплан. В Европе электрические дороги долго оставались такой редкостью, но в Америке они быстро развивались, и к концу 80-х годов их число дошло до двухсот. Трамвай вытеснил конку, которая давно исчезла даже в отсталых странах, так что молодежь сейчас не помнит ее. Трамвай изменил лицо европейских городов. Появились рельсовые пути на всех главных улицах, были выстроены дороги на специальных воздушных виадуксах и даже висячие дороги. Впрочем потом автотранспорт заставил электрические дороги уйти под землю и вызвал к жизни метрополитен.

Задолго до промышленного применения электрических двигателей значение их было понято гениальным мыслителем и борцом, видевшим будущее дальше, чем кто-либо другой, — К а р л о м М а р к с о м.

Вильгельм Либкнехт, вспоминая первую встречу с Марксом в Лондоне летом 1850 года и разговор, который носил характер экзамена, пишет: «...в общем экзамен сошел благополучно, и разговор охватывал все новые области. Мы как-то коснулись области естествознания; Маркс иронически говорил о победоносно царящей в Европе реакции, которая воображает, что раздавила революцию, не подозревая, что успехи естествознания готовят новую революцию. Его величество пар, который в прошлом столетии перевернул все на свете вверх дном, сходит теперь со сцены и уступает свое место несравненно более сильному революционеру — электрической искре; при этом Маркс, весь охваченный пламенем энтузиазма, рассказал мне, что вот уже несколько дней на Регентстрите выставлена модель электрической машины, приводящей в движение поезд железной дороги. Теперь проблема решена;

результаты неисчислимы. За экономической революцией должна неизбежно последовать политическая, так как вторая только служит выражением первой»¹.

Через тридцать лет после этого Маркс и Энгельс увидели первые опыты передачи энергии на расстояние. В 1881 году в Париже была Международная электротехническая выставка и Международный электротехнический конгресс. На выставке съехавшиеся электрики выслушали доклад французского физика и электротехника Марселя Депре, в котором он предложил передавать энергию на большое расстояние — десятки километров.

Основным препятствием для передачи было нагревание проводов, которое зависит от силы тока. Депре показал, что можно увеличить передаваемую мощность, не увеличивая силы тока, а повышая напряжение. Это звено — высокое напряжение — было необходимо для того, чтобы воспользоваться обратимостью работы генератора и двигателя и передавать энергию при помощи электричества на большое расстояние.

Депре рассчитал, что по телеграфной проволоке в 4 мм диаметром можно получить 10 л. с. от генератора в 16 л. с. установленного на расстоянии в 50 км от двигателя. Большинство отнеслось к этому, как к утопии. Но один из участников конгресса — Оскар фон-Миллер, устраивая в следующем году выставку в Мюнхене, обратился с письмом к Депре, в котором предложил ему осуществить проект передачи. Миллер описывает этот опыт следующим образом:

«На угольном руднике в Мисбахке была установлена небольшая паровая машина, вращавшая динамо мощностью в 2 л. с. с обмоткой, изолированной шелком, дававшая напряжение в 1500—2000 вольт. Ток передавался по двум обычным телеграфным проводам на расстояние в 57 км в помещение выставки в Мюнхене. Там стоял мотор того же типа, что и динамо, накачивавший воду центробежным насосом. Вода образовывала искусственный водопад в 2 м высоты. Первый пуск был сделан в 11 часов ночи, когда посетители уже разошлись, чтобы в случае неудачи не было лишнего шума. Я подал знак, и мотор был пущен. Когда заработал центробежный насос и зашумел водопад, все

¹ Л и б к н е х т. Воспоминания о Марксе, М. 1918, стр. 5.

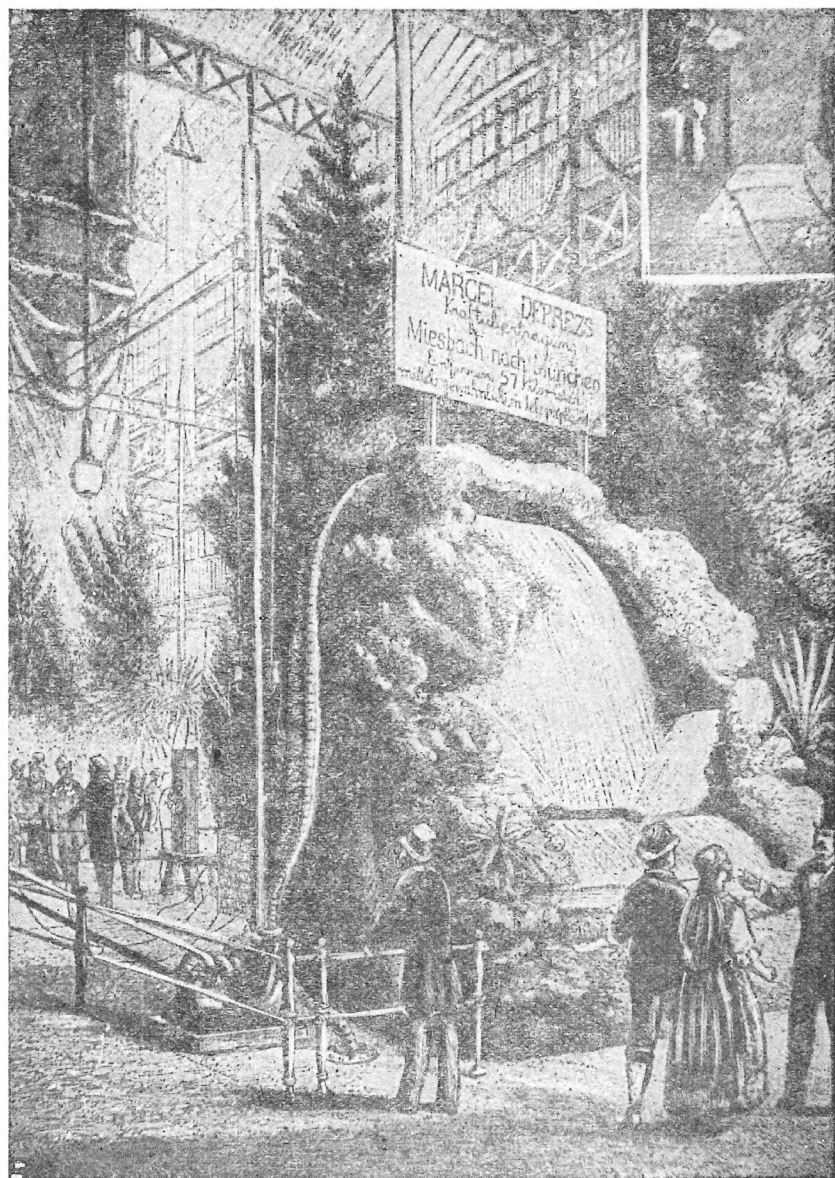
присутствовавшие были охвачены таким восторгом, который нельзя себе представить».

Передача работала плохо. Коэффициент полезного действия достиг всего 22%. Частые аварии, вызываемые плохой обмоткой, останавливали передачу, и она не действовала 8 дней из 12. Но вскоре опыты были повторены Депре в Париже. На расстоянии 112 км от Парижа два локомотива вращали динамомашину Грамма, и ток напряжением в 5000—6000 вольт передавался на это расстояние в Париж, где вращался мотор. Здесь мощность двигателей достигла 300 л. с. В Европе машины такой мощности и к тому же такого высокого напряжения были еще несовершенными. Потери были попрежнему велики, и работа часто прерывалась.

В 1886 году опыты передачи энергии были повторены Ипполитом Фонтеном. Он передавал 100 л. с. на расстояние 50 км, применив напряжение в 6000 вольт. Но он не строил машину такого высокого напряжения, а соединил последовательно четыре генератора по 1500 вольт. Коэффициент полезного действия достиг 50%.

Уже Депре столкнулся с основным затруднением передачи постоянным током. Для передачи на большое расстояние нужно, как уже было сказано, высокое напряжение, так как при высоком напряжении сила тока той же мощности становится небольшой, и расходы на передачу (диаметр провода), зависящие от силы тока, также уменьшаются. Но в машинах постоянного тока трудно получить высокое напряжение. Оно требует очень прочной изоляции в коллекторах. Поэтому Фонтен соединил несколько машин сравнительно низкого напряжения последовательно, т. е. складывая их напряжения. Тюрн и предложил тщательно разработанную систему последовательного включения генераторов постоянного тока. С 1887 года по этой системе гидравлические установки близ Генуи передавали свою энергию под напряжением в 12000 вольт на 30 км.

Здесь мы ненадолго остановимся и вспомним основную линию, которая проходила через всю историю энергетической техники. Основа этой техники — переходы одной формы движения в другую, одного вида энергии в другой. Переход механического движения в теплоту при добывании огня трением, затем длинный ряд водяных двигателей,



Фиг. 25. Установка Депре в Мюнхене

не выходявших за рамки механического движения, наконец, паровая машина, осуществившая переход теплоты в механическую работу, — так развивалась энергетическая техника. Но вот появляется электричество. Еще в XVIII в. оно показало свое родство с другими формами энергии. В эпоху промышленного переворота обнаруживается связь электричества с химической энергией и с магнетизмом. Фарадей подытожил эти новые факты. Оказалось дальше, что электричество не только является одной из форм энергии, но, что оно представляет собой наиболее общую форму энергии, наиболее гибкого агента энергетических превращений.

Электрический ток позволил, наконец, переносить энергию на расстояние. Это открытие, как мы видим, подытожило все предыдущее развитие. Оно приоткрыло завесу над будущей энергетической техникой, но чтобы увидеть ее очертания, нужны были глаза гениев.

Сразу после мюнхенских опытов Маркс добывается подробностей, проявляет к ним колоссальный интерес и бросает мысль о том, что «открытие (Депре) делает возможным использование всей колоссальной массы водной силы, пропадавшей до сих пор даром». Более подробно высказался Энгельс. Он увидел в опыте Депре революционную роль электричества, которое замыкает круг превращений энергии. Энгельс увидел, что это открытие может вовлечь в орбиту энергетического хозяйства новые, доселе неиспользованные источники энергии. Он вслед за Марксом указал на энергию отдаленных рек как на такой источник энергии, который через посредствующее звено — электрический ток — сможет получить применение на любом участке производства. Наконец, он утверждал, что полное применение этого нового открытия невозможно в условиях господства буржуазии, невозможно в условиях частной собственности на средства и орудия производства.

Приведем отрывок из письма Энгельса к Бернштейну от 1/III 1883 г., о котором уже упоминалось в начале этой книжки.

«...это колоссальная революция. Паровая машина научила нас превращать тепло в механическое движение, но использование электричества откроет нам путь к тому, чтобы превращать все виды энергии — теплоту, механи-

ческое движение, электричество, магнетизм, свет — одну в другую и обратно и применять их в промышленности. Круг завершен. Новейшее открытие Дебрэ, состоящее в том, что электрический ток очень высокого напряжения при сравнительно малой потере энергии можно передавать по простому телеграфному проводу на такие расстояния, о каких до сих пор и мечтать не смели, и использовать в конечном пункте, — дело это еще только в зародыше, — это открытие окончательно освобождает промышленность почти от всяких границ, полагаемых местными условиями, делает возможным использование также и самой отдаленной водяной энергии, и если вначале оно будет полезно только для городов, то в конце концов оно станет самым мощным рычагом для устранения противоположности между городом и деревней. Совершенно ясно, что благодаря этому производительные силы настолько вырастут, что управление ими будет все более и более не под силу буржуазии». ¹

Полное и последовательное применение электричества во всей производственной технике возможно лишь в социалистическом обществе. Но и при капитализме в последнюю его эпоху электричество вызвало переворот в производстве. К описанию этого переворота мы перейдем в следующей главе, а сейчас остановимся на новой ступени теории электричества.

Что бросается в глаза, если подытожить описанное развитие электротехники от машины Пикси до электропередач? Это неуклонное и последовательное внедрение фарадеевского учения об электромагнитном поле в электрическую технику. Машины Пикси, Уайльда, Сименса, Грамма все более ярко, точно и многосторонне показывают найденные Фарадеем свойства поля. Основными ступенями являются применение электромагнита, принцип самовозбуждения и независимость полюсов от вращения якоря в машине Грамма. Электромагнитное поле и его силовые линии оказываются источником энергии, в то время как металлические части машины лишь направляют возникший ток.

Развитие электротехники в 70—80-х годах, когда была открыта обратимость и устроены электропередачи, еще

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Соч. т. XXVII, стр. 239.

больше подчеркнула роль поля в электротехнике, сделало теорию поля основной частью учения об электричестве и привело к возрождению, распространению и развитию взглядов Фарадея.

Это было сделано работами Максвелла.

Вплоть до 60-х годов под электрическим током подразумевали движение электричества в проводнике. Между тем техника все больше опиралась на процессы, происходящие вне проводников, в окружающей их среде.



ГЕРЦ

В 1863 году Максвелл обобщил понятие тока, сделал его более широким. Он обратил внимание на пространство между электрическими зарядами. Электрические заряды в телах меняют состояние окружающей среды таким образом, что действуют в результате на другие заряды, притягивая или отталкивая их. Иными словами, вокруг электрического заряда образуется пространство, где действуют электрические силы, создается электрическое поле. Изменение электрического поля означает движение электричества. Но электричество здесь дви-

жется не в проводнике, а в пространстве, где нет обычной весомой материи. Первая гипотеза Максвелла заключается в том, что переменное электрическое поле, являясь движением электричества, подобно гальваническому току, создает вокруг себя магнитное поле. Вторая гипотеза Максвелла относится к электромагнитной индукции, открытой Фарадеем.

Согласно второй гипотезе магнитное поле, изменяясь, создает электрическое поле. Если в электрическом поле помещен проводник, то в нем возбуждается движение электричества — электрический ток. Мы видим, что электрическое и магнитное поля связаны между собой таким образом, что при изменении одного из них сразу же возникает другое. Отсюда вывод, что электрическое поле, как только оно придет в движение, сразу же вызовет около себя магнитное поле, это последнее, будучи переменным, вызовет электрическое поле дальше и таким образом поле начнет распространяться наподобие волны. Максвелл нашел скорость такой волны, и она совпала со скоростью света. Максвелл доказал, что свет — это электромагнитные колебания. Возникла электромагнитная теория света.

Теория Максвелла распространилась в 90-х годах. Причиной этого была победа переменного тока.

Техника переменного тока — это техника поля. Здесь основной рычаг для генерации, преобразования и использования электричества — движение силовых линий. В основной ма-

шине переменного тока — трансформаторе — только силовые линии и движутся. Естественно, что победа переменного тока дала сильный толчок теории поля. Теперь, наконец, представления Фарадея и Максвелла получили экспериментальное доказательство. Это сделал Генрих Герц. Герц пользовался особым прибором, который вы-



МАКСВЕЛЛ

зывал электромагнитные колебания. Главная часть этого прибора — промежуток в цепи, через который проскакивала искра. Прибор называется вибратором. Колебания распространялись волнами во все стороны и таким образом энергия передавалась без проводов. Маркони и Попов воспользовались этими волнами для передачи известий и положили начало радиотехнике.

Дальнейшее изучение электрических колебаний показало, что радиоволны, свет и другие колебания отличаются от обыкновенного переменного тока лишь частотой, т. е. количеством перемен в секунду. Если перейти к колебаниям в тысячу раз более быстрым, мы получим волны, применяющиеся для радио. Если сделать колебания совсем быстрыми — 500 000 000 000 000 раз в секунду, мы получим обычный свет. Увеличим эту частоту в десять раз, и лучи будут невидимы для глаз, станут так называемыми ультрафиолетовыми лучами. Наконец, колебания с частотой в 5 000 000 000 000 000 000 раз в секунду дают лучи, открытые Рентгеном, которые проходят через дерево, человеческое тело и т. д.

В следующей главе мы попробуем вскрыть исторические корни победы переменного тока в 90-х годах, явившейся основой этих шагов теории электричества.

Глава V

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СИЛОВОГО АППАРАТА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТЕХНИКА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Автоматизация тяжелой промышленности. Трансформаторы. Генераторы переменного тока. Принцип вращающихся полей. Лауфен-франкфуртская передача. Ниагара. Паровые турбины. Двигатели внутреннего сгорания. Жидкое топливо.

В течение почти всего XIX в. производство машин резко отличалось от производства предметов потребления, например от текстильного производства. На текстильных фабриках производство уже в начале XIX в. было массовым. Здесь предмет труда непрерывно проходил через все стадии производства от одного станка к другому. Машины же, в противоположность этому, производились полуремесленным способом. Правда, поковки выходили из-под парового молота, правда, на заводах были механические пилы, ножи, сверла и т. д., но не было здесь ни массового производства, ни автоматического перехода материала от одного станка к другому. Сами станки были универсальными: сегодня они могли обтачивать вал для парохода, а завтра — вал для мельницы.

В 90-х годах положение изменилось. В эпоху империализма спрос на машины стал массовым. Массовое, подлинно индустриальное производство овладело тяжелой индустрией. Самый блестящий пример — это современный автомобильный завод. Самое характерное явление — это конвейер. В эпоху империализма, в 90-х годах прошлого

века в тяжелой промышленности распространилось автоматическое производство.

Что же было рычагом этой революции? Электрический двигатель. Дробимость и гибкость электрической энергии позволила снабдить особым индивидуальным мотором каждый станок и даже часть станка и расположить станки в таком порядке, чтобы предмет труда автоматически переходил от станка к станку. Поэтому техническая революция, произведенная электричеством в 90-х годах, связана с внедрением электричества, заменой механических трансмиссий электрической передачей — электрификацией силового аппарата промышленности.

Действительно, в 90-х годах сам по себе технологический процесс, т. е. тот путь, который ведет от сырья до готового продукта, изменился мало. С другой стороны, электрификация не изменила коренным образом и способ получения энергии из природных источников. Здесь дело попрежнему заключалось в добыче топлива, сжигании его в топке парового котла и во вращении вала парового двигателя. Вплоть до самых последних лет в важнейших промышленных странах преобладали паровые электрические станции. Паровой двигатель уступил место электричеству у рабочей машины, но полностью сохранил роль первичного двигателя промышленности.

Отсюда вытекало и развитие электрической техники. Для силовых и осветительных нагрузок, где ток не изменяет структуры самого вещества, не требовалось постоянства в направлении тока, как это нужно для электролиза. С другой стороны, получение электричества из механической энергии вращения первичного двигателя также связано с применением переменного тока. Электромагнитная индукция позволяет получить длительное рабочее напряжение при изменении числа силовых линий, которое то возрастает, то убывает. Поэтому 90-е годы — это время победоносного развития техники переменного тока.

Самым важным звеном этой техники был трансформатор. Первым генератором, родоначальником всех машин от Пикси до современных гигантов была та катушка, в обмотке которой Фарадей в 1831 году получил электрический ток. Здесь впервые источником тока была электро-

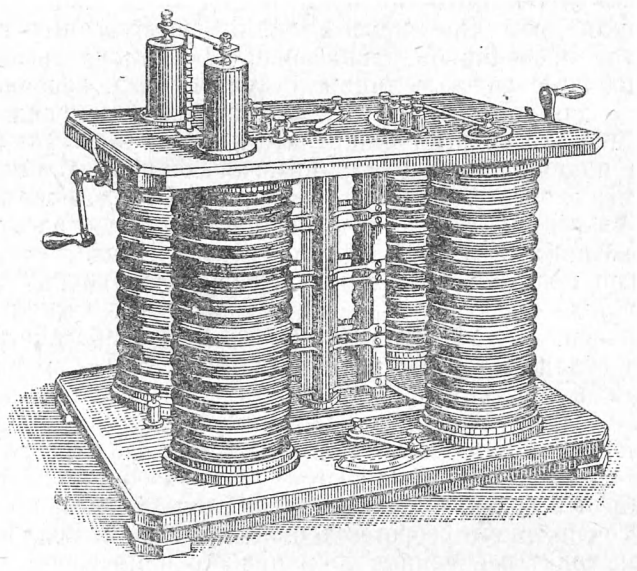
магнитная индукция. Но интересно, что в этой машине ничто не вращалось. Здесь не было движущихся частей. К машине не была приложена механическая энергия, не было ни рукоятки, чтобы вращать машину, ни первичного двигателя (водяного колеса, паровой машины, турбины и т. п.). Между тем в обмотке появлялся ток. Он появлялся, так как неподвижный проводник все же резал силовые линии возникавшего и исчезающего, т. е. переменного электромагнитного поля. Последующие конструктора заменили движение силовых линий, перерезаемых неподвижным проводником, движением проводника, режущего неподвижные силовые линии. Результат был, конечно, тот же, но для того, чтобы двигать проводник, нужна была механическая энергия мышц, воды, пара и т. п. Таким образом получился генератор, превращающий механическую энергию в электричество. В установке Фарадея механическая энергия не затрачивалась, но зато здесь электричество возникало за счет другого электричества.

Каков практический смысл подобной установки? Зачем превращать электричество в электричество? Смысл этого превращения заключается в том, что индуктированный ток может обладать гораздо более высоким или, наоборот, более низким напряжением, чем первоначальный. Примененная для этой цели, т. е. для изменения напряжения, электромагнитная машина и называется т р а н с ф о р м а т о р о м.

Трансформатор обычно состоит из двух обмоток. Одна из них имеет небольшое число витков толстой проволоки. Другая — очень много оборотов тонкой проволоки. Если в первой проходят переменные токи низкого напряжения, то во второй — индуктируются с такой же частотой токи гораздо более высокого напряжения. Так устроена была и н д у к ц и о н н а я к а т у ш к а Р у м к о р ф а. Румкорф сконструировал ее в 1848 году. Он стремился получить, как можно более высокое напряжение, а для этого нужно было иметь, как можно больше витков во вторичной обмотке. Румкорф получил чрезвычайно тонкую проволоку и сумел окружить ее тонким слоем изоляции. Сейчас в катушках Румкорфа бывают десятки километров тонкой, как волос, металлической проволоки, покрытой изолирующим лаком.

В катушке Румкорфа, так же как в установке Фарадея, так же как и во всех трансформаторах, получается пере-

менное магнитное поле и переменный электрический ток. Все прочие электрические машины представляют собой дальнейшие усложнения этой пары. Если проводник с током может вращаться относительно проводника, то мы получим генератор, затрачивая механическую энергию для вращения, или двигатель, затрачивая электричество. Но в основе всегда остается наличие двух обмоток, связанных между собой электромагнитной индукцией. Поэтому транс-

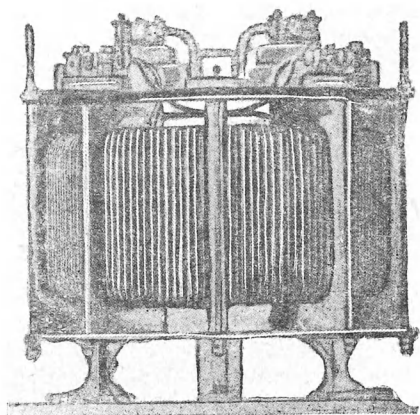


Фиг. 26. Трансформатор Голларда

форматор является исходным пунктом для всего развития электрических генераторов и двигателей. Тем не менее прошло тридцать лет от изобретения Румкорфа и пятьдесят лет от открытия Фарадея до создания настоящих трансформаторов.

Катушка Румкорфа была применена Яблочковым для электрического освещения в конце 70-х годов. 80-е годы — эпоха Депре и Фонтена — поставили перед трансформацией тока новые задачи и вызвали к жизни трансформаторы, которые напоминают современные. Голлард сконструировал

ровал трансформатор, пригодный для того, чтобы повышать напряжение и передавать энергию на расстояние. Он обратился к банкиру Гиббсу за финансовой поддержкой. Гиббс почувствовал, что новое изобретение, которое позволяет пользоваться высоким напряжением для передач и низким — в местах потребления, получит широкое распространение. Голлард и Гиббс организовали компанию и в 1884 году на выставке в Турине выставили свой «вторичный генератор». Он состоял из четырех индукционных катушек (фиг. 26). Их можно было различным способом соединить между собой и этим изменять, если нужно, напряжение тока. Эти трансформаторы получили применение для понижения тока у потребителей. Ряд конструкторов усовершенствовал их устройство. Конструктора фирмы Ганц и К^о — Ципперновский, Дери и Блати ввели кольцевой сердечник (фиг. 27), чтобы силовые линии проходили не по воздуху, а в металле. При этом уменьшились потери энергии. Это имело большое значение, так как количество энергии, проходившей через трансформаторы, увеличилось и каждый процент пропавшей энергии означал большие убытки.



Фиг. 27. Трансформатор Ципперновского

Трансформаторы сразу дали преимущество переменному току, но постоянный ток не сдавался. Вернее, не сразу сдавались электротехнические фирмы, выпускавшие оборудование для постоянного тока. Эдиссоновская компания, которая владела станциями, не хотела расстаться с постоянным током. Патент Голларда был куплен другой американской фирмой «Вестингауз». Конструкция Ганца и К^о была еще опаснее для постоянного тока, так как позволяла избежать больших потерь при трансформации. Поэтому

компания Эдиссон купила патент компании Ганца, чтобы спрятать его по спуд и не допустить распространения нового трансформатора в Америке. Но это помогло не на долго. Вскоре американское электрохозяйство перешло к переменному току. Возникшая из компании Эдиссон Всеобщая компания электричества начала усиленно изготавливать трансформаторы. Трансформаторы сразу же раскрыли новые возможности передачи энергии на расстояние. Ципперновский, сконструировавший трансформатор Ганца и К^о воспользовался им для передачи энергии между Тиволи и Симом на расстояние в 27 км напряжением в 5000 вольт.

Преимущества переменного тока, раскрытые трансформаторами, выдвинули вперед генераторы переменного тока. Они к этому времени имели довольно долгую историю.

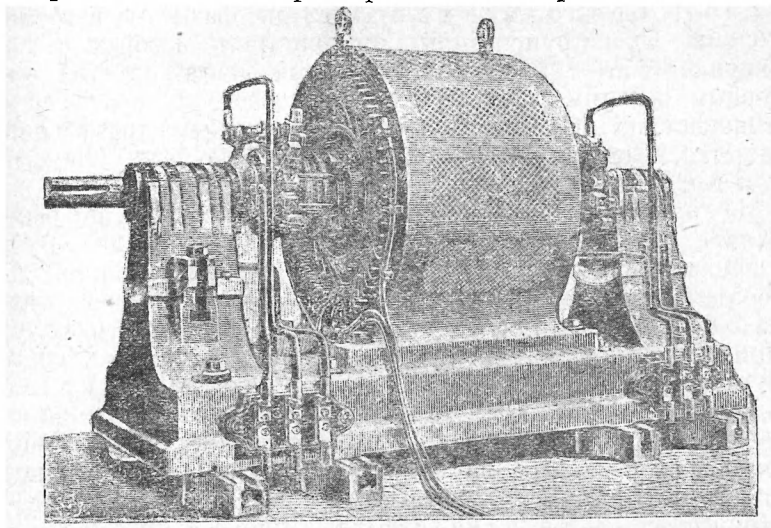
Уже в те годы, когда преобладание принадлежало генераторам постоянного тока, некоторое распространение получили и машины переменного тока. Дуговые лампы не только допускали переменный ток, но, например, свеча Яблочкова, прямо требовала его. Поэтому первые конструктора наряду с коллекторами и коммутаторами устраивали машины, дававшие невыпрямленный переменный ток: Компания «Аллианс» выпустила машину, подобную той, о которой говорилось выше, но без коллектора. Вместо него на валу помещались два кольца, соединенные с обмоткой. Прижатые к этим кольцам пластинки снимали ток переменного направления.

Грамм также построил машину переменного тока. Здесь, в отличие от граммовской машины постоянного тока, вращается электромагнит, а обмотка, в которой индуцируется ток, неподвижна. Для того чтобы магниты не меняли своей полярности, их питают током из особой небольшой машины постоянного тока.

Вскоре после Грамма фирма «Сименс и Гальске» построила машину переменного тока. Здесь основной причиной, заставившей перейти к переменному току, было недостаточно высокое напряжение, достижимое в машинах постоянного тока. Между тем при включении ряда дуговых ламп, с увеличением их числа, нужно было переходить ко все большим напряжениям. Таким образом здесь сказался основной недостаток машин постоянного тока.

Таким образом генераторы переменного тока уже суще-

ствовали; но для победы переменного тока нужны были такие же моторы. В 80-х годах двигатели переменного тока были устроены следующим образом: во вращающемся якоре каждый полюс отталкивается тем полюсом электромагнита, мимо которого он уже прошел, и притягивается следующим полюсом, к которому он приближается. Когда полюс якоря достигнет и пройдет этот следующий полюс, тот перестает притягивать, начинает отталкивать и заставляет двигаться якорь дальше благодаря перемене тока. При этом, конечно,



Фиг. 28. Трехфазный двигатель Доливо-Добровольского

нужно, чтобы перемены направления тока находились в точном соответствии или, как говорят, совершались синхронно с движением якоря, чтобы полюсы последнего успевали дойти до следующего полюса электромагнита, пока направление тока не изменится. Такие двигатели называются синхронными. Недостаток этих двигателей: необходимость заранее устанавливать синхронность для работы мотора и остановка его при нарушении синхронности.

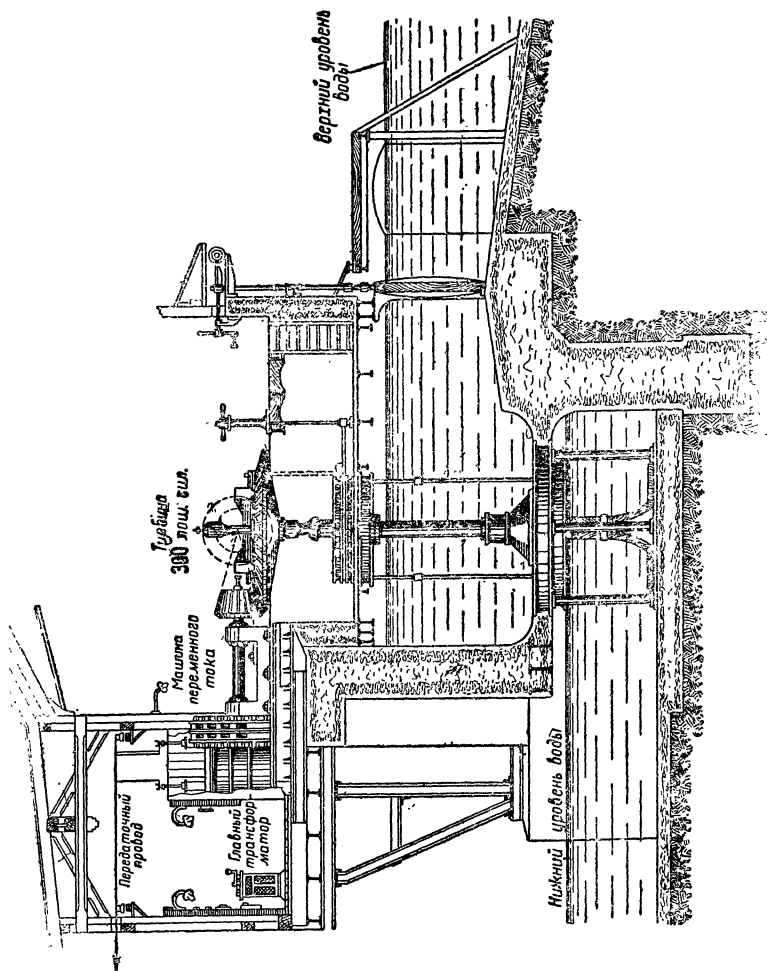
Этих недостатков были лишены новые двигатели переменного тока. В них был применен совершенно новый принцип. Николай Тесла воспользовался двумя различ-

ными переменными токами. Эти токи не отличаются друг от друга ни силой, ни частотой перемен направления, но в каждый момент они отличаются по фазе. Это значит, что, когда один ток уже достиг своей полной силы, другой ток находится в иной фазе, — он только начинает возникать, и сила его только покидает свое нулевое значение. Если пустить в обмотку такие токи, то магнитные сплюснутые линии будут перемещаться, и магнитное поле станет вращающимся. Вместе с ним будет вращаться и якорь. Дю-Ливо-Добровольский заменил две фазы Тесла тремя фазами. Сконструированный им двигатель изображен на рисунке (фиг. 28). Такой трехфазный двигатель стал основным рычагом электрификации силового аппарата промышленности. Самым крупным достижением трехфазной техники в начале 90-х годов была передача между Лауфеном и Франкфуртом.

На расстоянии 175 км от Франкфурта н/М, на реке Некаре, в местечке Лауфен, небольшой цементный завод издавна пользовался энергией реки. Завод решил построить передачу, которая бы отдавала избыточную энергию реки находившемуся в девяти километрах городу Гейльбронну. При этом возникла мысль о передаче энергии в Франкфурт. Летом и осенью 1890 г. Оскар фон-Миллер вел переговоры с фирмами. Наконец, в декабре 1890 г. было решено, что цементный завод предоставит для передачи свою турбину на Некаре в 300 л. с., фирма «Эрликон» поставит в Лауфене генератор, а Всеобщая компания электричества — мотор во Франкфурте. Линию изготовили эти фирмы совместно. Уже первая трехфазная передача натолкнулась на противоречия буржуазного строя. Немало затруднений доставили собственники предприятий и земли. Государственные границы также препятствовали передаче. Правительство мелкого германского государства Бадена долго запрещало пересечение проводами баденской границы. Ученые, инженеры и технические журналы в большинстве отрицательно отнеслись к проекту передачи. Они предрекали провал, писали, что только пять процентов энергии дойдет до Франкфурта, боялись порчи телефонов и телеграфа. Однако линия была построена и дала блестящие результаты.

Лауфен-франкфуртская передача состояла из трех

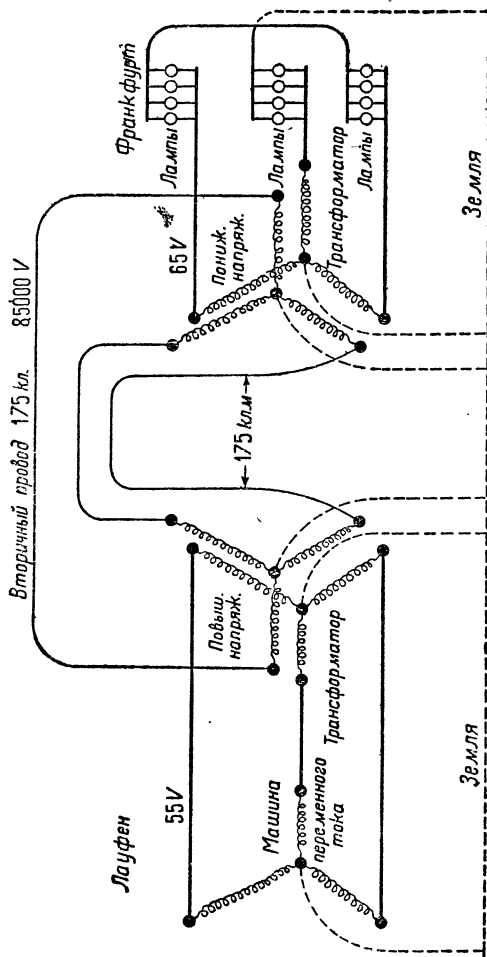
медных проводов, подвешенных на высоте в 8 м. По этим проводам передавался ток в 8500 вольт. На станции в Лауфене (фиг. 29) турбина вращалась напором воды и приво-



Фиг. 29. Станция в Лауфене

дила в движение генератор трехфазного тока. Этот генератор давал ток напряжением в 55 вольт, которое повышалось трансформатором до 8500 вольт. Во Франкфурте другой

трансформатор понижал напряжение до 65 вольт, и ток питал лампы и двигатель. Это был двигатель Доливо-Добровольского, о котором мы уже знаем.



Фиг. 30. Схема Лауфен-франкфуртской передачи

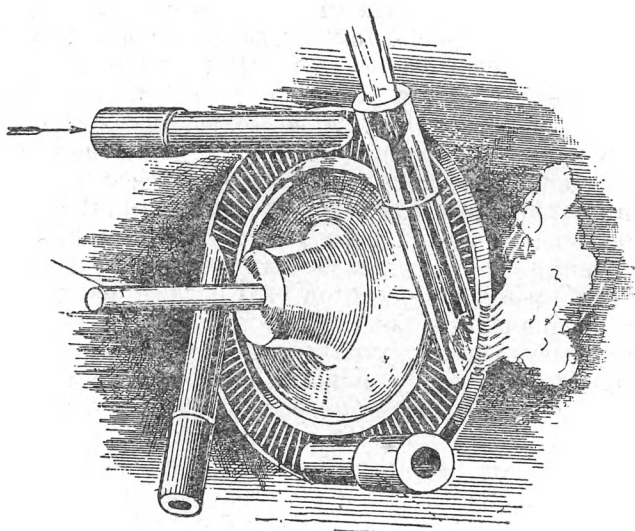
Электрические передачи типа Лауфен-франкфуртской привели, как это предвидел Энгельс, к использованию энергии рек. В 90-х годах была построена гидравлическая

станция на знаменитой своим водопадом Н и а г а р е. Километра на два выше водопада начинается канал, который забирает часть воды из реки, отводя ее к точке, лежащей на полкилометра ниже водопада. На этом пути вода опускается в глубокую шахту, где давит на лопатки восьми турбин по 5 тыс. л. с. каждая. Особенно широкое развитие гидро-электростроительства относится к следующему этапу. В 90-х годах электрификация промышленности воздействовала в первую очередь на тепловые первичные двигатели.

Ускорение всех технических процессов прежде всего натолкнулось на ограниченные возможности паровой машины. Электричество потребовало новых первичных двигателей. Прямолинейное поступательно-возвратное движение не позволило достигать необходимых скоростей. В 80-х годах пытались спасти этот принцип рядом технических усовершенствований. В это время начали строить паровые машины с большим числом оборотов (400 и даже 600 в минуту); они предназначались для электростанций. Но в эпоху развернутого внедрения электричества в силовой аппарат промышленности появились машины, которые сочетали большую мощность с большой быстроходностью. Это были паровые турбины Л а в а л я и П а р с о н с а.

В турбине Лавалья пар выходит из каналов, которые называются соплами, и давит на лопатки колеса турбины. Фиг. 31 показывает сопла, лопатки и направление пара. Следует обратить внимание на правое сопло, где показано его внутреннее устройство. Оно расширяется, и это дает возможность лучше использовать расширение пара при его выходе. Однако для того чтобы использовать энергию пара, колесо турбины Лавалья должно было вращаться слишком быстро — делать несколько десятков тысяч оборотов в минуту, поэтому больше распространилась турбина Парсонса (фиг. 32), где пар проходит последовательно несколько рядов лопаток, помещенных на одном валу. Обтекая эти лопатки, пар давит на них и вращает ротор. Они называются рабочими лопатками. На внутренней поверхности цилиндра находятся неподвижные лопатки, которые называются направляющими. Пар последовательно проходит сначала первый ряд лопаток, затем второй и т. д. У входа в турбину температура пара высока и давление его велико. У выхода — температура и давление незначительны,

поэтому создается стремительный поток пара. Энергия этого потока постепенно передается лопаткам. Сначала, пока давление пара велико, между ротором и внутренней поверхностью цилиндра сохраняется небольшой промежуток. Потом, по мере того как пар расширяется,



Фиг. 31. Турбина Лаваля

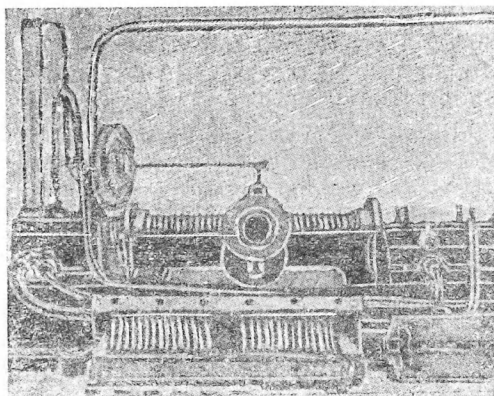
промежуток увеличивается, и сами лопатки становятся больше. Часто постепенно убывающие степени давления размещают в двух или трех разных цилиндрах.

В продолжение 90-х и 900-х годов устройство турбин непрерывно улучшается и вместе с тем они становятся все более крупными. Происходит централизация энергетического хозяйства. Отсюда грандиозные размеры станций и отдельных машин.

Вторым двигателем эпохи империализма был двигатель внутреннего сгорания. Выше говорилось о самых первых двигателях внутреннего сгорания. В XVIII и

еще больше в XIX веке неоднократно появлялись двигатели, где топливо сгорало в самом цилиндре. В 1878 году Отто построил такой двигатель, где горячая смесь перед тем как сгореть, сжималась в цилиндре, и вся работа происходила в четыре такта: первым ходом поршень засасывает смесь в цилиндр, вторым — сжимает, третий ход производят расширившиеся газы сгоревшей смеси и после этого четвертый ход поршня выталкивает отработавшие газы.

Громадное значение приобрел двигатель внутреннего сгорания, построенный в конце 90-х годов Рудольфом Дизелем. В этом двигателе сгорает нефть. Она смешивается со сжатым воздухом и воспламеняется. Все это происходит в четыре такта: 1) поршень всасывает воздух, 2) поршень сжимает воздух и этим нагревает его, причем в конце этого хода впускается нефть, которая распыляется, смешивается со сжатым горячим воздухом и сгорает,



Фиг 32. Турбина Парсонса

3) поршень движется под давлением газов (это рабочий ход поршня, когда давление газов превращается в полезную механическую работу двигателя) и 4) поршень выталкивает газы.

Двигатели Дизеля первое время широко применялись на электростанциях и даже теперь, несмотря на преобладание турбин, нередко дизельные электростанции. Основное значение дизельные установки приобрели на транспорте. Среди современных судов — много теплоходов. На них вместо паровых машин установлены дизельные двигатели.

Небольшие быстроходные двигатели внутреннего сгорания сыграли еще большую роль, чем двигатели Дизеля:

это моторы, установленные на самолетах, автомобилях и тракторах. Мы здесь не будем говорить ни об устройстве, ни о развитии их. Остановимся на другом. Укажем связь между электрической техникой и распространением двигателей внутреннего сгорания.

Механизация охватила не только промышленность, но и транспорт и сельское хозяйство. Если в промышленности она опиралась на электромотор, то в транспорте основой механизации был автомобиль и самолет, а в земледелии — трактор. Основой новой техники была механизация: конвейер — вместо переноски деталей к месту сборки, автомобиль — вместо пресловутой тройки, трактор — вместо коня. Безрельсовый транспорт и земледелие, которые со времени приручения коня не меняли своей энергетической базы, потребовали в это время громадного количества механизмов. Удовлетворить этот спрос могла промышленность, основанная на поточном производстве, конвейере, специализированных станках индивидуальном приводе, одним словом — электрифицированная промышленность.

Чтобы покончить с этим первым этапом революции, произведенной электричеством, нужно упомянуть о новых энергетических ресурсах, выдвинутых им на первый план. Двигатели внутреннего сгорания работают в основном на нефти и продуктах ее перегонки. Нефть, и вообще жидкое топливо, и есть тот новый источник энергии, который связан с энергетической техникой 90-х годов. В чем ее преимущества по сравнению с углем? Основное — это автоматический характер добычи (насосы), транспорта (нефтепроводы) и сжигания жидкого топлива. Это не значит, что нефть окончательно вытесняет уголь. Но это значит, что новое топливо связано с той коренной механизацией и автоматизацией производства, которая лежит в основе техники 90-х годов. На следующем этапе широко развертывается еще более механизированная область энергохозяйства — гидравлические станции. К этому следующему этапу мы и перейдем.

Глава VI

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Химизация и новые производства. Алюминий. Комбинаты и гидростанции. Постоянный ток. Электронная теория. Ленин об электричестве. Электрификация и капитализм.

Первый тур электрификации охватил лишь силовой аппарат промышленности и не внес коренных изменений в технологию производства, второй тур подчинил электричеству и технологию. В XX в. начинается быстрая реконструкция промышленной технологии. Вместо механического воздействия на материал развивается химическое воздействие. Целый ряд новых отраслей связан с химизацией производства. Новые металлы, новые ткани (искусственный шелк), новые удобрения изменили производственную технику. Если мы рассмотрим основные производства, то увидим, во-первых, что все они так или иначе связаны с электрификацией и, во-вторых, что механическое применение электричества в 90-х годах подготовило химическое применение его в нашем веке. Благодаря революции, произведенной электричеством, в технике появляются необычные до того скорости, очень высокие давления, громадные температуры, высокие электрические напряжения. Старые металлы уже не везде применимы: чугун, железо и обычная сталь слишком тяжелы, мягки, непрочны. Появляются легкий алюминий и сверхтвердая качественная сталь. Химия создает новые легкие и твердые сплавы, выискивает для этого новые редкие металлы и опирается на электролитическую ванну

и электрическую печь. Наступает эпоха электрохимии. В качестве примера новых электрохимических отраслей мы приведем развитие алюминиевого производства.

Алюминий — это металл XX столетия, так как только в этом столетии производство алюминия превратилось в развитую и мощную отрасль промышленности. Известен он с середины прошлого века. Однако в пятидесятых годах электрическая техника хоть и добилась получения алюминия, но электролиз был слишком дорогим способом. Поэтому в 60-х годах алюминий получали химическим способом.

Перелом произошел в 80-х годах. Мы видели, что в эту эпоху создались предпосылки революции, произведенной электричеством, и, в частности, уже существовали крупные динамомашины. Переход к электролитическому получению алюминия был настолько подготовлен, что почти одновременно Эрру в Европе и Холлу в Америке (1886 г.) предложили новый способ. Одновременно был заявлен еще десяток патентов. Электролитическое получение алюминия явным образом было на очереди дня и было вполне подготовлено развитием электротехники. Патент Эрру говорит о «способе изготовления алюминиевых сплавов путем теплового и электролитического действия электрического тока на окись алюминия». В основе своей этот принцип применяется и поныне. Но если техника уже позволила получать алюминий новым способом, то промышленность еще не давала больших количеств этого металла. Потребовалось, чтобы электричество внесло в промышленную технику неслыханные до того скорости, чтобы распространились автомобили, тракторы и аэропланы, потребовалось, одним словом, чтобы промышленная техника оказалась на новой ступени, и только тогда производство алюминия быстро поднялось вверх.

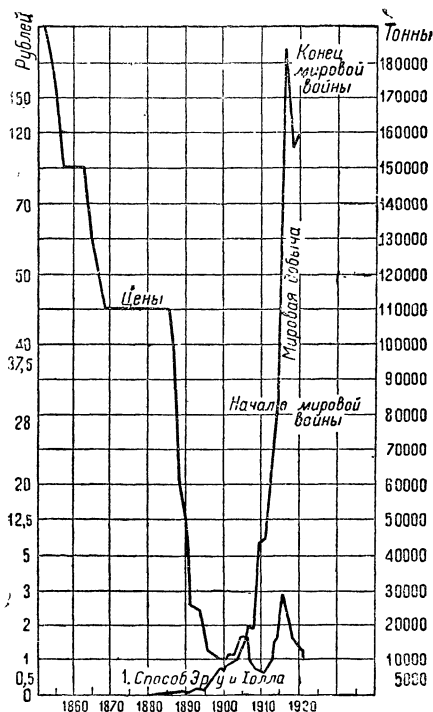
На таблице (фиг. 33) изображена добыча алюминия в тоннах с 1854 года до конца войны и цены (в рублях) за эти же годы. В 80-х годах производство совершенно незначительно. В 90-х годах начинается сравнительно медленный подъем до 1909 года. В этом году кончился срок патентов Эрру и Холла, а между тем алюминий требовался повсюду и цена его росла, несмотря на улучшавшуюся

технику производства. Как только патентные ограничения были сняты, производство стало стремительно расти. С началом мировой войны этот рост становится еще быстрее.

Наряду с алюминием быстро развивались другие электроемкие, т. е. требующие большого количества электроэнергии, производства. Все они обычно группируются около больших гидростанций, причем различные заводы связаны между собой таким образом, что продукция и иногда отбросы одного являются сырьем для другого. Таким образом создаются комбинаты.

Энергетическими ресурсами для электрификации промышленной технологии являются реки. Новые производства тесно связаны с гидростанциями. Конечно, гидростанции строились и в 90-х гг., но их количество было ничтожным по сравнению с XX в. Война 1914—1919 гг. и напряженное развитие новых производств особенно сильно расширили гидроэлектростроительство.

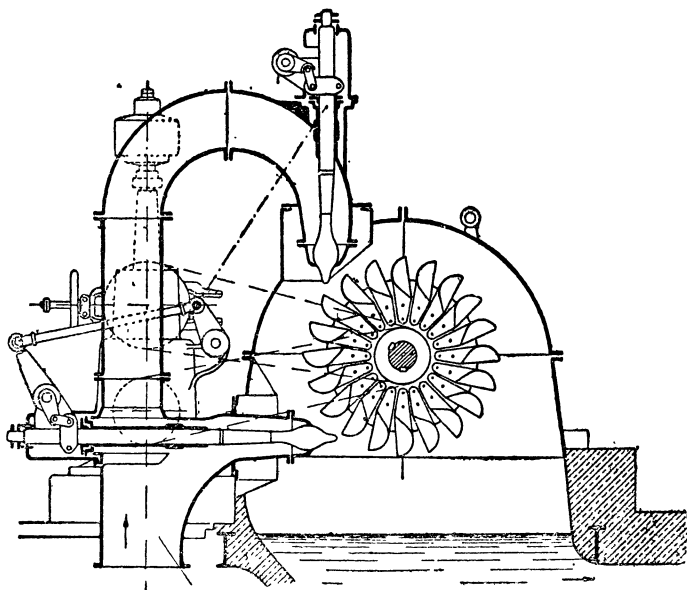
Мы упоминали о гидравлических двигателях мануфактуры. Машинная техника вызвала к жизни гораздо более совершенные двигатели. В 1827 году появилась турбина Фурнейрона. В середине XIX в. возникла турбина Френсиса и в эпоху первых электропередач в 1884 году — турбина Пельтона (фиг. 34). Наконец, в эпоху империализма, когда появились не просто



Фиг. 33. Мировая добыча и цены на алюминий с 1854 по 1920 г.

гидросиловые установки, связанные с заводами механической трансмиссией, а гидравлические электростанции, число типов турбин еще увеличилось; так, появились турбины Каплана, пропеллерные и другие.

Какая электрическая техника соответствует этому новому этапу? Для механических применений электричества вполне пригоден переменный ток. Здесь имеет значение не передвижение электрических зарядов в проводнике, а распространение магнитного поля. Другое дело — электрохимия: здесь важно именно перемещение зарядов, перемеще-



Фиг. 34. Турбина Пельтона

ние мельчайших частиц электричества, из которых состоит вещество, перемещение, направленное в определенную сторону, которое уничтожает вещество в одном месте и создает его в другом. Здесь нужен постоянный ток. Электролиз не может происходить при переменном токе, поэтому развитие электрохимии потребовало постоянного тока. Но генераторы давали переменный ток. И вот с на-

чала 900-х годов в электрическую технику внедряются новые преобразователи переменного тока в постоянный — так называемые выпрямители. Раньше для этого пользовались машиной, состоявшей от мотора переменного тока, который был соединен с генератором постоянного тока и вращал его. В 900-х годах распространились ртутные выпрямители. Они состоят из сосуда с ртутью, через который проходит ток. Заряженные частицы — ионы — паров ртути переносят электричество лишь в одну сторону, и поэтому, проходя через такой сосуд, ток приобретает постоянное направление. Здесь ничто не движется, кроме заряженных частиц. Ртутный выпрямитель — это прибор, характерный для XX в., когда электрическая техника начала непосредственно применять электронно-ионные процессы.

Развитие электрохимии и электронно-ионной техники расширило сведения об электричестве. В свете современных представлений строение материи рисуется в следующем виде: каждый атом вещества состоит из положительного ядра и отрицательных зарядов — электронов. Этих отрицательных электронов может быть один, два, три и т. д. Они вращаются вокруг положительного ядра. Если мы расположим все элементы по числу электронов, которые заключены в составе одного атома, то мы сначала будем иметь одно положительное ядро и вокруг него один электрон, вращающийся по орбите. Это будет атом водорода. Затем мы будем иметь положительное ядро уже с двойным зарядом и вокруг него будут вращаться два электрона на одной орбите, затем три и т. д. Атомы вступают в химическое соединение лишь потеряв, отбросив от себя несколько электронов или присоединив дополнительные. И в том и в другом случае нарушается равенство положительного и отрицательного заряда в атоме, появляется перевес положительного или отрицательного электричества. Прибавление электронов к атому увеличивает отрицательный заряд и делает его большим, чем положительный, отбрасывание их уменьшает отрицательный заряд и возбуждает перевес положительного электричества. Так или иначе атом при этом превращается в ион, приобретает положительный или отрицательный заряд.

Один атом кислорода (O), ионизируясь, присоединяет к себе два электрона. Получившийся ион с двойным отрицательным зарядом может встретить два иона водорода (H), каждый из которых, потеряв один электрон, обладает положительным зарядом. Соединившись вместе, кислород и водород дадут молекулу (H_2O), где двойной отрицательный заряд иона кислорода уравнивается положительными зарядами двух ионов водорода.

Таким образом химические превращения вещества происходят в результате электронно-ионных процессов. Эта электрическая природа вещества и его химических превращений обнаруживается в гальваническом токе, т. е. в процессе, когда химическая энергия непрерывно превращается в электричество, которое в любое время и в любом месте может быть превращено обратно в химическую энергию. С другой стороны, механическое перемещение масс также подчинено законам электрических явлений. Единство магнетизма и электричества обнаруживается в превращении механического движения в электричество и обратно. Мы видели, что развитие науки выяснило электрическую природу света. Электричество оказалось основой всех форм движения материи. Химическое превращение вещества, притяжение или отталкивание масс, свет — все это в последнем счете связано с электричеством. Вещество оказалось, состоящим из зарядов электричества, из электронов.

Буржуазная наука в связи с этими открытиями подняла бешеный вой. «Наконец, ниспровергнут материализм, угрожавший культуре и религии, наконец, само естествознание отрицает материю, материи не существует, материя состоит из мельчайших зарядов электричества...» Буржуазные философы заявляли, что материи не стало, материя исчезла. Эти крики идеалистической философии о ниспровержении материализма и исчезновении материи усилились в наши дни, когда буржуазная «наука» еще решительней борется под знаменем воинствующей лоповщины против революции.

Ленин в своей книге «Материализм и эмпириокритицизм» с полной ясностью доказал, что в действительности новые открытия в науке являются лишним подтверждением основных идей марксизма.

Наука обнаружила электрическую природу, электрическую сущность целого ряда разнообразных форм энергии. Поэтому основной смысл новейших достижений науки заключается в признании за электромагнитными законами роли наиболее глубоких законов, которым подчиняются законы других форм движения.

Таким образом электричество лежит в основе остальных форм энергии и является носителем ее единства. Закон сохранения энергии, к которому пришла наука в середине прошлого века, выражается в том, что одни формы энергии переходят в другие. Механическая энергия переходит в теплоту в явлениях удара и трения, которое используется человеческой техникой с незапамятных времен. Теплота переходит в механическую энергию в паровой машине, на базе которой развилась современная машинная индустрия. Во всех этих процессах движение не уничтожается — движение просто переходит из одной формы в другую. Но основной формой движения материи, с которой связаны подобные переходы, является электричество. Электрический ток есть постоянное превращение различных форм энергии в электричество и последующее превращение электричества в различные другие формы движения. Применение электричества в технике, воплощение законов электромагнитных явлений в производстве заключается в объединении всех энергетических процессов, в использовании самых разнообразных, самых различных источников энергии, в превращении самых различных форм энергии в электричество и в последующем превращении электричества в самые разнообразные формы энергии, которые необходимы производству на различных его участках. Только электричество может объединить разнообразные потоки энергии в одно русло, создать единый энергетический котел, из которого энергия может распространяться по участкам производства.

Последовательное применение электричества требует централизации всего энергетического хозяйства, такой централизации, при которой все потоки энергии направляются в общее русло, превращаются в обобщенную форму, в форму электрического тока, который передает энергию на расстояние, передает ее любому участку производства, где она вновь превращается в теплоту, механическое

движение или химическую энергию. Конечно, такая организация не совместима с капитализмом.

В капиталистическом обществе происходят централизация энергетического хозяйства и концентрация производства энергии на крупнейших районных электростанциях. Электрические передачи разносят энергию во все стороны и снабжают ею целые районы, разветвляются распределительными сетями и доводят электроэнергию до потребителя. Электроэнергия идет в промышленность, в земледелие, в транспорт, приводит в движение промышленные и сельскохозяйственные двигатели, применяется для электрического освещения, для электрической тяги на железных дорогах, для электрохимии, где электрическая энергия превращается в химическую и является основой химических превращений вещества, применяемых в современной технологии. Но этот процесс в рамках капиталистического общества происходит в форме капиталистической монополии, в форме монополистических союзов, синдикатов и трестов, которые устраиваются капиталистами для того, чтобы повысить прибыль, увеличить эксплуатацию, увеличить гнет и нищету народных масс. Эти монополистические картели захватывают в свои руки электроснабжение. Овладевая электростанциями, соединяя предприятия электропередачами, они подчиняют себе производственную жизнь целых районов. Таким образом электрификация в условиях капитализма увеличивает власть кучки магнатов капитала над производством и ведет к все большему угнетению рабочих и крестьянских масс этой кучкой господствующей финансовой олигархии.

Ленин в своих замечаниях по поводу тезисов французской компартии об аграрном вопросе пишет: «Крайне важно, по моему мнению, и с теоретической и с практической-агитационной точки зрения сказать в тезисах (и вообще побольше говорить в коммунистической литературе) о том, что современная передовая техника действительно требует электрификации всей страны — и ряда соседних стран — по одному плану; что такая работа вполне осуществима в настоящее время; что больше всего выиграло бы от нее сельское хозяйство и в особенности крестьянство; что, пока остается капитализм и частная

собственность на средства производства, электрификация целой страны и ряда стран, во-первых, не может быть быстрой и планомерной; во-вторых, не может быть произведена в пользу рабочих и крестьян. При капитализме электрификация неминуемо поведет к усилению гнета крупных банков и над рабочими и над крестьянами». ¹

Электрификация капиталистических стран действительно подчинила массу гнету банков, владеющих электрическими системами колоссальных размеров. Эти системы подчиняют себе производственную жизнь целых районов и пользуются этой властью для увеличения эксплуатации рабочих. Производственно-техническим выражением централизации энергохозяйства является развитие электрических сетей. Сети крупнейших электростанций охватывают районы радиусом в сотни километров. Техническая мысль буржуазии сейчас усиленно разрабатывает планы и проекты районных энергетических систем и даже единых энергетических систем для целых государств. В последние годы в Европе появился целый ряд проектов международного объединения производства электроэнергии путем создания единой высоковольтной сети. Наиболее известными проектами в этой области являются проекты Оскара Оливена, Вьеля и Шенгольцера.

Оскар Оливен на Берлинском энергетическом конгрессе предложил создать единую сеть электропередач, которая охватывала бы почти весь европейский континент. Он предложил провести 3 передачи с севера на юг и 2 с востока на запад. Всего же он предлагал провести 10 тысяч километров электропередач, которые передавали бы мощности в полмиллиона киловатт под напряжением в 400 тыс. вольт.

Второй проект принадлежит швейцарскому инженеру Шенгольцеру. Шенгольцер предлагает объединить европейские государства четырехугольником Лондон — Берлин — Вена — Париж. Этот четырехугольник образуются электропередачами напряжением в 660 тыс. вольт. К нему идут передачи, которые несут в сборное кольцо энергию стран, богатых дешевыми энергетическими ресур-

¹ Ленин. Соч. XXVII, стр. 105—106.

сами, а от него исходят передачи, которые перебрасывают эту энергию в страны, бедные собственными источниками дешевой энергии.

Третий проект — французский — проект Вьеля. Вьель предлагает соединить энергию отдельных установок Южной Франции на Пиренеях и Альпах в одну передачу напряжением в 380 тыс. вольт с тем, чтобы эта передача пошла на север Франции и снабжала энергией северные промышленные районы страны, а затем линии переходили бы в Западную Европу и объединяли там источники дешевой энергии с промышленными районами, которые являются потребителями этой энергии.

Таким образом современная техника, получившая наиболее яркое выражение в возможности передавать энергию электрическими передачами на расстояние в тысячи километров и дальше, вплотную подвела производство к необходимости интернационального объединения энергетики.

Нужно со всей силой подчеркнуть, что это монополистическое объединение энергетического хозяйства не уничтожает, а наоборот, в колоссальной степени увеличивает анархию производства и борьбу между капиталистами. Идея единого капиталистического треста, единого энергетического хозяйства для всего капиталистического производства и, следовательно, идея единой высоковольтной сети противоречит действительности. Чем больше развиваются монополии и объединения капиталистического хозяйства, тем больше растут, углубляются и расширяются капиталистические противоречия, анархия производства и борьба внутри капиталистического общества. Капиталистическая монополия не отменяет конкуренцию, а, наоборот, усиливает, углубляет и расширяет поле ее действия. Современный капитализм показывает нам множество примеров чрезвычайно обостренной и напряженной борьбы между капиталистами на участке энергетического хозяйства, множество примеров острой и напряженной конкуренции между капиталистами, борьбы между капиталистами внутри одного концерна, внутри одной страны, борьбы между капиталистическими концернами и между капиталистическими государствами. Современные капиталистические государства являют собой

пример чрезвычайной анархии производства в области энергетики. Гебер Бленкенорн пишет о современном английском энергетическом хозяйстве: «В районе Лондона — 77 электрических станций, 50 сетей, две дюжины различного рода напряжений и полдюжины различного рода периодов. Сети переплетаются, но станции не могут оказать поддержки друг другу в случае аварии».

Производственные отношения буржуазного общества сжимают и не дают развернуться производительным силам. В Англии недавно появился проект, предлагавший объединить английское энергетическое хозяйство и сосредоточить производство электроэнергии в небольшом числе крупнейших районных станций. Этот проект должен был сэкономить колоссальное количество топлива и поднять английское энергетическое хозяйство на более высокую ступень. Тем не менее этот проект был провален палатой лордов: «Лорды рассуждали, — пишет Бленкенорн, — что от всей затеи пахнет национализацией и что если вся энергия будет производиться на небольшом числе сверхстанций, то небольшое количество рабочих на этих станциях может забастовать и т. д.».

Мы видим, что существенной причиной того, что проекты объединения капиталистической электроэнергетики не находят воплощения в производстве, является то обстоятельство, что электрическая техника дает рабочему классу могучее оружие в его борьбе с капиталистами. Рабочие в классовой борьбе начинают пользоваться тем оружием, теми возможностями, которые вытекают из электрической техники, объединяющей все производство и ставящей его под контроль электрической станции. «В России — пишет И. И. Стенанов, — еще до революции не один раз фактически применялась такая новая тактика. Так например, в Москве бывали моменты, когда перед решительным выступлением кондуктора и вагоножаты электрического трамвая охватывались колебаниями. В таких случаях забастовка рабочих электрической станции давала необходимый толчок и не только служила сигналом, но и сплачивала колеблющихся». Эта опасность для капиталистического способа производства, опасность для господства буржуазии, которая связана с применением электричества в технике.

сдерживает техническое развитие буржуазного производства. Степанов пишет:

«Электрификация выступает перед господствующими классами и их союзниками в новом освещении. Централизуя производство электрической энергии на сравнительно немногих электрических станциях, она создает несколько нервных узлов, поражение которых представляло бы смертельную опасность для капиталистического общества. Стачка, широкая революционная стачка — кошмар для современного капиталистического мира. В работах по электрификации видное место принадлежит выяснению вопроса, каким образом примирить ее осуществление с сохранением камандующей роли за буржуазией»¹.

В настоящее время обострение классовой борьбы сделало электрификацию еще более опасной для капитала. В 1930 году на Берлинском энергетическом конгрессе даже был представлен специальный доклад немецкой фашистско-штрейхбрехерской организации о защите станций при забастовках.

Противоречие между растущими производительными силами и капиталистической оболочкой, которая сдерживает их развитие, наиболее ярко и выпукло вырисовывается в момент капиталистического кризиса. Тогда становится особенно ясно видно, как обострение противоречий, конкуренция, борьба между капиталистическими государствами сдерживают развитие электрификации. В частности, проекты Оливена, Вьеля, Шенгольпера и вообще буржуазные проекты объединения энергетического хозяйства, выражают собой не прогрессивные тенденции, а, наоборот, являются отражением обостренных противоречий капитализма в момент кризиса. Все эти проекты обосновывают империалистические вождения буржуазии, которая пытается путем империалистической экспансии найти выход из кризиса. Возьмем проект Оливена. Его смысл заключается в том, чтобы основные европейские электропередачи пересеклись в Германии и таким образом производство во всем европейском континенте оказалось под контролем немецкого диспетчера. Возьмем проект Вьеля. Он прямо пишет, что переброска электроэнергии в другие государ-

¹ И. Степанов, Электрификация РСФСР. Москва 1921, стр. 71.

ства, экспорт электроэнергии обеспечит нормальные прибыли электрических компаний в тот момент, когда промышленный кризис уменьшит потребление электроэнергии в стране. Таким образом Вьель не скрывает связи своего проекта с задачей обеспечить прибыль своей буржуазии в момент кризиса.

Концентрация электрохозяйства на Западе происходит в форме капиталистических монополий. Эти капиталистические монополии обозначают не уменьшение, а, наоборот, расширение и углубление капиталистических противоречий, конкуренции и классовой борьбы. Проекты единого энергетического хозяйства являются империалистическими проектами. Поэтому условием для действительно планомерной электрификации производства является уничтожение господства буржуазии и захват власти пролетариатом. Только пролетарская революция открывает производительным силам возможность быстрого роста и создания действительно передовой техники, т. е. электрификации.

Глава VII

СОВЕТСКАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

План ГОЭЛРО. Теплофикация. Днепрострой. Гидравлические гиганты и межрайонные передачи. Постоянный ток. Новая тепловая техника.

Связь электричества с социалистической формой хозяйства, связь электрификации с победой пролетариата и его диктатурой целиком подтверждается практикой нашего строительства. В октябре 1917 г. произошел переворот, а уже в апреле 1918 г. Ленин писал: «Обращение особого внимания на электрификацию промышленности и транспорта и применение электричества к земледелию. Использование непервоклассных сортов топлива (торф, уголь худших сортов) для получения электрической энергии с наименьшими затратами на добычу и перевоз горючего».¹ Как только у Советской республики явилась возможность приступить к планомерному строительству, идея электрификации получила практическое воплощение. В феврале 1920 года по инициативе Ленина началась работа по составлению плана электрификации России. Была создана Государственная комиссия по электрификации России (ГОЭЛРО) во главе с Г. М. Кржижановским, который в эти годы неоднократно в беседах с Владимиром Ильичом и в ряде статей говорил об использовании энергетических ресурсов России и снабжении всего производства энергией для уничтожения разрухи и построения производства по-

¹ Ленин. Соч. т XXII, стр. 434, изд. 1930.

новому, путем электрификации. В конце 1920 г. был выработан план электрификации, который включал в себя программу реконструкции существующих электростанций, так называемую программу А, и затем проект постройки 30 районных электростанций на дешевом местном топливе (угле, торфе, сланцах, отбросах угля и т. д.) и на реках. Эти электростанции соединялись между собой линиями передач. Ленин называл этот план «второй программой партии». Такое же значение придавал плану ГОЭЛРО тов. Сталин. В письме к Ленину тов. Сталин пишет:

«Последние три дня я имел возможность прочесть сборник «План электрификации России». Болезнь помогла (нет худа без добра!). Превосходная, хорошо составленная книга. Мастерской набросок действительно единого и действительно государственного хозяйственного плана без кавычек. Единственная в наше время марксистская попытка подведения под советскую надстройку хозяйственно отсталой России действительно реальной и единственно возможной при нынешних условиях технико-производственной базы. Помните прошлогодний «план» Троцкого (его тезисы) «хозяйственного возрождения» России на основе массового применения к обломкам довоенной промышленности труда неквалифицированной крестьянско-рабочей массы («трудармии»)? Какое убожество, какая отсталость в сравнении с планом Гоэлро! Средневековый кустарь, возмнивший себя ибсеновским героем, призванным «спасти» Россию сагой старинной... А чего стоят десятки «единых планов», появляющихся то и дело в нашей печати на позор нам, — детский лепет приготовишек... Или еще: обывательский «реализм» (на самом деле макиавеллизм) Рыкова, все еще «критикующего» ГОЭЛРО и по уши погрязшего в рутине...»¹.

Только с 1922 года советские республики смогли приступить к фактическому выполнению плана ГОЭЛРО. Впоследствии электрификация вошла важнейшей составной частью в первый пятилетний план и во вторую пятилетку. Итоги пятилетки и успехи советской электро-энергетической техники хорошо освещены во многих книжках, так что здесь мы упомянем лишь о двух достижениях.

¹ Ленин, Об электрификации, Партиздат. М. 1934, стр. 78

Первое из них относится к тепловым станциям. Мы уже знаем, что двигатели на этих станциях — паровые турбины — работают благодаря давлению пара, которое создается подогревом его до вступления в турбину и охлаждением после выхода из нее. Охлаждение пара производится водой, которая непрерывно подается из реки или пруда и нагретая, отнявшая тепло у пара, возвращается обратно. Здесь пропадает громадное количество тепла. Каждый проходивший зимой по берегу Москвы-реки возле Московской электрической станции видел, что громадный участок реки не замерзает в самые сильные морозы, так как сюда выливается горячая вода. Между тем можно горячий пар и воду, при выходе из турбины пустить на заводы, где тепло нужно для производства, и в дома — для отопления. Это называется *тепловой централизацией*. В Советском Союзе благодаря плановому характеру хозяйства, можно не строить на заводах и в домах отдельных котельных, а группировать потребителей вокруг станций, которые снабжают дома и заводы не только электричеством, но и теплом. Такие станции называются *теплоэлектроцентралями* (ТЭЦ). В СССР имеется ряд довольно крупных ТЭЦ, а сейчас выстроена самая лучшая, превышающая по своему техническому уровню лучшие заграничные станции. Она находится в Москве в Ленинской слободе и называется ТЭЦ высокого давления.

Второе достижение, о котором мы упомянем, — это *Днепрогэс*, состоящий из плотины, поднявшей воду Днепра почти на 40 м, плузов для прохода судов (у левого берега) и здания станции (справа по течению реки). Здесь установлено 9 турбин по 90 тыс. л. с. и с каждой турбиной соединен электрический генератор. Четыре генератора сделаны в СССР заводом «Электросила». Энергия передается комбинату металлургических и химических заводов, расположенному вблизи станции, а также ряду городов и промышленных районов Приднепровья передачами в 161 тыс. вольт. Таких станций, как Днепровская, в Европе больше нет.

Таким образом уже в первом пятилетии мы подошли к самым передовым достижениям мировой электроэнергетической техники. Ряд книжек подробно рассказывает о путях энергетической техники во втором пятилетии. Мы же пе-

рейдем к тем перспективам, которые осуществляются позднее, за пределами второй пятилетки.

Приоткроем завесу будущего и попробуем разглядеть контуры новой энергетической техники, которая у нас уже складывается и которой нет и не может быть в капиталистических странах. Первое, из чего нужно исходить, — это строительство ряда крупнейших гидростанций.

Уже сейчас на Волге строятся гидростанции в Ивановском и Горьковском краях. На Нижней Волге у Камышина проектируется станция в полтора миллиона *квт*. Ее плотина поднимет воду для орошения засушливого Поволжья, а энергия приведет в движение оросительные машины. Намечают станцию у Самары в 1300 тыс. *квт*. Когда эти станции будут выстроены, они смогут перебрасывать значительную часть своей энергии в другие районы. В Закавказье в третьей пятилетке будет построен ряд станций на стоке горного озера Севан. Первая из них — Канакирская ГЭС — уже почти готова. Севан — это громадное водохранилище с зеркалом в полторы тысячи километров, поднятое природой на высоту 2000 м. Вода его обладает колоссальной энергетической ценностью, так как, спускаясь с этой высоты, она будет вращать турбины станций общей мощностью свыше полмиллиона *квт*. Эта мощность будет обслуживать местных потребителей — электрохимию и электрометаллургию — и передаваться на расстояние.

Теперь укажем на две реки Алтая — Иртыш и Катунь. На верхнем течении Иртыша может быть установлено 1,5—2 млн. *квт*. Обилие цветных металлов в близлежащих районах позволит создать на этой энергии грандиозный центр электрометаллургии. Недалеко от Иртыша, в горах Алтая бьется среди скал Катунь. Труднодоступные водопады и пороги этой реки могут дать два миллиона *квт* электрической мощности и снабдить энергией те районы Западной Сибири и Казахстана, где нет своей гидроэнергии.

В Средней Азии уже сейчас строятся электрохимический комбинат и станция на Чирчике, близ Ташкента. Мощность других станций на этой реке (1,5 млн. *квт*) также пойдет на электрохимию и электрометаллургию. На юг от Чирчика, в Таджикистане, мощная река Вахш (1 млн. *квт*) сможет отдавать энергию отдаленным районам.

Перейдем к наиболее мощному в СССР источнику гидроэнергии. Из Байкала на север вытекает река Ангара. Севернее она поворачивает к Енисею и впадает в него. На всем этом протяжении Ангара многоводна, порожиста и быстра. Мощности здесь громадные. Через участки с падением в десятки метров проходит в секунду три-четыре тысячи кубометров воды. Здесь будут построены станции невиданных размеров. Близ истока — первая — в 500 тыс. *квт*, затем Падунская — 2,5 млн. *квт*, затем после Шаманского порога — еще 2 млн. *квт*. Ниже будут еще три станции от миллиона — полутора до двух с половиной миллионов *квт* каждая. К этому прибавляются станции на притоках Ангара и на Енисее. Верхние станции находятся в сравнительно лучших климатических условиях, вблизи железных и цветных руд. Здесь будет создана целая страна электрометаллургии. Нижние станции, расположенные в районе вечной мерзлоты, правильнее использовать для передачи энергии на запад.

Наконец, на Дальнем Востоке находится один из крупных энергетических центров будущего — Амур. Он течет к Тихому океану и является естественной дорогой из глубины «страны будущего» — Восточной Сибири — в океан, где уже сейчас проходят самые важные мировые пути. Однако Амур, не доходя до берега океана, сворачивает на север и впадает севернее в замерзающую часть его. Существует проект соединить Амур с незамерзающей бухтой де-Кастри в том месте, где река близко подходит к берегу. Для этого нужна плотина, которая даст миллионную мощность. Эту мощность можно использовать, передавая на расстояние энергию великой реки.

Представим себе поток энергии, текущий от гидравлического гиганта в отдаленный район. Здесь передается мощность в 3 млн. *квт* изо дня в день, из часа в час, т. е. приблизительно 8000 часов в году. Иначе говоря, передается 25 миллиардов *квт-ч* энергии. Это соответствует перевозке 30 млн. *т* угля, т. е. железной дороге, по которой каждый час проходит тяжелый состав, груженный углем. Может ли передача справиться с таким количеством энергии? Может, но для этого нужна новая техника электропередач. Нужны более высокие напряжения в 400 тыс. вольт и выше, а может быть придется перейти к постоянному току. Здесь истори-

ческие границы современной трехфазной техники. Она возникла, развилась и победила вместе с электрическим приводом. Но теперь, когда электричество вторглось в технологию, когда районы электроемкой промышленности требуют не сотен тысяч, а миллионов *квт*, когда эти миллионы *квт* могут быть получены из могучих гидравлических источников — теперь на передний план снова выступает постоянный ток.

Переход к постоянному току позволит перейти к напряжениям в 800 тыс. вольт и даже в миллион вольт. При этом уже нечего бояться тех встречных и враждебных токов, которые возникают в передаче переменного тока благодаря периодическому изменению магнитного поля. Все недостатки переменного тока, пятьдесят раз в секунду меняющего свое направление, устраняются при переходе к постоянному току. Поэтому очень возможно, что в грядущих линиях между Ангарой, Иртышом и центрами потребления будет течь постоянный ток.

Но как получить постоянный ток? Мы уже видели, что генераторы постоянного тока в 80—90-х годах потеряли свое значение. Вернется ли оно к ним вновь? Оказывается, что современные динамомашины постоянного тока далеко уступают трехфазным генераторам. Они не достигают ни больших мощностей, ни высоких напряжений, а к. п. д. их примерно 96%. Другое дело — современные трехфазные генераторы — гиганты в сотни тысяч *квт* с к. п. д. в 98—99%. Ведь каждый процент в данном случае означает для страны сотни миллионов *квт-ч*. К тому же, чтобы получить в передаче высокое напряжение, пришлось бы включить последовательно множество машин и иметь дело со сложной и громоздкой системой. Как же соединить преимущества генераторов переменного тока с преимуществами постоянного тока в передачах? Можно сделать это следующим образом. На станции работают генераторы переменного тока. Межрайонная передача начинается с преобразователя, где ток выпрямляется, становится постоянным, а в конце передачи — в центре потребления — он снова преобразуется в переменный, чтобы вновь воспользоваться всеми преимуществами этой формы. Все дело в преобразователе. Нужны не только выпрямители, которых, как мы видели, потребовала химия и транспорт, но и приборы,

превращающие постоянный ток в переменный. Такие приборы есть и работают они с к. п. д. до 99%.

Итак, картина грядущей энергетической техники рисуется в виде ряда громадных гидростанций, отдающих свою энергию не только близлежащим комбинатам, но и в отдаленные края — по межрайонным передачам. В передачах течет постоянный ток. В начале и в конце линии преобразователи превращают переменный ток в постоянный и обратно. Это — электрическая техника будущего.

Теперь посмотрим, какова будет соответствующая тепловая техника. В этой области мы сталкиваемся с крайне низкими к. п. д. Для электрических машин дело решала разница между 96 и 99%, а в тепловых машинах современных электростанций к. п. д. не превышает 25%. Между тем без тепловых станций нельзя обойтись даже при самом грандиозном размахе гидроэлектростроительства. Нужно, чтобы они давали такую же дешевую энергию, как и гидростанции. Когда отдельные районы не соединены электрическими передачами, никто не будет сравнивать стоимости энергии от тепловых станций со стоимостью отдаленной гидроэнергии. Ангара даст в пять раз более дешевую энергию, чем тепловые станции Урала, но она не может с ними соперничать, так как до нее пять тысяч километров. Другое дело при наличии межрайонных передач, когда энергия Ангары и т. п. может быть переброшена за тысячи километров. Здесь теплотехника попадает в новые условия. Тепловые станции должны работать параллельно с гидростанциями и при этом не увеличивать стоимость энергии.

Выход — в создании новой тепловой техники. Ее черты указаны Лениным.

В 1900 году Д. И. Менделеев после поездки на Урал описывал свои впечатления и между прочим бросил мысль о новом способе использования угля. Менделеев предложил зажигать пласты угля под землей. При этом можно устроить так, чтобы в результате горения происходила перегонка угля и из него выделялся горючий газ. Газ по предложению Менделеева следовало отправлять по трубам в города и на заводы. Таким образом Менделеев не связывал подземной газификации с электрификацией. Впрочем, эта мысль вообще не была подхвачена и не поднималась после этого свыше десяти лет, до того как ее вторично и повиди-

тому независимо высказал знаменитый английский химик В. Рамсэй. Рамсэй предложил газифицировать тонкие пласты, из которых трудно извлекать уголь.

Ленин отозвался на предложения Рамсэя статьей в «Правде», появившейся 4 мая 1913 года. Статья озаглавлена «Одна из великих побед техники». Вопрос поставлен здесь гораздо шире, чем у Рамсэя. Ленин пишет о коренной технической революции во всей топливной промышленности, об использовании газа в специальных моторах, о превращении энергии угля в электричество и электрификации производства и быта. Наконец Ленин говорит об использовании подземной газификации при социализме.

«При капитализме «освобождение» труда миллионов горнорабочих, занятых добычей угля, породит неизбежно массовую безработицу, громадный рост нищеты, ухудшение положения рабочих. А прибыль от великого изобретения положат себе в карман Морганы, Рокфеллеры, Рябушинские, Морозовы — с их свитой адвокатов, директоров, профессоров и прочих лакеев капитала.

При социализме применение способа Рамсэя «освобождая» труд миллионов горнорабочих и т. д., позволит сразу сократить для всех рабочий день с 8 часов, к примеру, до 7, а то и меньше. «Электрификация» всех фабрик и железных дорог сделает условия труда более гигиеничными, избавит миллионы рабочих от дыма, пыли и грязи, ускорит превращение грязных отвратительных мастерских в чистые, светлые, достойные человека лаборатории. Электрическое освещение и электрическое отопление каждого дома избавят миллионы «домашних рабынь» от необходимости убивать три четверти жизни в смрадной кухне»¹.

Практические опыты подземной газификации начались весной 1933 года на Крутовском участке в Подмосковном бассейне и в Лисичанском районе Донбасса. Они еще не дали таких результатов, которые бы позволили немедленно перейти к промышленному использованию подземной газификации, но возможность этого дела доказана.

Какие двигатели даст новая энергетическая техника для газа из подземных пластов? Ленин говорил о специальных газовых двигателях. С другой стороны, это будут двигатели

¹ Сочинения, 2 изд., том XVI, стр. 368—369.

Электростанций — мощные (по 100 тыс. квт и выше в одном агрегате) и быстроходные. Турбины внутреннего сгорания являются именно такими машинами. Они-то и станут в будущем основными двигателями.

Мы сделали общий обзор грядущей энергетической техники. Основной ее стержень — это единая высоковольтная сеть больших межрайонных передач постоянного тока. Единая сеть опирается на гидравлические станции и подземные газогенераторы, отдающие газ турбинами внутреннего сгорания на теплоэлектроцентралях.

Оглянувшись назад, мы видим, что новая электроэнергетическая техника — итог долгого технического развития. Переход от электростатики к электрическому току, открытие связи между током, химическими реакциями и магнетизмом, синтез этих открытий в работах Фарадея, — в этой цепи все ярче проявлялось единство форм энергии и особая роль электричества среди этих форм. Электрические генераторы и двигатели сделали связь между механическим движением и электричеством основой передачи энергии на расстояние и машины, расположенные на расстоянии в десятки километров, стали частями единого механизма. На этой основе в 90-х годах электрификация реконструировала силовой аппарат промышленности. В нашем веке электричество вторглось в технологию, открыло двери новым производствам, объединило их в комбинаты, и в то время как наука все глубже раскрывает электрическую природу вещества, растет и углубляется власть электрической техники над превращениями вещества. Капитализм воздвиг на этом пути непроходимые барьеры, которые опрокинуты в стране победившего социализма. В этой стране — Союзе Советских Социалистических Республик — после исторических побед первого пятилетия, после еще более грандиозных работ второй пятилетки будет создана новая электроэнергетическая техника. Здесь электричество получит полное применение в единой высоковольтной сети и полностью овладеет производственной техникой.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Глава I. Первые открытия в области электричества.	3
Электричество и превращение энергии. Гильберт. Грей. Дю-Фэ. Электрические машины и лейденские банки. Франклин. Атмосферное электричество и громоотвод.	
Глава II. Промышленный переворот, электрохимия и электромагнетизм	9
Промышленный переворот. Химия. Открытие Гальвани. Вольтов столб. Электролиз. Работы Гемфри Дэви. Технический переворот во Франции. Наполеоновские войны и их влияние на развитие науки и техники. Эрстед. Араго. Ампер.	
Глава III. Революция, произведенная паром, и учение об электричестве	18
Теплота. Тепловые машины XVIII в. Палеп. Севери. Ньюкомен. Конденсатор Уатта. Вторая машина Уатта. Паровая машина и капиталистическая эксплуатация. Паровая машина и наука. Термодинамика. Принцип единства энергии и Михаил Фарадей. Законы электролиза. Магнитное поле. Открытие электромагнитной индукции.	
Глава IV. Электротехника в эпоху пара	33
Электрический телеграф. Гальванические элементы. Аккумуляторы. Изоляция. Освещение. Первые генераторы. Уайльд. Принцип самовозбуждения. Кольцо Пачинотти-Грамма. Электротехническая промышленность. Электрические двигатели. Обратимость. Передача Марселя Депре. Передача Фонтена. Маркс и Энгельс о первой электропередаче. Теория электричества.	
Глава V. Электрификация силового аппарата промышленности и техника переменного тока	63
Автоматизация тяжелой промышленности. Трансформаторы. Генераторы переменного тока. Принцип вращающихся полей.	

Лауфен-франкфуртская передача. Ниагара. Паровые турбины. Двигатели внутреннего сгорания. Жидкое топливо.	Стр.
Глава VI. Электрификация промышленной технологии . . .	77
Химизация и новые производства. Алюминий. Комбинаты и гидростанции. Постоянный ток. Электронная теория. Ленин об электричестве. Электрификация и капитализм.	
Глава VII. Советская электроэнергетическая техника	90
План ГОЭЛРО. Теплофикация. Днепрострой. Гидравлические гиганты и межрайонные передачи. Постоянный ток. Новая тепловая техника.	

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

<i>Стр.</i>	<i>Строка</i>	<i>Напечатано</i>	<i>Должно быть</i>
52	8 сверху	привод	провод
53	3 снизу	1878	1873

Кузнецов. Очерки по истории электротехники. Заказ 94.

Цена 1 р., пер. 60 к.

НП-6-